



UNIVERSITAS INDONESIA

**KAJIAN PERILAKU PELAT PAPAN PARTIKEL
CACAH KOTAK ASEPTIK- PHENOL FORMALDEHIDA
TERHADAP BEBAN GARIS**

SKRIPSI

ARMANDO PENSA MARIHAT SITEPU
08 06369165

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2011**

195/FT.EKS.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**KAJIAN PERILAKU PELAT PAPAN PARTIKEL
CACAH KOTAK ASEPTIK- PHENOL FORMALDEHIDA
TERHADAP BEBAN GARIS**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ARMANDO PENZA MARIHAT SITEPU
08 06369165

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KEKHUSUSAN STRUKTUR
DEPOK
JUNI 2011**

195/FT.EKS.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITY OF INDONESIA

**STUDY OF THE BEHAVIOR OF SHREDDED ASEPTIC
CONTAINERS - PHENOL FORMALDEHYDE
PARTICLEBOARD SUBJECTED TO A KNIFE EDGE LOAD**

FINAL ASSIGNMENT

Proposed as one of the requirements for obtaining a Bachelor of Engineering

ARMANDO PENZA MARIHAT SITEPU
08 06369165

**FACULTY OF ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
STRUCTURE SPECIFICITY
DEPOK
JUNE 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : ARMANDO PENSA MARIHAT SITEPU
NPM : 0806369165

Tanda Tangan : 


Tanggal : 16 Juni 2011

ORIGINALITY DECLARATION PAGE

This final assignment is my own work,
and all good sources quoted or referred
I have stated correctly.

Name : ARMANDO PENSA MARIHAT SITEPU

NPM : 0806369165

Signature : 

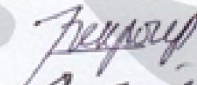

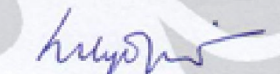
Date : 16 June 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Armando Pensa Marihat Sitepu
NPM : 0806369165
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Kajian Perilaku Pelat Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik – Phenol Formaldehida Terhadap Beban Garis

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Heru Purnomo, DEA. ()
Penguji I : Ir. Syahril A. Rahim, MEng. ()
Penguji II : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA. ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 16 Juni 2011

SHEET OF APPROVAL

The final assignment submitted by :

Name : Armando Pensa Marihat Sitepu
NPM : 0806369165
Study Program : Civil Engineering
Title : Study of The Behavior of Shredded Aseptic Containers - Phenol Formaldehyde Particleboard Subjected to a Knife Edge load.

Has succeeded to be submitted in examiner board and accepted as partial fulfilment needed to obtain Bachelor Degree in Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.

EXAMINER BOARD

Counsellor : Dr. Ir. Heru Purnomo, DEA (*Heru Purnomo*)
Examiner I : Ir. Syahril A. Rahim, M.Eng (*Syahril A. Rahim*)
Examiner II : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA (*Elly Tjahjono*)

Decided : Depok
Date : 16 June 2011

KATA PENGANTAR


Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena atas berkat-Nya dan rahmat-Nya, saya sebagai penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Perilaku Pelat Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik – Phenol Formaldehida Terhadap Beban Garis”. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mencapai gelar kesarjanaan khususnya Teknik pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak selama pelaksanaan penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih, kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Heru Purnomo, DEA. Selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, bantuan, ilmu pengetahuan dan saran yang sangat berguna bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Syahril A. Rahim, MEng dan ibu Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA selaku penguji skripsi ini.
3. Ibu MT. Amalia selaku Dosen Politeknik Jakarta yang memberikan bantuan saran dan pengetahuan mengenai papan partikel yang sangat berguna bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Orang tuaku beserta seluruh keluargaku tercinta, dengan dukungan doa dan dorongan moral sehingga penulis lebih semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Laboran Laboratorium Biokomposit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dan pengajar di Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor yang memberi bantuan dalam pembuatan dan pengujian mekanik papan partikel.
6. Pak Apri dan pak Agus yang membantu dalam pengujian di Laboratorium Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
7. PT. Pamolite Adhesive Industry yang membantu dalam menyediakan perekat phenol formaldehida.
8. PT. Mutu Agung Lestari yang membantu dalam pengujian emisi formaldehida.

9. Teman – teman persekutuan mahasiswa Kristen Kukusan, teman - teman kelompok tumbuh bersama, teman – teman kelompok tumbuh kos dan teman-teman Holan Kos dalam menyelesaikan skripsi ini yang telah membantu dan memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman satu skripsi mengenai pelat papan partikel cacah kotak aseptik “ Ida Manurung, Riko Febrino dan Syafriweddy” dalam menyelesaikan skripsi ini yang telah membantu dan memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman – teman mahasiswa khususnya ekstensi angkatan 2008 yang sama-sama saling memberi dorongan dan semangat dalam mengerjakan penulisan skripsi ini.
12. Kepada rekan-rekan lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Saya mohon maaf atas segala kekurangan yang ada di dalam skripsi ini. Segala kritik dan saran sangat saya harapkan guna memperbaiki kesalahan tersebut dan sebagai penyempurnaan penulisan naskah skripsi ini. Akhir kata, Saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 16 Juni 2011



Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Armando Pensa Marihat Sitepu
NPM : 0806369165
Program Studi : Struktur Bahan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

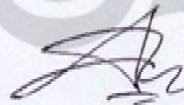
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Kajian Perilaku Pelat Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik-Phenol Formaldehida Terhadap Beban Garis.

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok, Jawa Barat
Pada tanggal : 16 Juni 2011
Yang menyatakan



(Armando Pensa Marihat Sitepu)

**DECLARATION OF PUBLICATION APPROVAL PAGE
FINAL ASSIGNMENT FOR ACADEMIC INTEREST**

As an academic civitas University of Indonesia, I the undersigned below :

Name : Armando Pensa Marihat Sitepu
NPM : 0806369165
Study program: Structure of Materials
Department : Civil Engineering
Faculty : Engineering
Type of work : Final Assignment

For the sake of science, agreed to grant to the University of Indonesia **Royalty-free non-exclusive rights (non-exclusive, Royalty-Free Rights)** for my scientific work entitled :

Study of The Behavior of Shredded Aseptic Containers - Phenol Formaldehyde Particleboard Subjected to a Knife Edge Load.

With this non-exclusive rights Royalty Free University of Indonesia reserves the right to store, change media / format out, managing in the form of a database (the database), care, and to publish my final project for a fixed list my name as author / creator and the owner of the Copyright.

The statement I made with exactly this.

Created on : Depok, West Java
Dated : 16 June 2011

Which states



(Armando Pensa Marihat Sitepu)

ABSTRAK

Nama : Armando Pensa Marihat S
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Kajian Perilaku Pelat Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik
– Phenol Formaldehida Terhadap Beban Garis.

Skripsi ini membahas mengenai perilaku pelat papan partikel cacah kotak aseptik. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan desain campuran papan partikel yang terbaik sesuai peraturan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006. Papan partikel terbuat dari bahan aseptik yang merupakan bahan yang digunakan untuk kemasan minuman kotak. Untuk perekat papan partikel digunakan phenol formaldehida. Phenol formaldehida berbentuk cair dan proses perekatannya dengan hot press sebesar 10 kg/cm^2 atau 15 kg/cm^2 . Pada penelitian yang ditinjau adalah uji kimia, fisik, mekanik, dan beban garis. Didapat hasil campuran terbaik pada ukuran cacah kotak aseptik $50 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$, 10% phenol formaldehida, tebal papan 1 cm, non glassir, dan tekanan 15 kg/cm^2 sedangkan dari uji beban garis didapat hasil bahwa papan partikel tidak getas dan kuat menahan tekan. Dari hasil study memperlihatkan bahwa papan partikel cacah kotak aseptik yang dibuat cocok digunakan untuk papan partisi, plafond, dan furniture.

Kata kunci :

Papan partikel, cacah kotak aseptik, mix design, phenol formaldehida, JIS, SNI, tebal papan, non glassir, tekanan.

ABSTRACT

Name : Armando Pensa Marihat S
Course : Civil Engineering
Title : Study of The Behavior of Shredded Aseptic Containers - Phenol Formaldehyde Particleboard Subjected to a Knife Edge Load.

This final assignment discusses about the behavior of particleboard plate made of shredded aseptic boxes. The purpose of this study is to obtain a mixture of particleboard which best fits the regulations JIS A 5908:2003 and SNI 03-2105-2006. Adhesive used for particleboard was phenol formaldehyde. The phenol formaldehyde is liquid and with hot press at 10 kg/cm^2 or 15 kg/cm^2 it becomes solid glue material. In the research chemical test, physical test, mechanical test, and knife edge load test are conducted. The best results obtained were for the size of the shredded mixture aseptic boxes $50 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$, 10% phenol formaldehyde, 1 cm thick board, non glassir, and pressure of 15 kg/cm^2 while from plate test results particleboard showed a not brittle state and can withstand the press. From the study results showed that the particle board shredded aseptic boxes suitable is used to partition board, plafond, and furniture.

Key words :

Particleboard, shredded aseptic boxes, mix design, phenol formaldehyde, JIS, SNI, thick board, non glassier, pressure.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	ix
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR DIAGRAM.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR GRAFIK.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Batasan Penelitian.....	4
1.4. Hipotesa.....	4
1.5. Metodologi Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
2. LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Papan Partikel.....	7
2.1.1. Macam Papan Partikel.....	7
2.1.2. Faktor yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel.....	9
2.1.3. Mutu Papan Partikel.....	10
2.2. Teknologi Papan Partikel.....	13
2.2.1. Pengujian Papan Partikel.....	14
2.2.1.1. Pengujian Papan Partikel Secara Fisik.....	14
2.2.1.2. Pengujian Papan Partikel Secara Mekanis.....	16
2.2.1.3. Syarat Lulus Uji.....	17
2.2.1.4. Pengujian Beban Garis Pada Pelat Papan Partikel.....	17
2.3. Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik dengan Perekat Phenol Formaldehida.....	23
2.3.1. Sejarah Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik.....	24
2.3.2. Sifat Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik.....	24
2.3.3. Kelebihan dan Kekurangan Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik.....	25
2.3.4. Material Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik.....	25
2.3.4.1. Cacah Kotak Aseptik.....	25
2.3.4.1.1. Bahan- Bahan Kemasan Aseptik.....	29
2.3.4.1.2. Daur Ulang <i>Tetra Pak</i> Aseptik.....	33
2.3.4.1.3. Sifat- Sifat Kotak Aseptik.....	37
2.3.5. Phenol Formaldehida (Tipe P).....	38

2.3.5.1.	Berdasarkan Jenis Bahannya Phenol Formaldehida.....	39
2.3.5.2.	Pembuatan Phenol Formaldehida.....	40
2.3.5.3.	Syarat Emisi Urea Formaldehida.....	43
2.3.5.4.	Spesifikasi Phenol Formaldehida <i>Adhesive PA</i> – 302.....	45
2.4.	Penelitian Sebelumnya.....	46
2.4.1.	Karakteristik Mortar yang Mengandung Cacah Kotak Aseptik.....	46
2.4.2.	Sifat Fisik dan Mekanik dari Papan Panel Karton yang Terbuat dari Karton minimum dengan <i>Veneer</i> Sebagai Lapisan Penutup.....	48
3.	METODOLOGI PENELITIAN.....	52
3.1.	Waktu dan Tempat Pengujian.....	54
3.2.	Bahan dan Alat yang Digunakan.....	54
3.2.1.	Persiapan Bahan Baku.....	54
3.2.2.	Persiapan Bahan Perekat.....	54
3.2.3.	Persiapan Alat.....	55
3.3.	Cara Pembuatan Benda Uji Papan Partikel.....	55
3.3.1.	Pembacaan <i>Dial</i> Alat <i>Press</i> Panas Dalam Pembuatan Benda Uji... ..	56
3.4.	Perancangan Campuran Papan Partikel (<i>Mix Design</i>).....	57
3.4.1.	Menentukan Berat Cacah Kotak Aseptik dan Phenol Formaldehida Perbenda Uji.....	58
3.5.	Teknologi Pengujian Laboratorium.....	60
3.5.1.	Pengujian Visual.....	60
3.5.2.	Pengujian Laboratorium.....	63
4.	ANALISA DATA.....	81
4.1.	Pendahuluan.....	81
4.2.	Perhitungan <i>Mix Design</i> dan Kebutuhan Bahan.....	82
4.3.	Pengujian Fisik.....	89
4.3.1.	Pengujian Mutu Penampilan.....	89
4.3.2.	Pengujian Dimensi.....	92
4.3.3.	Pengujian Kerapatan.....	93
4.3.4.	Pengujian Kadar Air.....	97
4.3.5.	Pengujian Pengembangan Tebal.....	100
4.3.6.	Pengujian Daya Serap.....	106
4.4.	Pengujian Kimia.....	112
4.4.1.	Uji Emisi Formaldehida Pada Phenol 20% dan 40%.....	112
4.5.	Pengujian Mekanik.....	114
4.5.1.	Uji Kuat Lentur Kering Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat dan Modulus Elastisitas.....	114
4.5.2.	Uji Kuat Lentur Kering Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat dan Modulus Elastisitas.....	131
4.5.3.	Uji Kuat Tarik Tegak Lurus Permukaan (<i>Internal Bond</i>).....	145
4.5.4.	Uji Cabut Sekrup.....	149
4.5.5.	Uji Beban Garis.....	153
4.5.5.1.	Beban Garis Pada Tengah Bentang Sisi Panjang Papan Partikel Aseptik.....	155

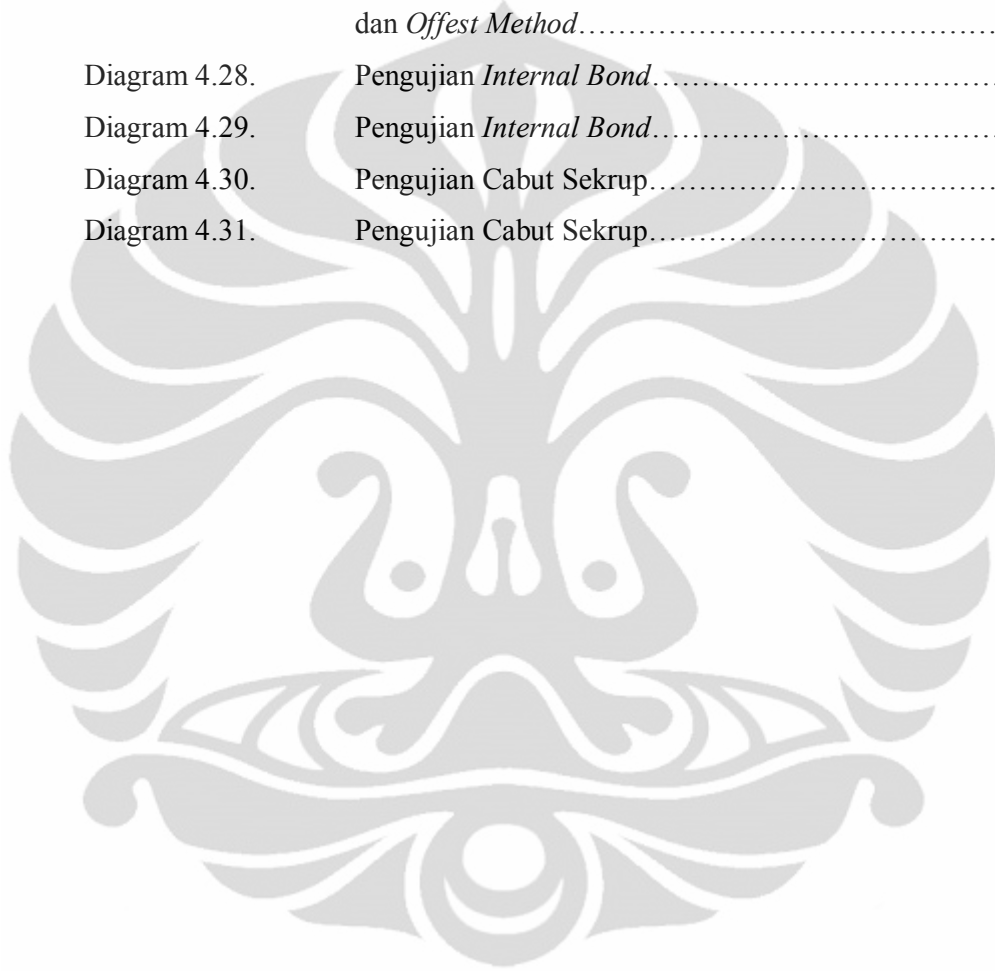
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	169
5.1 Kesimpulan.....	169
5.2 Saran.....	175
DAFTAR REFERENSI.....	177



DAFTAR DIAGRAM

Diagram 2.1.	Daur Ulang <i>Tetra Pak</i>	36
Diagram 2.2.	Penggunaan Air	36
Diagram.4.1.	Pengujian Kerapatan (a).....	94
Diagram 4.2.	Pengujian Kerapatan (b).....	96
Diagram.4.3.	Pengujian Kadar Air.....	98
Diagram 4.4.	Pengujian Kadar Air.....	99
Diagram 4.5.	Pengujian Pengembangan Tebal 2 Jam.....	102
Diagram 4.6.	Pengujian Pengembangan Tebal 24 Jam.....	102
Diagram 4.7.	Pengujian Pengembangan Tebal 2 Jam.....	105
Diagram 4.8.	Pengujian Pengembangan Tebal 24 Jam.....	105
Diagram 4.9.	Pengujian Daya Serap 2 Jam (a).....	108
Diagram 4.10.	Pengujian Daya Serap 24 Jam (b).....	108
Diagram 4.11.	Pengujian Daya Serap 2 Jam (c).....	111
Diagram 4.12.	Pengujian Daya Serap 24 Jam (d).....	111
Diagram 4.13.	Pengujian Emisi Formaldehida.....	113
Diagram 4.14.	Pengujian Kuat Lentur Kering Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat.....	116
Diagram 4.15.	Pengujian Kuat Lentur Kering Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat.....	118
Diagram 4.16.	Pengujian Modulus Elastisitas <i>Secant</i> dan <i>Actual</i>	126
Diagram 4.17.	Pengujian Modulus Elastisitas <i>Tangent</i> dan <i>Offset</i> Method.....	126
Diagram 4.18.	Pengujian Modulus Elastisitas <i>Secant</i> dan <i>Actual</i>	126
Diagram 4.19.	Pengujian Modulus Elastisitas <i>Tangent</i> dan <i>Offset</i> <i>Method</i>	127
Diagram.4.20.	Pengujian Modulus Elastisitas <i>Secant</i> dan <i>Actual</i>	129
Diagram 4.21.	Modulus Elastisitas <i>Tangent</i> dan <i>Offset Method</i>	130
Diagram 4.22.	Pengujian Kuat Lentur Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat.....	132
Diagram 4.23.	Pengujian Kuat Lentur Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat.....	135

Diagram 4.24.	Pengujian Modulus Elastisitas <i>Secant</i> , <i>Tangent</i> , <i>Actual</i> dan <i>Offest Method</i>	139
Diagram 4.25.	Pengujian Modulus Elastisitas <i>Secant</i> dan <i>Actual</i>	140
Diagram 4.26.	Pengujian Modulus Elastisitas <i>Tangent</i> dan <i>Offest</i> <i>Method</i>	140
Diagram 4.27.	Pengujian Modulus Elastisitas <i>Secant</i> , <i>Tangen</i> , <i>Actual</i> dan <i>Offest Method</i>	143
Diagram 4.28.	Pengujian <i>Internal Bond</i>	146
Diagram 4.29.	Pengujian <i>Internal Bond</i>	148
Diagram 4.30.	Pengujian Cabut Sekrup.....	150
Diagram 4.31.	Pengujian Cabut Sekrup.....	152



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lapisan Kotak Aseptik.....	2
Gambar 2.1.	Penyaluran Beban Ke Tumpuan Untuk Pelat Satu Arah.....	18
Gambar 2.2.	Daerah Potensial Terjadi <i>Crack</i> Pada Pelat Satu Arah.....	19
Gambar 2.3.	Penyaluran Beban Ke Tumpuan Untuk Pelat Dua Arah Di mana $l_y/l_x=1$	20
Gambar 2.4.	Penyaluran Beban Ke Tumpuan Untuk Pelat Dua Arah Di mana $1<l_y/l_x<3$	20
Gambar 2.5.	Daerah Potensial Terjadi <i>Crack</i> Pada Pelat Dua Arah.....	20
Gambar 2.6.	Pola Retak Pelat 2 Arah Teori dan yang Terjadi Sebenarnya Di Lapangan.....	21
Gambar 2.7.	Pola Retak Pelat 2 Arah Teori dan yang Terjadi Sebenarnya Di Lapangan dengan Perletakan Di Ke Semua Sisi Pelat.....	21
Gambar 2.8.	Pola Retak Pelat 1 Arah Teori dan yang Terjadi Sebenarnya Di Lapangan.....	21
Gambar 2.9	Pola Retak yang Terjadi Sebenarnya Di Lapangan Tampak dari Sisi Atas dan Bawah dari Pelat.....	22
Gambar 2.10.	Pelat Tertumpu Bebas.....	22
Gambar 2.11.	Pelat Terjepit Elastis.....	23
Gambar 2.12.	Pelat Terjepit Penuh.....	23
Gambar 2.13.	Lapisan Dari Kotak Aseptik.....	27
Gambar 2.14.	Reaksi Methylosasi.....	41
Gambar 2.15.	Reaksi Methylenasi.....	41
Gambar 2.16.	Papan Partikel Kotak Aseptik dengan Lapis <i>Veneer</i>	48
Gambar 2.17.	Pengujian Mekanik Papan Partikel.....	50
Gambar 3.1.	Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Metode Penelitian.....	53
Gambar 3.2.	Pengujian Panjang, Lebar dan Tebal Papan Partikel.....	61
Gambar 3.3.	Pengukuran Siku Papan Partikel	62

Gambar 3.4.	Pengukuran Contoh Uji Kerapatan	67
Gambar 3.5.	Uji Kuat Lentur Kering dan Modulus Elastisitas	70
Gambar 3.6.	Contoh Uji Keteguhan Tarik Tegak Lurus Permukaan.....	75
Gambar 3.7.	Pembebanan Pada Uji Keteguhan Tarik Tegak Lurus Permukaan	75
Gambar 3.8.	Keteguhan Cabut Sekrup	77
Gambar 3.9.	Letak Pembebanan Beban Garis	79
Gambar 4.1.	Penggarisan Papan Partikel 30 x 30 cm Berdasarkan Ukuran Benda Uji Masing - Masing Pengujian	82
Gambar 4.2.	Penggarisan Papan Partikel 30 x 30 cm Berdasarkan Ukuran Benda Uji Masing - Masing Pengujian	84
Gambar 4.3.	Penggarisan Papan Partikel 30 x 30 cm Berdasarkan Ukuran Benda Uji Masing - Masing Pengujian.....	85
Gambar 4.4.	Penggarisan Papan Partikel 30 x 30 cm Berdasarkan Ukuran Benda Uji Masing - Masing Pengujian	86
Gambar 4.5.	Penggarisan Papan Partikel 30 x 30 cm Berdasarkan Ukuran Benda Uji Masing-Masing Pengujian.....	88
Gambar 4.6.	Conditioning Pada 20 ± 0.5 °C, Selama 24 Jam dan Alat Spectrophotometer.....	112
Gambar 4.7.	Posisi Pembebanan Uji Lentur Sisi Tebal Dibebani atau Sisi Yang Terbebani Dengan h Terkecil.....	114
Gambar 4.8.	Perletakan Uji Modulus Elastitas.....	119
Gambar 4.9.	Diagram Momen Akibat Beban Terpusat.....	120
Gambar 4.10.	Momen Area.....	121
Gambar 4.11	Posisi Pembebanan Uji Lentur Sisi Lebar Dibebani Beban Terpusat.....	131
Gambar 4.12.	<i>Flow Chart Mix Design</i> Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik.....	153
Gambar 4.13.	Pemberian <i>Sealant</i> Pada Perletakan dan Pengecekan Ke Dataran Perletakan.....	155
Gambar 4.14.	Pemberian <i>Preciaous Slage Ball</i> , Alas Beban Garis dan Beban Garis.....	156

Gambar 4.15.	Pemberian Tanda Warna Pada Retak yang Terjadi Pada Papan dan Pembacaan <i>Dial</i>	156
Gambar 4.16	Lendutan Pada Papan Partikel.....	161
Gambar 4.17.	Pemberian Tanda Warna Pola Retak Pada Papan Partikel Bagian Atas dengan Beban Garis Sisi Panjang.....	162
Gambar 4.18.	Penjalaran Pola Retak Bagian Atas Papan Partikel.....	163
Gambar 4.19.	Penjalaran Pola Retak Bagian Bawah Papan Partikel.....	164
Gambar 4.20.	Papan 200 x 250 mm dan Lendutan Beban 488.7 N....	165
Gambar 4.21.	Tegangan S11 Beban 488.7 N.....	166
Gambar 4.22.	Tegangan S22 Beban 488.7 N.....	166
Gambar 4.23.	Momen M11 Beban 488.7 N.....	166
Gambar 4.24.	Momen M22 Beban 488.7 N.....	167
Gambar 4.25.	Lendutan Beban 488.7 N.....	167
Gambar 4.26.	Tegangan SS11 Beban 488.7 N.....	167
Gambar 4.27.	Tegangan SS22 Beban 488.7 N.....	168
Gambar.4.28.	Momen max pada beban 488.7 N	168

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1.	<i>Stress-Strain Curva (Linear) Region</i>	72
Grafik 3.2.	Perkiraan Kuat Lentur.....	74
Grafik 3.3.	Perkiraan Modulus Elastisitas.....	74
Grafik 3.4.	Perkiraan Kuat Tarik.....	76
Grafik 3.5.	Perkiraan Keteguhan Cabut Sekrup.....	77
Grafik 3.6.	Perkiraan Uji Beban Garis.....	80
Grafik 4.1.	Pengujian Kuat Lentur Kering Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat.....	116
Grafik 4.2.	Pengujian Kuat Lentur Kering Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat.....	118
Grafik 4.3.	Fungsi Lendutan.....	122
Grafik 4.4.	Contoh Beban dan Lendutan.....	123
Grafik 4.5.	Pengujian Kuat Lentur Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat.....	133
Grafik 4.6.	Pengujian Kuat Lentur Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat.....	135
Grafik 4.7.	Pengujian <i>Internal Bond</i>	146
Grafik 4.8.	Pengujian <i>Internal Bond</i>	148
Grafik 4.9.	Pengujian Cabut Sekrup.....	150
Grafik 4.10.	Pengujian Cabut Sekrup.....	152
Grafik 4.11.	Beban Vs Lendutan Pengujian Beban Garis.....	160

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Toleransi Tebal Papan partikel.....	14
Tabel 2.2.	Toleransi Tebal Papan partikel.....	15
Tabel 2.3.	Mutu Penampilan Papan Partikel.....	15
Tabel 2.4.	Syarat Sifat Mekanis Papan Partikel Struktural.....	16
Tabel 2.5.	Klasifikasi Perekat.....	38
Tabel 2.6.	Contoh Polimer Termoset.....	40
Tabel 2.7.	Syarat Emisi Formaldehida.....	44
Tabel 2.8.	Syarat Emisi Formaldehida Standar JIS A 5908 :2003.....	44
Tabel 2.9.	Perbandingan Kekuatan dari Spesimen yang Mengandung Dua Geometri yang Berbeda dari Karton Aseptik.....	47
Tabel 2.10.	Perbandingan Kekuatan Tekan Kubus dari Semen Spesimen yang Berbeda, Pasir, Air, dan Persentase Komposisi Cacah Karton Aseptik.....	47
Tabel 2.11.	Perbandingan Kekuatan Lentur dari Spesimen Balok Semen yang Berbeda, Pasir, Air Komposisi, dan Persentase Cacah Karton Aseptik.....	48
Tabel 2.12.	<i>Properties</i> Perekat.....	49
Tabel 2.13.	Hasil Pengujian Fisik dan Mekanik Papan Partikel.....	51
Tabel 3.1.	Jumlah Benda Uji yang Dibuat (a).....	56
Tabel 3.2.	Jumlah Benda Uji yang Dibuat (b).....	56
Tabel 3.3.	Variasi Campuran Aseptik dengan Phenol Formaldehid Pada Tekanan 10 kg/cm ² dan Tebal Papan 1.5 cm (a).....	57
Tabel 3.4.	Variasi Campuran Aseptik dengan Phenol Formaldehid Pada Tekanan 15 kg/cm ² dan Tebal Papan 1cm (b).....	57
Tabel 4.1.	Perhitungan Bahan Uji Fisik (a).....	82
Tabel 4.2.	Perhitungan Bahan Uji Fisik (b).....	83
Tabel 4.3.	Perhitungan Bahan Uji Mekanik.....	84
Tabel 4.4.	Perhitungan Bahan Uji Kimia.....	86
Tabel 4.5.	Perhitungan Bahan Uji Beban Garis.....	87
Tabel 4.6.	Perhitungan Bahan Uji Fisik dan Mekanik Campuran 10% dan 20%.....	88

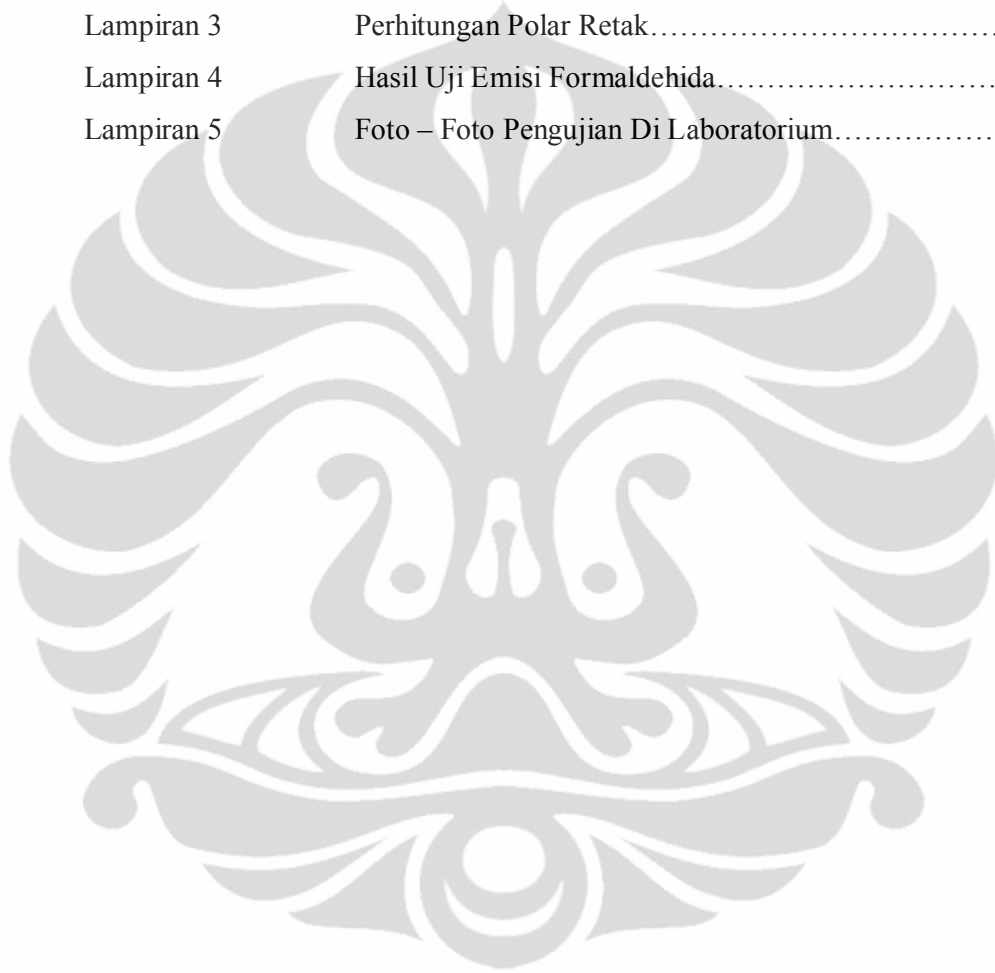
Tabel 4.7.	Hasil Uji Mutu (a).....	89
Tabel 4.8.	Hasil Uji Mutu (b).....	90
Tabel 4.9.	Hasil Uji Dimensi (a).....	92
Tabel 4.10.	Hasil Uji Dimensi (b).....	93
Tabel 4.11.	Hasil Uji Kerapatan (a).....	93
Tabel 4.12.	Hasil Uji Kerapatan (b).....	95
Tabel 4.13.	Hasil Uji Kadar Air (a).....	97
Tabel 4.14.	Hasil Uji Kadar Air (b).....	98
Tabel 4.15.	Hasil Uji Pengembangan Tebal 2 Jam (a).....	100
Tabel 4.16.	Hasil Uji Pengembangan Tebal 24 Jam (b).....	101
Tabel 4.17.	Hasil Uji Pengembangan Tebal 2 Jam (c).....	103
Tabel 4.18.	Hasil Uji Pengembangan Tebal 24 Jam (d).....	104
Tabel 4.19.	Hasil Daya Serap 2 Jam (a).....	106
Tabel 4.20.	Hasil Daya Serap 24 Jam (b).....	107
Tabel 4.21.	Hasil Daya Serap 2 Jam (c).....	109
Tabel 4.22.	Hasil Daya Serap 24 Jam (d).....	110
Tabel 4.23.	Hasil Uji Emisi Formaldehida.....	113
Tabel 4.24.	Hasil Uji Kuat Lentur Kering Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat (a).....	115
Tabel 4.25.	Hasil Uji Kuat Lentur Kering Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat (b).....	117
Tabel 4.26.	Beban dan Lendutan.....	120
Tabel 4.27.	Momen yang Terjadi Akibat Beban Terpusat.....	120
Tabel 4.28.	Fungsi Lendutan $f(x)$	122
Tabel 4.29.	Hasil Uji Modulus Elastisitas (a).....	124
Tabel 4.30.	Hasil Uji Modulus Elastisitas (b).....	128
Tabel 4.31.	Hasil Uji Kuat Lentur Kering Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat (a).....	131
Tabel 4.32.	Uji Kuat Lentur Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat (b).....	134
Tabel 4.33.	Hasil Uji Modulus Elastisitas (a).....	137
Tabel 4.34.	Hasil Uji Modulus Elastisitas (b).....	142
Tabel 4.35.	Hasil Uji <i>Internal Bond</i> (a).....	145
Tabel 4.36.	Hasil Uji <i>Internal Bond</i> (b).....	147

Tabel 4.37.	Hasil Uji Cabut Sekrup (a).....	149
Tabel 4.38.	Hasil Uji Cabut Sekrup (b).....	151
Tabel 4.39.	Hasil Uji Percobaan Awal Beban Garis Untuk Menentukan Beban Maksimum 200%.....	154
Tabel 4.40.	Hasil Uji Percobaan Beban Garis	157



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Modulus Elastisitas Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat	179
Lampiran 2	Modulus Elastisitas Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat.....	188
Lampiran 3	Perhitungan Polar Retak.....	197
Lampiran 4	Hasil Uji Emisi Formaldehida.....	217
Lampiran 5	Foto – Foto Pengujian Di Laboratorium.....	221



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam kurun waktu satu dasawarsa terakhir, permasalahan lingkungan menjadi salah satu isu yang paling menarik perhatian dunia. Dengan konsep pembangunan yang mengacu pada konsep *green construction* atau pembangunan yang ramah lingkungan maka kami mencoba menggunakan kotak aseptik dalam pembuatan papan partikel. Kotak aseptik sendiri merupakan bahan yang sering digunakan untuk kemasan minuman kotak yang merupakan limbah buangan yang sulit didaur ulang, sehingga kami bermaksud menggunakannya menjadi sebuah papan partikel. Papan partikel tersebut dimaksudkan untuk digunakan sebagai genteng, dinding partisi, *plafond* dan lain-lain.

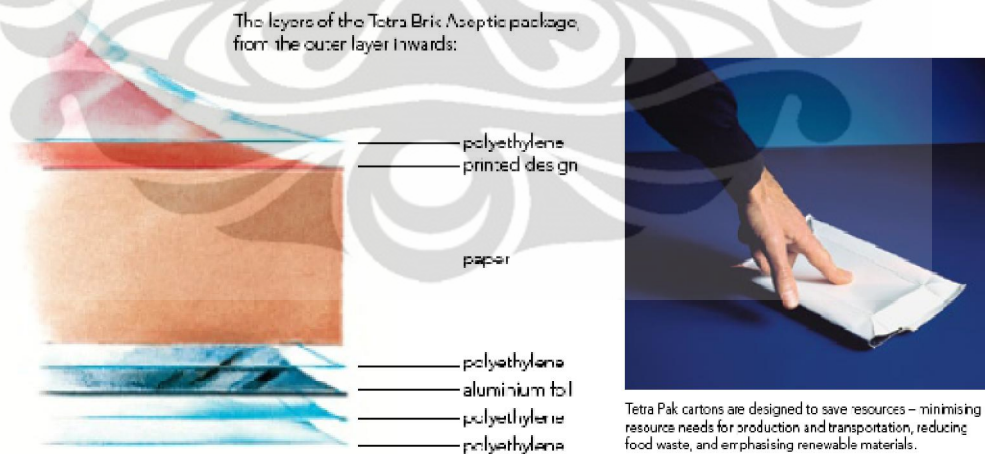
Untuk perekat pelat sendiri digunakan phenol formaldehida. Phenol formaldehida adalah senyawa kimia berbentuk cair yang digunakan sebagai perekat papan partikel dan pengerasannya dengan cara *hot press* 10 kg/cm² dan 15 kg/cm² dengan temperature 140°C selama ± 15 menit. (PT. Pamolite ,2007)⁽³⁰⁾. Phenol formaldehida merupakan perekat yang sering digunakan dalam pembuatan papan partikel untuk jenis papan eksterior. Dari segi kekuatan baik bila menggunakan bahan perekat phenol formaldehida sesuai persyaratan SNI 03 – 2105 – 2006⁽²⁶⁾ “Papan Partikel” dan JIS A 5908 : 2003⁽¹¹⁾ “ *Particleboards* ”. Agar mendapatkan kekuatan yang baik maka untuk campuran atau *designnya* kami melakukannya dengan *trial and error* sehingga dapat diketahui komposisi yang baik dan yang memenuhi syarat kekuatan.

Kotak aseptik dipasaran dikenal dengan merek dagangnya adalah *Tetra Pak* merupakan salah satu perusahaan yang pangsa pasarnya di Indonesia mencapai 95% dari produk kemasan yang kita gunakan. *Tetra Pak*⁽³¹⁾ adalah suatu perusahaan pengepakan serta pemrosesan makanan yang berasal dari Swedia, ditemukan oleh Ruben Raising di Lund, Sweden. Raising putra Ruben membuat inovasi, inovasinya adalah dalam bidang pengolahan aseptik kemasan makanan yang cair atau minuman, bila dikombinasikan dengan ultra-tinggi pemrosesan

temperatur (UHT), disimpan di bawah kondisi suhu kamar sampai satu tahun. Hal ini memungkinkan untuk barang-barang tahan lama disimpan dan didistribusikan melalui jarak yang jauh.

Kemasan aseptik merupakan hasil inovasi teknologi. Kotak ini terdiri dari lapisan kertas, aluminium dan plastik yang tidak hanya anti bocor, namun juga bisa melindungi isi kemasan dari ancaman bakteri. Karena kelebihan ini, banyak produk yang kemudian dikemas dengan menggunakan kemasan aseptik. Sehingga, jumlah total kemasan aseptik yang digunakan di seluruh dunia setiap tahunnya bertambah. Semakin banyaknya konsumsi kemasan aseptik menambah jumlah sampah di perkotaan. *Tetra Pak* yang dipasarkan terdiri dari beberapa jenis antara lain⁽⁵⁾: *Tetra Rex*, *Tetra Top*, *Tetra Fino (in front)*, *Tetra Gemina*, *Tetra Recart(in front)*, *TetraWedge (in front)*, *Tetra Prisma*, *Tetra Brik and Tetra Classic (in front)*. *Tetra Brik* adalah jenis *Tetra Pak* yang digunakan sebagai kemasan kotak minuman. Karena itu dicoba memanfaatkan sampah ini menjadi barang yang bisa digunakan sebagai *plafond* atau papan partisi.

Tetra Pak sendiri terdiri dari beberapa lapisan bagian seperti gambar di bawah ini:



Gambar. Lapisan kotak aseptik⁽⁵⁾

Material Tetrapak terdiri dari *polyethylene*, *printed design*, *paper*, dan *aluminium foil*. *Polyethylene*⁽⁶⁾ berfungsi agar air atau benda cair tidak dapat keluar dari kemasan dan melindungi *printed design* pada kemasan, aluminium

Universitas Indonesia

foil⁽⁶⁾ berfungsi untuk melindungi minuman terkena cahaya dan oksigen dari luar kemasan sehingga minuman akan tahan lama dan kertas⁽⁶⁾ merupakan bahan utama yang memberi bentuk pada kemasan itu sendiri.

Setelah dibuat papan partikel sesuai dengan *design trial and error*, maka akan dilakukan *test* kimia, fisik dan mekanik papan partikel yang tujuannya untuk mengetahui kekuatan dari papan partikel bila dibebani beban garis. Untuk peraturan yang dipakai mengacu ke peraturan SNI 03 – 2105 – 2006⁽²⁶⁾ “Papan Partikel” dan JIS A 5908 : 2003⁽¹¹⁾ “ *Particleboards* ” sehingga dapat diketahui kelayakannya bila digunakan. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengurangi limbah buangan kotak aseptik sehingga dapat terwujud suatu konstruksi yang sesuai dengan konsep *green construction* yang ramah lingkungan.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat memanfaatkan limbah aseptik menjadi barang yang bermanfaat bagi masyarakat, ekonomis, ramah lingkungan dan mengurangi jumlah buangan sampah perkotaan.

Tujuan dari penelitian ini :

- Mempelajari dan menganalisa sifat fisik dan mekanik papan partikel dengan menggunakan cacah kotak aseptik dan phenol formaldehida sebagai perekatnya.
- Mendapatkan *design* campuran papan partikel yang terbaik sesuai peraturan SNI papan partikel⁽²⁶⁾ dan JIS *Particleboards*⁽¹¹⁾ yang digunakan, pada saat dilakukan pengetesan secara fisik dan mekanik.
- Mendapatkan daya dukung atau kapasitas pelat dan pola retak yang terjadi akibat papan partikel dibebani oleh beban garis.

1.3. Batasan Penelitian

Penelitian papan partikel cacah kotak aseptik yang dilakukan memiliki ruang lingkup sebagai berikut :

- Bahan utama pembuatan papan partikel adalah kotak aseptik yang digunakan sebagai kemasan minuman seperti *Tetra Pak* jenis *Tetra Brik*.
- Phenol formaldehida sebagai perekat papan partikel.
- Perhitungan *mix design* dengan metode *trial and error*
- Pengujian yang dilakukan adalah pengujian fisik, mekanik, dan pengujian beban garis.

1.4. Hipotesa

Dengan percobaan ini akan menghasilkan papan partikel yang memiliki sifat kimia, fisik dan mekanik yang terbaik menurut JIS A 5908 : 2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ mengenai papan partikel. Dengan catatan, material papan partikel adalah kotak aseptik dan phenol formaldehida sebagai perekat. Pada saat kotak aseptik diberi perekat phenol formaldehida dan diberi cat sebagai dekoratif terbentuk suatu papan partikel yang kuat sehingga menghasilkan sifat fisik dan mekanik yang kuat menurut JIS A 5908 : 2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ mengenai papan partikel.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang akan digunakan berbentuk percobaan di laboratorium. Percobaan akan dilakukan dengan metode *trial and error* karena belum ada perhitungan *mix design* yang pasti. Benda uji adalah papan partikel cacah kotak aseptik dengan menggunakan perekat phenol formaldehida sehingga terbentuk papan partikel.

Uraian kegiatan adalah berdasarkan :

- Pemahaman teoritis mengenai kotak aseptik dan perekat phenol formaldehida.
- Penentuan komposisi benda uji.
- Pengujian laboratorium.
- Pengumpulan data hasil laboratorium.
- Perumusan kesimpulan

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, batasan penelitian, metodologi penelitian, hipotesa dan sistematika yang dilakukan dalam penulisan penelitian.

BAB II : LANDASAN TEORI

Berisi pengumpulan teori, referensi tentang papan partikel cacah kotak aseptik yang mencakup pengertian papan partikel, material-material utama seperti kotak aseptik dan perekat phenol formaldehida. Selain itu, bab ini juga berisi tentang beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Tentang diagram alir metode penelitian yang akan dilakukan, yaitu bagaimana penulis melakukan rencana penelitian berdasarkan landasan teori yang sudah ada. Diawali dengan menentukan standar pengujian yang akan digunakan, penyelidikan dan penelitian bahan papan partikel cacah kotak aseptik, menentukan jumlah *sample*, variasi *mix design* sampai pada tahap metodologi pengujian yaitu fisik, mekanik, dan pengujian beban garis.

BAB IV : ANALISA DATA

Berisi tentang analisa data dari percobaan yang telah dilakukan dan sesuai dengan standar yang digunakan, yaitu bagaimana penulis menganalisa data yang didapat dari percobaan yang telah dilakukan di laboratorium berdasarkan standar yang digunakan. Diawali dengan perhitungan *mix design* untuk mengetahui jumlah

aseptik dan phenol formaldehida yang dibutuhkan, pembuatan benda uji yang jumlahnya sesuai dengan jumlah *sample* yang dibutuhkan yang telah dijelaskan di bab sebelumnya dan analisa data yang didapat dari hasil pengujian fisik, mekanik, dan pengujian beban garis yang telah dilakukan di laboratorium.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari percobaan yang telah dilakukan di laboratorium. Di dalam bab ini penulis memberikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sesuai standar yang digunakan. Kesimpulan ini meliputi kelayakan dari segi kekuatan dan keamanan dari papan partikel yang dibuat, di samping kesimpulan di dalam bab ini juga berisi saran yaitu bagaimana penulis memberikan masukan agar penelitian selanjutnya menghasilkan hasil yang lebih baik dan memberikan saran untuk penelitian lanjutan dari pembuatan papan partikel.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Papan Partikel

Papan partikel⁽²⁶⁾ adalah hasil pengempaan panas campuran partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya dengan perekat organik serta bahan lain. Sedangkan papan partikel biasa adalah panel kayu yang dibuat dari hasil perekatan partikel kayu (bagian kayu berukuran kecil). Papan partikel umumnya berbentuk datar dengan ukuran relatif panjang, relatif lebar, dan relatif tipis sehingga disebut Panel. Ada juga papan partikel yang tidak datar (papan partikel lengkung) dan mempunyai bentuk tertentu tergantung pada acuan (cetakan) yang dipakai. Pada umumnya papan partikel terdiri dari partikel kayu, bahan perekat, dan bahan-bahan untuk tujuan dekoratif.

Salah satu pemanfaatan limbah kayu adalah untuk pembuatan papan partikel yaitu lembaran hasil pengempaan panas campuran partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya dengan perekat organik dan bahan lainnya. Partikel berarti butir atau bahan yang berukuran relatif kecil. Partikel kayu berarti potongan kecil kayu yang bentuknya bermacam-macam tergantung pada cara pengolahannya (Sutigno, P. 1994)⁽²⁷⁾.

2.1.1. Macam Papan Partikel⁽²⁸⁾

- **Bentuk**

Papan partikel umumnya berbentuk datar dengan ukuran relatif panjang, relatif lebar, dan relatif tipis sehingga disebut Panel. Ada papan partikel yang tidak datar (papan partikel lengkung) dan mempunyai bentuk tertentu tergantung pada acuan (cetakan) yang dipakai seperti bentuk kotak radio.

- **Pengempaan**

Cara pengempaan dapat secara mendatar atau secara ekstrusi. Cara mendatar ada yang kontinyu dan tidak kontinyu. Cara kontinyu berlangsung melalui ban baja yang menekan pada saat bergerak memutar. Cara tidak kontinyu pengempaan

berlangsung pada lempeng yang bergerak vertikal dan banyaknya celah (rongga antara lempeng) dapat satu atau lebih. Pada cara ekstrusi, pengempaan berlangsung kontinyu diantara dua lempeng yang statis. Penekanan dilakukan oleh semacam piston yang bergerak vertikal atau horizontal.

- Kerapatan

Ada tiga kelompok kerapatan papan partikel, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Terdapat perbedaan batas antara setiap kelompok tersebut, tergantung pada standar yang digunakan pada saat pembuatan papan partikel.

- Kekuatan (Sifat Mekanis)

Pada prinsipnya sama seperti kerapatan, pembagian berdasarkan kekuatanpun ada yang rendah, sedang, dan tinggi. Terdapat perbedaan batas antara setiap macam (tipe) tersebut, tergantung pada standar yang digunakan. Ada standar yang menambahkan persyaratan beberapa sifat fisis.

- Macam Perekat

Macam perekat yang dipakai mempengaruhi ketahanan papan partikel terhadap pengaruh kelembaban, yang selanjutnya menentukan penggunaannya. Ada standar yang membedakan berdasarkan sifat perekatnya, yaitu interior dan eksterior. Ada standar yang memakai penggolongan berdasarkan macam perekat, yaitu Tipe U (urea formaldehida atau yang setara), Tipe M (melamin urea formaldehida atau yang setara) dan Tipe P (phenol formaldehida atau yang setara). Untuk yang memakai perekat urea formaldehida ada yang membedakan berdasarkan emisi formaldehida dari papan partikelnya, yaitu yang rendah dan yang tinggi atau yang rendah, sedang dan tinggi.

- Susunan Partikel

Pada saat membuat partikel dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu halus dan kasar. Pada saat membuat papan partikel kedua macam partikel tersebut dapat disusun tiga macam sehingga menghasilkan papan partikel yang berbeda yaitu papan partikel homogen (berlapis tunggal), papan partikel berlapis tiga dan papan partikel berlapis bertingkat.

- Arah Partikel

Pada saat membuat hamparan, penaburan partikel (yang sudah dicampur dengan perekat) dapat dilakukan secara acak (arah serat partikel tidak diatur) atau

Universitas Indonesia

arah serat diatur, misalnya sejajar atau bersilangan tegak lurus. Untuk yang disebutkan terakhir dipakai partikel yang relatif panjang, biasanya berbentuk untai (strand) sehingga disebut papan untai terarah (*oriented strand board* atau *OSB*).

- Penggunaan

Berdasarkan penggunaan yang berhubungan dengan beban, papan partikel dibedakan menjadi papan partikel penggunaan umum dan papan partikel structural (memerlukan kekuatan yang lebih tinggi). Untuk membuat mebel, pengikat dinding dipakai papan partikel penggunaan umum. Untuk membuat komponen dinding, peti kemas dipakai papan partikel structural.

- Pengolahan

Ada dua macam papan partikel berdasarkan tingkat pengolahannya, yaitu pengolahan primer dan pengolahan sekunder. Papan partikel pengolahan primer adalah papan partikel yang dibuat melalui proses pembuatan partikel, pembentukan hamparan dan pengempaan yang menghasilkan papan partikel. Papan partikel pengolahan sekunder adalah pengolahan lanjutan dari papan partikel pengolahan primer misalnya dilapisi venir indah, dilapisi kertas aneka corak.

2.1.2. Faktor Yang Mempengaruhi Mutu Papan Partikel⁽²⁸⁾

- Berat jenis kayu

Perbandingan antara kerapatan atau berat jenis papan partikel dengan berat jenis kayu harus lebih dari satu, yaitu sekitar 1,3 agar mutu papan partikelnya baik. Pada keadaan tersebut proses pengempaan berjalan optimal sehingga kontak antar partikel baik.

- Jenis kayu

Jenis kayu (misalnya Meranti kuning) yang kalau dibuat papan partikel emisi formaldehidanya lebih tinggi dari jenis lain (misalnya meranti merah).

- Campuran jenis kayu

Keteguhan lentur papan partikel dari campuran jenis kayu ada diantara keteguhan lentur papan partikel dari jenis tunggalnya, karena itu papan partikel struktural lebih baik dibuat dari satu jenis kayu daripada dari campuran jenis

kayu. Papan partikel yang dibuat dari tatal akan lebih baik daripada yang dibuat dari serbuk karena ukuran tatal lebih besar daripada serbuk. Karena itu, papan partikel struktural dibuat dari partikel yang relatif panjang dan relatif lebar.

- **Perekat**

Macam partikel yang dipakai mempengaruhi sifat papan partikel. Penggunaan perekat eksterior akan menghasilkan papan partikel eksterior sedangkan pemakaian perekat interior akan menghasilkan papan partikel interior. Walaupun demikian, masih mungkin terjadi penyimpangan, misalnya karena ada perbedaan dalam komposisi perekat dan terdapat banyak sifat papan partikel. Sebagai contoh, penggunaan perekat urea formaldehida yang kadar formaldehidanya tinggi akan menghasilkan papan partikel yang keteguhan lentur dan keteguhan rekat internalnya lebih baik tetapi emisi formaldehidanya lebih jelek.

- **Pengolahan**

Proses produksi papan partikel berlangsung secara otomatis. Walaupun demikian, masih mungkin terjadi penyimpangan yang dapat mengurangi mutu papan partikel. Sebagai contoh, kadar air hampan (campuran partikel dengan perekat) yang optimum adalah 10-14%, bila terlalu tinggi keteguhan lentur dan keteguhan rekat internal papan partikel akan menurun.

2.1.3. Mutu Papan Partikel ⁽²⁸⁾

Mutu papan partikel meliputi cacat, ukuran, sifat fisis, sifat mekanis, dan sifat kimia. Dalam standar papan partikel yang dikeluarkan oleh beberapa negara masih mungkin terjadi perbedaan dalam hal kriteria, cara pengujian, dan persyaratannya. Walaupun demikian, secara garis besarnya sama.

- **Cacat**

Pada Standar Indonesia Tahun 1983 tidak ada pembagian mutu papan partikel berdasarkan cacat, tetapi pada standar tahun 1996 ada 4 mutu penampilan papan partikel menurut cacat, yaitu :A, B, C, dan D. Cacat yang dinilai adalah partikel kasar di permukaan, noda serbuk, noda minyak, goresan, noda perekat, rusak tepi dan keropos.

- **Ukuran**

Penilaian panjang, lebar, tebal dan siku terdapat pada semua standar papan partikel. Dalam hal ini, dikenal adanya toleransi yang tidak selalu sama pada setiap standar. Dalam hal toleransi telah, dibedakan untuk papan partikel yang dihaluskan kedua permukaannya, dihaluskan satu permukaannya dan tidak dihaluskan permukaannya.

- **Sifat Fisis**

1. Kerapatan papan partikel ditetapkan dengan cara yang sama pada semua standar, tetapi persyaratannya tidak selalu sama. Menurut Standar Indonesia tahun 1983 persyaratannya 0,50-0,70 g/cm³, sedangkan menurut Standar Indonesia tahun 1996 persyaratannya 0,50-0,90 g/cm³. Ada standar papan partikel yang mengelompokkan menurut kerapatannya, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.
2. Kadar air papan partikel ditetapkan dengan cara yang sama pada semua standar, yaitu metode oven (metode pengurangan berat). Walaupun persyaratan kadar air tidak selalu sama pada setiap standar, perbedaannya tidak besar (kurang dari 5%).
3. Pengembangan tebal papan partikel ditetapkan setelah contoh uji direndam dalam air dingin (suhu kamar) atau setelah direndam dalam air mendidih, cara pertama dilakukan terhadap papan partikel interior dan eksterior, sedangkan cara kedua untuk papan partikel eksterior saja. Menurut Standar Indonesia tahun 1983, untuk papan partikel eksterior, pengembangan tebal ditetapkan setelah direbus 3 jam, dan setelah direbus 3 jam kemudian dikeringkan dalam oven 100 °C sampai berat contoh uji tetap. Ada papan partikel interior yang tidak diuji pengembangan tebalnya, misalnya tipe 100 menurut Standar Indonesia Tahun 1996, sedangkan untuk tipe 150 dan tipe 200 diuji pengembangan tebalnya. Menurut standar FAO, pada saat mengukur pengembangan tebal ditetapkan pula penyerapan airnya (absorpsi).

- **Sifat Mekanis**

1. Keteguhan (kuat) lentur umumnya diuji pada keadaan kering meliputi modulus patah dan modulus elastisitas. Pada Standar Indonesia tahun

Universitas Indonesia

1983 hanya modulus patah saja, sedangkan pada Standar Indonesia tahun 1996 meliputi modulus patah dan modulus elastisitas. Selain itu, pada standar ini ada pengujian modulus patah pada keadaan basah, yaitu untuk papan partikel tipe 150 dan 200. Bila papan partikelnya termasuk tipe I (eksterior), pengujian modulus patah dalam keadaan basah dilakukan setelah contoh uji direndam dalam air mendidih (2 jam) kemudian dalam air dingin (suhu kamar) selama 1 jam. Untuk papan partikel tipe II (interior) pengujian modulus patah dalam keadaan basah dilakukan setelah contoh uji direndam dalam air panas (70 °C) selama 2 jam kemudian dalam air dingin (suhu kamar) selama 1 jam.

2. Keteguhan rekat internal (kuat tarik tegak lurus permukaan) umumnya diuji pada keadaan kering, seperti pada Standar Indonesia tahun 1996. Pada Standar Indonesia tahun 1983 pengujian tersebut dilakukan pada keadaan kering untuk papan partikel mutu I (eksterior) dan mutu II (interior). Pengujian pada keadaan basah, yaitu setelah direndam dalam air mendidih (2 jam) dilakukan hanya pada papan partikel mutu I saja.
3. Keteguhan (kuat) pegang skrup diuji pada arah tegak lurus permukaan dan sejajar permukaan serta dilakukan pada keadaan kering saja. Menurut Standar Indonesia tahun 1996 pengujian tersebut dilakukan pada papan partikel yang tebalnya di atas 10 mm.

- **Sifat Kimia**

Emisi (lepasan) formaldehida dapat dianggap sebagai sifat kimia dari papan partikel. Pada Standar Indonesia tahun 1983, belum disebutkan mengenai emisi formaldehida dari papan partikel. Pada Standar Indonesia tahun 1996, disebutkan bahwa bila diperlukan dapat dilakukan penggolongan berdasarkan emisi formaldehida. Pada Standar Indonesia tahun 1999 mengenai emisi formaldehida pada panel kayu terdapat pengujian dan persyaratan emisi formaldehida pada papan partikel.

2.2. Teknologi Papan Partikel

Papan partikel⁽²⁶⁾ adalah hasil pengempaan panas campuran partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya dengan perekat organik serta bahan lain. Sedangkan papan partikel biasa panel kayu yang dibuat dari hasil perekatan partikel kayu (bagian kayu berukuran kecil). Papan Partikel mempunyai sifat-sifat tertentu yaitu :

A. Sifat fisik

- Visual
- Dimensi
- Kerapatan
- Kadar air
- Pengembangan tebal setelah direndam air dan daya serap

B. Sifat Mekanis

- Keteguhan lentur sisi tebal yang menerima beban
- Keteguhan lentur sisi lebar yang menerima beban
- Keteguhan tarik tegak lurus permukaan (*internal bond*)
- Modulus elastisitas lentur sisi lebar yang menerima beban
- Modulus elastisitas lentur sisi tebal yang menerima beban
- Cabut sekrup
- Keteguhan beban garis

C. Sifat Kimia

- Uji emisi formaldehida

Dalam prakteknya, tidak dibutuhkan semua sifat dari papan partikel bernilai maksimal. Semua tergantung dari fungsi dari papan partikel itu sendiri, Bangunan dan kolerasinya terhadap biaya. Karena itu sifat-sifat yang dimiliki papan partikel inilah yang merupakan hal-hal yang membuat papan partikel masih menjadi material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi.

2.2.1. Pengujian Papan Partikel

Dalam pengujian papan partikel pengujiannya dibagi tiga yaitu pengujian kimia, pengujian fisik dan pengujian mekanis. Untuk pengujian kimia dilakukan pengujian emisi formaldehida. Pengujian fisik sendiri terdiri dari pengujian visual yang meliputi syarat ukuran dan kesikuan, syarat mutu penampilan papan partikel. Selain visual papan partikel diuji juga untuk kadar air, kerapatan, daya serap dan pengembangan tebal setelah direndam. Sedangkan untuk pengujian mekanis meliputi : keteguhan lentur sisi lebar yang menerima beban, keteguhan lentur sisi tebal yang menerima beban, keteguhan tarik tegak lurus permukaan (*internal bond*), modulus elastisitas lentur sisi lebar yang menerima beban, modulus elastisitas lentur sisi tebal yang menerima beban, cabut sekrup dan keteguhan beban garis.

2.2.1.1. Syarat Papan Partikel Secara Fisik⁽²⁶⁾

a. Pengujian visual ukuran dan kesikuan

Untuk ukuran terdapat toleransi panjang dan lebar ± 3 mm. Sedangkan untuk kesikuan toleransinya adalah perbedaan dari garis siku maksimum 2 mm. Untuk toleransi tebal dapat dilihat pada table 2.1 dan tabel 2.2.

Tabel 2.1. Toleransi tebal papan partikel

No.	Macam papan partikel	Tebal (mm)	Toleransi tebal (mm)		
			Tidak diampelas	Diampelas	Dekoratif
1.	Papan partikel biasa	< 15	$\pm 1,0$	$\pm 0,3$	-
		≥ 15			
2.	Papan partikel berlapis venir	< 20	$\pm 1,2$	$\pm 0,3$	-
		≥ 20	$\pm 1,5$	$\pm 0,3$	
3.	Papan partikel dekoratif	< 18	-	-	$\pm 0,5$
		≥ 18	-	-	$\pm 0,6$

Sumber: SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾

Tabel 2.2. Toleransi tebal papan partikel

Classification	Thickness	Tolerances on thickness			Tolerances on width and length	Squares
		Non-polished board	Polished board	Decorative board		
Base Particleboard and veneered particleboard	Under 15	± 1.0	± 3.0	-	±3.0	± 2 max
	15 or over to and excl	± 1.2				
	20 or over	± 1.5				
Decorative particleboard	Under 18	-	-	± 0.5		
	18 or over	-	-	± 0.6		

Sumber: JIS A 5908 : 2003⁽¹¹⁾

- b. Untuk pengujian visual mutu penampilan adapun syarat umumnya tidak diperkenankan adanya keropos, lapuk, lekang dan goresan pada papan partikel. Sedangkan syarat khusus untuk papan partikel biasa, syarat khususnya dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Mutu penampilan papan partikel

No.	Jenis cacat	A	B	C	D
1	Partikel kasar di permukaan panel	Maksimum 10 buah, tidak berkelompok	Maksimum 15 buah, tidak berkelompok	Maksimum 20 buah, tidak berkelompok	Maksimal 50 buah, tidak berkelompok
2	Noda serbuk	Maksimum diameter 0,5 cm, 1 buah	Maksimum diameter 2,0 cm, 1 buah	Maksimum diameter 4,0 cm, 2 buah	Maksimum diameter 6,0 cm, 5 buah
3.	Noda minyak	Tidak ada	Tidak ada	Maksimum diameter 1 cm, 1 buah	Maksimum diameter 2 cm, 2 buah
4	Noda perekat	Maksimum diameter 1,0 cm, 1 buah	Maksimum diameter 1,0 cm, 2 buah	Maksimum diameter 2,0 cm, 2 buah	Maksimum diameter 4 cm, 1 buah
5.	Rusak tepi	Tidak ada	Tidak ada	Maksimum lebar 5,0 mm, panjang maks 100 mm	Maksimum lebar 10,0 mm, panjang maksimum 200 mm

Sumber: SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾

- c. Pengujian Kadar air

Kadar air papan partikel tidak diperkenankan lebih dari 14%.

d. Pengujian kerapatan

Kerapatan papan partikel antara $0,40 \text{ g/cm}^3 - 0,90 \text{ g/cm}^3$.

e. Pengembangan tebal setelah direndam air

Untuk papan partikel tipe 8 dengan perekat tipe U tidak dipersyaratkan, untuk papan partikel tipe 24 – 10 dan 17,5 – 10,5 bila tebalnya $\leq 12,7 \text{ mm}$, maksimum 25% dan bila tebalnya $> 12,7 \text{ mm}$, maksimum 20%. Sedangkan untuk papan partikel lainnya maksimum 12%.

2.2.1.2 Syarat Papan Partikel Secara Mekanis

- a. Syarat sifat mekanis papan partikel struktural dapat dilihat pada tabel 2.4 yang menjelaskan standar kekuatan papan partikel.

Tabel 2.4. Syarat sifat mekanis papan partikel struktural

No.	Jenis papan partikel	Tipe	Keteguhan lentur minimum (kgf/cm^2)				Modulus elastisitas lentur (kering) minimum (10^4 kgf/cm^2)	Keteguhan tarik tegak lurus permukaan minimum (kgf/cm^2)	Keteguhan cabut sekrup minimum (kgf) *
			Kering		Basah				
			Arah panjang	Arah lebar	Arah panjang	Arah lebar			
1.	Papan partikel biasa dan papan partikel dekoratif	18	184		92		3,06 (arah lebar)	3,1	51
		13	133		66		2,55 (arah lebar)		
		8	82		-		2,04 (arah lebar)		
2.	Papan partikel berlapis venir	30 – 15	306	153	153	77	4,59 (arah panjang) 2,86 (arah lebar)	3,1	51
3.	Papan partikel biasa struktural	24 – 10	245	102	122	51	4,08 (arah panjang) 1,33 (arah lebar)	3,1	51
		17,5-10,5	178	107	90	54	3,06 (arah panjang) 2,04 (arah lebar)		

Sumber: SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾

2.2.1.3. Syarat lulus uji⁽²⁶⁾

a. Contoh papan partikel

Contoh uji dinyatakan lulus uji bila memenuhi persyaratan sifat fisik dan mekanisnya.

b. Partai papan partikel

Partai papan partikel dinyatakan lulus uji apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- 1) Apabila 90% atau lebih dari jumlah contoh lulus uji maka partai tersebut dinyatakan lulus uji.
- 2) Apabila 70 – 90% dari jumlah contoh lulus uji, maka dilakukan uji ulang dengan jumlah contoh 2 kali contoh pertama. Apabila 90% atau lebih dari hasil uji ulang lulus uji, maka partai tersebut dinyatakan lulus uji.
- 3) Apabila kurang dari 70% dari jumlah lulus uji maka partai tersebut dinyatakan tolak uji. (SNI 03 – 2105 – 2006 “Papan partikel”)⁽²⁶⁾.

2.2.1.4. Pengujian Beban Garis Pada Pelat Papan Partikel

- **Teori Umum Pelat**

Pelat adalah struktur horizontal yang menerima beban vertikal yang kemudian disalurkan pada tumpuan sisi-sisinya atau langsung disalurkan ke tumpuan ujung-ujungnya atau pelat adalah struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material yang monolit yang tingginya kecil dibandingkan dengan dimensi – dimensi lainnya⁽¹⁵⁾. Pada percobaan ini digunakan beban garis untuk melihat daya dukung dan pola retak pelat papan partikel. Beban garis adalah sederetan beban titik yang bekerja pada pelat dengan luasan beban yang kecil atau luasan yang bekerja kecil dan merupakan beban vertikal atau beban sudut. Beban garis yang digunakan adalah beban yang panjangnya relatif lebih kecil dari panjang atau lebar pelat papan partikel dengan lebar beban yang relatif kecil dan merupakan beban vertikal yang kemudian disalurkan pada tumpuan sisi-sisinya atau langsung disalurkan ke tumpuan ujung-ujungnya. Besar beban vertikal tergantung kemampuan pelat menahan beban sampai terbentuk suatu pola retak. Pada pelat

persegi berdasarkan jenisnya pelat dibedakan menjadi 2 yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

Jenis Pelat⁽¹⁵⁾

- Pelat Satu Arah

Pelat satu arah adalah pelat yang tertumpu disalah satu sisinya atau kedua sisi berhadapan.

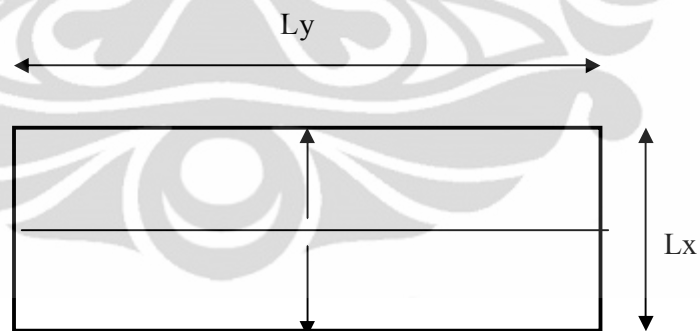
1. Pelat dengan satu tumpuan (pelat *overstek*)

- Pelat beton penahan sinar matahari di atas jendela.
- Pelat pondasi (*footplat*).
- Pelat tangga layang (khusus).

2. Pelat dengan dua dukungan

- Pelat tertumpu bebas di dua sisinya seperti pelat penutup selokan
- Pelat terjepit elastis penuh di dua sisinya (misal plat tangga).
- Gabungan dari 2 sistem dukungan di atas (terjepit di satu sisi dan bebas di sisi satunya) seperti pelat dengan bordes yang menumpu atas dinding.

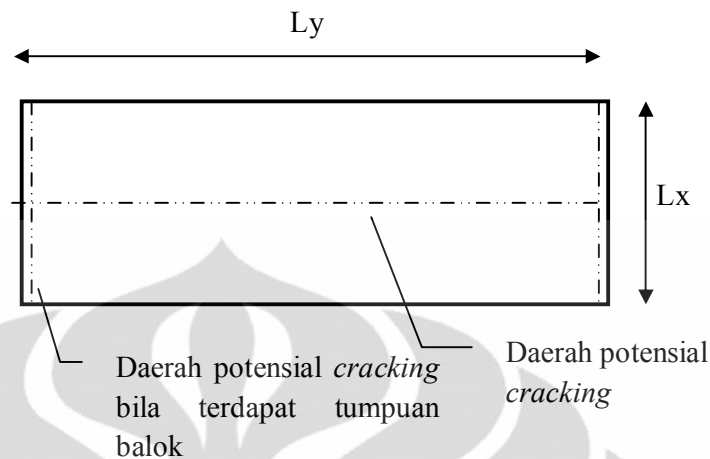
Penyaluran beban pada pelat satu arah umumnya seperti gambar 2.1 di mana perbandingan $L_y/l_x \geq 3$ dan $L_y > L_x$.



Gambar 2.1. Penyaluran beban ke tumpuan untuk pelat satu arah

Sumber: (P, Handi. 2000)⁽¹⁵⁾

Momen lentur yang disebabkan suatu beban bila melewati kapasitas nominal pelat maka akan menyebabkan terjadi defleksi yang mengakibatkan *crack* (retak) pada permukaan pelat seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Daerah potensial terjadi *crack* pada pelat satu arah

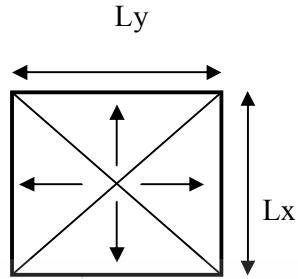
Sumber: (P, Handi, 2000)⁽¹⁵⁾

- Pelat Dua Arah

Pelat 2 arah bisa dibedakan menjadi beberapa macam, seperti :

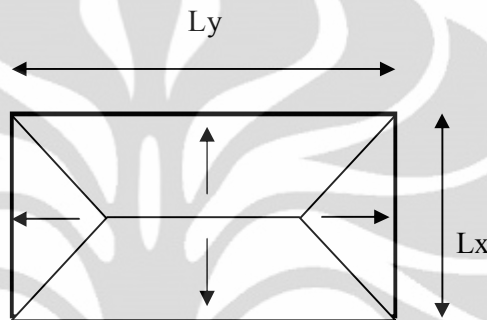
1. Pelat yang menumpu di empat sisinya.
 - Tertumpu kaku di empat sisinya.
 - Tertumpu bebas di empat sisinya.
 - Keempat sisi tertumpu kaku dan babas (2-2 berhadapan, 2-2 tidak berhadapan, 1-3 dan 3-1).
2. Plat yang tertumpu di tiga sisinya.
 - Tertumpu kaku di tiga sisinya.
 - Tertumpu bebas di tiga sisinya.
 - Ketiga sisi tertumpu kaku dan bebas (2-1 dan 1-2).
3. Pelat yang tertumpu di dua sisinya tapi tidak berhadapan.

Penyaluran beban pada pelat satu arah umumnya seperti gambar 2.3 di mana perbandingan $L_y/L_x < 3$ dan $L_y > L_x$.



Gambar 2.3. Penyaluran beban ke tumpuan untuk pelat dua arah di mana $l_y/l_x=1$

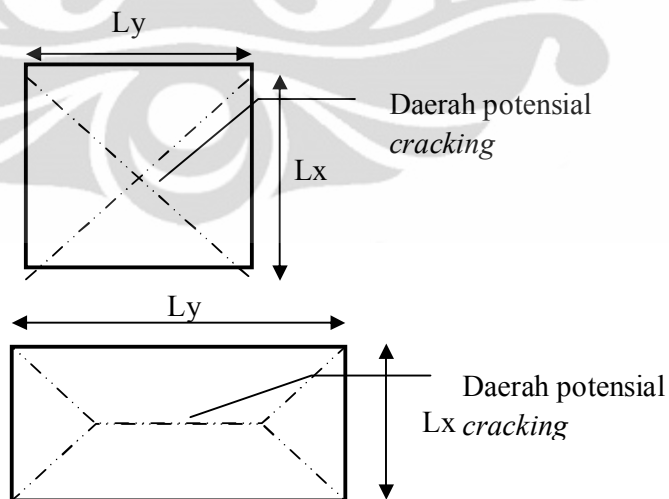
Sumber: (P, Handi. 2000)⁽¹⁵⁾



Gambar 2.4. Penyaluran beban ke tumpuan untuk pelat dua arah di mana $1 < l_y/l_x < 3$

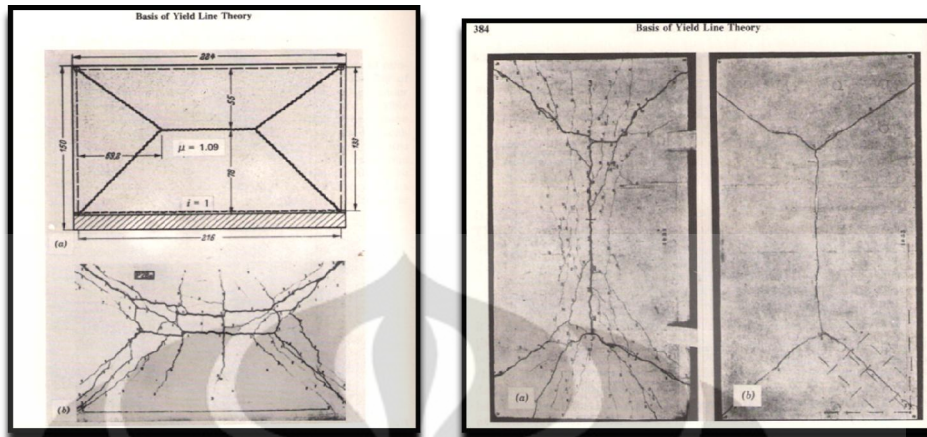
Sumber: (P, Handi. 2000)⁽¹⁵⁾

Momen lentur yang disebabkan suatu beban bila melewati kapasitas nominal pelat maka akan menyebabkan terjadi defleksi yang mengakibatkan *crack* (retak) pada permukaan pelat seperti pada gambar 2.5.

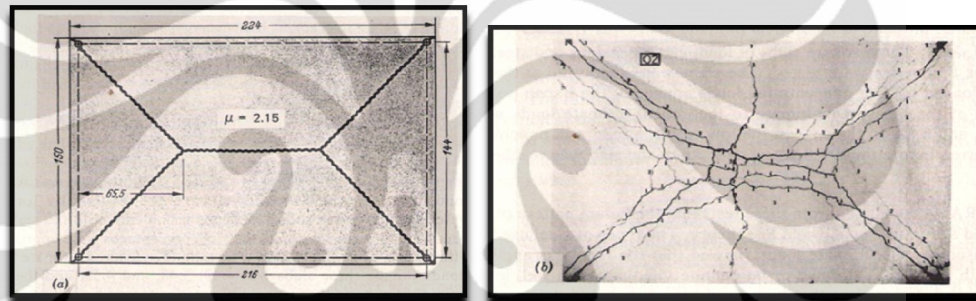


Gambar 2.5. Daerah potensial terjadi *crack* pada pelat dua arah

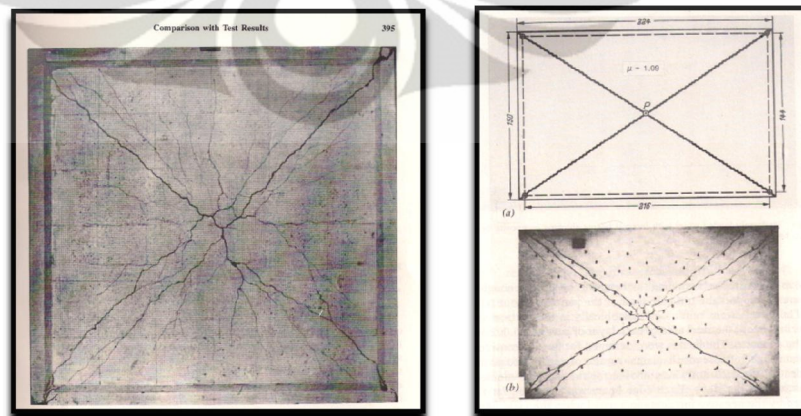
Sumber: (P, Handi. 2000)⁽¹⁵⁾



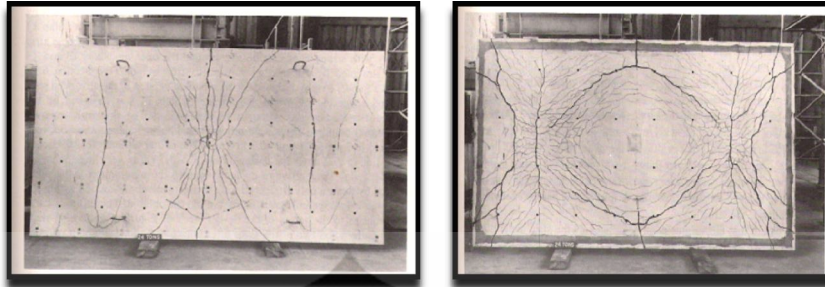
Gambar 2.6. Pola retak pelat 2 arah teori dan yang terjadi sebenarnya di lapangan
Sumber: (Gamble. 1980)⁽⁷⁾



Gambar 2.7. Pola retak pelat 2 arah teori dan yang terjadi sebenarnya di lapangan
dengan perletakan di kesemua sisi pelat
Sumber: (Gamble. 1980)⁽⁷⁾



Gambar 2.8. Pola retak pelat 1 arah teori dan yang terjadi sebenarnya di lapangan
Sumber: (Gamble. 1980)⁽⁷⁾



Gambar 2.9. Pola retak yang terjadi sebenarnya di lapangan tampak dari sisi atas dan bawah dari pelat

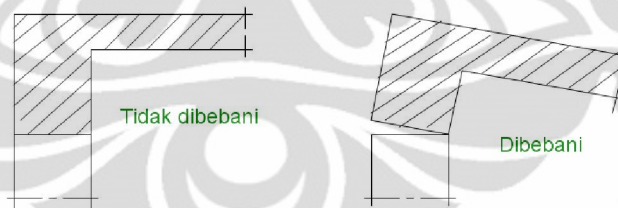
Sumber: (Gamble. 1980)⁽⁷⁾

Pada gambar 2.6, 2.7, 2.8 dan 2.9 adalah gambar pola retak yang terjadi pelat beton 1 arah dan 2 arah yang dibandingkan antara teori dan yang terjadi sesungguhnya.

- Macam-macam tumpuan pelat⁽¹⁵⁾

1. Tertumpu Bebas

Bila dibebani pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan seperti terlihat pada gambar 2.10.



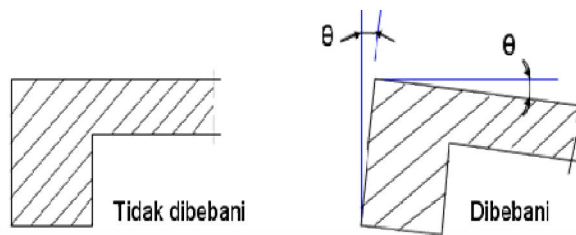
Gambar 2.10. Pelat tertumpu bebas

Sumber: (P, Handi. 2000)⁽¹⁵⁾

Contoh terjadi apabila pelat lantai ditumpu pada tembok atau dinding pasangan batu bata.

2. Terjepit Elastis

Bila tumpuan tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi akibat momen pelat, maka pelat terjepit sebagian seperti pada gambar 2.11.



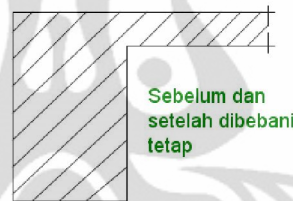
Gambar 2.11. Pelat terjepit elastis

Sumber: (P, Handi. 2000)⁽¹⁵⁾

Contoh terjadi apabila pelat ditumpu pada beberapa tumpuan, misalnya pada suatu deretan kolom pada sepanjang tepinya.

3. Terjepit Penuh

Bila tumpuan mencegah pelat lantai berotasi, dan relatif sangat kaku terhadap momen.



Gambar 2.12. Pelat terjepit penuh

Sumber: (P, Handi. 2000)⁽¹⁵⁾

Contoh terjadi apabila pelat menyatu atau monolit dengan tumpuan yang relatif sangat besar dimensinya seperti pada gambar 2.12.

2.3. Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik dengan Perekat Phenol Formaldehida

Definisi papan partikel cacah kotak aseptik dengan perekat phenol Formaldehida. Papan partikel cacah kotak aseptik⁽²⁶⁾ adalah hasil pengempaan panas campuran cacah kotak aseptik dengan perekat phenol formaldehida. Papan partikel umumnya berbentuk datar dengan ukuran relatif panjang, relatif lebar, dan relatif tipis sehingga disebut panel. Papan partikel cacah kotak *aseptic* terdiri

Universitas Indonesia

dari cacah kotak aseptik dan bahan perekat. Pada percobaan ini bahan papan partikel yang digunakan adalah cacah kotak aseptik dan phenol formaldehida. Papan partikel cacah kotak aseptik sepenuhnya menggantikan partikel kayu dengan cacah kotak aseptik yang terdiri dari bahan karton, plastik dan aluminium.

2.3.1. Sejarah Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik

Cacah kotak aseptik sebelumnya sudah pernah dibuat sebagai papan komposit oleh PT. *Tetra Pak*. Berdasarkan sifat gabungan polimer dan aluminium memungkinkan untuk produksi papan komposit untuk bahan bangunan rumah murah. Plastik dan aluminium⁽¹⁹⁾ dari kotak aseptik juga dapat didaur ulang untuk membuat produk-produk komposit seperti genteng atau pot plastik, atau untuk menggantikan bahan bakar fosil untuk pembangkitan panas dan listrik. Kotak aseptik di Brazil sudah dimanfaatkan sebagai genteng karena kotak aseptik mempunyai sifat yang kedap air dan tahan terhadap cahaya matahari.

2.3.2. Sifat Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik

Suatu campuran papan partikel cacah kotak aseptik memiliki sifat – sifat sebagai berikut :

a. Ketahanan terhadap cuaca

Sifat ini merupakan petunjuk kemampuan kotak *aseptic* untuk menahan perubahan volume yang berlebihan, yang diakibatkan oleh adanya perubahan pada kondisi lingkungan. Suatu kotak *aseptic* dikatakan kekal jika dengan adanya perubahan tersebut tidak mengakibatkan memburuknya sifat papan partikel. Papan partikel cacah kotak aseptik tahan terhadap cahaya karena mempunyai lapisan aluminium yang melindungi dan tahan terhadap air karena memiliki lapisan plastik dan aluminium jadi papan partikel cacah kotak *aseptic* tahan terhadap cuaca.

b. Susunan besar ukuran cacah kotak

Gradasi cacah kotak sangat berpengaruh terhadap beberapa sifat papan partikel, antara lain :

- Terhadap pengadukan, pemadatan dan jumlah perekat papan partikel.

Universitas Indonesia

- Pada papan partikel bila terdapat banyak rongga akan berpengaruh terhadap kekuatan dan keawetan papan partikel. Dan juga tidak baik secara visualnya.

2.3.3. Kelebihan dan Kekurangan Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik

- a. Kelebihan – kelebihan penggunaan papan partikel cacah kotak aseptik:
 - Papan partikel cacah kotak aseptik ramah lingkungan karena mampu mereduksi CO₂ dan mengurangi sampah.
 - Papan partikel cacah kotak aseptik relatif murah.
 - Papan partikel cacah kotak aseptik tahan terhadap cahaya matahari.
 - Mudah untuk dibuat dan tahan terhadap rayap.
- b. Kekurangan – kekurangan penggunaan papan partikel cacah kotak aseptik
 - Belum ada perhitungan *mix design* yang pasti.
 - Kekuatannya belum teruji karena belum ada percobaan di Indonesia yang menggunakan cacah kotak aseptik sebagai papan partikel.

2.3.4. Material Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik

Pemilihan material yang baik akan meningkatkan kualitas papan partikel, karena kualitas papan partikel yang diperoleh didominasi oleh kekuatan *existing* material dasar. Material – material yang digunakan dalam penelitian papan partikel.

- Cacah kotak aseptik
- Perekat phenol formaldehida *adhesive* (perekat tipe P)
- Bahan dekoratif

2.3.4.1. Cacah Kotak Aseptik

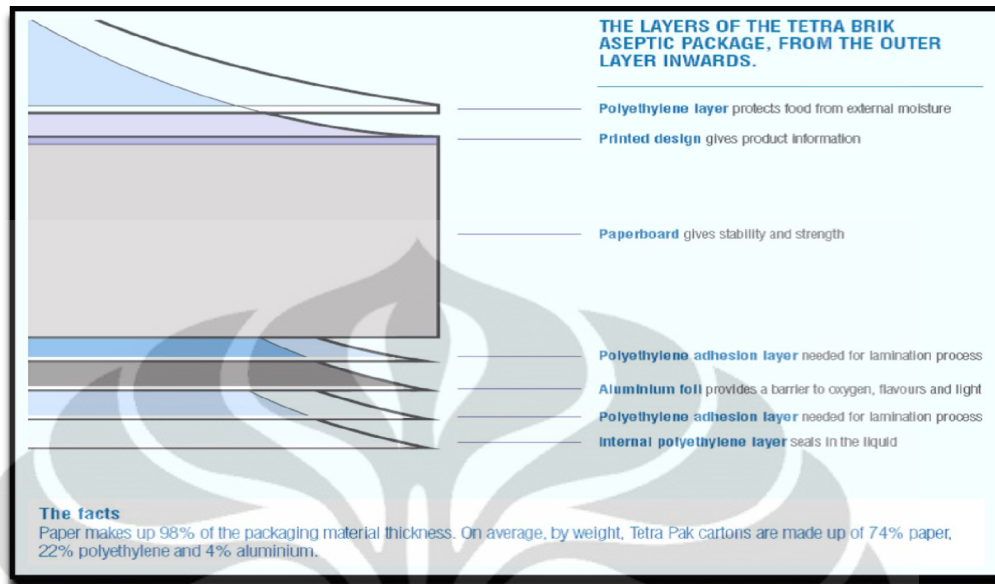
Kotak aseptik merupakan suatu kemasan minuman kotak terbuat dari *polyethylene layer*, kertas (*paper*) dan aluminium. Kotak aseptik di Indonesia sebagian besar di produksi oleh PT. *Tetra Pak* sebagai kemasan minuman kotak.

Kotak aseptik sendiri mempunyai ketahanan terhadap cahaya dan kedap air, karena itu cocok digunakan sebagai papan partikel.

Ukuran cacah kotak yang digunakan masih menggunakan *design trial and error* jadi belum ditentukan berapa ukuran pasti cacah kotaknya tetapi sebagai langkah awal digunakan ukuran lebar 0.5 cm x panjang \pm 5 cm x tebal 0.05 cm.

Tetra Pak⁽⁵⁾ adalah proses aseptis yang menjamin bahwa makanan dan bahan pengemas bebas dari bakteri berbahaya pada saat makanan dikemas. Dan merupakan sebuah teknologi kemasan makanan cair dan minuman kotak. Kemasan *Tetra Pak* harus tahan lama dan tahan dari cahaya, dan terbuat dari karton khusus dengan kekuatan dan kekakuan yang baik. Komposisi bahan *Tetra Pak* terdiri dari laminasi kertas, polietilen dan aluminium foil, untuk paket aseptis. Kombinasi bahan ini bervariasi sesuai masing-masing kategori produk yang dibuat. Bahan-bahan ini dapat dicetak menggunakan flexography, Litografi cetak benam. Kertas atau karton membuat paket kaku. Plastik menjadikan kotak aseptik ketat dan sebagai segel, dan aluminium foil menahan cahaya dan oksigen dari luar.

Sistem kemasan aseptik *Tetra Pak* telah mengubah inti penanganan sensitif makanan cair. Distribusi dan penyimpanan tidak lagi memerlukan pendinginan, agar makanan menjadi tahan lama dalam waktu yang panjang. Kebutuhan kemasan aseptik dengan cepat meningkat dan hasilnya telah terbukti sangat baik dalam distribusi susu dan produk lainnya dan untuk membuat makan dan bahan pengemas bebas dari bakteri. Di dalam rantai produksi harus steril dan bukan hanya makanan dan bahan pengemas, tapi juga mencakup semua mesin yang terlibat dan lingkungan di mana pengisian berlangsung. Rol bahan kemasan makan disterilisasi dan dibentuk menjadi sebuah tabung. Tabung diisi dengan produk dan paket dibentuk dan tertutup di bawah permukaan cairan. Ini berarti bahwa tidak ada ruang udara dalam paket. Kemudian lapisan sangat tipis aluminium foil⁽⁵⁾ menjaga oksigen, bakteri, cahaya dan bau, dari luar tidak masuk ke dalam kemasan dan memastikan bahwa isi tetap dalam kondisi sempurna.



Gambar 2.13. Lapisan dari kotak aseptik

Sumber : (Development in Brief. 2008)⁽⁵⁾

Fungsi setiap bagian dari *Tetra Pak*⁽⁵⁾ :

1. Lapisan *polyethylene* melindungi makanan dari uap air eksternal
2. *Paperboard* memberikan stabilitas dan kekuatan
3. Aluminium foil memberikan penghalang untuk oksigen, bau dan cahaya dari luar
4. *Polyethylene* adhesi lapisan diperlukan untuk proses laminasi
5. Lapisan polietilen internal sebagai segel dari isi kemasan atau cairan.
6. *Polyethylene* adhesi lapisan diperlukan untuk proses laminasi
7. Desain cetak memberikan informasi produk

Komposisi *Tetra Pak* : *Tetra Pak* karton terdiri dari 74% kertas, 22% polietilen dan 4% aluminium⁽⁵⁾.

- **Kotak Aseptik Jenis *Tetra Brik***

PT. *Tetra Pak* memproduksi berbagai jenis kemasan antara lain⁽⁵⁾ : *Tetra Rex*, *Tetra Top*, *Tetra Fino* (in front), *Tetra Gemina*, *Tetra Recart*(in front), *TetraWedge* (in front), *Tetra Prisma*, *Tetra Brik* and *Tetra Classic* (in front). Pada percobaan ini digunakan jenis *Tetra Brik* dengan ukuran 12 x 4,8 x 3,8 cm³.

Universitas Indonesia

Digunakan jenis ini karena produksi ini paling banyak ada di pasaran dan jumlahnya cukup banyak.

Tetra Brik⁽⁵⁾

Tetra Brik paket diperkenalkan pada tahun 1963. Dengan bentuk empat persegi panjang atau berbentuk persegi dan tersedia dengan jumlah yang besar dan tutup yang berbeda. *Tetra Brik* dikenal sebagai kemasan yang baik dan ekonomi. Dengan mesin pengisi yang diaplikasikan dengan konsep *Direct Injection* (DIMC) teknologi ini dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan untuk perlindungan produk dan cara yang ekonomis untuk berbagai produk mulai dari saus tomat, jus, susu, minuman, es krim, dan keju.

Tetra Brik Wide merupakan bagian dari proyek global yang disebut *Tetra Wide*. Tujuannya untuk mengimplementasikan generasi baru bahan kemasan yang menyediakan keamanan yang lebih kuat terhadap kebocoran. Bagian dalam kemasan yang terdiri dari segel yang kuat dan kemasan lebih erat disegel. Paket itu juga menjadi lebih kuat terhadap kerusakan luar. "Bagian dalam material kemasan *Wide* terdiri dari polimer jenis baru. Dalam hal lingkungan, jumlah plastik untuk kemasan ini lebih sedikit.

Produk susu, jus dan saripati, es krim, keju, makanan kering, buah-buahan, sayuran dan makanan hewan peliharaan adalah contoh produk yang dapat diolah atau dikemas oleh *Tetra Pak*. Produk *Tetra Pak* dibagi ke beberapa kategori yang berbeda:

- Paket
- Pengolahan peralatan
- Mesin pengisi
- Distribusi peralatan
- Produk Layanan

Tetra Brik Edge⁽⁵⁾

Dengan tutup yang lebih besar dan rendah gaya pembukaan, *Tetra Brik Edge* mudah digunakan. Merupakan solusi kemasan untuk produk susu cair dingin, dirancang bagi konsumen dari segala usia, dari anak-anak sampai konsumen lanjut usia.

2.3.4.1.1. Bahan – Bahan Kemasan Aseptik

Di dalam kemasan *Tetra Pak* terdiri dari bahan-bahan utama kemasan *Tetra Pak*. Kemasan *Tetra Pak* terdiri dari karton, aluminium dan plastik.

- **Karton**

Kertas⁽¹²⁾ adalah bahan yang tipis dan rata, yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari *pulp*. Serat yang digunakan biasanya adalah alami, dan mengandung selulosa dan hemiselulosa. Kertas dikenal sebagai media utama untuk menulis, mencetak serta melukis dan banyak kegunaan lain yang dapat dilakukan dengan kertas misalnya kertas pembersih (*tissue*) yang digunakan untuk hidangan, kebersihan ataupun *toilet*.

Karton⁽²⁰⁾ adalah serat kayu, yang menyerap air. Di pabrik daur ulang, karton dan kertas bekas diproses menjadi bubur kertas. Karton dapat menyerap air dan bekerja bebas dari plastik dan aluminium. Pembuatan karton daur ulang disetiap negara dilakukan setelah digunakan. *Tetra Pak* memfasilitasi kerjasama dengan mitra lain di masing-masing negara. Meskipun demikian, peningkatan daur ulang karton selama enam tahun telah mencapai 64%⁽⁶⁾. Pada tahun 2001, 13% dari karton *Tetra Pak* dibuat adalah daur ulang dan pada tahun 2008 ini telah meningkat menjadi 18% (atau 25.6 Miliar karton)⁽⁶⁾. Untuk di Indonesia sendiri *Tetra Pak* belum mempunyai mitra yang benar-benar bisa mendaur ulang sampah karton dalam jumlah besar dikarenakan oleh biaya daur ulang yang cukup mahal.

Selain minuman dan makanan cair, makanan kering, buah-buahan, sayuran dan makanan hewan peliharaan adalah beberapa dari sekian banyak produk makanan yang dikemas dalam karton. Karton dirancang untuk mempertahankan kualitas makanan, mengurangi limbah, dan mengurangi biaya distribusi.

- **Aluminium⁽²⁾**

Aluminium adalah unsur kimia yang mempunyai simbol Al dan nomor atom 13. Merupakan logam lemah dalam unsur kimia. Aluminium dijumpai terutamanya dalam bijih bauksit dan terkenal karena daya tahan pengoksidaannya (oleh sebab fenomena pempasifan) dan karena ringan. Aluminium digunakan dalam banyak industri untuk menghasilkan bermacam-macam keluaran kilang dan sangat penting dalam ekonomi dunia. Aluminium adalah tak bertoksik (dalam

bentuk logam), dan tak bermagnet. Mempunyai kekuatan tegangan sebanyak 49 megapascal (MPa).

- AlH dihasilkan apabila aluminium dipanaskan pada suhu 1500 °C dalam persekitaran berhidrogen
- Al₂O dihasilkan dengan memanaskan oksida biasanya, Al₂O₃, dengan silikon pada suhu 1800 °C dalam vakum.
- Al₂S boleh dihasilkan dengan memanaskan Al₂S₃ dengan rautan aluminium pada suhu 1300 °C dalam vakum. Ia dengan segeranya berkadar tak seimbang pada bahan pemula.
- AlF, AlCl dan AlBr wujud dalam fasa bergas apabila trihalida dipanaskan dengan aluminium.

Aluminium pada kotak aseptik menghalang untuk oksigen, bau dan cahaya dari luar sehingga minuman maupun makanan dapat tahan lama.

- **Plastik**

Tetra Pak menggunakan etanol yang berasal dari tebu untuk memproduksi etilen, yang kemudian akan dikonversi menjadi polietilen, yang sering digunakan sebagai bahan plastik⁽⁶⁾. Plastik⁽¹⁾ adalah bahan yang mempunyai derajat kekristalan lebih rendah daripada serat, dan dapat dilunakkan atau dicetak pada suhu tinggi (suhu peralihan kacanya diatas suhu ruang), jika tidak banyak bersambung silang. Dan plastik juga merupakan polimer bercabang atau liner yang dapat dilelehkan diatas panas penggunaannya.; rantai-panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, *chlorine* atau belerang di tulang belakang⁽¹⁾. Tulang-belakang⁽¹⁾ adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan. Untuk mengeset properti plastik grup molekuler berlainan "bergantung" dari tulang-belakang (biasanya "digantung" sebagai bagian dari monomer sebelum menyambungkan monomer bersama untuk membentuk rantai polimer). Plastik dapat dicetak (dan dicetak ulang) sesuai dengan bentuk yang diinginkan dan yang dibutuhkan dengan menggunakan proses *injection molding* dan *ekstrusi*.

Plastik dapat dikategorisasikan dengan banyak cara tapi paling umum dengan melihat tulang-belakang polimernya (*chloride, polyethylene, acrylic, silicone, urethane*, dll.)⁽¹⁾. Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet, "*shellac*") sampai kematerial alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami, "*nitrocellulose*") dan akhirnya ke molekul buatan-manusia (seperti: *epoxy, polyvinyl chloride, polyethylene*)⁽¹⁾.

Jenis Plastik⁽¹⁾

Plastik dapat digolongkan berdasarkan:

Sifat fisiknya

- Termoplastik. Merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang atau dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), ABS, polikarbonat (PC)
- Termoset. Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang atau dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida.

Kinerja dan penggunaanya

- **Plastik komoditas**
 - sifat mekanik tidak terlalu bagus
 - tidak tahan panas
 - Contohnya: PE, PS, ABS, PMMA, SAN
 - Aplikasi: barang-barang elektronik, pembungkus makanan, botol minuman
- **Plastik teknik**
 - Tahan panas, temperatur operasi di atas 100 °C
 - Sifat mekanik bagus
 - Contohnya: PA, POM, PC, PBT
 - Aplikasi: komponen otomotif dan elektronik

- **Plastik teknik khusus**

- Temperatur operasi di atas 150 °C
- Sifat mekanik sangat bagus (kekuatan tarik di atas 500 Kgf/cm²)
- Contohnya: PSF, PES, PAI, PAR
- Aplikasi: komponen pesawat

Berdasarkan jumlah rantai karbonnya⁽¹⁾

- 1 ~ 4 Gas (LPG, LNG)
- 5 ~ 11 Cair (bensin)
- 9 ~ 16 Cairan dengan viskositas rendah
- 16 ~ 25 Cairan dengan viskositas tinggi (oli, gemuk)
- 25 ~ 30 Padat (parafin, lilin)
- 1000 ~ 3000 Plastik (polistiren, polietilen, dll)

Berdasarkan sumbernya

- Polimer alami : kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut
- Polimer sintetis:
 - Tidak terdapat secara alami: nylon, poliester, polipropilen, polistiren
 - Terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan: karet sintetis
 - Polimer alami yang dimodifikasi: *seluloid*, *cellophane* (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya).

Daur Ulang Plastik dan Aluminium

Aluminium dan polietilen didaur ulang dari proses pembuatan bubur kertas pada saat daur ulang karton⁽⁵⁾. Aluminium dapat didaur ulang dalam berbagai cara: Di Italia polietilen dan aluminium digunakan untuk produksi bahan plastik baru, yang dikembangkan oleh perusahaan Leccepen⁽¹⁹⁾.

Di Jerman polietilen dan aluminium digunakan sebagai katalis untuk pembakaran semen. Campuran polimer dan aluminium yang dimasukkan ke dalam *kiln* sebagai bentuk alternatif bahan bakar, biasanya menggantikan

Universitas Indonesia

batubara⁽²⁰⁾. Dari produk daur ulang menghasilkan produk aluminium baru yang lebih ekonomis.

Sifat gabungan polimer dan aluminium memungkinkan untuk produksi papan komposit untuk bahan bangunan rumah murah. plastik dan aluminium juga dapat didaur ulang untuk membuat produk-produk komposit seperti genteng atau pot plastik, atau untuk menggantikan bahan bakar fosil untuk pembangkitan panas dan listrik⁽²⁰⁾.

2.3.4.1.2 Daur Ulang *Tetra Pak* Aseptik

Daur ulang bergantung pada tindakan konsumen, kemampuan industri dan pemerintah yang memungkinkan daur ulang melalui kerangka regulasi. Proses daur ulang sebagian besar hanya mendaur ulang karton atau kertasnya saja.

Volume daur ulang pada 2008 mencapai hampir 28.000 ton dan tingkat daur ulang tumbuh dari hampir nol pada tahun 2004 menjadi sekitar 10% pada tahun 2008. Karton dikirimkan ke Shin-ei Paper Mfg Co, sebuah pabrik kertas, untuk didaur ulang menjadi kertas saniter seperti jaringan⁽¹⁹⁾.

Serat karton berkualitas tinggi karena karton kuat dan cukup bersih dari tinta. Hal ini membuat kemasan daur ulang cocok untuk beberapa penggunaan, terutama dibidang kemasan sekunder dan kertas tisu⁽¹⁹⁾. Cara yang paling umum digunakan untuk mendaur ulang karton minuman adalah melalui pemulihan serat kertas daur ulang di pabrik. Pabrik daur ulang kertas dan kardus mengambil dan memasukkan ke dalam tong besar yang berisi air, di mana tong tersebut diputar-putar⁽¹⁹⁾. Proses memutar tersebut menggosok serat sehingga terpisah, membantu karton "larut" lebih cepat. Serat menyerap air dan menjadi bagian dari bubur besar dari serat yang berair. Setiap elemen non-kertas (seperti plastik) akan mengapung atau tenggelam dan dapat diambil, dan tergores atau diayak keluar⁽¹⁹⁾. Proses ini biasanya membutuhkan sekitar 15-30 menit dan akan mengembalikan sebagian besar serat. Tetapi proses ini cukup mahal dan di Indonesia masih kekurangan teknologi daur ulang seperti ini. Kira-kira 111 miliar karton yang diproduksi *Tetra Pak* pada tahun 2004, karton *Tetra Pak* jelas memiliki dampak lingkungan dengan jumlah produksi yang begitu besar⁽⁶⁾.

Tingkat daur ulang *Tetra Pak* saat ini baru mencapai 16,2%. Dengan jumlah kemasan yang diproduksi *Tetra Pak* bila dibandingkan dengan jumlah daur ulang yang baru 16,2 % ini menimbulkan masalah dalam lingkungan karena sebesar 83,8 % sampah *Tetra Pak* tidak atau belum didaur ulang.

A. Cara Kerja Daur Ulang

Cara daur ulang karton yaitu dengan memisahkan serat dari polietilen dan aluminium menggunakan air, proses ini dikenal sebagai *repulping*⁽²⁰⁾. Serat yang digunakan *Tetra Pak* dalam produk secara khusus dipilih untuk memberi kekuatan dan kekakuan maksimum. Ketika daur ulang, serat ini menyediakan bahan baku yang berharga untuk kertas baru dan produk papan. Diperkirakan 18 milyar minuman karton dibuat oleh *Tetra Pak* yang didaur ulang kedalam kertas oleh sekitar 100 pabrik kertas di seluruh dunia pada tahun 2004. Memang, laporan ini dicetak diatas kertas yang berisi minimal 80% minuman karton daur ulang, diproduksi di pabrik Hurum di Norwegia.^(6,20)

Daur ulang aluminium dan polietilen yaitu dengan mengekstraknya selama proses *repulping*. Sebagai contoh, di Finlandia, salah satu pabrik kertas menggunakan energi dari plastik melalui gasifikasi untuk menghasilkan uap yang digunakan baik untuk pengeringan kertas atau menghasilkan listrik⁽⁶⁾. Hal ini memungkinkan daur ulang aluminium untuk kembali digunakan sebagai bahan baku untuk industri. Di Jerman, *repulping residu* yang digunakan dalam pembakaran semen dimana polietilen berfungsi sebagai bahan bakar energi tinggi. Aluminium daur ulang adalah seperti aluminium trioksida, yang merupakan unsur penting dalam semen. Sebuah teknologi telah dikembangkan bersama di Brasil, untuk memisahkan plastik dan aluminium menjadi dua pecahan murni⁽¹⁹⁾.

B. Daur Ulang Dengan Pendekatan Langsung

Pada tahun 2002 *Tetra Pak* menetapkan tujuan bahwa karton yang dijual di seluruh dunia harus didaur ulang pada tahun 2008. Pada tahun 2008 lebih dari 25 miliar dari karton yang didaur ulang *Tetra pak* diseluruh dunia⁽⁶⁾. Peningkatan jumlah karton yang didaur ulang telah lebih dari satu miliar karton setahun.

Universitas Indonesia

Salah satu perkembangan yang menarik adalah sebuah pabrik yang menggunakan teknologi plasma di Piracicaba, Brasil dan menggunakan pirolisis suhu rendah di Barcelona, Spanyol pada 2008/2009. Kedua teknologi memungkinkan *paraffinic* produksi minyak dan aluminium berkualitas tinggi. Teknologi baru ini melengkapi daur ulang yang ada diseluruh dunia mekanik, dan sebuah pabrik gasifikasi yang dimulai di Finlandia pada tahun 2000 yang menghasilkan energi dan serbuk aluminium sekunder^(6,20).

Pemilihan metode pengelolaan sampah terbaik dan teknologi sangat tergantung pada kondisi lokal (transportasi, sistem pengumpulan, pasar untuk bahan pulih, undang-undang, dll). Penanganan limbah pabrik daur ulang adalah pilihan penanganan limbah dominan, dengan 95% dari sampah daur ulang. Limbah dikirim ke TPA dan insinerator tanpa energi.

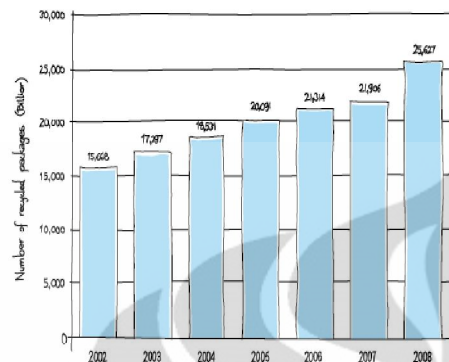
Tetra Pak memiliki komitmen untuk menjalankan bisnisnya yang ramah lingkungan⁽⁶⁾ :

- Yang utama bahan kemasan *Tetra Pak* berasal dari hutan, yang alami dan sumber daya terbarukan. *Tetra Pak* akan memastikan bahwa hutan-hutan ini dikelola secara berkelanjutan.
- Program untuk mengurangi emisi CO₂ sebesar 10% pada tahun 2010, melalui efisiensi energi dan penggunaan energi hijau. Program ini telah memenuhi syarat untuk *WWF Climate Savers Inisiatif*.
- *Tetra Pak* menampilkan bagaimana karton yang didaur ulang digunakan kembali.
- *Tetra Pak* bekerja sama dengan *WWF* kehutanan dan perubahan iklim.

Pada diagram 2.1 merupakan diagram daur ulang yang dilakukan oleh *Tetra Pak* 2002 sampai 2008 di mana setiap tahun mengalami peningkatan jumlah daur ulang karton yang dilakukan. Sedangkan pada diagram 2.2 menjelaskan jumlah konsumsi air yang digunakan oleh *Tetra Pak* di mana setiap tahunnya mengalami peningkatan konsumsi air.

Recycling of used cartons:

Recycling cartons



Cartons in Recycled tonnes

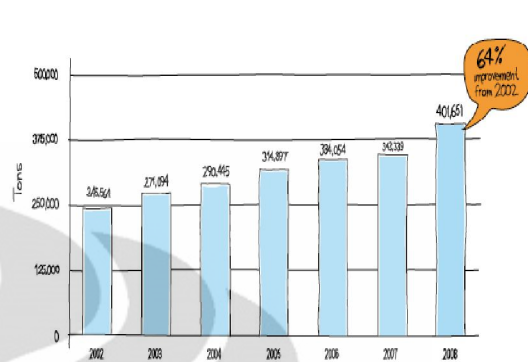
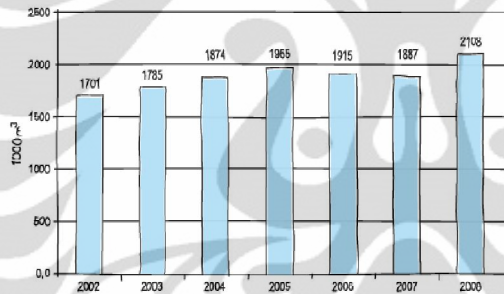


Diagram 2.1. Daur ulang Tetra Pak

Sumber : (Environmental and Social Report. 2005)⁽⁶⁾

Water:

Water consumption



Water consumption sources

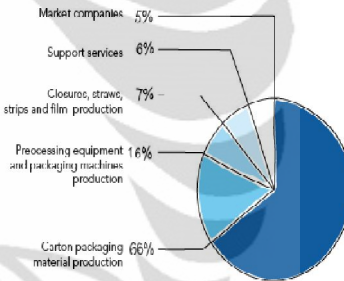


Diagram 2.2. Penggunaan air

Sumber : (Environmental and Social Report. 2005)⁽⁶⁾

Kotak aseptik masih sulit untuk didaur ulang, jadi kebanyakan daur ulang dilakukan untuk bagian kartonnya untuk digunakan kembali, sedangkan bagian *polyethylennya* dibuang. Ada juga yang memanfaatkan aluminium dengan cara membakar kotak aseptik pada suhu tertentu sehingga yang tersisa hanya bagian *aluminium foilnya* saja. Tapi bila dilakukan daur ulang dengan cara itu menimbulkan pencemaran udara akibat proses pembakaran yang menghasilkan CO₂. Untuk proses daur ulang karton biayanya cukup mahal sehingga banyak kemasan aseptik yang tidak didaur ulang.

2.3.4.1.3 Sifat – Sifat Kotak Aseptik

Terdapat beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh cacah kotak aseptik agar dapat digunakan sebagai bahan pembentuk papan partikel :

a. Penyerapan air dalam kotak aseptik

Karena kita tahu bahwa kotak aseptik merupakan kemasan minuman yang sangat kedap air jadi untuk penyerapan air ini tidak begitu bermasalah. Jadi berdasarkan pengamatan awal bahwa kotak aseptik memiliki daya penyerapan air yang kecil.

b. Kadar air dalam kotak aseptik dapat dibedakan atas beberapa hal berikut :

- Keadaan kering tungku atau kering oven, yaitu keadaan dimana cacah kotak aseptik benar-benar dalam keadaan kering atau tidak mengandung air. Keadaan ini menyebabkan dapat secara penuh menyerap air.
- Kering udara, permukaan butir-butir dalam keadaan kering tetapi dalam butiran masih mengandung air. Pada kondisi ini cacah kotak aseptik masih dapat menyerap sedikit air.
- Jenuh kering muka, (*saturated and surface-dry/SSD*). Pada keadaan ini permukaan permukaan agregat kering (tidak ada air), tetapi butiran-butiran agregat pada keadaan kering muka tidak menyerap air dan tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran papan partikel.
- Basah, pada keadaan ini butir-butir cacah kotak aseptik mengandung banyak air, baik dalam butiran maupun pada permukaannya.

c. Ketahanan terhadap cuaca

Sifat ini merupakan petunjuk kemampuan cacah kotak aseptik untuk menahan perubahan volume yang berlebihan, yang diakibatkan oleh adanya perubahan pada kondisi lingkungan. Suatu cacah kotak aseptik dikatakan kekal jika dengan adanya perubahan tersebut tidak mengakibatkan memburuknya sifat papan partikel yang dibuat dari cacah kotak tersebut.

d. susunan besar ukuran cacah kotak

Gradasi cacah kotak sangat berpengaruh terhadap beberapa sifat papan partikel, antara lain :

- Terhadap pengadukan, pemadatan dan jumlah perekat papan partikel.
- Pada bila papan partikel banyaknya rongga akan berpengaruh terhadap kekuatan dan keawetan papan partikel.

2.3.5. Phenol Formaldehida (Tipe P)

Perekat sintetik komersial di Indonesia yang biasa digunakan untuk perekatan kayu terdiri atas perekat urea formaldehida, melamin formaldehida, phenol formaldehida, resorsinol formaldehida, cresol formaldehida. Jenis perekat komersial yang lain adalah perekat *epoksi*, *polyvinil asetat*, perekat berbasis karet⁽⁸⁾. Setiap bahan perekat pada umumnya mempunyai keunggulan dan kelemahan masing-masing, termasuk didalamnya faktor harga, maka banyak hasil penelitian terfokus pada modifikasi dengan tujuan mendapatkan bahan perekat yang mempunyai spesifikasi khusus dengan harga ekonomis. Sebagai contoh, produk modifikasi bahan perekat konvensional adalah melamin urea formaldehida (MUF), melamin urea phenol formaldehida (MUPF), tanin urea formaldehida (TUF), dan lignin sulfonat (Pizzi, 1983)⁽³²⁾.

Berdasarkan SNI 03 – 2105 – 2006⁽²⁶⁾ untuk perekat papan partikel dibagi menjadi tiga tipe antara lain :

Tipe U : memakai urea formaldehida atau yang setara mutunya.

Tipe M : memakai urea-melamin formaldehida atau yang setara mutunya.

Tipe P : memakai phenol formaldehida atau yang setara mutunya.

Tabel 2.5 Klasifikasi perekat

<i>Classification</i>	<i>Symbol</i>	<i>Adhesive</i>	<i>Main Use (informative)</i>
<i>Type U</i>	U	<i>Urea resin type or at least equivalent in performance.</i>	<i>Suitable for furniture and cabinet.</i>
<i>Type M</i>	M	<i>Urea-melamin resin condensation type or at least equivalent in performance.</i>	<i>Suitable for floor substrates, roof substrates, inner and outer wall substrates, fixture materials or the like.</i>
<i>Type P</i>	P	<i>Phenolic resin type or at least equivalent in performance</i>	

Sumber: (JIS A 5908 : 2003)⁽¹¹⁾

Tabel 2.5 menjelaskan klasifikasi perekat dimana perekat dibagi 3 tipe yang berbeda dan tujuan penggunaannya yang berbeda juga berdasarkan JIS A 5908:2003. Di mana pada pembuatan papan partikel digunakan perekat phenol formaldehida.

Phenol formaldehida merupakan resin sintetis yang pertama kali digunakan secara komersial baik dalam industri plastik maupun cat (*surface coating*). Phenol formaldehida dihasilkan dari reaksi polimerisasi antara phenol dan formaldehida. Reaksi terjadi antara phenol pada posisi ortho maupun para dengan formaldehida untuk membentuk rantai yang *crosslinking* dan pada akhirnya akan membentuk jaringan tiga dimensi (Hesse, 1991)⁽¹⁶⁾. Salah satu aplikasi dari resin phenol formaldehida adalah untuk vernis. Vernis adalah bahan pelapis akhir yang tidak berwarna (*clear unpigmented coating*). Istilah vernis digunakan untuk kelompok cairan jernih yang memiliki *viskositas* 2 – 3 *poise*, yang bila diaplikasikan akan membentuk lapisan film tipis yang kering dan bersifat *gloss (glossy film)* ⁽¹⁶⁾. Produk phenol formaldehida ada yang memberikan warna jernih kekuning-kuningan tetapi ada juga yang kecoklatan sampai kemerah-merahan. Didalam percobaan yang dilakukan digunakan bahan perekat phenol formaldehida kempa panas (PA -302) yang diperoleh dari pabrik perekat PT. Pamolite *Adhesive Industry* (PAI), Probolinggo, Jatim. Pemilihan perekat phenol formaldehida didasarkan pada peraturan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006.

2.3.5.1. Berdasarkan Jenis Bahannya Phenol Formaldehida

Berdasarkan sifat termalnya formaldehida termasuk jenis polimer termoset. Termoset, yaitu polimer yang tidak mau mencair atau meleleh jika dipanaskan. Pada tabel 2.6 adalah table jenis dan kegunaan dari polimer termoset yang digunakan di pasaran⁽¹⁰⁾.

Tabel 2.6. Contoh polimer termoset⁽¹⁰⁾

Tipe	Singkatan	Kegunaan Khas
Fenol-formaldehida	PF	Alat listrik dan elektronik, bagian mobil, perekat plywood, <i>utensil handle</i>
Urea-formaldehida	UF	Sama seperti polimer PF, juga bahan pelapis
Poliester tak jenuh	--	Konstruksi, bagian-bagian mobil, lambung kapal, asesoris kapal, saluran anti korosi, pipa, tangki dan lain-lain, peralatan bisnis.
Epoksi	--	Bahan pelapis protektif, perekat, aplikasi - aplikasi listrik dan elektronik, bahan lantai industri, bahan pengaspal jalan raya, bahan paduan (komposit)
Melamin-formaldehida	MF	Sama seperti polimer UF, bingkai dekoratif, tutup meja, perkakas makan.

Sumber: Stevens, 2001

2.3.5.2. Pembuatan Phenol Formaldehida

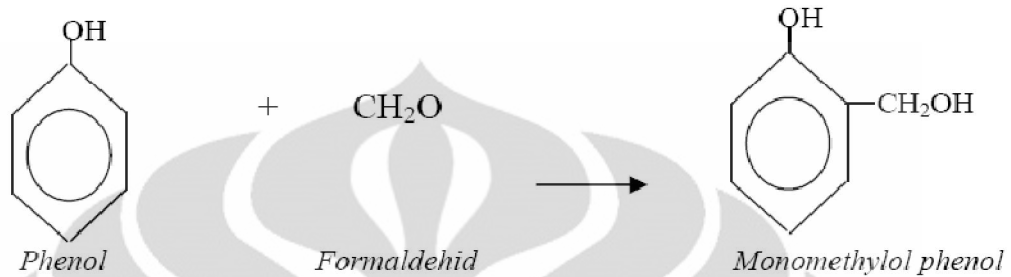
Berdasarkan perbandingan mol reaktan dan jenis katalis yang digunakan, resin phenol formaldehida dibagi menjadi 2 jenis yaitu novolak dan resol. Resol merupakan hasil reaksi antara phenol dengan formaldehida eksese oleh adanya katalis basa. Jenis katalis basa yang sering digunakan adalah natrium hidroksida dan ammonium hidroksida pada pH = 8-11. Produk phenol formaldehida yang dihasilkan dengan katalis natrium hidroksida akan mempunyai sifat larut dalam air dan apabila katalis yang digunakan ammonium hidroksida akan memberikan sifat tidak larut dalam air yang dikarenakan terbentuk bis dan tris hydroksylbenzylamin (Martin, 1956)⁽¹⁶⁾.

Novolak merupakan hasil reaksi antara phenol eksese dengan formaldehida oleh adanya katalis asam. Jenis katalis asam yang sering digunakan adalah asam sulfat, asam klorida, dan asam oksalat dengan konsentrasi rendah. Hasil reaksi akan membentuk produk yang termoplast dengan berat molekul 500 - 900. Agar novolak menjadi bersifat termoset maka membutuhkan pemanasan dan penambahan *crosslinking agent* (Frisch, 1967)⁽¹⁶⁾.

Tahap reaksi dalam pembentukan novolak⁽¹⁶⁾, meliputi :

a. Reaksi Adisi (Methylolasi).

Pada tahap pertama, phenol dan formaldehida akan bereaksi membentuk monomethylol phenol.

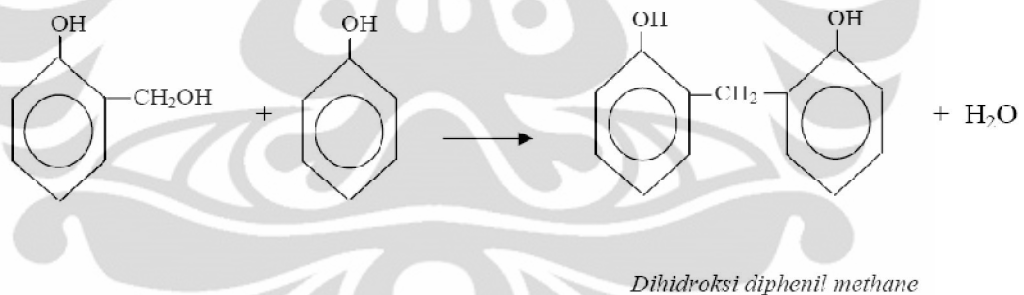


Gambar 2.14 Reaksi methylolasi

Sumber : (Prasetyaningrum, Aji. 2008)⁽¹⁶⁾.

b. Reaksi Kondensasi Polimerisasi (Methylenasi)

Pada tahap ini, gugus methylol akan bereaksi dengan phenol membentuk jembatan methylene dan air.



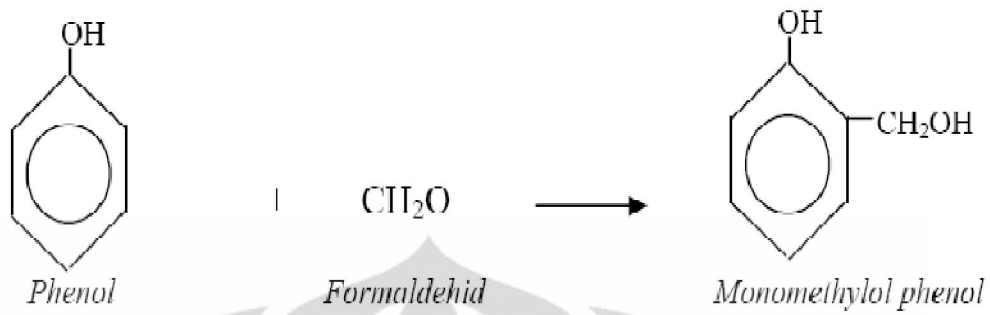
Gambar 2.15. Reaksi methylenasi

Sumber : (Prasetyaningrum, Aji. 2008)⁽¹⁶⁾.

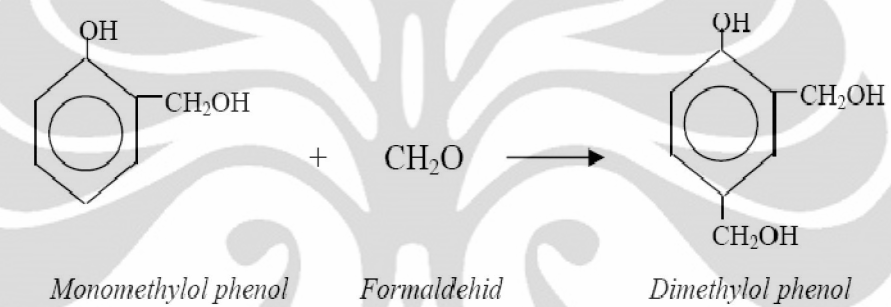
Tahap reaksi pembentukan resol⁽¹⁶⁾, meliputi :

a. Reaksi Adisi (Methylolasi)

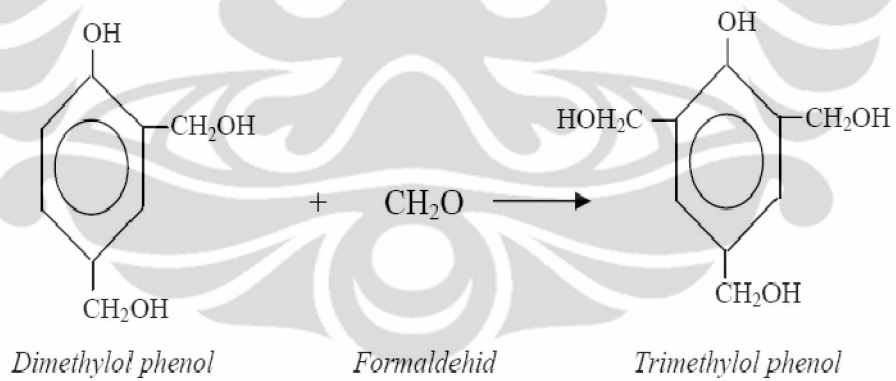
Pada tahap pertama, phenol dan formaldehida akan bereaksi secara adisi membentuk monomethylol phenol.



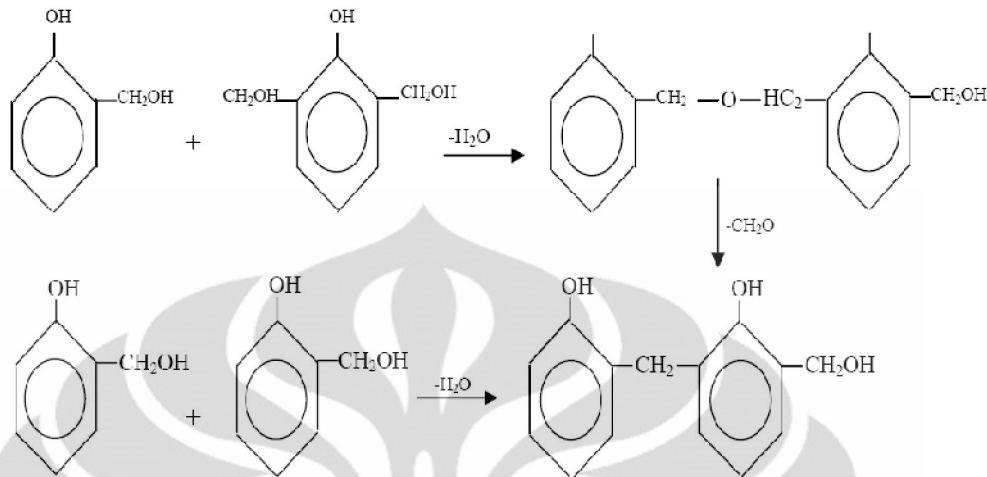
Pada monomethylol phenol ini masih ada 2 gugus reaktif yang dapat bereaksi lagi dengan formaldehida menjadi dimethylol phenol.



dan pada akhirnya membentuk trimethylol phenol.



b. Reaksi Kondensasi Polimerisasi.



Monomer dan dimer tersebut akan terus bereaksi dan berat molekul dari resin akan meningkat. Resol terbentuk pada suasana basa (Frisch, 1967)⁽¹⁶⁾.

2.3.5.3. Syarat Emisi Urea Formaldehida

Formaldehida (HCHO) tidak berwarna, mudah menguap pada suhu kamar dan di bawah tekanan, memiliki bau yang tajam dan dapat mengganggu pernafasan. HCHO murni tidak tersedia secara komersial, secara umum diproduksi dan dijual dalam bentuk larutan (formalin) dengan kadar berkisar 25 – 56%, mudah larut dalam air, alkohol dan berbagai pelarut polar. Formaldehida termasuk golongan aldehida, telah digunakan lebih dari 90 tahun dan berfungsi sebagai pengawet dalam berbagai industri antara lain tekstil, kertas, kayu, kosmetik, otomotif, kulit, karet, detergen, dan besi (Roffael, 1993)⁽²³⁾.

Secara nasional Nilai Ambang Batas (NAB) bahan-bahan kimia dalam udara tempat kerja ditentukan menurut surat edaran Menteri Tenaga Kerja, Transmigrasi dan Koperasi No. SE-02/MEN/1978 tanggal 22 Maret 1978, dengan nilai ambang batas emisi formaldehida dalam udara tempat kerja yang diperkenankan sebesar 2 ppm (Ali *et al.* 1998)⁽¹⁴⁾.

Ada beberapa penyakit yang telah terdeteksi karena akibat dari emisi formaldehida yang berlebihan antara lain iritasi dari membran mukosa pada mata, penyakit saluran pernafasan bagian atas, dan meningkatnya asam lambung.

Perekat Phenol Formaldehida mengandung formaldehida bebas dalam jumlah yang sangat kecil dimana proporsi besar dari formaldehida bebas dalam bentuk terkondensasi. Pada proses pembuatan papan partikel perekat terkondensasi akan mengeras atau memadat di bawah pengaruh katalis dan panas. Sejumlah kecil formaldehida terdapat dalam papan dan beberapa saat sebagian akan dilepaskan ke atmosfer (Roffael, 1993)⁽¹⁴⁾. Kehadiran formaldehida mampu bereaksi dengan uap air yang ada didalam papan partikel untuk membentuk *methylene glycol* yang mana pada gilirannya mengalami polimerisasi. Jembatan resin diantara partikel kayu mengandung katan tidak stabil yang akan melepaskan formaldehida khususnya di bawah kondisi suhu dan kelembaban tinggi. Hidrolisis resin yang mengeras adalah penyebab pembentukan formaldehida, yang dipercepat dengan pengurangan PH dalam kondisi asam (Roffael, 1993)⁽¹⁴⁾.

Di dalam SNI 03 – 2105 – 2006⁽²⁶⁾ jumlah emisi formaldehida diatur dan dibatasi karena menimbulkan kerugian bagi manusia. Pada tabel 2.7 dan 2.8 merupakan standar emisi yang diperbolehkan dalam urea formaldehida.

Tabel 2.7 Syarat emisi formaldehida

No.	Tipe	Nilai rata-rata (mg/l)	Nilai maksimum (mg/l)
1.	F****		Maksimum 0,5
2.	F***		Maksimum 1,5
3.	F**		Maksimum 5,0

Sumber : (SNI 03 – 2105 – 2006)⁽²⁶⁾

Tabel 2.8. Syarat emisi formaldehida JIS A 5908 :2003

Classification	Symbol	Emission quantity of formaldehyde	
		Mean	Maximum
F ★★★★★	F ★★★★★	0.3 mg/L or under	0.4 mg/L or under
F ★★★★	F ★★★★	0.5 mg/L or under	0.7 mg/L or under
F ★★★	F ★★★	1.5 mg/L or under	2.1 mg/L or under

Sumber : (JIS A 5908 :2003)⁽²³⁾

2.3.5.4. Spesifikasi Phenol Formaldehida *Adhesive* PA -302 (PT. Pamolite *Adhesive Industry*)⁽³⁰⁾

1. Aplikasi dari Produk:

Phenol Formaldehida *Adhesive* dimaksudkan untuk digunakan pada *plywood* Tipe WBP.

2. Specifications:

<i>Appearance</i>	:	<i>Dark Red Liquid</i>
pH (pH meter / 25°C)	:	10.0 – 13.6
<i>Viscosity (Poise / 25°C)</i>	:	1.5 – 3.0
<i>Specific Gravity (25°C)</i>	:	1.180 – 1.200
<i>Resin Content (% /105°C)</i>	:	41.0 – 43.0
<i>Cure Time (min /135°C)</i>	:	6 -16
<i>Water Solubility (x / 25°C)</i>	:	<i>More than 20</i>

3. Filler and Hardener:

Powder (HP – 1)

4. Pemakaian:

a. Formulasi :

PA – 302	:	220 – 250
<i>Filler</i>	:	75
<i>Viscosity</i>	:	18 – 23 poise

b. Moisture Content of Veneer

<i>Core</i>	:	6 – 10%
<i>Face / Back</i>	:	6 – 10%

c. *Standing Time* : 1 – 3 Hours

d. Cold Press

<i>Time</i>	:	20 – 30 menit
<i>Pressure</i>	:	10 kg/cm ²
<i>Open Assembly Time</i>	:	10 Minutes max

e. Hot Press

<i>Time</i>	:	60 detik / mm <i>plywood</i>
<i>Pressure</i>	:	10 kg/cm ²
<i>Open Assembly Time</i>	:	± 110° C

Universitas Indonesia

5. Catatan:

Temperature Veneer : Max 40°C

Berdasarkan spesifikasinya phenol formaldehida di atas dapat berfungsi sebagai perekat (tipe P) yaitu sebagai perekat *plywood type* WBP yang dapat digunakan sebagai bahan *eksterior* berbeda dengan urea formaldehida yang hanya dapat digunakan untuk perekat material –material yang digunakan sebagai bahan *interior*.

Dari segi penggunaannya phenol formaldehida dapat berfungsi sebagai perekat bila dilakukan proses kempa panas $\pm 110^{\circ}$ C dan ditekan selama 60 detik/mm plywood. Proses pemanasan berfungsi untuk mempercepat penguapan sehingga perekat phenol formaldehida *Adhesive* dapat berfungsi dengan baik sebagai perekat papan partikel dan mempunyai kekuatan yang baik sebagai perekat papan partikel.

2.4. Penelitian Sebelumnya

Papan partikel cacah kotak aseptik merupakan papan partikel jenis baru karena itu masih sangat jarang penelitannya yang menggunakan kotak aseptik. Namun telah ada penelitian yang meneliti cacah kotak aseptik sebagai campuran dalam mortar dan meneliti sifat fisik dan mekanik dari panel karton yang terbuat dari karton minuman dengan viner sebagai lapisan penutup. Adapun hasilnya adalah :

2.4.1. Karakteristik Mortar Yang Mengandung Cacahan Kotak Aseptik⁽¹⁸⁾

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penggunaan cacahan kotak aseptik (kotak aseptik dengan dimensi 12 x 4,8 x 3,8) yang dicacah dengan ukuran 3 cm, lebar 0,3 cm dan 0,05 cm tebal dan 1,5 cm, lebar 0,3 cm dan 0,05 cm tebal terhadap sifat mekanik adukan semen atau mortar (Purnomo, Heru. 2009).

Adapun benda ujinya berbentuk spesimen kubus memiliki geometri dari 5 x 5 x 5 cm 3 sedangkan balok spesimen 17,5 cm, 5 cm lebar dan 5 cm. Dua volume pecahan (2 dan 20 persen) dan nol persen cacah kotak aseptik diaplikasikan untuk campuran. Adapun campuran mortar yang digunakan adalah empat rasio berbeda

Universitas Indonesia

semen, pasir dan air berdasarkan berat yang bekerja dalam studi ini, yang 1:1:0.3, 1:1:0.5, 1:3:0.5 dan 1:4:0.5 di mana pasir kondisi kering jenuh permukaan dan penyerapan air karton aseptik tidak diperhitungkan dalam rasio tersebut.

Hasil penelitian yang sudah dilakukan adalah:

1. Dari tiga tes yang dilakukan penyerapan air non- cacah kotak aseptik adalah 16%, 17,3% dan 19,9% yang memberikan rata-rata 17,7% penyerapan air. Adapun hasil modulus elastisitas lentur yang didapat pada tabel 2.9 sebagai berikut :

Tabel 2.9. Perbandingan kekuatan dari spesimen yang mengandung dua geometri yang berbeda dari karton aseptik

Geometry dari Cacah Kotak Aseptik (cm ³)	Persentase Cacah Kotak Aseptik (%)	Komposisi Semen: Pasir: Air	Rata-rata Modulus Elastisitas Lentur (MPa)	Rata-rata dan Standar Deviasi dari Kuat Tekan (MPa)
1.5 x 0.3 x 0.05	2	1:1:0.5	6.12	15.98 ± 2.52
3 x 0.3 x 0.05	2	1:1:0.5	6.75	17.12 ± 1.77

Sumber : (Purnomo, Heru. 2009)⁽¹⁸⁾

2. Kekuatan tekan kubus adukan semen yang mengandung 3 cacah berbeda persentase sebagai wadah aseptik fungsi proporsi semen, pasir dan air disajikan pada tabel 2.10.

Tabel 2.10. Perbandingan kekuatan tekan kubus dari semen spesimen yang berbeda, pasir, air dan persentase komposisi cacah karton aseptik

Komposisi Semen: Pasir: Air	Persentase Cacah Kotak Aseptik (%)	Rata-rata dan Standar Deviasi dari Kuat Tekan (MPa)	Persentase Penurunan Kuat Tekan (%)
1:1:0.3	0	53.05 ± 9.74	0
	(2)	(23.06 ± 2.71)	(56.53)
1:1:0.5	0	31.05 ± 2.96	0
	2	17.12 ± 1.77	44.86
	20	8.40 ± 1.58	72.94
1:3:0.5	0	13.66 ± 1.53	0
	20	6.76 ± 3.10	50.51
1:4:0.5	0	9.05 ± 1.99	0
	2	6.56 ± 1.16	27.51
	20	4.16 ± 0.54	54.03

Sumber : (Purnomo, Heru. 2009)⁽¹⁸⁾

3. kekuatan lentur dari spesimen balok semen dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.11 :

Tabel 2.11. Perbandingan kekuatan lentur dari spesimen balok semen yang berbeda, pasir, air komposisi dan persentase cacah kotak aseptik

Komposisi Semen: Pasir: Air	Persentase Cacah Kotak Aseptik (%)	Rata-rata Modulus Elastisitas Lentur (MPa)	Persentase Penurunan Kuat Lentur (%)
1:1:0.3	0	7.74	0
	(2)	(7.74)	(0)
1:1:0.5	0	6.12	0
	(2)	(6.12)	(0)
	2	6.75	-10.30
1:3:0.5	20	5.06	-
1:4:0.5	0	5.39	0
	2	5.09	5.56
	20	4.70	12.80

Sumber : (Purnomo, Heru. 2009)⁽¹⁸⁾

Kesimpulan

Penyelidikan menunjukkan bahwa penurunan kekuatan tekan kubus lebih sensitif untuk kombinasi rasio rendah semen dan pasir untuk persentase tinggi cacah kotak aseptik. Temuan lain dari studi ini menunjukkan bahwa kekuatan lentur balok kecil tidak terlalu sensitif terhadap keberadaan wadah plastik robek. Jadi kotak *aseptic* cukup memberi pengaruh terhadap kuat lentur mortar.

2.4.2. Sifat Fisik dan Mekanik dari Panel Karton yang Terbuat dari Karton Minuman Dengan *Veneer* Sebagai Lapisan Penutup⁽³⁾

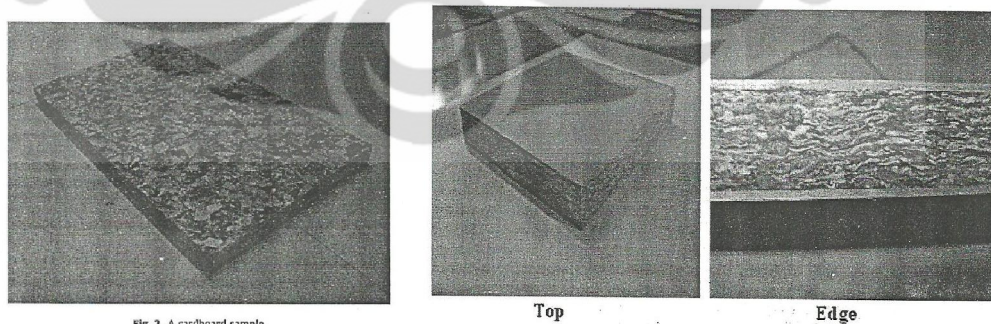


Fig. 2. A cardboard sample.

Gambar 2.16. Papan partikel kotak aseptik dengan lapis *veneer*

Sumber : (Asrilmis, Nadir, 2008)⁽³⁾

Penelitian ini bertujuan mendaur ulang kemasan minuman kotak menjadi papan partikel dengan lapisan *veneer* kayu bagian atas dan bawah papan partikel. Dari penelitian ini ingin diketahui sifat fisik dan mekaniknya. Gambar 2.16 adalah gambar papan partikel berlapis *veneer* dengan bagian tengahnya menggunakan kotak kemasan minuman. Dimana kemasan minuman *dishredded* sampai ukuran partikel 5 mm lalu *dipres* panas 170°C dengan tekanan 1.2 N/mm² selama 12 menit. Pada papan ini tidak digunakan perekat untuk merekatkan kemasan minuman kotaknya tetapi memanfaatkan lapisan pada kemasan minuman kotak yaitu *polyethylenenya* sebagai perekatnya. Kotak minuman ini sendiri terdiri dari kertas 75%, *polyethylene* 20% dan 5% aluminium.

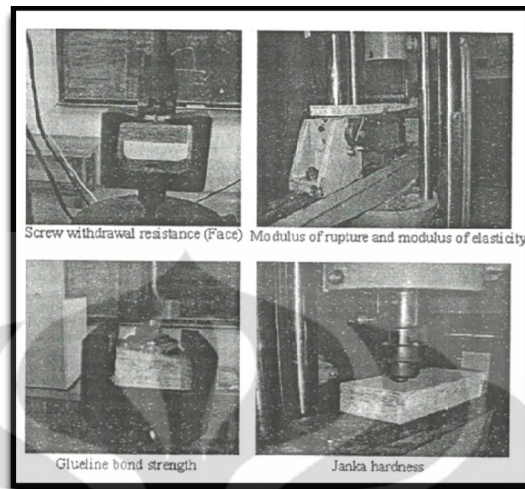
Digunakan *Veneer* pada lapisan atas dan bawahnya papan untuk menambah kekuatannya. Lapisan *veneer* yang digunakan tebalnya 1.5 mm. *Veneer* yang digunakan terbuat dari kayu diamana untuk merekatkan dengan papan kotak kemasan minuman digunakan beberapa perekat yang dicoba yaitu urea-formaldehida, phenol-formaldehida, melamin urea-formaldehida dan *polyurethane*. Perekatnya masing-masing dicoba untuk mengetahui perbedaan kekuatan dengan menggunakan perekat tersebut di mana perekat yang dibutuhkan untuk merekatnya adalah 200 gr/m². Cara pengerjaannya adalah dengan mengoleskan perekat pada papan kotak kemasan dan menyusun *veneer* seperti *sandwiched* lalu *dipress* panas 120°C dan tekanannya 1.5 N/mm² selama 10 menit. Ukuran komersil *cardboard panel* yang dibuat adalah 1250 mm x 2500 mm x 15 mm.

Tabel 2.12 *Properties* perekat

Adhesive type between cardboard and veneer sheet		Solids content (%)	Specific gravity (g/cm ³)	pH (at 20 °C)	Gel time (at 100 °C) (s)	Viscosity (at 20 °C) (cps)
Polyurethane (PU) (diphenylmethane-4,4'-di-isocyanate)	Component A (Macroplast UK 8103)	100	1.400	-	-	37,000
	Component B (Macroplast UK 5400)	100	1.150	-	-	190
Urea-formaldehyde (UF)		65	1.280	8.25	37.0	450
Phenol-formaldehyde (PF)		47	1.195	11.75	15	250-500
Melamine/urea formaldehyde (MUF)		65	1.275	8.75	62.5	200-250

Sumber : (Asrilmis, Nadir, 2008)⁽³⁾

Tabel 2.12 adalah tabel properties dari jenis – jenis perekat yang digunakan untuk merekatkan antara *cardboard* dan lapisan *veneer*.



Gambar 2.17. Pengujian mekanik papan partikel
(Asrilmis, Nadir, 2008)⁽³⁾

Hasil pengujian fisik dari percobaan ini didapat kepadatan atau kerapatan papan dengan menggunakan *veneer* adalah 0,95-0,97 g/cm³. Untuk lebih jelas hasil *test* mekanik dan fisik dapat dilihat pada tabel 2.13.

Tabel 2.13. Hasil pengujian fisik dan mekanik papan partikel

Average values of physical and mechanical tests of cardboards produced with veneers using various types of adhesives														
Adhesive type between cardboard and veneer sheet	Air-dry density (g/cm ³)	Mechanical properties						Physical properties						
		Modulus of rupture (N/mm ²)		Modulus of elasticity (N/mm ²)		Glue line bond strength (N/mm ²)	Janka hardness (Face) (N/mm ²)	Screw withdrawal resistance (Face) (N)	Thickness swelling (%)		Water absorption (%)			
		// ^a	⊥ ^a	//	⊥				2 ^b	24	168	2	24	168
Urea-formaldehyde (UF)	0.96 (0.02) ^c	42.1 (2.63)	19.2 B ^d (0.48)	5142.0 B (338.4)	1562.3 B (48.60)	0.6 A (0.05)	51.5 B (2.82)	1613.0 C (70.7)	1.1 A (0.12)	1.3 BC (0.34)	3.9 B (0.37)	3.5 B (0.28)	6.3 AB (0.81)	14.2 B (0.86)
Phenol-formaldehyde (PF)	0.95 (0.03)	43.8 (2.92)	20.6 AB (0.82)	6588.2 D (201.66)	1741.9 AB (79.96)	0.9 B (1.00)	63.1 C (4.48)	1728.6 AB (101.2)	1.2 A (0.09)	1.7 A (0.14)	3.2 C (0.21)	4.1 A (0.28)	6.5 A (0.37)	12.8 C (0.37)
Melamine/urea formaldehyde (MUF)	0.97 (0.02)	43.1 (4.20)	19.9 AB (2.82)	6089.0 A (523.2)	1622.2 B (118.67)	0.7 C (0.04)	56.4 D (3.50)	1682.1 BC (171.1)	1.2 A (0.17)	1.4 B (0.18)	4.9 A (0.75)	4.3 A (0.32)	6.8 A (0.39)	14.8 A (0.37)
Polyurethane (PU)	0.96 (0.05)	45.5 (4.68)	22.8 A (1.10)	7249.6 C (250.83)	2014.3 A (122.87)	1.1 D (0.03)	65.3 A (5.64)	1781.5 A (83.2)	0.8 B (0.05)	1.2 C (0.12)	3.5 C (0.19)	3.1 C (0.11)	5.8 B (0.68)	13.3 C (0.31)
Cardboard (without veneer)	1.05	21.5	18.6	1945.8	1361.5	-	59.0	1331.0	0.5	1.0	1.7	2.1	3.8	8.2
Quality requirements ^e	-	20 (min.)	10 (min.)	3500 (min.)	1400 (min.)	-	-	-	-	15 (max.)	-	-	-	-

^a // = parallel to major axis of panel, ⊥ = Perpendicular to major axis of panel.
^b Hours for thickness swelling and water absorption tests.
^c Values in parentheses are standard deviation.
^d Homogeneous groups: same letters in each columns indicate that there is no statistical difference between the samples according to the Duncan's multiply range test. $p < 0.05$.
^e Quality requirements according to EN 300 OSB minimum property requirement (1997) Type 3 (OSB panels exposed to load at humid conditions).

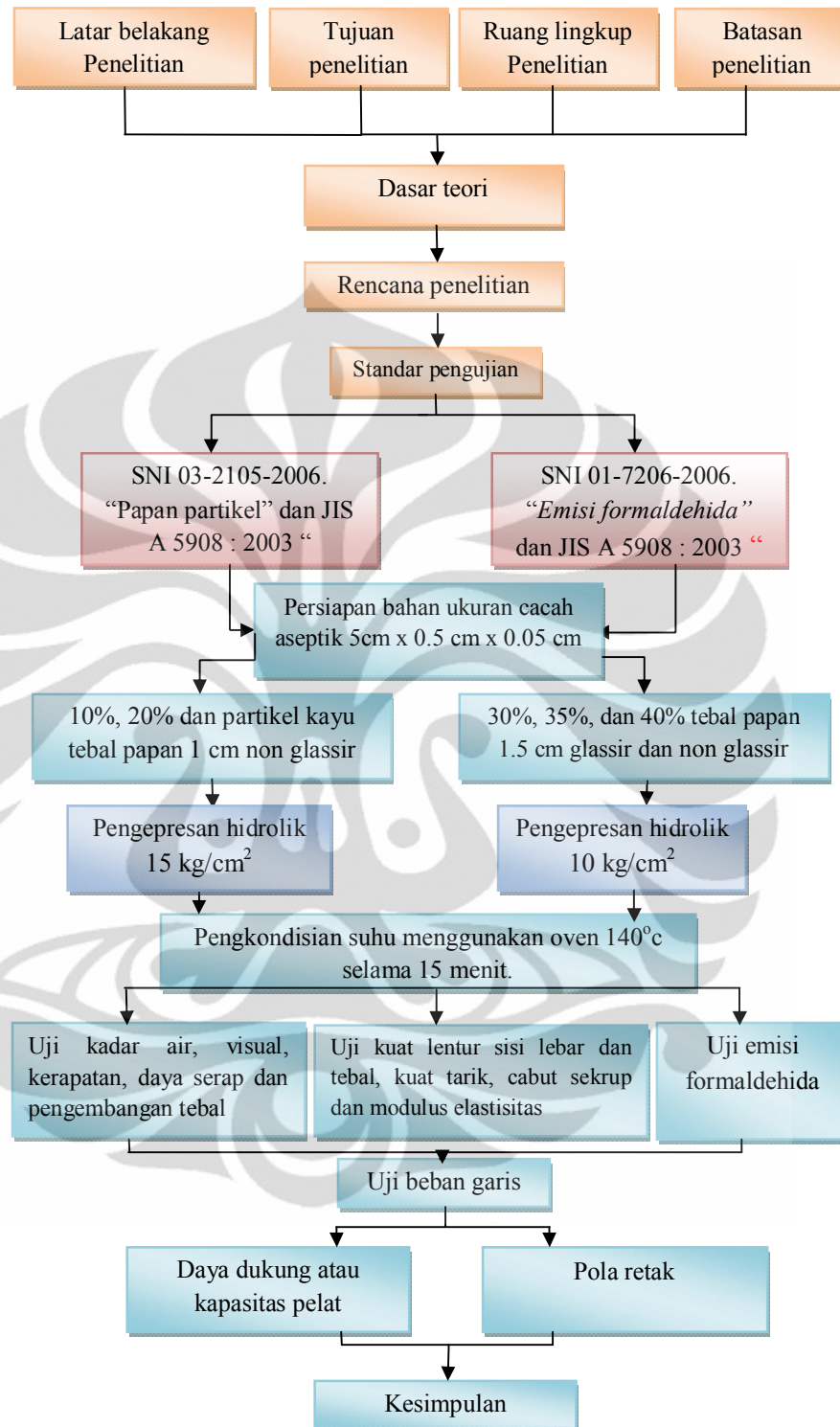
Sumber : (Asrilmis, Nadir, 2008)⁽³⁾.

Dari data percobaan tabel 2.13 ternyata didapat sifat fisik dan mekanik yang terbaik adalah papan lapis *veneer* dengan perekat *polyurethane* (PU). Sedangkan sifat sifik dan mekanik terendah adalah papan partikel tanpa lapis *veneer*. Papan ini dapat digunakan untuk *furniture*, *paneling* atau papan partisi, *kitchen work tops*, *plafond* atau *roofing*, *counter top* dan lantai kerja di kantor.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian di laboratorium sesuai dengan standar yang berlaku yaitu JIS A 5908 : 2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾. Metode penelitian yang digunakan adalah mencari *mix design* yang paling tepat pembentuk benda uji papan partikel cacah kotak aseptik – phenol formaldehida sebagai bahan perekat sehingga didapat emisi formaldehida yang relatif rendah, visul yang baik, kadar air yang rendah, pengembangan tebal yang kecil, kerapatan yang baik, kuat tarik, cabut sekrup, kuat lentur sisi lebar menerima beban, kuat lentur sisi tebal menerima beban, dan modulus elastisitas yang cukup tinggi berdasarkan SNI 03 – 2105 – 2006 dan JIS A 5908 : 2003 mengenai papan partikel. Tahap selanjutnya adalah tahap pengujian pelat papan partikel cacah kotak aseptik – phenol formaldehida terhadap distribusi beban garis. Dapat disimpulkan bahwa diagram alir dari penelitian yang akan dilakukan terdapat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir (*flow chart*) metode penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Pengujian

Penelitian ini dilaksanakan September 2010 – Mei 2011 yang bertempat di Laboratorium Bahan, Laboratorium Struktur dan Material jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan Laboratorium Biokomposit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Sedangkan untuk uji emisi formaldehida dilakukan di PT. Mutu Agung Lestari.

3.2. Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan yang digunakan adalah kotak aseptik, perekat phenol formaldehida dan glassir. Glassir digunakan untuk mengurangi penyerapan air dan pengembangan tebal. Sedangkan peralatan – peralatan yang digunakan sesuai dengan standar yang digunakan.

3.2.1. Persiapan Bahan Baku

Bahan yang digunakan dalam pembuatan papan partikel ini adalah limbah cacahan kotak aseptik dan Phenol formaldehida sebagai perekat. Sebelum limbah cacah kotak aseptik digunakan sebagai bahan adonan papan partikel, terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran bekas minuman. Setelah itu cacah kotak aseptik dikeringkan dan dipotong memakai *shredded* dan digunting sesuai dengan ukuran cacahan aseptik yang telah ditentukan. Ukuran cacahan aseptik yang digunakan $\pm 5 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm} \times 0.05 \text{ cm}$.

3.2.2. Persiapan Bahan Perekat

Bahan pengikat atau perekat berupa phenol formaldehida 10%, 20%, 30%, 35% dan 40% dari berat benda uji keseluruhan yang ditimbang sesuai kebutuhan percobaan. Jadi untuk membuat benda uji dengan ukuran cacah kotak $\pm 5 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm} \times 0.05 \text{ cm}$ dibutuhkan phenol formaldehida 10%, 20%, 30 %, 35 % dan 40 % dari berat benda uji.

3.2.3. Persiapan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian papan partikel ini adalah :

1. Mesin *press* panas.
2. Cetakan papan partikel
3. Alat pengaduk campuran
4. Timbangan
5. Papan triplek tebal 5 mm
6. Sarung tangan kain
7. Plastik lembaran
8. Alat pengujian kuat lentur, kuat tarik, cabut sekrup dan modulus elastisitas
9. Beban untuk pengujian beban garis.
10. *Proving ring*
11. Perletakan untuk uji pola retak
12. Jangka sorong
13. *Mixer*
14. Oven

3.3. Cara Pembuatan Benda Uji Papan Partikel

Langkah pertama adalah menyiapkan bahan yang akan digunakan, kemudian masukkan cacahan kotak aseptik yang berukuran $\pm 5 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm} \times 0.05 \text{ cm}$ dan phenol formaldehida ke *mixer*. Kemudian adonan diaduk sampai benar – benar homogen dan merata.

Setelah adonan siap, adonan dimasukkan ke dalam cetakan papan partikel, cetakan pelat papan partikel berupa kotak kayu berukuran 30 cm x 30 cm dan ketebalan 1,5 cm sebagai tebal adonan papan partikel. Kemudian adonan diratakan menggunakan papan atau alat perata. Setelah lapisan terbentuk lalu bagian atas cetakan ditekan oleh alat *press* panas sebesar 10 kg/cm^2 dan 15 kg/cm^2 dengan panas 140°C selama 15 menit. setelah ditekan dikeluarkan dari cetakan lalu diangin – anginkan setelah itu dipotong sesuai ukuran yang diinginkan. Lalu diglassir untuk benda uji penekanan 10 kg/cm^2 dan 15 kg/cm^2 setelah itu dibandingkan sifatnya dengan yang tidak *dicoating* atau diglassir.

Tabel 3.1. Jumlah benda uji yang dibuat (a)

Pengujian	Ukuran (mm)	Banyak Benda Uji Aseptik 50mm x 5mm (Dilapisi Glassir & Non Glassir)			Total benda uji
		Tekanan 10 kg/cm ²			
		Phenol (%) 30	Phenol (%) 35	Phenol (%) 40	
Emisi	150x50x15	-	-	12	12
Uji Visual dan Mutu Penampilan	100x100x15	6	6	6	18
Kerapatan	100x100x15	6	6	6	18
Kadar Air	100x100x15	6	6	6	18
Daya Serap Air	50x50x15	6	6	6	18
Pengembangan Tebal	50x50x15	6	6	6	18
Kuat Lentur Tegak Lurus	185x50x15	6	6	6	18
Kuat Lentur Tegak sejajar	185x50x16	6	6	6	18
Modulus Elastisitas	185x50x15	6	6	6	18
Kuat Tekan	50x50x50	6	6	6	18
Keteguhan Tarik Tegak Lurus	50x50x15	6	6	6	18
Cabut Sekrup	50x100x15	6	6	6	18
Pola Retak Akibat Beban Terpusat	250x200x15	-	-	-	0

Tabel 3.2. Jumlah benda uji yang dibuat (b)

		Banyak Benda Uji Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir		Total Benda Uji
		Tekanan 15 kg/cm ²		
		Phenol (%) 10	Phenol (%) 20	
Emisi	150x50x15	-	12	12
Uji Visual dan Mutu Penampilan	100x100x15	3	3	6
Kerapatan	100x100x15	3	3	6
Kadar Air	100x100x15	3	3	6
Daya Serap Air	50x50x15	3	3	6
Pengembangan Tebal	50x50x15	3	3	6
Kuat Lentur	185x50x15	3	3	6
Modulus Elastisitas	185x50x15	3	3	6
Kuat Tekan	50x50x50	3	3	6
Keteguhan Tarik Tegak Lurus	50x50x15	3	3	6
Cabut Sekrup	50x100x15	3	3	6
Pola Retak Akibat Beban Terpusat	250x200x15	4	-	4

Dari tabel 3.1 dan 3.2 didapat jumlah benda uji yang dibutuhkan dalam pengujian kimia, fisik, mekanik dan beban garis ditabel tersebut juga dijelaskan ukuran *sample* pengujian dan campuran yang dibuat.

3.3.1 Perhitungan Bacaan *Dial* Alat *Press* Panas Dalam Pembuatan Benda Uji

- Perhitungan *dial* untuk papan 30 cm x 30 cm x 1,5 cm tekanan 10 kg/cm² sebagai berikut :

$$\text{Volume papan} = 1350 \text{ cm}^3$$

$$\text{Tekanan} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Luas Piston} = 254,34 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Dial} &= (1350 \text{ cm}^3 \times 10 \text{ kg/cm}^2) / 254,34 \text{ cm}^2 \\ &= 53,08 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

- Perhitungan *dial* untuk papan 30 cm x 30 cm x 1 cm tekanan 15 kg/cm² sebagai berikut :

berikut :

$$\begin{aligned} \text{Volume papan} &= 900 \text{ cm}^3 \\ \text{Tekanan} &= 15 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Luas Piston} &= 254,34 \text{ cm}^2 \\ \text{Dial} &= (900 \text{ cm}^3 \times 15 \text{ kg/cm}^2) / 254,34 \text{ cm}^2 \\ &= 53,08 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

3.4. Perancangan Campuran Papan Partikel (*Mix design*)

Karena belum ada standar atau penelitian sebelumnya pada komposisi antara aseptik dan phenol formaldehid maka metode yang digunakan untuk perancangan papan partikel adalah *trial and error*. Komposisi antara aseptik dan phenol formaldehida yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3. Variasi campuran aseptik dengan phenol formaldehida pada tekanan 10 kg/cm² dan tebal papan 1.5 cm (a)

Kondisi	Aseptik (± 5mm x 5 cm) % Berat	Phenol Formaldehid a % Berat
1	70	30
2	65	35
3	60	40

Tabel 3.4. Variasi campuran aseptik dengan phenol formaldehida pada tekanan 15 kg/cm² dan tebal papan 1 cm (b)

Kondisi	Aseptik (± 5mm x 5 cm) % Berat	Phenol Formaldehida % Berat
1	90	10
2	80	20

Komposisi yang digunakan adalah komposisi yang terbaik dari garfik pengujian kuat tarik, kuat lentur, modulus elastisitas, cabut sekrup, uji beban garis, kadar air, daya serap, pengembangan tebal, kerapatan, visual dan uji emisi formaldehida dari masing-masing kondisi. Jumlah benda uji perpercobaan adalah 3 buah jadi totalnya dikali dengan jumlah pengujian kimia, fisik, mekanik dan beban garis.

3.4.1. Menentukan Berat Cacah Kotak Aseptik dan Phenol Formaldehida Perbenda Uji.

Di dalam setiap benda uji yang dibuat untuk pengujian mekanis mempunyai dimensi yang berbeda-beda, sehingga untuk menjaga kontinuitas jumlah campuran cacah kotak aseptik dan phenol formaldehida perlu diketahui masa jenis cacah kotak aseptik dan phenol formaldehida.

A. Cara Mendapatkan Masa Jenis Cacah Kotak Aseptik

- Tujuan

Untuk mengetahui masa jenis cacah kotak aseptik agar didapat campuran *mix design* papan partikel yang lebih pasti dari segi berat cacah kotak aseptik perbenda uji.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi:

1. Penggaris
2. Micrometer atau jangka sorong dan,
3. Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram.

- Persiapan

Siapkan contoh berupa cacah kotak aseptik.

- Prosedur

1. Setelah cacah kotak aseptik disiapkan, ukur ketebalan cacah kotak aseptik dengan micrometer atau jangka sorong.
2. Setelah mendapat tebal cacah kotak aseptik lalu ukur dimensi cacah kotak aseptik dengan penggaris.

3. Setelah mendapat dimensi lalu timbang cacah kotak aseptik untuk mendapatkan berat cacah kotak aseptik.

- Analisa Data

$$\text{Massa jenis} = \frac{A}{B} ;$$

Dimana : A adalah berat cacah kotak aseptik (gram)

B adalah volume cacah kotak aseptik (cm³)

Jadi masa jenis (gram/cm³) yang didapat, dikali volume benda uji yang akan dibuat dari situ kita dapat mengetahui berat cacah kotak aseptik untuk membuat benda uji tersebut. Misalnya masa jenis aseptik 0,8 gram/cm³ dan membuat benda uji dengan panjang 10 cm, lebar 10 cm dan tebal 1 cm maka volume benda uji yang didapat adalah 100 cm³ dikali masa jenis aseptik maka didapat berat aseptik 80 gram. Dari total berat tersebut dikurangi 15% untuk campuran phenol formaldehid 15 %, jadi 80 x 15% dan didapat berat cacah yang digunakan 68 gram dan perekat 12 gram. Untuk faktor koreksi akibat cacah kotak tercecer atau perekat tumpah maka dikali 1.2 untuk berat phenol dan cacah kotak aseptik sedangkan untuk faktor pematatannya dikali 2. Jadi berat campuran yang digunakan untuk volume benda uji 100 cm³ adalah 164 gram cacah kotak aseptik dan 30 gram phenol formaldehida.

B. Cara mendapatkan masa jenis Phenol Formaldehida

- Tujuan

Untuk mengetahui masa jenis phenol formaldehida agar didapat campuran *mix design* papan partikel yang lebih pasti dari segi berat phenol formaldehida perbenda uji.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi:

1. Kemasan minuman dengan volume 240 ml = 240 cm³
2. Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram.

- Persiapan

Siapkan contoh berupa perekat phenol formaldehida.

- Prosedur
 1. Setelah phenol formaldehid disiapkan, masukan phenol formaldehid ke dalam wadah kemasan minuman yang telah disiapkan. Sebelumnya timbang dahulu berat wadah.
 2. Setelah perekat dimasukkan ke dalam wadah timbang berat phenol formaldehida dan wadah. Jadi untuk mengetahui berat phenol formaldehidanya harus dikurangi berat wadah yang tadi telah ditimbang.

- Analisa Data

$$\text{Masa jenis} = \frac{A}{B};$$

Dimana : A adalah berat phenol formaldehida (gram)

B adalah volume wadah kemasan minuman (cm³).

Jadi masa jenis (gram/cm³) phenol formaldehida dapat dihitung dengan membagi berat phenol formaldehida dengan volume kemasan minuman. Dari percobaan yang telah dilakukan didapat berat phenol formaldehida ditambah kemasan adalah 269,5 gram sedangkan berat kemasan 3 gram jadi berat phenol formaldehidanya saja adalah 266,5 gram. Jadi berat phenol dibagi volume kemasan 240 cm³ dan didapat masa jenis phenol formaldehida adalah 1,11 gram/cm³.

3.5. Teknologi Pengujian Laboratorium

3.5.1. Pengujian Visual⁽²⁶⁾

(a) Uji Dimensi

- Prinsip

Ketelitian terhadap pengukuran panjang, lebar, tebal dan kesikuan

- Tujuan

Untuk mengetahui dimensi papan partikel apakah sudah sesuai standar.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi:

1. Meteran,
2. Mikrometer dan,

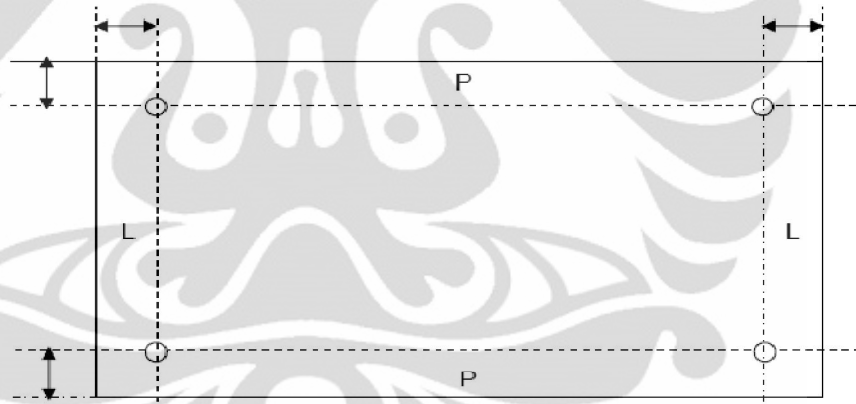
3. Alat penyiku.

- Persiapan

Siapkan contoh berupa papan partikel berukuran penuh.

- Prosedur

1. Panjang diukur pada kedua sisi lebarnya, 100 mm dari tepi dengan ketelitian minimum 1 mm (Gambar 3.2).
2. Lebar diukur pada kedua sisi panjangnya, 100 mm dari tepi dengan ketelitian minimum 1 mm (Gambar 3.2).
3. Tebal diukur pada keempat sudutnya, minimum 20 mm dari sudutnya dengan ketelitian minimum 0,05 mm (Gambar 3.2).
4. Kesikuan diukur pada keempat sudutnya dengan mengukur penyimpangan dari alat penyiku panjang 1000 mm dengan ketelitian minimum 0,5 mm (Gambar 3.3).

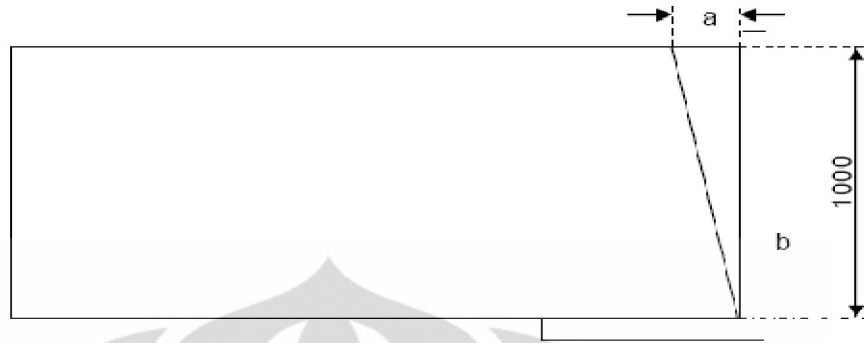


Keterangan gambar:

- P adalah tempat pengukuran panjang papan partikel
- L adalah tempat pengukuran lebar papan partikel
- O adalah tempat pengukuran tebal papan partikel

Gambar 3.2 Pengujian panjang, lebar dan tebal papan partikel

Sumber: (SNI 03 – 2105 – 2006)⁽²⁶⁾



Keterangan gambar:

- a adalah penyimpangan dari garis siku (mm)
- b adalah alat penyiku

Gambar 3.3 Pengukuran siku papan partikel

Sumber: (SNI 03 – 2105 – 2006)⁽²⁶⁾

- Analisa Data

- 1 Panjang merupakan hasil rata-rata dari dua kali pengukuran panjang.
- 2 Lebar merupakan hasil rata-rata dari dua kali pengukuran lebar.
- 3 Tebal merupakan hasil rata-rata dari empat kali pengukuran tebal.
- 4 Kesikuan merupakan hasil rata-rata dari empat kali pengukuran siku.

(b) Uji mutu penampilan

- Prinsip

Kecermatan terhadap pengamatan adanya cacat yang mempengaruhi mutu penampilan.

- Tujuan

Untuk mengetahui penampilan papan partikel sehingga dapat diketahui mutunya.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi: meteran dan jangka sorong dan kaca pembesar (*loupe*).

- Persiapan

Siapkan contoh uji berupa panel (berukuran penuh).

- Prosedur

1. Pengujian meliputi: macam cacat, ukuran dan penyebaran cacat sesuai dengan jenis papan partikel yang diuji.

2. Pengujian untuk papan partikel biasa mengacu pada SNI 03-2105- 2006 dan JIS A 5908 : 2003.
3. Setiap cacat yang terdapat pada papan partikel dinilai dan ditetapkan mutunya sesuai dengan persyaratan.
 - Analisa Data
 1. Mutu penampilan adalah mutu terendah berdasarkan cacat terberat.
 2. Apabila terdapat mutu di bawah yang ditetapkan dalam standar maka papan partikel tersebut ditolak uji.

3.5.2. Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium meliputi uji kimia, fisik dan mekanik. uji kimia meliputi uji emisi formaldehida, uji fisik meliputi uji kadar air, kerapatan, pengembangan tebal dan daya serap, sedangkan uji mekanik meliputi uji lentur tebal dan lebar menerima beban terpusat, uji modulus elastisitas tebal dan lebar menerima beban terpusat, uji tarik tegak lurus permukaan, uji cabut sekrup dan uji beban garis.

(a) Uji Emisi Formaldehida^(25, 21)

- Prinsip
Mengukur emisi formaldehida dari panel kayu berdasarkan reaksi *Hantzsh* yang mereaksikan larutan formaldehida dengan ion ammonium dan *acetylacetone* yang menghasilkan *diacetyldihydrolutidine* (DDL).
- Tujuan
Untuk mengetahui jumlah emisi formaldehida pada papan partikel. Emisi (lepasan) formaldehida⁽⁸⁾ dapat dianggap sebagai sifat kimia dari papan partikel sehingga perlu diketahui.
- Peralatan
 1. *Thermometer* dan *Thermohygrometer* (*precision* 0.1 °C & 5%)
 2. *Spectrophotometer* UV-Vis
 3. *Water bath* (65 °C ± 2 °C)
 4. *Balance* atau timbangan (0.1 mg)

5. *Glass Desiccator* (diameter: 240 mm)
 6. *Crystallizing dish* (diameter luar: 120 mm, diameter dalam : 115 mm and high : 60 - 65 mm)
 7. *Volumetric flask* 100 & 1000 ml
 8. *Volumetric Pipette* 5, 10, 20, 25, 50, 100 mL
 9. *Burette*
 10. *Erlenmeyer* 100 mL
 11. *Specimen supporting Metal*
 12. *Stainless steel wire net* (diameter 240 mm, mesh > 15 mm)
- Bahan
 1. *Formaldehyde* (37 %) (HCOH)
 2. *Ammonium acetate* (CH₃COONH₄)
 3. *Acetic Acid Glacial* (CH₃COOH)
 4. *Acetyl acetone* (C₅H₈O₂)
 5. *Sulfuric Acid* (H₂SO₄)
 6. *Hydrochloric Acid* (HCl)
 7. *Sodium thiosulfate* (Na₂S₂O₃)
 8. *Potassium dichromate* (K₂Cr₂O₇)
 9. *Sodium hydroxyde* (NaOH)
 10. *Sodium carbonate* (Na₂CO₃)
 11. *Iodine* (I₂)
 12. *Potassium iodide* (KI)
 13. *Starch*
 14. *Iodine* 0.05 mol/l
 15. *Sodium thiosulfate* 0.1 mol/l
 16. *Sodium hydroxyde* 1 mol/l
 17. *Sulfuric Acid* 1 mol/l
 18. *Starch solution*
 19. *Formaldehyde Standard A*
 20. *Potassium Iodate*
 21. *Acetyl acetone ammonium acetate solution*

- Prosedur

Prosedur pengujian untuk uji emisi formaldehida mengacu pada JIS A-1460 - 2001⁽²¹⁾

1. Persiapan *sample*

- Pemotongan *Sampel*
- *Pre-Conditioning*
- *Conditioning*

2. Persiapan larutan pereaksi

- Larutan KIO_3
- Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- Larutan standar *Formaldehyde*
- Larutan *Acetyl Acetone Ammonium Acetate*

3. Standarisasi larutan

- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solution
- *Formaldehyde Standard A*

4. Pembuatan larutan standar untuk kurva kalibrasi

- Larutan standar Formaldehida B (3 mg/l)
- Deret standar

5. Penetapan emisi Formaldehida dengan alat Spektrofotometer

6. *Report*

- Pelaporan

Laporan hasil uji dari analisis harus mencantumkan informasi sebagai berikut:

- a) Tanggal pengujian, suhu;
- b) Penyerapan contoh uji pada saat pengujian;
- c) Hasil pengujian

(b) Uji Kadar Air⁽²⁶⁾

- Tujuan

Mengetahui jumlah air yang dapat dikeluarkan dari papan partikel melalui pemanasan dalam oven.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi:

1. Timbangan,
2. Oven,
3. Desikator dan
4. Jangka sorong

- Persiapan

Siapkan benda uji ukuran 100 mm x 100 mm x 10 mm sebanyak 2 buah .

- Prosedur

1. Contoh uji ditimbang untuk mengetahui berat awal dengan ketelitian hingga 0,1 gram.
2. Contoh uji dikeringkan dalam oven pada suhu $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
3. Masukkan contoh uji ke dalam desikator, kemudian ditimbang.
4. Kegiatan ini diulang dengan selang 6 jam sampai beratnya tetap (berat kering mutlak), yaitu bila perbedaan beratnya maksimum 0,1%

- Analisa Data

$$\text{Kadar Air} = \frac{Ba - Bk}{Bk} \times 100\%$$

Dimana :

Ba adalah berat awal (gram).

Bk adalah berat kering mutlak (gram).

(c) Uji Kerapatan⁽²⁶⁾

- Tujuan

Mengetahui hubungan antara berat dengan isi papan partikel. Semakin kecil nilai hubungan antara berat dengan isi papan partikel maka semakin tinggi daya tahan lembaran partisi terhadap penetrasi cairan.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi:

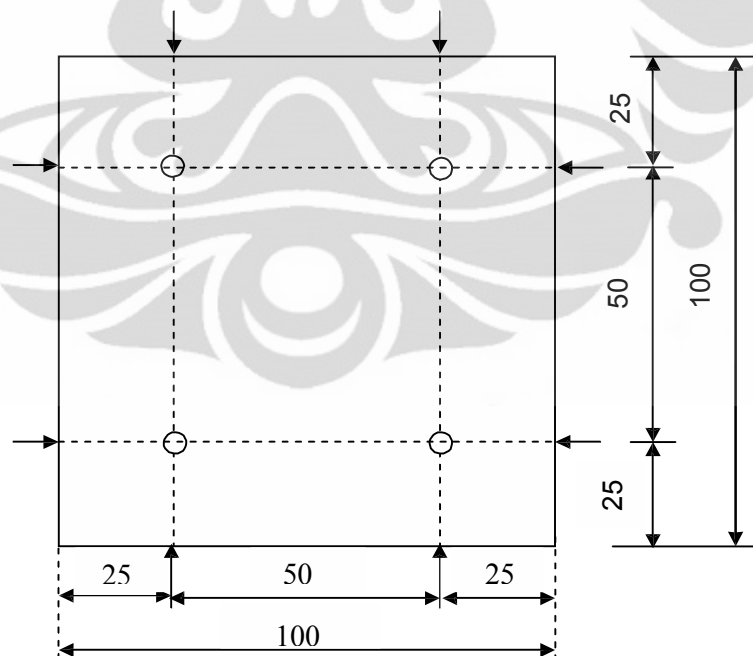
1. Jangka sorong dan
2. Timbangan.

- Persiapan

Siapkan benda uji ukuran 100 mm x 100 mm x 10 mm sebanyak 2 buah

- Prosedur.

1. Benda uji diukur panjangnya pada kedua sisi lebarnya, 25 mm dari tepi dengan ketelitian 0,1 mm (Gambar 3.4.).
2. Benda uji diukur lebarnya pada kedua sisi panjangnya, 25 mm dari tepi dengan ketelitian 0,1 mm (Gambar 3.4.).
3. Benda uji diukur tebalnya pada keempat sudutnya, 25 mm dari sudutnya (pada titik persilangan pengukuran panjang dan lebar) dengan ketelitian 0,05 mm (Gambar 3.4.).
4. Benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,01 g.



Gambar 3.4. Pengukuran contoh uji kerapatan

Sumber: (SNI 03 – 2105 – 2006)⁽²⁶⁾

Keterangan gambar:

O adalah tempat pengukuran tebal papan partikel (mm).

- Analisa Data

$$\text{Kerapatan} = \frac{B}{I} (\text{gr} / \text{cm}^3)$$

Dimana :

B adalah berat (gram)

I adalah isi (cm^3) = panjang (cm) x lebar (cm) x tebal (cm), dengan ketelitian hingga $0,01 \text{ g/cm}^3$.

(d) Uji pengembangan tebal setelah direndam air dan daya serap⁽²⁶⁾

- Tujuan

Penambahan tebal papan partikel akibat perendaman dalam air.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi:

1. Jangka sorong
2. Timbangan
3. Penangas.

- Persiapan

Siapkan benda uji ukuran 50 mm x 50 mm x 10 mm sebanyak 2 buah

- Prosedur

1. Contoh uji diukur tebalnya pada bagian pusatnya dengan ketelitian 0,05 mm (Gambar 3.4.);
2. Contoh uji direndam dalam air pada suhu $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ secara mendatar, sekitar 3 cm dari permukaan air selama ± 24 jam;
3. Contoh uji kemudian diangkat, diseka dengan kain dan diukur tebalnya (Gambar 3.4.).

- Analisa Data

$$\text{Pengembangan Tebal} (\%) = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

Dimana :

T2 adalah tebal setelah direndam air (mm).

T1 adalah tebal sebelum direndam air (mm).

- Prosedur daya serap

1. Contoh uji diukur beratnya pada bagian pusatnya dengan ketelitian 0,01 gram;
4. Contoh uji direndam dalam air pada suhu $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ secara mendatar, sekitar 3 cm dari permukaan air selama ± 24 jam;
5. Contoh uji kemudian diangkat, diseka dengan kain dan diukur beratnya.

- Analisa Data

$$\text{Daya Serap (\%)} = \frac{Bk - Ba}{Ba} \times 100\%$$

Bk adalah berat setelah direndam air (gram).

Ba adalah tebal sebelum direndam air (gram).

(e) Uji Kuat Lentur Sisi Tebal dan Lebar Menerima Beban Terpusat dan Modulus Elastisitas Lentur⁽²⁶⁾

- Tujuan

Kemampuan papan partikel menahan beban terpusat dalam keadaan kering.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi:

1. Mesin uji universal,
2. Meteran dan
3. Jangka sorong

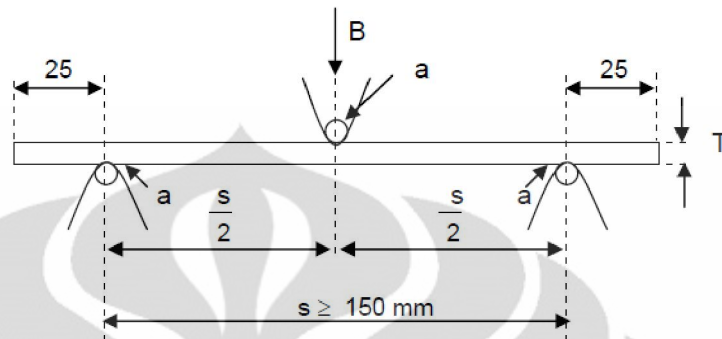
- Persiapan

Siapkan benda uji Lebar 50 x Panjang (S + 50) sebanyak 2 buah

- **Prosedur Sisi Tebal Menerima Beban**

1. Benda uji diukur panjang, lebar dan tebalnya;
2. Benda uji diletakkan secara mendatar pada penyangga di mana h nya adalah sisi tebal;

3. Beban diberikan pada bagian pusat contoh uji dengan kecepatan sekitar 10 mm/menit, kemudian dicatat defleksi dan beban sampai beban maksimum.



Gambar 3.5. Uji kuat lentur kering dan modulus elastisitas

Sumber: (SNI 03 – 2105 – 2006)⁽²⁶⁾

- Analisa Data

$$\text{Kuat Lentur Kering (kgf / cm}^2\text{)} = \frac{3BS}{2LT^2}$$

Di mana:

B adalah beban maksimum (kgf). S adalah jarak sangga (cm).

L adalah lebar (cm). T adalah tebal (cm).

Untuk papan partikel biasa dan papan partikel dekoratif nilai terendah yang dipakai. Untuk papan partikel berlapis venir dan papan partikel biasa struktural, nilai pada arah panjang dan lebar yang dipakai.

$$\text{Modulus Elastisitas Lentur (kgf / cm}^2\text{)} = \frac{S^3 \times \Delta B}{4L \times T^3 \times \Delta D}$$

Di mana:

S adalah jarak sangga (cm). L adalah lebar (cm).

T adalah tebal (cm).

ΔB adalah selisih beban ($B_1 - B_2$) yang diambil dari kurva (kgf).

ΔD adalah defleksi (cm) yang terjadi pada selisih beban ($B_1 - B_2$).

Untuk papan partikel biasa dan papan partikel dekoratif nilai pada arah lebar yang dipakai. Sedangkan untuk papan partikel berlapis venir dan papan partikel biasa struktural, nilai pada arah panjang dan lebar dipakai.

- **Prosedur Sisi Lebar Menerima Beban**

1. Benda uji diukur panjang, lebar dan tebalnya;
2. Benda uji diletakkan secara mendatar pada penyangga di mana h nya adalah sisi lebar benda uji;
3. Beban diberikan pada bagian pusat contoh uji dengan kecepatan sekitar 10 mm/menit, kemudian dicatat defleksi dan beban sampai beban maksimum.

- Analisa Data

$$\text{Kuat Lentur Kering (kgf / cm}^2\text{)} = \frac{3BS}{2LT^2}$$

Di mana:

B adalah beban maksimum (kgf). S adalah jarak sangga (cm).

L adalah tebal papan (cm). T adalah lebar papan (cm).

$$\text{Modulus Elastisitas Lentur (kgf / cm}^2\text{)} = \frac{S^3 \times \Delta B}{4L \times T^3 \times \Delta D}$$

Di mana:

S adalah jarak sangga (cm). L adalah tebal papan (cm).

T adalah lebar papan (cm).

ΔB adalah selisih beban ($B_1 - B_2$) yang diambil dari kurva (kgf).

ΔD adalah defleksi (cm) yang terjadi pada selisih beban ($B_1 - B_2$).

A. Modulus Elastisitas cara *tangent* berdasarkan ASTM C580 – 02⁽⁴⁾

- a. Sisi tebal menerima beban terpusat

$$ET = L^3 M_1 / 4 b d^3$$

Di mana :

ET adalah modulus elastisitas *tangent* (GPa)

L adalah panjang papan dari perletakan ke perletakan (mm).

b adalah lebar papan (mm)

d adalah tebal papan (mm)

M_1 adalah *slope tangent* dari kurva garis lurus beban – lendutan (N/mm)

b. Sisi lebar menerima beban terpusat

$$ET = L^3 M_1 / 4 bd^3$$

Di mana :

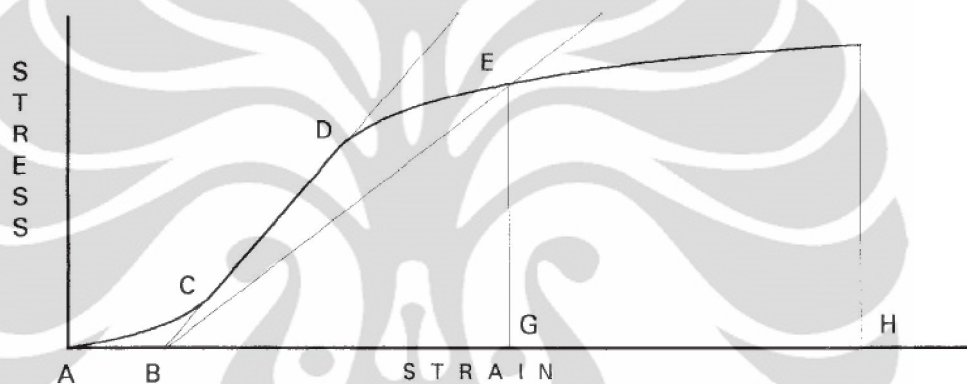
ET adalah modulus elastisitas *tangent* (GPa)

L adalah panjang papan dari perletakan ke perletakan (mm)

b adalah tebal papan (mm)

d adalah lebar papan (mm)

M_1 adalah *slope tangent* dari kurva garis lurus beban – lendutan (N/mm)



Garfik 3.1. *Stress-strain curva (linear) region*

Sumber: (ASTM C580 – 02)⁽⁴⁾

Ket :

B-D adalah garis linier cara *tangent*

B-E adalah garis linier cara *secant*

B. Modulus Elastisitas cara *secant* berdasarkan ASTM C580 - 02⁽⁴⁾

a. Sisi tebal menerima beban terpusat

$$ES = L^3 M_2 / 4 bd^3$$

Di mana :

ES adalah modulus elastisitas *secant* (GPa).

L adalah panjang papan dari perletakan ke perletakan (mm).

b adalah lebar papan (mm). d adalah tebal papan (mm)

M_2 adalah *slope* di mana beban didapat pada saat kurva 50% defleksi maksimum. (N/mm).

b. Sisis lebar menerima beban terpusat

$$ES = L^3 M_2 / 4 bd^3$$

Di mana :

ES adalah modulus elastisitas *secant* (GPa).

L adalah panjang papan dari perletakan ke perletakan (mm).

b adalah tebal papan (mm). d adalah lebar papan (mm).

M_2 adalah *slope* di mana beban didapat pada saat kurva 50% defleksi maksimum (N/mm).

C. Modulus Elastisitas cara *actual*⁽⁹⁾

$$\Delta C = \frac{MC}{EI}, \quad \sigma = \frac{M \times y}{I}, \quad \varepsilon = \frac{M \cdot y}{EI}$$

Modulus elastisitas *actual* adalah modulus yang didapat ketika regangannya adalah 50% regangan maksimum.

Keterangan ;

ΔC = lendutan di titik C atau di tengah bentang (mm).

MC = momen area di titik C atau di tengah bentang (Nmm³).

E = modulus elastisitas (N/mm²). I = inersia benda uji (mm⁴).

y = setengah tinggi atau tebal benda uji (mm). ε = regangan.

D. Modulus Elastisitas metode *offset*⁽⁹⁾

$$\Delta C = \frac{MC}{EI}, \quad \sigma = \frac{M \times y}{I}, \quad \varepsilon = \frac{M \cdot y}{EI}$$

$$E = \frac{60\% \cdot \sigma}{60\% \cdot \varepsilon}$$

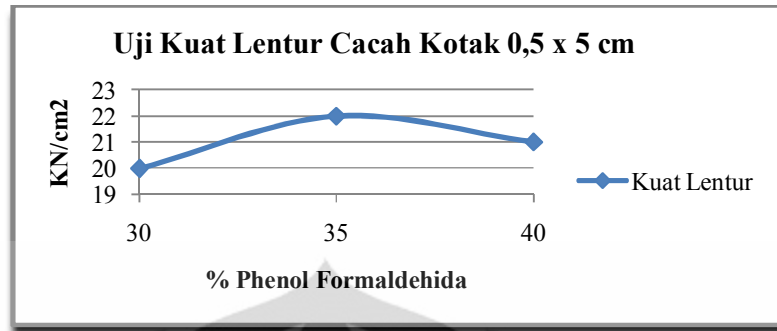
Keterangan ;

ΔC = lendutan di titik C atau di tengah bentang (mm).

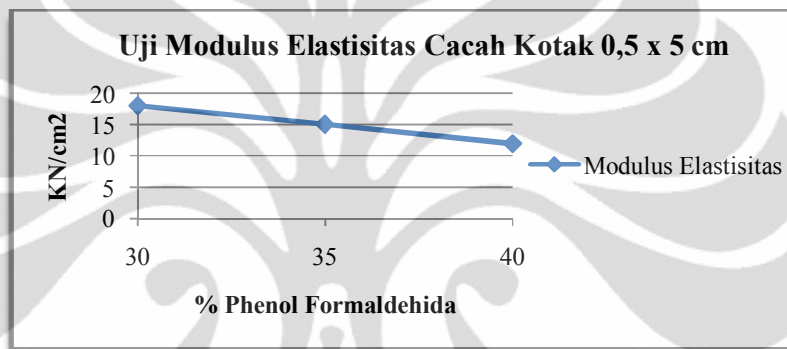
MC = momen area di titik C atau di tengah bentang (Nmm³).

E = modulus elastisitas (N/mm²). I = inersia benda uji (mm⁴)

y = setengah tinggi atau tebal benda uji (mm). ε = regangan



Grafik 3.2. Perkiraan kuat lentur



Grafik 3.3. Perkiraan modulus elastisitas

Grafik 3.2 dan grafik 3.3 merupakan grafik perkiraan uji lentur dan modulus elastisitas papan partikel.

(f) Uji Keteguhan Tarik Tegak Lurus Permukaan ⁽²⁶⁾

- Tujuan

Untuk mengetahui kemampuan papan partikel untuk menahan beban tarik tegak lurus permukaan.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi: mesin uji universal dan jangka sorong.

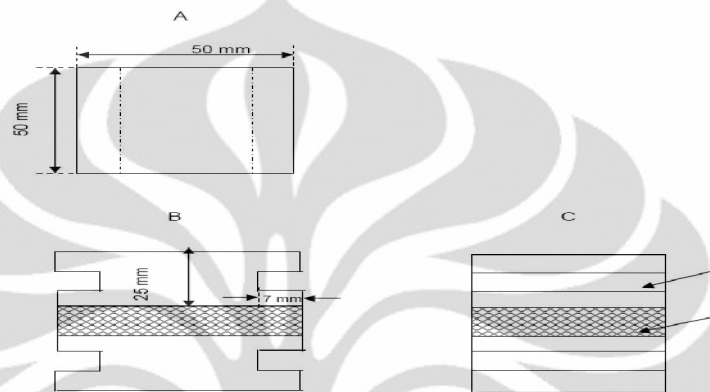
- Persiapan

Siapkan benda uji Lebar 5 cm x Panjang 5 cm dan tebal 2.5 cm sebanyak 2 buah.

- Prosedur

- 1) Buat contoh uji seperti pada gambar 3.6

- 2) Ukur panjang dan lebar contoh uji.
- 3) Contoh uji direkat pada dua buah blok besi atau bahan lain yang memadai, biarkan mengering sampai ± 24 jam. (gambar 3.6)
- 4) Contoh uji ditarik pada arah vertikal dengan kecepatan sekitar 2 mm/menit dan dicatat beban maksimumnya. (gambar 3.6).

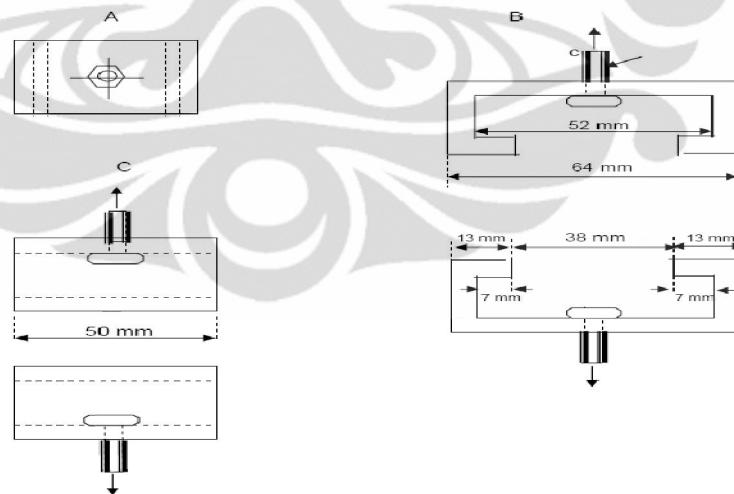


Keterangan:

- A adalah contoh uji dilihat dari atas.
- B adalah contoh uji dilihat dari samping depan.
- C adalah contoh uji dilihat dari samping sisi.
- a adalah blok besi.
- b adalah contoh uji.

Gambar 3.6. Contoh uji keteguhan tarik tegak lurus permukaan

Sumber: (SNI 03 – 2105 – 2006)⁽²⁶⁾



Keterangan:

- A adalah tampak dari atas.
- B adalah tampak dari samping depan.
- C adalah tampak dari samping sisi.
- C adalah baut.

Gambar 3.7. Pembebanan pada uji keteguhan tarik tegak lurus permukaan

Sumber: (SNI 03 – 2105 – 2006)⁽²⁶⁾

- Analisa Data

B

Keteguhan tarik tegak lurus permukaan (kgf/cm²) = -----

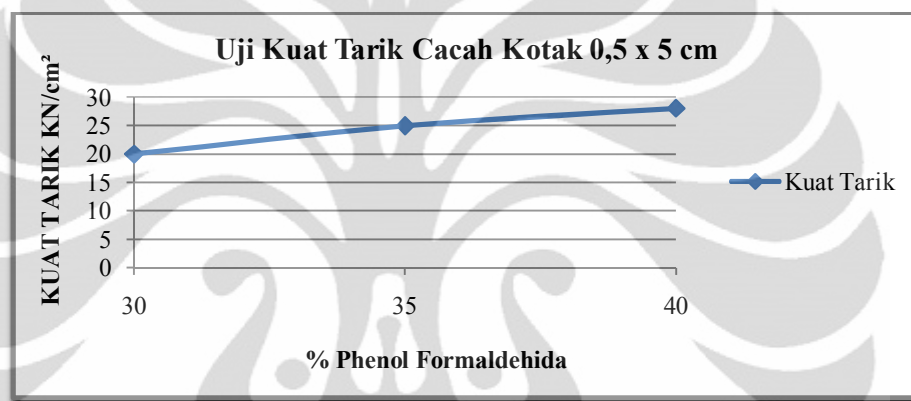
P x L

dengan :

B adalah beban maksimum (kgf)

P adalah panjang (cm)

L adalah lebar (cm)



Grafik 3.4. Perkiraan kuat tarik

Grafik 3.4 adalah grafik perkiraan hasil uji kuat tarik tegak lurus permukaan (*internal bond*).

(g) Uji Cabut Sekrup⁽²⁶⁾

- Tujuan

Untuk mengetahui kemampuan papan partikel dalam menahan cabut sekrup.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi: mesin uji universal panjang nominal 16 mm, diameter nominal 2,7 mm serta panjang ulir sekitar 11 mm dan jangka sorong.

- Persiapan

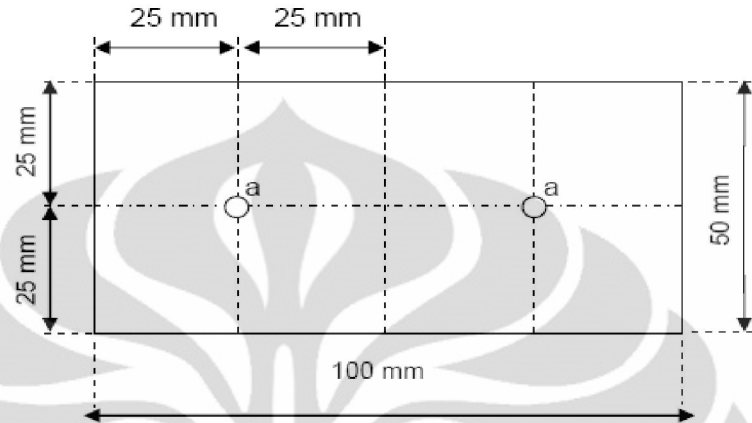
Siapkan benda uji Lebar 5 cm x Panjang 10 cm dan tebal 1.5 cm sebanyak 3 buah.

- Prosedur

- 1) Sekrup dipasang pada sebelah kiri dan kanan contoh uji tepat pada bagian pusatnya. Disarankan membuat lubang pendahuluan sedalam sekitar 3 mm dengan bor berdiameter 2 mm seperti gambar 3.8.

Universitas Indonesia

- 2) Sekrup ditarik pada arah vertikal dengan kecepatan sekitar 2 mm/menit dan dicatat beban maksimumnya.



Gambar 3.8. Keteguhan cabut sekrup

Keterangan: a adalah tempat sekrup

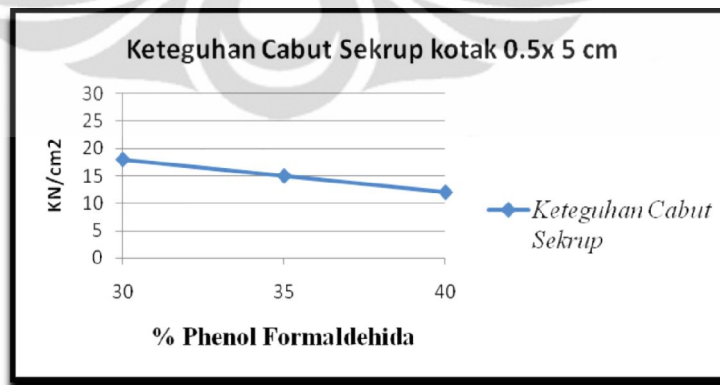
- Analisa Data

$$\text{Keteguhan cabut Sekrup (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{B}{P \times L}$$

dengan :

B adalah beban maksimum (kgf). P adalah panjang (cm)

L adalah lebar (cm)



Grafik 3.5. Perkiraan keteguhan cabut sekrup

Grafik 3.5 merupakan grafik perkiraan hasil uji cabut sekrup papan partikel cacah kotak aseptik.

(h) Uji Beban Garis Pada Pelat Papan Partikel

- Tujuan

Mengetahui kemampuan papan partikel menahan beban garis dan mengetahui arah pola retak pada pelat papan partikel cacah aseptik dan phenol formaldehida akibat dibebani beban garis secara bertahap.

- Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi:

1. Perletakan sederhana sendi rol,
2. Meteran,
3. Beban garis 18.65 N.
4. Kertas dan sepidol untuk menggambar pola retak.
5. Alat perekam (kamera).
6. *Water pass*.
7. Alat *proving ring* untuk menekan papan partikel cacah kotak aseptik dengan kelipatan beban 480.65 N..

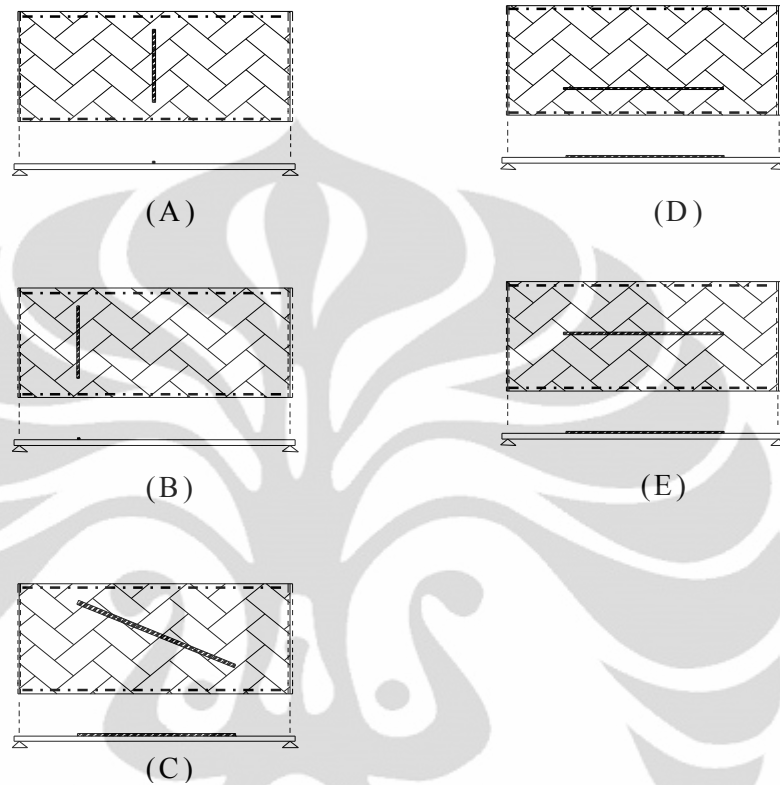
- Persiapan

Siapkan benda uji lebar 20 cm x panjang 25 cm dan tebal 1 cm sebanyak 2 buah.

- Prosedur

1. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
2. Ambil benda uji yang akan diuji pola retaknya dan berikan tumpuan pada keempat sisi benda uji. Lalu letakan benda uji diatas perletakan sederhana. Di mana perletakannya terdapat dikeempat sisi pelat tersebut.
3. Diberi beban garis kelipatan 488.7 N sampai didapat pola retak dan didapat beban maksimumnya. Metode pembebanannya adalah semi siklik yaitu beban ditambahkan pertahap per 25% beban maksimum dan dikurangi bebannya sebesar per 25% juga.
4. Setelah beberapa jam amati apakah terdapat retak pada benda uji. Bila terdapat retak warnai dengan sepidol pola retaknya dan rekam dengan kamera.
5. Beban garis diletakan di tengah bentang benda uji tersebut. Seperti gambar 3.9 di bawah ini di mana percobaan yang dilakukan adalah sesuai dengan gambar A dan E.

Distribusi Beban Garis



Gambar 3.9 Letak pembebanan beban garis

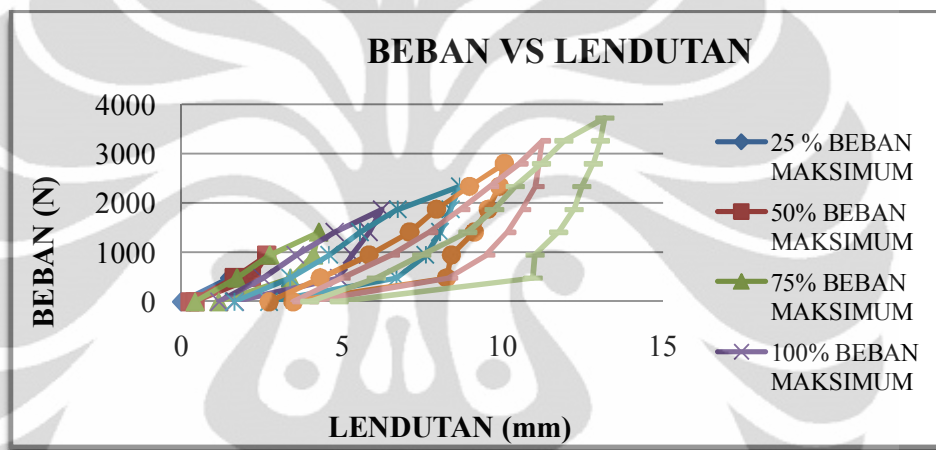
Keterangan : (A) adalah letak beban garis pada tengah bentang pelat papan partikel, (B) adalah letak beban garis pada seperempat bentang pelat papan partikel, (C) adalah letak beban garis pada arah diagonal pada pelat papan partikel, (D) adalah letak beban garis pada seperempat bentang pelat papan partikel pada arah memanjang pelat, (E) adalah letak beban garis pada tengah bentang pelat papan partikel pada arah memanjang pelat.

- Analisa Data

Setelah mendapati pola retak akibat beban maksimum bandingkan hasil pola retak, apakah sesuai dengan kaidah teori pelat satu arah (*one way slab*) atau pelat dua arah (*two way slab*). Kemudian bandingkan pola retak tersebut dengan perhitungan pelat pada *Software* SAP 2000 versi 14. Di mana dari diagram

momen terbesar bisa dinggap daerah yang berpotensi terjadi retak (*cracking*). Kuat beban garis dihitung dengan menjumlah beban garis yang dibebani di atas benda uji. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui apakah papan partikel cacah kotak aseptik sesuai bila diaplikasikan menjadi papan partisi, *plafond* dan lain-lain.

Grafik 3.6 adalah grafik perkiraan pengujian beban garis di mana pembebanan yang dilakukan secara siklik untuk mengetahui kondisi elastis, plastis dan pola retak yang terjadi pada pelat papan partikel cacah kotak aseptik.



Grafik 3.6. Perkiraan uji beban garis

BAB 4 ANALISA DATA

4.1 Pendahuluan

Setelah diadakan pengujian di Laboratorium Bahan, Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan Laboratorium Biokomposit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. maka, didapatkan hasil berupa tabel-tabel dan grafik-grafik di bawah ini meliputi:

1. Pembuatan Benda Uji (*mix design*) dan Pemotongan Benda Uji.
2. Hasil Pengujian Fisik
 - Mutu penampilan atau visual
 - Dimensi
 - Kerapatan
 - Kadar air
 - Pengembangan tebal
 - Daya serap
3. Hasil Pengujian Kimia
 - Uji emisi formaldehida
4. Hasil Pengujian Mekanik
 - Uji kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat dan modulus elastisitas
 - Uji kuat lentur kering sisi lebar menerima beban terpusat dan modulus elastisitas
 - Uji kuat tarik tegak lurus permukaan (*internal bond*)
 - Uji cabut skrup
 - Uji beban garis

4.2. Perhitungan *Mix Design* dan Kebutuhan Bahan

1. Pengujian kadar air, kerapatan, kuat tarik tegak lurus permukaan, pengembangan tebal dan daya serap air.

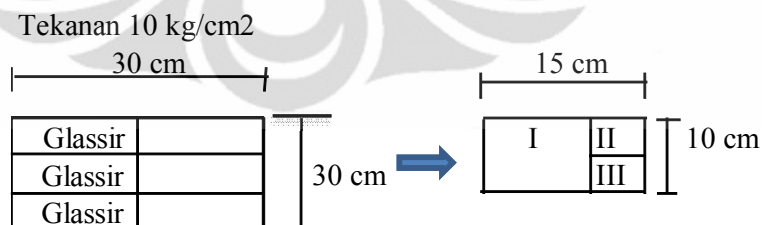
Ukuran papan :

Tebal	= 1.5 cm	Volume papan partikel	= 1350 cm ³
Panjang	= 30 cm	Berat total 1 papan	= 1.08 kg
Lebar	= 30 cm	Terbuang	= 5%
Kerapatan	= 0.8 gr/cm ³	Jumlah papan yang dibuat	= 3 buah

Tabel 4.1. Perhitungan bahan uji fisik(a)

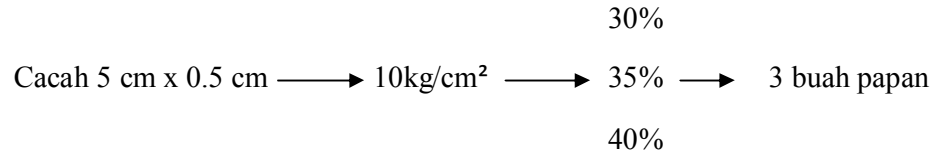
Bahan	1			2			3		
	Persen Phenol (%)			Terbuang 5%			(1+2) Aseptik 50 x 5 mm		
	30%	35%	40%	30%	35%	40%	30%	35%	40%
Phenol (kg)	0.32	0.38	0.43	0.016	0.019	0.022	0.340	0.397	0.454
Aseptik (kg)	0.76	0.70	0.65	0.038	0.035	0.032	0.794	0.737	0.680

Dari tabel 4.1 diketahui total kebutuhan aseptik 50 mm x 5 mm adalah 2.21 kg sedangkan phenol formaldehida yang dibutuhkan 1.19 kg.



tiga komposisi :
(30%, 35%, 40%)

Gambar 4.1. Penggarisan papan partikel 30 x 30 cm berdasarkan ukuran benda uji masing-masing pengujian



Keterangan :

Pengujian

- I = Uji kadar air dan kerapatan
- II = Uji daya serap air
- III = Uji keteguhan rekat *internal bond*

Dari gambar 4.1 diketahui dalam 1 papan partikel ukuran 30 x 30 cm dapat digunakan untuk benda uji kadar air, daya serap dan keteguhan rekat internal.

2. Pengujian Cabut Sekrup dan Pengembangan Tebal.

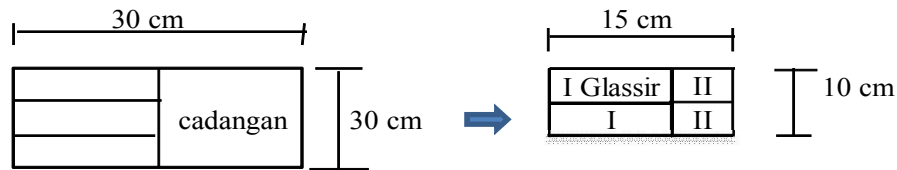
Ukuran papan :

Tebal	= 1.5 cm	Volume papan partikel	= 1350 cm ³
Panjang	= 30 cm	Berat total 1 papan	= 1.08 kg
Lebar	= 30 cm	Terbuang	= 5%
Kerapatan	= 0.8 gr/cm ³	Jumlah papan yang dibuat	= 3 buah

Tabel 4.2. Perhitungan bahan uji fisik (b)

Bahan	1			2			3		
	Persen Phenol (%)			Terbuang 5%			(1+2) Aseptik 50 x 5 mm		
	30%	35%	40%	30%	35%	40%	30%	35%	40%
Phenol (kg)	0.32	0.38	0.43	0.016	0.019	0.022	0.340	0.397	0.454
Aseptik (kg)	0.76	0.70	0.65	0.038	0.035	0.032	0.794	0.737	0.680

Dari tabel 4.2 diketahui total kebutuhan aseptik 50 x 5 mm adalah 2.21 kg sedangkan phenol formaldehida yang dibutuhkan 1.19 kg.



Gambar 4.2. Penggarisan papan partikel 30 x 30 cm berdasarkan ukuran benda uji masing-masing pengujian

Keterangan :

Pengujian

I = Uji cabut sekrup

II = Uji pengembangan tebal

Dari gambar 4.2 diketahui dalam 1 papan partikel ukuran 30 x 30 cm dapat digunakan untuk benda uji cabut sekrup dan pengembangan tebal.

3. Pengujian Keteguhan Lentur Kering Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat, Lentur Kering Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat dan Modulus Elastisitas

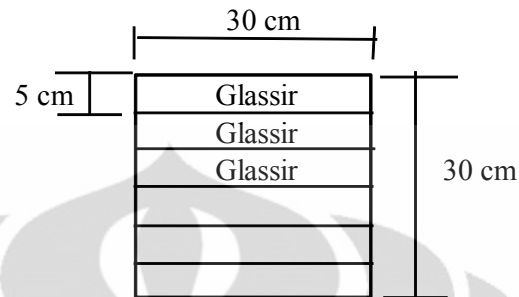
Ukuran papan :

Tebal	= 1.5 cm	Volume papan partikel	= 1350 cm ³
Panjang	= 30 cm	Berat total 1 papan	= 1.08 kg
Lebar	= 30 cm	Terbuang	= 5%
Kerapatan	= 0.8 gr/cm ³	Jumlah papan yang dibuat	= 6 buah

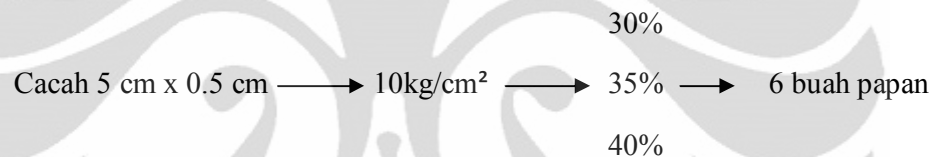
Tabel 4.3. Perhitungan bahan uji mekanik

Bahan	1			2			3		
	Persen Phenol (%)			Terbuang 5%			(1+2) Aseptik 50 x 5 mm		
	30%	35%	40%	30%	35%	40%	30%	35%	40%
Phenol (kg)	0.32	0.38	0.43	0.016	0.019	0.022	0.340	0.397	0.454
Aseptik (kg)	0.76	0.70	0.65	0.038	0.035	0.032	0.794	0.737	0.680

Dari tabel 4.3 diketahui total kebutuhan aseptik 50 x 5 mm adalah $2.21 \text{ kg} \times 2 = 4.42 \text{ kg}$ sedangkan phenol formaldehida yang dibutuhkan $1.19 \text{ kg} \times 2 = 2.38 \text{ kg}$.



Gambar 4.3. Penggarisan papan partikel 30 x 30 cm berdasarkan ukuran benda uji masing-masing pengujian



Dari gambar 4.3 diketahui dalam 1 papan partikel ukuran 30 x 30 cm dapat digunakan untuk benda uji keteguhan lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat, lentur kering sisi lebar menerima beban terpusat dan modulus elastisitas.

4. Pengujian Emisi

Ukuran papan :

Tebal = 1 cm	Volume papan partikel = 900 cm ³
Panjang = 30 cm	Berat total 1 papan = 0.72 kg
Lebar = 30 cm	Terbuang = 5%
Kerapatan = 0.8 gr/cm ³	Jumlah papan yang dibuat = 1 buah
	untuk setiap komposisi

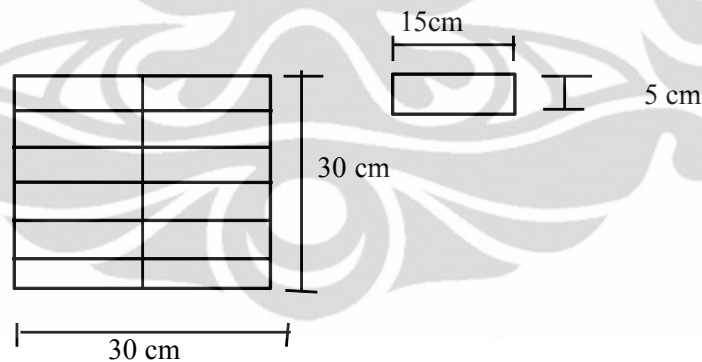
Tabel 4.4. Perhitungan bahan uji kimia

Bahan	1	2	3
	Persen Phenol (%)	Terbuang 5%	(1+2)
	40%	40%	40%
Phenol (kg)	0.29	0.014	0.302
Aseptik (kg)	0.43	0.022	0.454

(Tabel 4.4. Perhitungan bahan uji kimia sambungan)

4	5
Jumlah Aseptik kecil (0.5 cm x 0.5 cm)	Jumlah Aseptik Besar (0.5 cm x 0.5 cm)
40%	20%
0.30	0.151
0.45	0.605

Dari tabel 4.4 diketahui total kebutuhan bahan untuk aseptik adalah 1.055 kg sedangkan untuk phenol formaldehida 0.451 kg.



Gambar 4.4. Penggarisan papan partikel 30 x 30 cm berdasarkan ukuran benda uji masing-masing pengujian

Cacah 0.5 cm x 0.5 cm \longrightarrow 25kg/cm² $\xrightarrow{20\%}$ 40% \longrightarrow 2 buah papan

Dari gambar 4.4 diketahui dalam 1 papan partikel ukuran 30 x 30 cm dapat digunakan untuk benda uji emisi formaldehida.

5. Pengujian Beban Garis

Ukuran papan :

Tebal	= 1 cm	Volume papan partikel	= 1350 cm ³
Panjang	= 30 cm	Berat total 1 papan	= 0.72 kg
Lebar	= 30 cm	Terbuang	= 5%
Kerapatan	= 0.8 gr/cm ³	Jumlah papan yang dibuat	= 4 buah

Tabel 4.5. Perhitungan bahan uji beban garis

Bahan	1	2	3
	Persen Phenol (%)	Terbuang 5%	(1+2) Aseptik 50 x 5 mm
	10%	5%	
Phenol (kg)	0.07	0.004	0.076
Aseptik (kg)	0.65	0.032	0.680

Dari tabel 4.5 diketahui total kebutuhan aseptik 50 x 5 mm adalah 2.72 kg sedangkan phenol formaldehida yang dibutuhkan 0.3 kg.

6. *Mix design* phenol 10% dan 20 %

Pengujian kadar air, kerapatan, cabut skrup, kuat tarik tegak lurus permukaan, pengembangan tebal dan daya serap air.

Ukuran papan :

Tebal	= 1 cm	volume	= 900 cm ³
panjang	= 30 cm	Kebutuhan total 1 papan	= 0.72 kg
lebar	= 30 cm	Terbuang	= 5%
kerapatan	= 0.8 gr/cm ³	Jumlah papan yang dibuat	= 4 buah

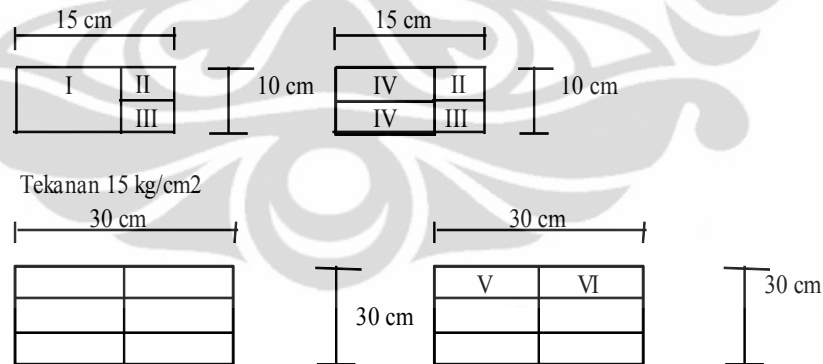
Tabel 4.6 Perhitungan bahan uji fisik dan mekanik campuran 10% dan 20%

Bahan	1		2		3	
	Persen Phenol (%)		Terbuang 5%		(1+2) Aseptik kecil (5 cm x 0.5 cm)	
	10%	20%	10%	20%	10%	20%
Phenol (kg)	0.07	0.14	0.004	0.007	0.076	0.151
Aseptik (kg)	0.65	0.58	0.032	0.029	0.680	0.605

Dari tabel 4.6 diketahui total kebutuhan aseptik 50 x 5 mm adalah 2.57 kg sedangkan phenol formaldehida yang dibutuhkan 0.45 kg.

Pengujian

- I = Uji kadar air dan kerapatan
- II = Uji daya serap air
- III = Uji keteguhan rekat internal non glassir
- IV = Cabut sekrup non glassir
- V = Uji kuat lentur kering sisi tebal dan modulus elastisitas
- VI = Uji kuat lentur kering sisi lebar dan modulus elastisitas



dua komposisi :
(10%, 20%)

Cacah 5cm x 0.5cm → 15 kg/cm² → 10% → 20% → 4 buah Papan

Gambar 4.5. Penggarisan papan partikel 30 x 30 cm berdasarkan ukuran benda uji masing-masing pengujian

Dari gambar 4.5 diketahui dalam 1 papan partikel ukuran 30 x 30 cm dapat digunakan untuk benda uji kadar air, kerapatan, uji daya serap air, uji keteguhan rekat internal non glassir, cabut sekrup non glassir, keteguhan lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat, lentur kering sisi lebar menerima beban terpusat dan modulus elastisitas.

Total bahan keseluruhan pengujian yang digunakan adalah 15.185 kg sedangkan perekat phenol formaldehida yang digunakan adalah 5.961 kg.

4.3 Pengujian Fisik

4.3.1 Pengujian Mutu Penampilan

Tabel 4.7. Hasil uji mutu (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Jenis cacat						Mutu penampilan
			Partikel kasar di permukaan panel	Noda serbuk	Noda minyak	Noda perekat	Rusak tepi		
							Lebar (mm)	Panjang (mm)	
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	-	-	-	diseluruh permukaan	-	-	C
		35%	-	-	-	diseluruh permukaan	10	20	D
		40%	-	-	-	diseluruh permukaan	1	3	C

Keterangan : - artinya tidak ada cacat.

Analisa :

Noda serbuk

Dari hasil pengujian dan pengamatan secara visual pada tabel 4.7 didapatkan semua benda uji tidak memiliki noda serbuk karena partikel yang digunakan bukan serbuk kayu tapi cacah kemasan minuman kotak sehingga tidak didapat noda serbuk.

Noda minyak

Dari hasil pengujian dan pengamatan secara visual pada tabel 4.7 pada benda uji tidak ditemukan noda minyak ini disebabkan perekat yang digunakan adalah phenol formaldehida sehingga tidak menimbulkan noda minyak,

Partikel kasar dipermukaan panel

Dari hasil pengujian dan pengamatan secara visual pada tabel 4.7 untuk partikel kasar dipermukaan panel juga tidak ditemukan karena bahan yang digunakan adalah kotak aseptik yang permukaannya cukup halus.

noda perekat

Semua benda uji permukaannya terdapat bercak-bercak cokelat tua dari noda perekat phenol formaldehida ini disebabkan terlalu banyaknya campuran perekat phenol formaldehida yaitu 30%, 35% dan 40% sehingga menimbulkan noda yang merupakan noda perekat phenol.

Rusak tepi

Untuk papan partikel ukuran aseptik 50 x 5 mm pada tekanan 10 kg/ cm² didapat rusak tepi yang terbesar pada phenol 35%. Untuk campuran 35% mengalami rusak tepi yang cukup besar dikarenakan beberapa alasan yaitu tekanan waktu menekan benda uji kurang besar seharusnya ditekan sebesar 15 kg/cm² seperti percobaan kelompok yang lain dengan hasil didapat rusak tepi yang lebih kecil, lama penekanan yang kurang lama dan kesalahan pemotongan benda uji sehingga menyebabkan rusak tepi yang cukup besar.

Mutu penampilan

Mutu penampilan rata – rata adalah mutu C sesuai dengan persyaratan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾. Mutu C ini disebabkan banyaknya noda perekat dan rusak pada tepi panel.

Tabel 4.8. Hasil uji mutu (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Jenis cacat						Mutu penampilan
			Partikel kasar di permukaan panel	Noda serbuk	Noda minyak	Noda perekat	Rusak tepi		
							Lebar (mm)	Panjang (mm)	
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	Papan partikel kayu	-	-	-	-	-	-	A
		10%	-	-	-	-	-	-	A
		20%	-	-	-	diameter 1 cm 2 buah	-	-	B

Keterangan : - artinya tidak ada cacat.

Analisa :

Noda serbuk

Dari hasil pengujian dan pengamatan secara visual pada tabel 4.8 didapatkan campuran 10% dan 20% benda uji tidak memiliki noda serbuk karena partikel yang digunakan bukan serbuk kayu tapi cacah kemasan minuman kotak sehingga tidak didapat noda serbuk. Sedangkan untuk papan partikel kayu juga tidak didapat noda serbuk karena dilapisi viner.

Noda minyak

Dari hasil pengujian dan pengamatan secara visual pada tabel 4.8 pada benda uji tidak ditemukan noda minyak ini disebabkan perekat yang digunakan adalah phenol formaldehida sehingga tidak menimbulkan noda minyak.

Partikel kasar dipermukaan panel

Dari hasil pengujian dan pengamatan secara visual pada tabel 4.8 untuk partikel kasar dipermukaan panel juga tidak ditemukan karena bahan yang digunakan adalah kotak aseptik yang permukaannya cukup halus. Sedangkan untuk papan partikel serbuk kayu juga tidak didapat partikel kasar dipermukaannya.

noda perekat

Benda uji campuran 10% dan papan partikel kayu permukaannya tidak ada bercak-bercak cokelat tua dari noda perekat phenol formaldehida ini disebabkan campuran perekat phenol formaldehida yaitu 10% perkat yang digunakan sedikit jadi tidak menimbulkan noda perekat begitu pula papan partikel kayu yang tidak menggunakan perekat phenol formaldehida. Sedangkan pada campuran 20% phenol formaldehida menimbulkan noda yang merupakan noda perekat phenol karena jumlah peraknya lebih banyak sehingga menimbulkan noda jadi semakin banyak menggunakan perekat menimbulkan noda perekat yang lebih banyak juga.

Rusak tepi

Untuk papan partikel campuran 10% dan 20%, ukuran aseptik 50 x 5 mm pada tekanan 15 kg/ cm² tidak didapat rusak tepi . Pada papan partikel kayu serbuk juga tidak didapat rusak pada tepi. Pada semua papan tidak ada rusak tepi karena beberapa sebab yaitu tekanan yang digunakan 15 kg/ cm² jadi lebih padat ketimbang campuran benda uji 30%,35% dan 40% yang tekanannya lebih kecil

yaitu 10 kg/ cm², jumlah aseptik yang lebih banyak dibanding pada campuran 30%, 35% dan 40% phenol formaldehida sehingga lebih padat dan pemotongannya *sample* yang cukup baik. Sedangkan pada papan partikel serbuk kayu tidak ada rusak tepi disebabkan lapisannya cukup kuat, dan lapisan atas dan bawah serbuk kayu dilapisi venir atau kayu tipis yang cukup kuat sehingga lebih padat dan disebabkan pemotongan yang baik.

Mutu penampilan

Mutu penampilan rata – rata adalah mutu A sesuai dengan persyaratan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾. Mutu A ini disebabkan tidak adanya noda dan rusak tepi pada *sample* kecuali pada papan campuran perekat 20% yang mutunya B yang disebabkan adanya noda perekat.

4.3.2 Pengujian Dimensi

Tabel 4.9. Hasil uji dimensi (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji			
			Rata2 p (mm)	Rata2 l (mm)	Rata2 t (mm)	Kesikuan (mm)
Aseptik 50 mm x 5 mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	99.90	100.32	13.30	0.00
		35%	100.65	100.65	13.58	1.00
		40%	99.63	99.55	14.08	2.50

Analisa :

Dari hasil percobaan yang terdapat pada tabel 4.9 untuk aseptik 50 mm x 5 mm dengan tekanan 10 kg/cm² untuk panjang dan lebarnya memenuhi persyaratan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 yaitu toleransi ukuran ± 3 mm. Untuk tebalnya pada phenol 30% dan 35% tidak memenuhi persyaratan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 yaitu ± 1 mm. Sedangkan kesikuannya pada campuran 40% phenol tidak memenuhi persyaratan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 yaitu toleransi ukuran maksimum 2 mm.

Hanya Aseptik 50 mm x 5 mm pada 10 kg/cm² dengan campuran phenol 40 % yang memenuhi persyaratan tebal ± 1 mm ini disebabkan terjadi penyusutan benda uji setelah dicetak dan karena kesalahan pencetakan pada saat penekanan benda uji sehingga tidak memenuhi persyaratan ± 1 mm toleransinya. Untuk lebar dan panjang rata-rata memenuhi persyaratan sedangkan untuk kesikuan pada

campuran 40% tidak memenuhi persyaratan disebabkan kesalahan pada saat penggarisan benda uji dan pemotongan.

Tabel 4.10. Hasil uji dimensi (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji			
			Rata2 p (mm)	Rata2 l (mm)	Rata2 t (mm)	Kesikuan (mm)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	98.45	99.05	9.29	0.92
		20%	96.17	96.68	9.83	0.83
Papan kayu	15 kg/cm ²	-	98.08	96.62	12.00	0.25

Analisa :

Dari hasil percobaan yang terdapat pada tabel 4.10 untuk aseptik 50 mm x 5 mm dengan tekanan 15 kg/cm² untuk panjang dan lebarnya memenuhi persyaratan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 yaitu toleransi ukuran ± 3 mm hanya pada campuran 20% yang tidak memenuhi persyaratan. Untuk tebalnya dan kesikuan semuanya memenuhi persyaratan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 yaitu ± 1 mm dan ± 2 mm untuk toleransi kesikuan. Pada papan partikel serbuk kayu mempunyai tebal yang berbeda yaitu 12 mm karena di industri memang menggunakan ukuran 12 mm dengan papan lapis *vener*.

Hanya Aseptik 50 mm x 5 mm pada tekanan 15 kg/cm² dengan campuran phenol 20 % yang tidak memenuhi persyaratan toleransi panjang dan lebar ± 3 mm ini disebabkan kesalahan pada saat penggarisan benda uji dan pemotongan karena memotongnya masih manual.

4.3.3 Pengujian Kerapatan

Tabel 4.11. Hasil uji kerapatan (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			V (cm ³)	B (gr)	Kerapatan (gr/cm ³)	V (cm ³)	B (gr)	Kerapatan (gr/cm ³)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	134.40	92.49	0.69	135.59	86.68	0.64
		35%	134.79	76.52	0.57	138.25	89.51	0.65
		40%	135.74	78.94	0.58	142.86	76.48	0.54

(Tabel 4.11. Hasil uji kerapatan (a) sambungan)

Benda Uji 3			Kerapatan (gr/cm ³)			rata2 kerapatan
V (cm ³)	B (gr)	Kerapatan (gr/cm ³)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	
129.79	78.36	0.60	0.69	0.64	0.60	0.64
139.75	85.04	0.61	0.57	0.65	0.61	0.61
140.27	81.16	0.58	0.58	0.54	0.58	0.57

(Tabel 4.11. Hasil uji kerapatan (a) sambungan)

$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
0.004	0.035	0.68	0.61
0.003	0.033	0.64	0.58
0.001	0.021	0.59	0.54

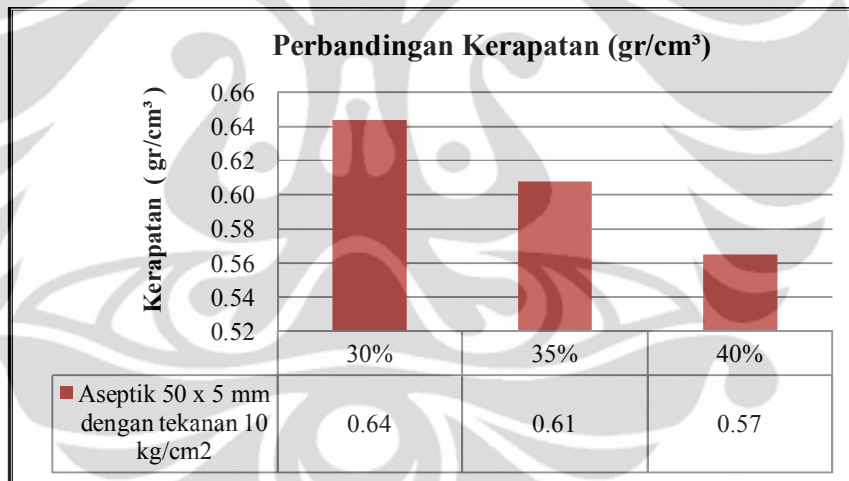


Diagram 4.1. Pengujian kerapatan (a)

Analisa Percobaan :**Berdasarkan Persyaratan**

Dari perhitungan tabel 4.11 di atas semuanya benda uji memenuhi persyaratan kerapatan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²³⁾ yaitu 0.4 – 0.9 gr/cm².

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari tabel 4.11 dan gambar diagram batang 4.1 dapat dilihat semakin banyak campuran perekat phenol formaldehida kerapatan yang didapat semakin kecil yaitu 0.57 gr/cm² pada aseptik 50 x 5 mm dengan tekanan 10 kg/cm². Kerapatan

terbesar terdapat pada campuran phenol 30% yaitu 0.64 gr/cm². Pada saat *design* campuran direncanakan kerapatan adalah 0.8 gr/cm² tetapi pada kenyataannya tidak mencapai 0.8 gr/cm² itu disebabkan *design* campuran berdasarkan perbandingan berat jadi semakin banyak phenol formaldehida pada campuran semakin kecil kerapatannya karena perekat tersebut menguap ketika dipanaskan pada suhu 140 °c sehingga berat dan dimensi benda uji berkurang atau menyusut.

Tabel 4.12. Hasil uji kerapatan (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			V (cm ³)	B (gr)	Kerapatan (gr/cm ³)	V (cm ³)	B (gr)	Kerapatan (gr/cm ³)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	88.78	70.68	0.80	88.31	77.54	0.88
		20%	81.23	59.06	0.73	101.45	71.13	0.70
Partikel kayu	15 kg/cm ²	0%	111.19	91.95	0.83	116.72	90.85	0.78

(Tabel 4.12. Hasil uji kerapatan (b) sambungan)

Benda Uji 3			Kerapatan (gr/cm ³)			rata2 kerapatan
V (cm ³)	B (gr)	Kerapatan (gr/cm ³)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	
95.55	73.94	0.77	0.80	0.88	0.77	0.82
92.19	72.71	0.79	0.73	0.70	0.79	0.74
113.24	91.50	0.81	0.83	0.78	0.81	0.80

(Tabel 4.12. Hasil uji kerapatan (b) sambungan)

$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
0.006	0.045	0.86	0.77
0.004	0.037	0.78	0.70
0.001	0.020	0.82	0.78

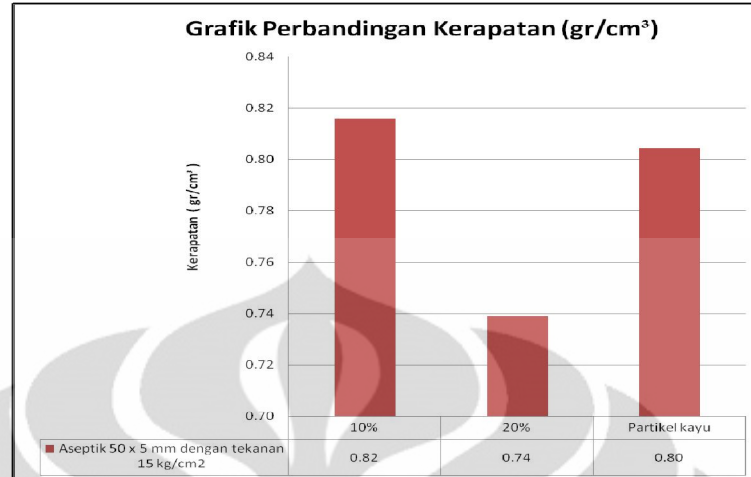


Diagram 4.2. Pengujian kerapatan (b)

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

Dari perhitungan tabel 4.12 semuanya benda uji memenuhi persyaratan kerapatan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 yaitu $0.4 - 0.9 \text{ gr}/\text{cm}^2$.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.2 dapat dilihat semakin banyak campuran perekat phenol formaldehida kerapatan yang didapat semakin kecil yaitu $0.74 \text{ gr}/\text{cm}^2$ pada aseptik $50 \times 5 \text{ mm}$ dengan tekanan $15 \text{ kg}/\text{cm}^2$ pada campuran 20% phenol formaldehida. Kerapatan terbesar terdapat pada campuran phenol 10% yaitu $0.82 \text{ gr}/\text{cm}^2$. Pada saat *design* campuran direncanakan kerapatan adalah $0.8 \text{ gr}/\text{cm}^2$ tetapi pada kenyataannya tidak mencapai $0.8 \text{ gr}/\text{cm}^2$ pada campuran 20% phenol formaldehida itu disebabkan *design* campuran berdasarkan perbandingan berat jadi semakin banyak phenol formaldehida pada campuran, semakin kecil kerapatannya karena perekat tersebut menguap ketika dipanaskan pada suhu 140°C sehingga berat dan dimensi benda uji berkurang atau menyusut. Itu terbukti pada *sampel* campuran perekat 30%, 35% dan 40% pada diagram batang 4.1 yang kerapatannya lebih kecil karena disebabkan pada campuran perekat 30%, 35% dan 40% tekanannya lebih rendah yaitu $10 \text{ kg}/\text{cm}^2$ dan jumlah perekatnya yang lebih banyak.

4.3.4 Pengujian Kadar Air

Tabel 4.13. Hasil uji kadar air (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			Ba (gr)	Bk (gr)	%Kadar Air	Ba (gr)	Bk (gr)	%Kadar Air
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	92.49	84.76	9.12	86.68	79.26	9.36
		35%	76.52	68.77	11.27	89.51	81.09	10.38
		40%	78.94	70.42	12.10	76.48	68.11	12.29

(Tabel 4.13. Hasil uji kadar air (a) sambungan)

Benda Uji 3			Kadar Air %			Rata-rata Kadar Air (%)
Ba (gr)	Bk (gr)	%Kadar Air	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	
78.36	71.66	9.35	9.12	9.36	9.35	9.28
85.04	76.46	11.22	11.27	10.38	11.22	10.96
81.16	72.31	12.24	12.10	12.29	12.24	12.21

(Tabel 4.13. Hasil uji kadar air (a) sambungan)

$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
0.037	0.111	9.39	9.17
0.496	0.407	11.36	10.55
0.019	0.080	12.29	12.13

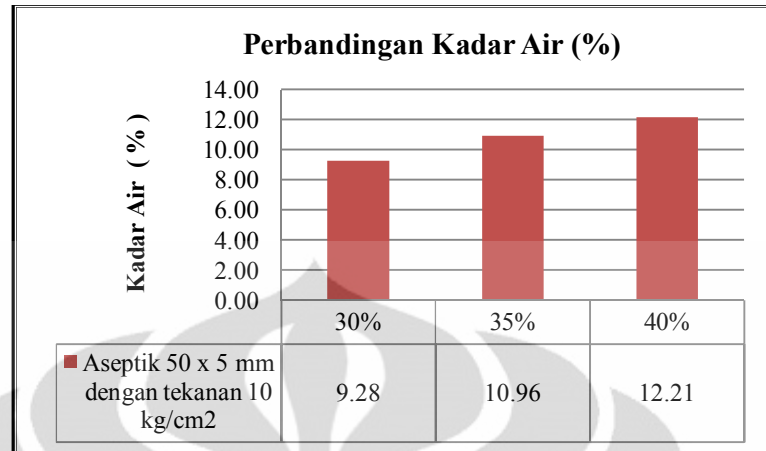


Diagram 4.3. Pengujian kadar air

Analisa Percobaan :**Berdasarkan Persyaratan**

Dari perhitungan tabel 4.13 untuk semuanya benda uji memenuhi persyaratan kerapatan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ yaitu 13% dan 14 %.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.3 dapat dilihat semakin banyak campuran perekat phenol formaldehida kadar air yang didapat semakin besar yaitu 12.21 % pada aseptik 50 x 5 mm dengan tekanan 10 kg/cm² terjadi pada campuran perekat phenol formaldehida 40% dan kadar air terkecil terdapat pada campuran phenol 30% yaitu 9.28%. Pada campuran phenol 40% terbesar kadar airnya karena kadungan air dengan perekat 40% lebih besar dibandingkan campuran phenol 30% dan 35 % karena phenol sendiri berbentuk cair dan sebagian besar campurannya adalah air.

Tabel 4.14. Hasil uji kadar air (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			Ba (gr)	Bk (gr)	%Kadar Air	Ba (gr)	Bk (gr)	%Kadar Air
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	70.68	65.98	7.12	77.54	72.36	7.16
		20%	59.06	54.71	7.95	71.13	65.86	8.00
Partikel kayu	-	-	91.95	84.02	9.44	90.85	83.01	9.44

(Tabel 4.14. Hasil uji kadar air (b) sambungan)

Benda Uji 3			Kadar Air %			Rata-rata Kadar Air (%)
Ba (gr)	Bk (gr)	%Kadar Air	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	
73.94	68.98	7.19	7.12	7.16	7.19	7.16
72.71	67.27	8.09	7.95	8.00	8.09	8.01
91.10	83.25	9.43	9.44	9.44	9.43	9.44

(Tabel 4.14. Hasil uji kadar air (b) sambungan)

$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
0.002	0.027	7.18	7.13
0.009	0.056	8.07	7.96
0.000	0.006	9.44	9.43

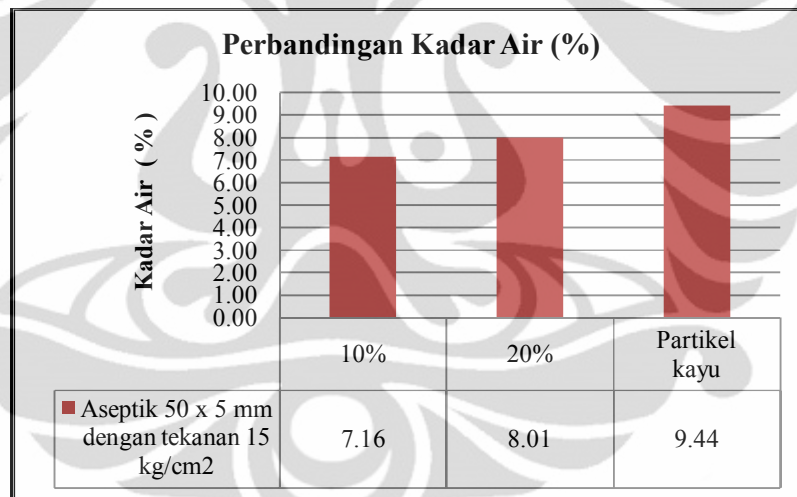


Diagram 4.4. Pengujian kadar air

Analisa Percobaan :**Berdasarkan Persyaratan**

Dari perhitungan tabel 4.14 untuk semuanya benda uji memenuhi persyaratan kerapatan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 yaitu 13% dan 14 %.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.4 dapat dilihat semakin banyak campuran perekat phenol formaldehida kadar air yang didapat semakin besar yaitu 8.01 %

pada aseptik 50 x 5 mm dengan tekanan 15 kg/cm² terjadi pada campuran perekat phenol formaldehida 20% dan kadar air terkecil terdapat pada campuran phenol formaldehida 10% yaitu 7.16%. Pada campuran phenol 20% kadar airnya lebih besar dibanding campuran 10% karena kandungan air dengan perekat 20% lebih besar dibandingkan campuran phenol formaldehida 10% karena phenol formaldehida sendiri berbentuk cair dan sebagian besar campurannya adalah air. Ternyata pada papan partikel serbuk kayu mempunyai kadar air yang lebih besar dibandingkan campuran phenol formaldehida 10% dan 20% ini menandakan daya serap papan partikel serbuk kayu lebih besar dibanding campuran phenol formaldehida 10% dan 20%.

4.3.5 Pengujian Pengembangan Tebal

Tabel 4.15. Hasil uji pengembangan tebal 2 jam (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	% Pengembangan Tebal 2 jam	T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	% Pengembangan Tebal 2 jam
50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm ²	30%	17.75	16.77	5.84	17.65	16.80	5.06
		35%	15.66	15.02	4.26	16.53	15.76	4.89
		40%	14.38	13.86	3.75	15.05	14.53	3.61
50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	15.35	13.80	11.23	15.08	13.51	11.63
		35%	17.79	16.43	8.30	17.50	16.40	6.71
		40%	14.70	13.95	5.38	14.21	13.45	5.65

(Tabel 4.15. Hasil uji pengembangan tebal 2 jam (a) sambungan)

Benda Uji 3			% Pengembangan Tebal 2 jam			Rata-rata (%)	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	% Pengembangan Tebal 2 jam	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
18.75	17.82	5.22	5.84	5.06	5.22	5.37	0.344	0.338	5.71	5.04
17.42	16.65	4.59	4.26	4.89	4.59	4.58	0.196	0.256	4.84	4.33
15.45	14.87	3.94	3.75	3.61	3.94	3.77	0.052	0.131	3.90	3.64
15.78	14.14	11.60	11.23	11.63	11.60	11.49	0.098	0.180	11.67	11.31
16.84	15.75	6.90	8.30	6.71	6.90	7.30	1.498	0.707	8.01	6.60
14.80	13.99	5.83	5.38	5.65	5.83	5.62	0.103	0.186	5.80	5.43

Tabel 4.16. Hasil uji pengembangan tebal 24 jam (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			T ₂ (mm)	T ₃ (mm)	% Pengembangan Tebal 24 jam	T ₂ (mm)	T ₃ (mm)	% Pengembangan Tebal 24 jam
Aseptik 50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm ²	30%	17.75	18.33	9.27	17.65	18.37	9.32
		35%	15.66	16.16	7.56	16.53	16.99	7.81
		40%	14.38	14.79	6.71	15.05	15.52	6.85
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	15.35	16.05	16.30	15.08	15.65	15.88
		35%	17.79	18.01	9.65	17.50	18.02	9.85
		40%	14.70	15.00	7.53	14.21	14.60	8.55

(Tabel 4.16. Hasil uji pengembangan tebal 24 jam (b) sambungan)

Benda Uji 3			% Pengembangan Tebal 24 jam			Rata-rata (%)	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
T ₂ (mm)	T ₃ (mm)	% Pengembangan Tebal 24 jam	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
18.75	19.60	9.99	9.27	9.32	9.99	9.53	0.323	0.328	9.85	9.20
17.42	17.98	7.96	7.56	7.81	7.96	7.77	0.082	0.166	7.94	7.61
15.45	15.85	6.63	6.71	6.85	6.63	6.73	0.026	0.092	6.82	6.64
14.50	16.45	16.38	16.30	15.88	16.38	16.19	0.143	0.218	16.41	15.97
15.15	17.35	10.16	9.65	9.85	10.16	9.89	0.132	0.209	10.09	9.68
15.50	15.18	8.51	7.53	8.55	8.51	8.20	0.671	0.473	8.67	7.72

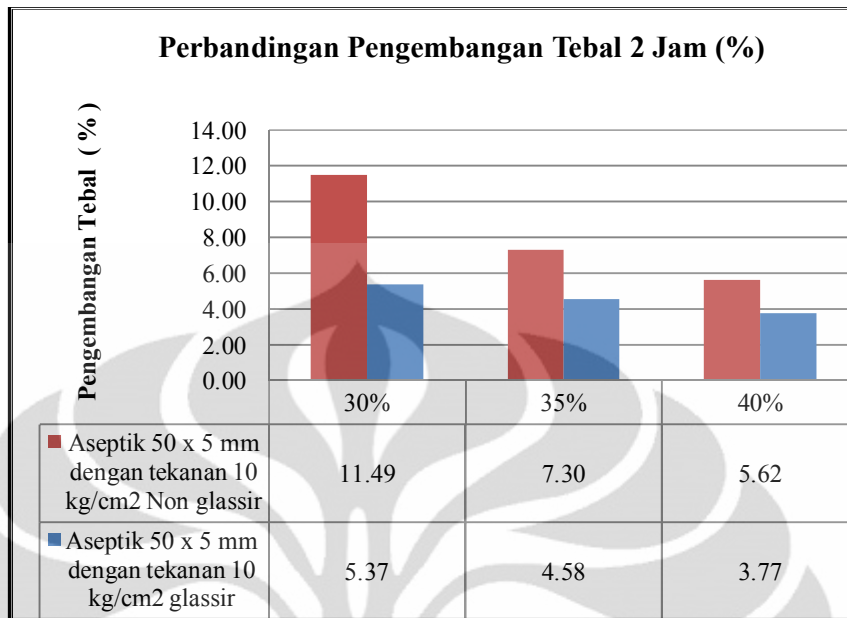


Diagram 4.5. Pengujian pengembangan tebal 2 jam

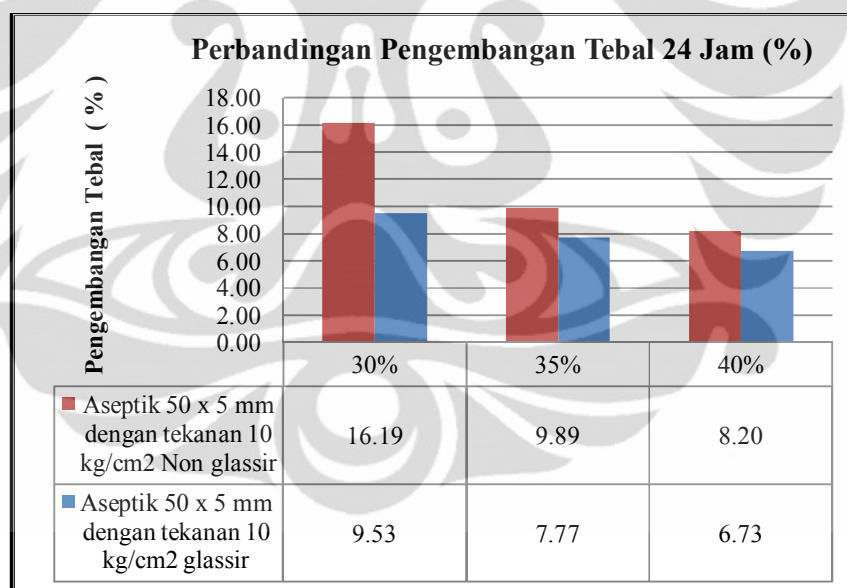


Diagram 4.6. Pengujian pengembangan tebal 24 jam

Analisa Percobaan :**Berdasarkan Persyaratan**

Dari perhitungan tabel 4.15 dan 4.16 di atas untuk semua benda uji memenuhi persyaratan pengembangan tebal JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ yaitu max 12%. Kecuali pada benda uji 30% perekat non glassir tidak memenuhi

persyaratan pada saat perendaman 24 jam yaitu pengembangan tebalnya 16.19 % > 12%.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.5 dan 4.6 dapat dilihat semakin banyak campuran perekat phenol formaldehida pengembangan tebal yang didapat semakin kecil yaitu 8.20% non glassir dan 6.73 % benda uji glassir, pada aseptik 50 x 5 mm dengan tekanan 10 kg/cm² dan campuran perekat phenol formaldehida 40% pada saat perendamaan 24 jam. Didapat pengembangan tebal paling kecil ini disebabkan pada campuran 40 % phenol formaldehida lebih jenuh air sehingga pengembangan tebalnya lebih kecil dari campuran yang lain dan juga karena cacah aseptiknya lebih sedikit sehingga kandungan kertas pada papan partikelnya lebih sedikit sehingga penyerapan air yang sebagian besar diserap oleh kertas lebih sedikit. Dibandingkan dengan benda uji yang diberi glassir pengembangan tebal benda uji berglassir lebih kecil dengan rata-rata penurunan pengembangan tebal dari ketiga campuran adalah 74.14% pada perendaman 2 jam dan 39.67 % pada perendaman 24 jam dan penurunan terbesar terdapat pada campuran 30 % di mana pengembangan tebalnya turun 113.96 % pada perendaman 2 jam dan 69.88% pada perendaman 24 jam. Jadi penggunaan glassir sangat efektif menurunkan pengembangan tebal pada papan partikel.

Tabel 4.17. Pengembangan tebal 2 jam (c)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	% Pengembangan Tebal 2 jam	T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	% Pengembangan Tebal 2 jam
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	9.55	9.00	6.11	9.78	9.18	6.54
		20%	9.58	9.08	5.51	9.55	9.08	5.23
Partikel kayu	-	-	13.00	12.08	7.66	13.05	12.10	7.85

(Tabel 4.17. Pengembangan tebal 2 jam (c) sambungan)

Benda Uji 3			% Pengembangan tebal 2 jam			Rata- rata (%)	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X- SD
T ₂ (mm)	T ₁ (mm)	% Pengem- bangan Tebal 2 jam	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
10.00	9.37	6.72	6.11	6.54	6.72	6.46	0.198	0.257	6.71	6.20
9.85	9.30	5.97	5.51	5.23	5.97	5.57	0.277	0.304	5.88	5.27
13.05	12.08	8.07	7.66	7.85	8.07	7.86	0.086	0.169	8.03	7.69

Tabel 4.18. Pengembangan tebal 24 jam (d)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			T ₂ (mm)	T ₃ (mm)	% Pengembangan Tebal 24 jam	T ₂ (mm)	T ₃ (mm)	% Pengembangan Tebal 24 jam
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	9.55	9.99	11.00	9.78	10.20	11.17
		20%	9.58	9.89	8.93	9.55	9.91	9.15
Olympic	15 kg/cm ²	-	13.00	13.59	12.51	13.05	13.65	12.81

(Tabel 4.18. Pengembangan tebal 24 jam (d) sambungan)

Benda Uji 3			% Pengembangan Tebal 24 jam			Rata- rata (%)	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X- SD
T ₂ (mm)	T ₃ (mm)	% Pengembangan Tebal 24 jam	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
10.00	10.40	10.99	11.00	11.17	10.99	11.05	0.021	0.083	11.14	10.97
9.85	10.18	9.47	8.93	9.15	9.47	46.16	0.148	0.222	9.40	8.96
13.05	13.66	13.13	12.51	12.81	13.13	12.81	0.193	0.254	13.07	12.56

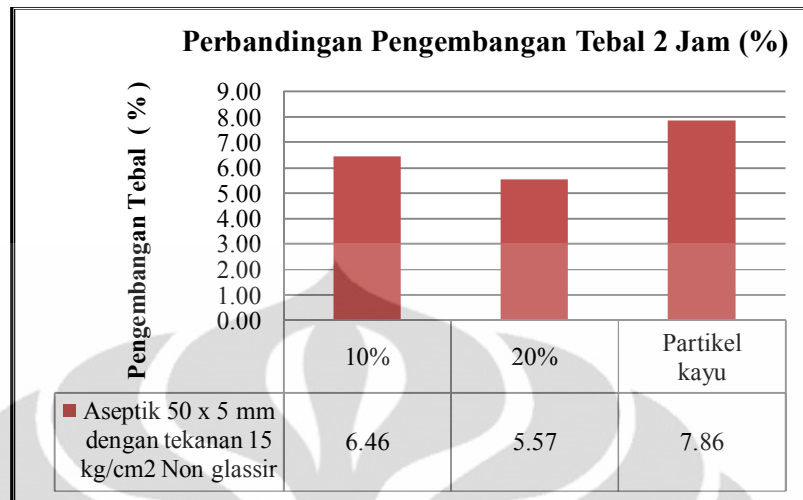


Diagram 4.7. Pengujian pengembangan tebal 2 jam

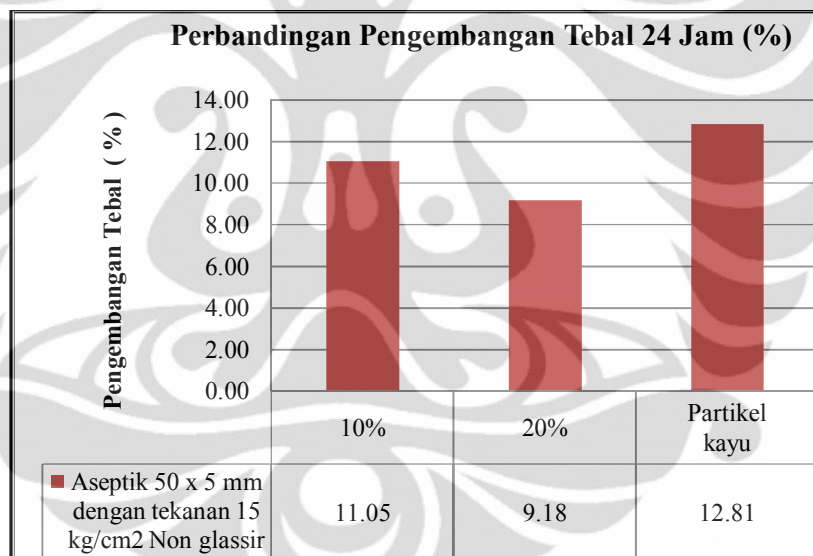


Diagram 4.8. Pengujian pengembangan tebal 24 jam

Analisa Percobaan :**Berdasarkan Persyaratan**

Dari perhitungan tabel 4.17 dan 4.18 untuk semua benda uji memenuhi persyaratan pengembangan tebal JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 yaitu max 12%. Tetapi pada benda uji papan partikel kayu tidak memenuhi persyaratan karena pengembangan tebalnya 12.81 % > 12%.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari diagram 4.7 dan 4.8 pada campuran 10 % merupakan pengembangan tebal maksimum yaitu 11.05 % ini disebabkan kandungan kertasnya lebih banyak sehingga pengembangannya juga lebih besar sejalan dengan campuran 30%, 35% dan 45% dimana makin sedikit perekatnya semakin besar pengembangan tebalnya. Tetapi bila dibandingkan dengan campuran 30% pada campuran 10% dan 20% tetap lebih kecil pengembangannya ini disebabkan pada campuran 10% dan 20% lebih padat ketimbang yang 30% karena penekanannya pada campuran 10% dan 20% adalah 15 kg/cm² sehingga lebih padat dibanding campuran yang lain dan karena tebal campuran 10% dan 20% lebih kecil yaitu 1 cm sedangkan campuran yang lain 1.5 cm sehingga pengembangan tebalnya lebih kecil dibandingkan benda uji yang lain. Bila dibandingkan 10% dan 20% papan partikel serbuk kayu sedikit lebih besar karena terbuat dari serbuk kayu yang porinya lebih banyak sehingga pengembangannya lebih besar.

4.3.6 Pengujian Daya Serap

Tabel 4.19. Hasil daya serap 2 jam (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap 2 Jam	Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap 2 Jam
Aseptik 50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm ²	30%	26.17	38.24	46.12	27.46	40.32	46.83
		35%	27.92	38.07	36.35	27.55	37.69	36.81
		40%	23.20	29.80	28.45	23.73	30.52	28.61
5mm Non GlassirAseptik 50mm x 5mm	10 kg/cm ²	30%	20.00	31.60	58.00	20.90	33.19	58.80
		35%	25.67	39.49	53.84	24.79	38.15	53.89
		40%	20.35	29.90	46.93	20.74	30.35	46.34

(Tabel 4.19. Hasil daya serap 2 jam (a) sambungan)

Benda Uji 3			Daya Serap Air 2 Jam %			Daya Serap Air Rata-Rata %	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap 2Jam	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
26.05	38.14	46.41	46.12	46.83	46.41	46.45	0.255	0.292	46.75	46.16
28.05	38.24	36.33	36.35	36.81	36.33	36.50	0.144	0.219	36.72	36.28
20.04	25.80	28.74	28.45	28.61	28.74	28.60	0.044	0.120	28.72	28.48
21.75	34.47	58.48	58.00	58.80	58.48	58.43	0.327	0.330	58.76	58.10
22.78	35.07	53.95	53.84	53.89	53.95	53.89	0.006	0.046	53.94	53.85
19.66	28.81	46.54	46.93	46.34	46.54	46.60	0.181	0.246	46.85	46.36

Tabel 4.20. Hasil daya serap 24 jam (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap 24 Jam	Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap 24 Jam
Aseptik 50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm ²	30%	26.17	40.93	56.40	27.46	43.08	56.88
		35%	27.92	40.75	45.95	27.55	40.26	46.13
		40%	23.20	32.18	38.71	23.73	32.87	38.52
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	20.00	33.35	66.75	20.90	34.72	66.12
		35%	25.67	41.22	60.58	24.79	39.77	60.43
		40%	20.35	30.76	51.15	20.74	31.34	51.11

(Tabel 4.20. Hasil daya serap 24 jam (b) sambungan)

Benda Uji 3			Daya Serap Air 24 Jam %			Daya Serap Air Rata-Rata %	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap 24 Jam	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
26.05	40.76	56.47	56.40	56.88	56.47	56.58	0.136	0.213	56.80	56.37
28.05	41.06	46.38	45.95	46.13	46.38	46.16	0.093	0.176	46.33	45.98
20.04	27.82	38.82	38.71	38.52	38.82	38.68	0.048	0.126	38.81	38.56
21.75	36.21	66.48	66.75	66.12	66.48	66.45	0.197	0.256	66.71	66.20
22.78	36.48	60.14	60.58	60.43	60.14	60.38	0.098	0.181	60.56	60.20
19.66	29.73	51.22	51.15	51.11	51.22	51.16	0.006	0.046	51.21	51.12

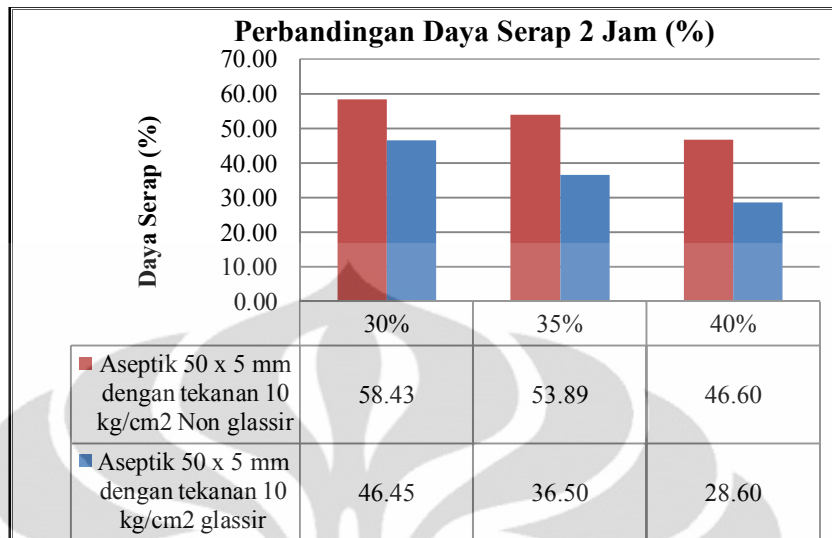


Diagram 4.9. Pengujian daya serap 2 jam (a)

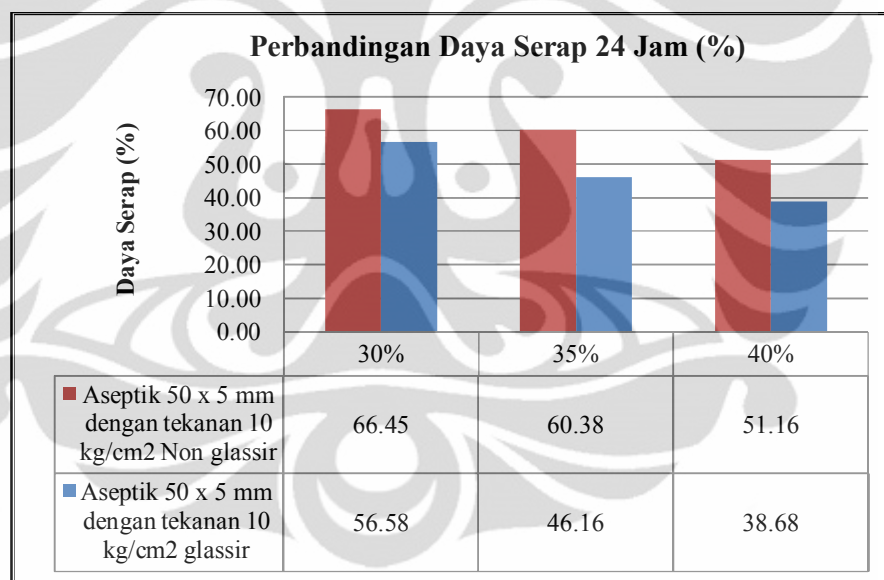


Diagram 4.10. Pengujian daya serap 24 jam (b)

Analisa Percobaan :**Berdasarkan Persyaratan**

Dari perhitungan tabel 4.19 dan 4.20 benda uji 30% perekat daya serapnya cukup besar yaitu 66.45% untuk non glassir dan 56.58% pada benda uji glassir, sedangkan berdasarkan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ tidak ada syarat untuk daya serapnya.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.9 dan 4.10 dapat dilihat pada campuran phenol formaldehida 40 % daya serap airnya paling kecil. Jadi pada phenol formaldehida 30% dan 35% daya serapnya lebih besar. Hasil daya serap terkecil terdapat pada campuran 40% ini sejalan dengan pengembangan tebal pada campuran 40% perekat juga mempunyai pengembangan tebal terkecil ini disebabkan pada campuran 40 % phenol lebih jenuh air sehingga daya serapnya lebih kecil dari campuran yang lain dan juga karena cacah aseptiknya lebih sedikit sehingga kandungan kertas pada papan partikelnya lebih sedikit, sehingga penyerapan air yang sebagian besar diserap oleh kertas lebih sedikit. Sedangkan bila dibandingkan dengan benda uji berglassir ternyata penyerapannya berkurang sejalan dengan pengembangan tebal yang berkurang dengan penggunaan glassir rata-rata pengurangannya 45.46 % pada perendaman 2 jam dan 26.81 % pada perendaman 24 jam. Di mana pengurangan terkecil pada campuran 30% phenol formaldehida yang hanya berkurang sekitar 25.79% pada perendaman 2 jam dan 17.44% pada perendaman 24 jam. Jadi dengan pengglassiran cukup efektif menurunkan penyerapan atau daya serap papan partikel.

Tabel 4.21. Hasil daya serap 2 jam (c)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap2 Jam	Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap2 Jam
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	16.96	21.79	28.48	15.87	20.45	28.86
		20%	17.43	21.89	25.59	17.22	21.58	25.32
Partikel Kayu	-	Partikel kayu	24.03	31.74	32.08	21.84	28.94	32.51

(Tabel 4.21. Hasil daya serap 2 jam (c) sambungan)

Benda Uji 3			Daya Serap Air 2 Jam %			Daya Serap Air Rata-Rata %	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap 2 Jam	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
17.13	22.08	28.90	28.48	28.86	28.90	28.7	0.107	0.189	28.93	28.56
18.96	23.85	25.79	25.59	25.32	25.79	25.6	0.112	0.193	25.76	25.37
22.27	29.54	32.64	32.08	32.51	32.64	32.4	0.171	0.238	32.65	32.17

Tabel 4.22. Hasil daya serap 24 jam (d)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2		
			Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap24 Jam	Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap24 Jam
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	20.05	33.28	29.83	18.40	30.52	29.49
		20%	19.65	31.00	27.14	23.32	36.78	27.00
Partikel Kayu	-	Partikel kayu	18.07	26.64	33.25	17.43	25.69	33.47

(Tabel 4.22. Hasil daya serap 24 jam (d) sambungan)

Benda Uji 3			Daya Serap Air 24 Jam %			Daya Serap Air Rata-Rata %	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
Ba (gr)	Bk (gr)	% Daya Serap 24 Jam	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
20.45	33.84	29.77	29.83	29.49	29.77	29.7	0.068	0.150	29.85	29.55
24.41	38.33	27.48	27.14	27.00	27.48	27.2	0.120	0.200	27.41	27.01
20.02	29.46	33.54	33.25	33.47	33.54	33.4	0.047	0.125	33.55	33.30

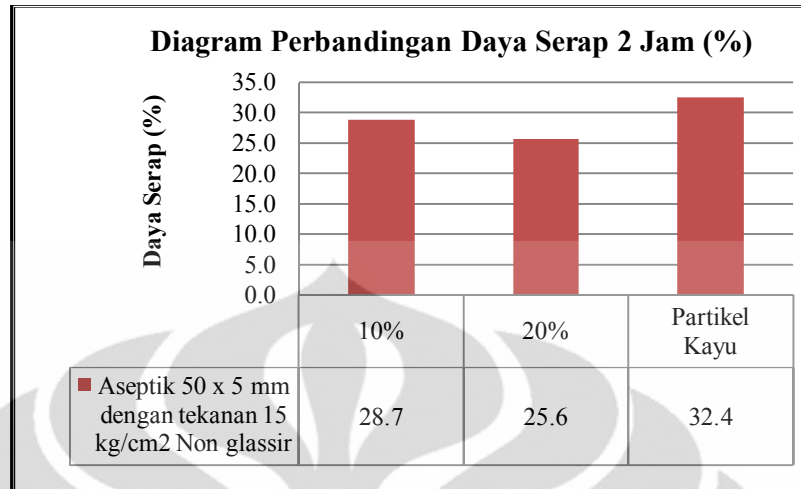


Diagram 4.11. Pengujian daya serap 2 jam (c)

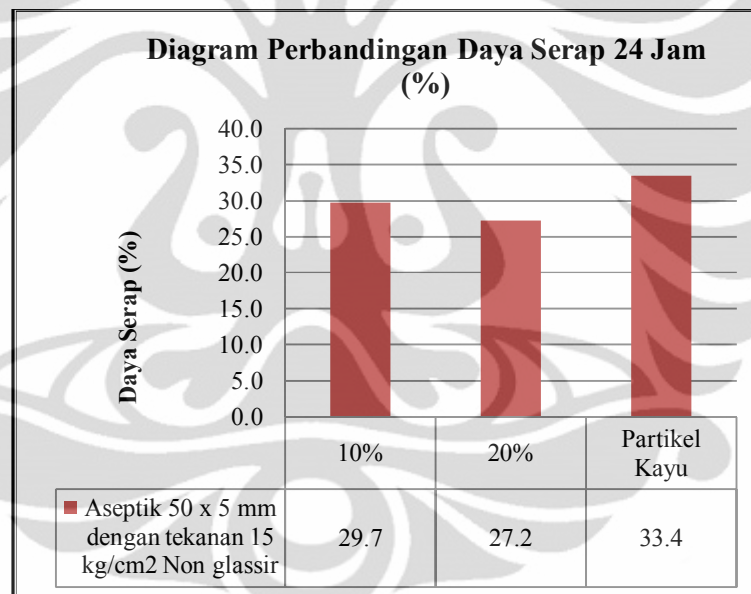


Diagram 4.12. Pengujian daya serap 24 jam (d)

Analisa Percobaan :**Berdasarkan Persyaratan**

Dari perhitungan tabel 4.21 dan 4.22 benda uji partikel kayu daya serapnya paling tinggi yaitu 32.4% pada perendaman 2 jam dan 33.4% pada perendaman 24 jam. Ini menunjukkan daya serap benda uji papan partikel kayu cukup besar dibandingkan cacah kotak aseptik. Sedangkan berdasarkan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 tidak disyaratkan daya serapnya.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.11 dan 4.12 dapat dilihat pada campuran phenol 20% daya serap airnya paling kecil. Hasil daya serap terkecil pada campuran 20% phenol yaitu 25.6% pada 2 jam perendaman dan 27.2 % pada perendaman 24 jam karena lebih jenuh air sehingga daya serapnya lebih kecil dari campuran yang lain dan juga karena cacah aseptiknya lebih sedikit sehingga kandungan kertas pada papan partikelnya lebih sedikit dan mengakibatkan penyerapan air yang sebagian besar diserap oleh kertas lebih sedikit atau semakin banyak menggunakan perekat phenol formaldehida daya serapnya semakin kecil ini sejalan dengan diagram campuran 30%, 35%, dan 40% perekat. Pada papan partikel cacah kotak aseptik bila dibandingkan dengan papan partikel serbuk kayu berlapis venir, papan partikel serbuk kayu lebih besar penyerapan airnya karena terbuat dari serbuk kayu yang memiliki banyak rongga sehingga penyerapannya lebih besar yaitu 32.4 % pada perendaman 2 jam dan 33.4% pada perendaman 24 jam tetapi kalau dibanding dengan campuran 30%, 35% dan 40 % papan partikel kayu lebih kecil daya serapnya karena dilapisi oleh venir.

4.4 Pengujian Kimia

4.4.1 Uji Emisi Formaldehida pada Phenol 20% dan 40%



Gambar 4.6. *Conditioning* pada 20 ± 0.5 °C, selama 24 jam dan alat spectrophotometer

Sumber : (Report of Testing Formaldehyde Emission. 2010)^(21, 22)

Tabel 4.23. Hasil uji emisi formaldehida^(21, 22)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Slope (b)	Inclination 1/B	Absorbance Pada 412 nm (A)	
					I	II
Aseptik 5mm x 5mm Non Glassir	25 kg/cm ²	20%	0.1185	8.430	0.015	0.015
		40%	0.1351	7.4019	0.010	0.010

(Tabel 4.23. Hasil uji emisi formaldehida sambungan)

Concentration (mg/l)			Concentration Calculated $C = F \times A$		
I	II	Average	I	II	Average
0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.12
0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.07

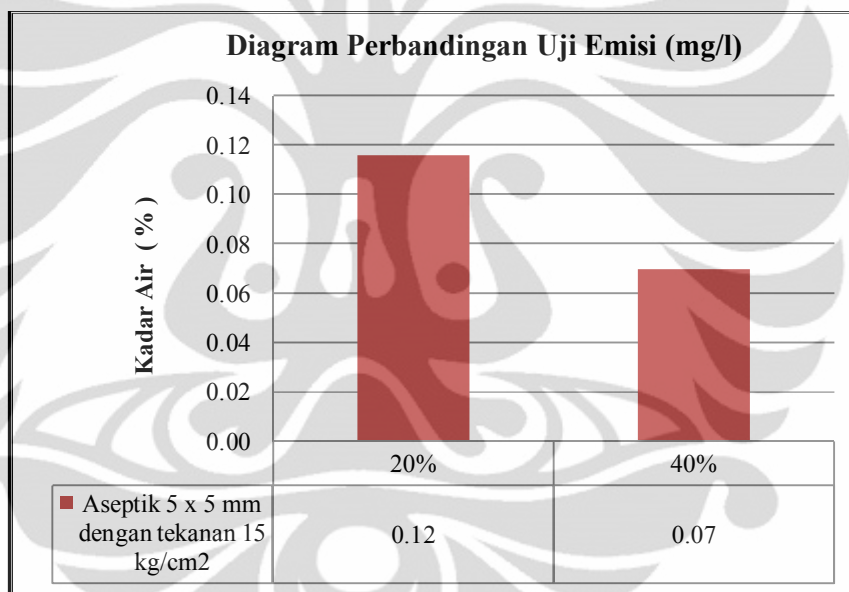


Diagram 4.13. Pengujian emisi formaldehida

Analisa :

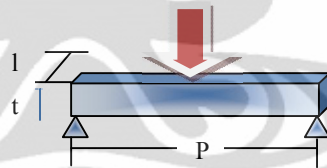
Dari uji emisi yang dilakukan oleh PT. Mutu Agung Lestari yang terlihat pada gambar 4.1, tabel 4.23 dan diagram 4.13 didapat emisi 0.12 mg/l pada campuran 20% sedangkan pada campuran 40% perekat phenol formaldehida ternyata didapat emisi yang lebih kecil yaitu 0.07 mg/l. Ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu pada saat penekanan benda uji 40% perekat lebih lama yaitu 15 menit sedangkan campuran 20% hanya 10 menit sehingga pada perekat 40% perekatnya lebih banyak menguap dan lebih padat dan kondisi perekat yang berbeda perekat

pada benda uji 20% lebih encer sedangkan pada benda uji 40% perekatnya lebih kental karena umur perekatnya lebih lama.

Di dalam pengujian emisi formaldehida sesuai dengan peraturan JIS A – 1460 – 2001^(21,22). Sedangkan berdasarkan peraturan JIS A 5905 – 2003⁽¹¹⁾ kedua campuran benda uji 20% dan 40% phenol formaldehida masuk pada klasifikasi emisi F☆☆☆☆ artinya semakin banyak simbol bintangnya berarti kandungan emisi formaldehidanya rendah dan tidak berbahaya sehingga aman untuk digunakan. Pada percobaan ini campuran phenol formaldehidanya adalah 20 % dan 40%. Pada pengujian emisi ukuran aseptik tidak mempengaruhi besarnya emisi formaldehida. Pada pengujian ini menggunakan *sample* dengan ukuran 5 x 15 cm dengan tebal 1 cm dan jumlah sampelnya 10 buah percampuran perekat phenol formaldehida. Perhitungan percobaan ini terdapat pada lampiran 4.

4.5 Pengujian Mekanik

4.5.1 Uji Kuat Lentur Kering Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat dan Modulus Elastisitas



Gambar 4.7 Posisi pembebanan uji lentur sisi tebal dibebani atau sisi yang terbebani dengan h terkecil

Dari gambar 4.6 huruf t adalah tebal, huruf l adalah lebar, huruf p adalah panjang dan tanda panah adalah beban. Diketahui sisi tebal yang menahan beban yang membebani papan partikel dalam uji lentur.

Tabel 4.24. Hasil uji kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1				
			B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	26.48	15.00	4.72	1.32	7.31
		35%	14.49	15.00	4.80	1.38	3.60
		40%	8.03	15.00	4.70	1.43	1.89
Aseptik 50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm ²	30%	27.03	15.00	4.80	1.33	7.22
		35%	11.33	15.00	5.03	1.39	2.62
		40%	10.69	15.00	5.13	1.45	2.23

(Tabel 4.24. Hasil uji kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat (a) sambungan)

Benda Uji 2					Benda Uji 3				
B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)	B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)
21.77	15.00	4.80	1.42	5.06	15.34	15.00	4.75	1.43	3.55
16.06	15.00	4.62	1.40	3.99	11.49	15.00	4.78	1.49	2.44
6.70	15.00	4.76	1.55	1.32	9.86	15.00	4.90	1.45	2.15
26.77	15.00	4.80	1.50	5.58	18.20	15.00	4.88	1.44	4.05
20.06	15.00	4.77	1.40	4.83	13.94	15.00	4.90	1.40	3.26
12.96	15.00	4.78	1.48	2.78	8.97	15.00	4.58	1.37	2.35

(Tabel 4.24. Hasil uji kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat (a) sambungan)

MOR (N/mm ²)			Rata-Rata MOR (N/mm ²)	Standar JIS Tipe 8 Papan	$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3				$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
7.31	5.06	3.55	5.31	-	7.142	1.543	6.85	3.76
3.60	3.99	2.44	3.34	-	1.309	0.661	4.00	2.68
1.89	1.32	2.15	1.79	-	0.366	0.349	2.14	1.44
7.22	5.58	4.05	5.61	-	5.031	1.295	6.91	4.32
2.62	4.83	3.26	3.57	-	2.570	0.926	4.50	2.65
2.23	2.78	2.35	2.46	-	0.169	0.238	2.69	2.22

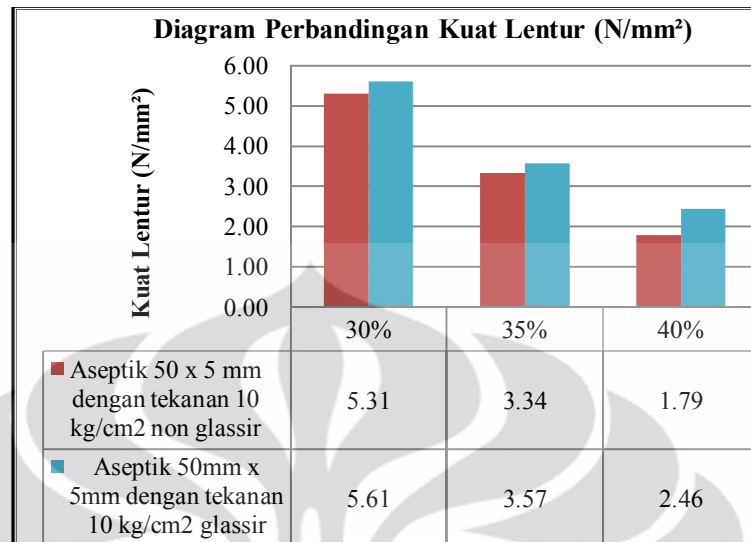
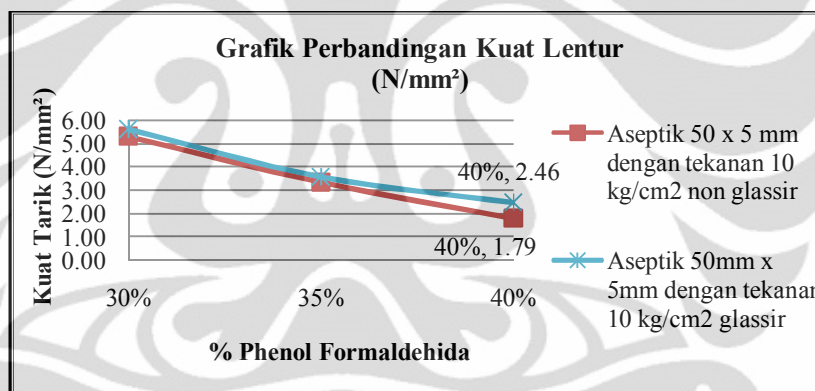


Diagram 4.14. Pengujian kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat



Grafik 4.1. Pengujian kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

Dari perhitungan tabel 4.24 semua benda uji kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat berdasarkan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ tidak ada yang memenuhi persyaratan yaitu untuk tipe 8 minimal kuat lentur adalah 8 N/mm².

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.14 dan grafik 4.1 dapat dilihat ternyata semakin banyak penambahan perekat justru menurunkan kekuatan papan. Ada beberapa faktor penyebabnya yaitu 1. Kerapatan yang kecil, 2. tekanan yang

kurang besar seharusnya 15 kg/cm² atau lebih, 3. menggunakan perbandingan berat sehingga mengurangi jumlah kotak aseptik yang sebenarnya kekuatan bergantung pada banyaknya kotak *aseptic* dan 4. tebal benda uji yang 1.5 cm ternyata pada waktu pemanasan tidak benar-benar merata panasnya hingga ketengah tebal papan, seharusnya tebal yang ideal adalah 1 cm. Penggunaan glassir pada benda uji dapat meningkatkan kekuatan kuat lentur, pada campuran 40% cukup signifikan meningkatkan kekuatan lentur yaitu dari 1.79 N/mm² menjadi 2.46 N/mm² atau meningkat 37.43 % dibandingkan yang tidak diberi glassir.

Tabel 4.25. Hasil uji kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1				
			B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	20.78	15.00	4.85	0.95	10.68
		20%	11.57	15.00	4.90	0.94	6.01
Partikel Kayu	15 kg/cm ²	Partikel Kayu	64.87	15.00	4.93	1.20	20.56

(Tabel 4.25. Hasil uji kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat (b) sambungan)

Benda Uji 2					Benda Uji 3				
B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)	B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)
21.62	15.00	4.80	0.96	10.99	16.45	15.00	4.63	0.92	9.44
7.19	15.00	4.70	0.90	4.25	13.21	15.00	4.80	0.90	7.64
63.76	15.00	5.00	1.20	19.93	55.54	15.00	4.92	1.20	17.64

(Tabel 4.25. Hasil uji kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat (b) sambungan)

MOR Rata - Rata (N/mm ²)			Rata-Rata MOR (N/mm ²)	$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD	Standar JIS Tipe 8 Papan
Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$			
10.68	10.99	9.44	10.37	1.345	0.670	11.04	9.70	-
6.01	4.25	7.64	5.97	5.751	1.385	7.35	4.58	-
20.56	19.93	17.64	19.37	4.719	1.254	20.63	18.12	-

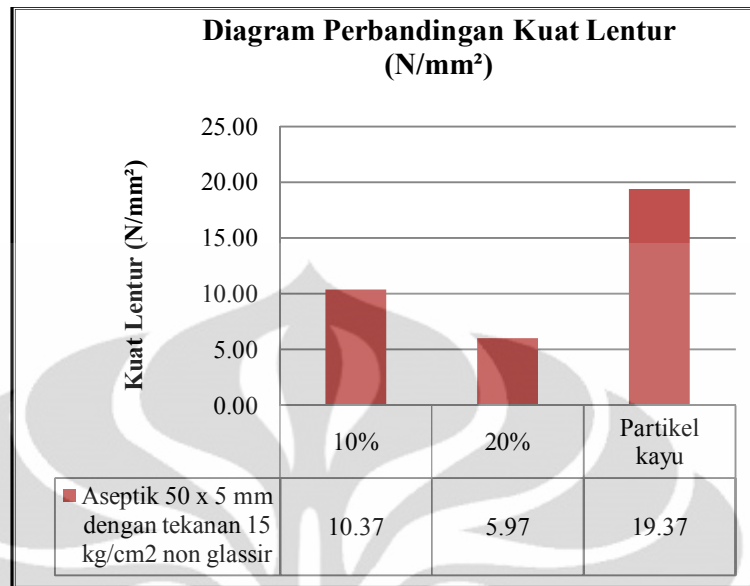
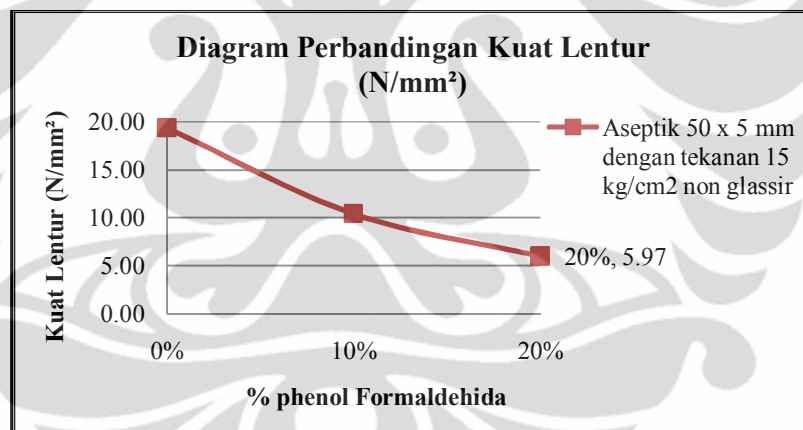


Diagram 4.15. Pengujian kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat



Grafik 4.2. Pengujian kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

Dari perhitungan tabel 4.25 benda uji kuat lentur kering sisi tebal menerima beban terpusat berdasarkan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006. Pada campuran 10% phenol formaldehida sesuai tipe 8 yaitu minimal adalah 8 N/mm² sedangkan hasil percobaan didapat 10.37 N/mm², pada campuran 20% phenol formaldehida tidak memenuhi standar karena nilainya hanya 5.97 N/mm²,

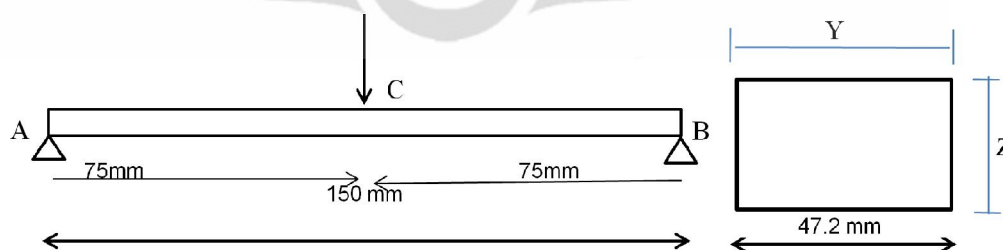
sedangkan pada papan partikel kayu lapis venir tidak sesuai standar tipe 30-15 yaitu minimal kekuatan 30 N/mm² karena hanya didapat 19.37 N/mm².

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.15 dan grafik 4.2 dapat dilihat ternyata semakin banyak penambahan perekat justru menurunkan kekuatan. Penurunan kekuatan dan tidak masuknya persyaratan ada beberapa faktor penyebab yaitu 1. kerapatan yang kecil yaitu kurang dari 0.8 gr/cm³, 2. Menggunakan perbandingan berat sehingga mengurangi jumlah kotak aseptik yang sebenarnya kekuatan bergantung pada banyaknya kotak aseptik, dan 3. kotak aseptik terdiri dari bahan kertas yang membuat kekuatannya menurun. Sedangkan pada perekat 10% masuk persyaratan karena benda uji : 1. Mempunyai kerapatan 0.8 gr/cm³, 2. tebal 1 cm, 3. tekanan 15 kg/cm², 4. Pemanasan yang cukup lama dan merata, 5. Perekat yang digunakan sedikit sehingga lapisan plastik kotak aseptik dapat berfungsi sebagai perekat juga bila dipanaskan. Pada papan partikel kayu lapis venir mempunyai kekuatan yang jauh lebih besar karena terbuat dari partikel kayu dan dilapisi venir yang kaku dan keras sehingga meningkat kekuatan papan tetapi dari segi persyaratan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ ternyata tidak memenuhi persyaratan.

Contoh Perhitungan Modulus Elastisitas Papan Partikel Campuran 30% Phenol Formaldehida

A. Akibat Beban P dan Berat Sendiri = 0



Gambar 4.8 Perletakan uji modulus elastisitas

Gambar 4.8 adalah gambar beda uji dan perletakan dalam uji modulus elastisitas papan partikel di tengah bentang dibebani oleh beban terpusat.

Tabel 4.26. Beban dan lendutan

NO	Phenol	Beban (N)	ΔL (mm)
1	30%	0	0
2	30%	25	1.60
3	30%	55	2.15
4	30%	85	2.52
5	30%	115	2.90
6	30%	145	3.31
7	30%	175	3.81
8	30%	205	4.43
9	30%	235	5.30
10	30%	265	7.67

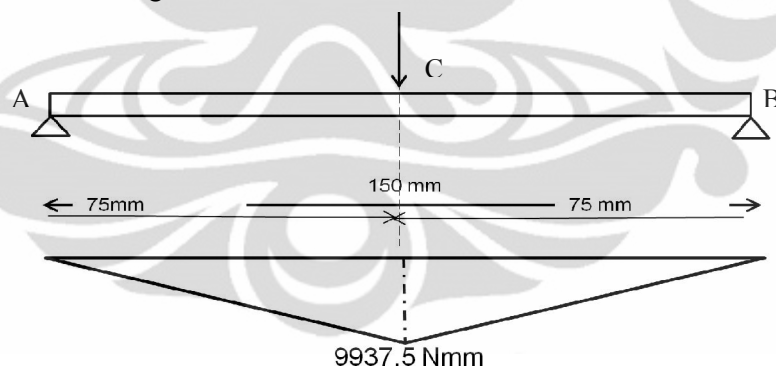
Tabel 4.26 merupakan tabel hasil percobaan didapat lendutan dan lendutan yang terjadi pada benda uji modulus elastisitas beban yang diberikan per 30 N.

1. Properti Penampang

$$I_z = I_y = \frac{1}{12} \times B \times H^3 \quad I_z = I_y = 9046.54 \quad \text{mm}^4$$

$$A = B \times H \quad A = 623.04 \quad \text{mm}^2$$

2. Momen dan Diagram Momen



Gambar 4.9. Diagram momen akibat beban terpusat

Reaksi perletakan

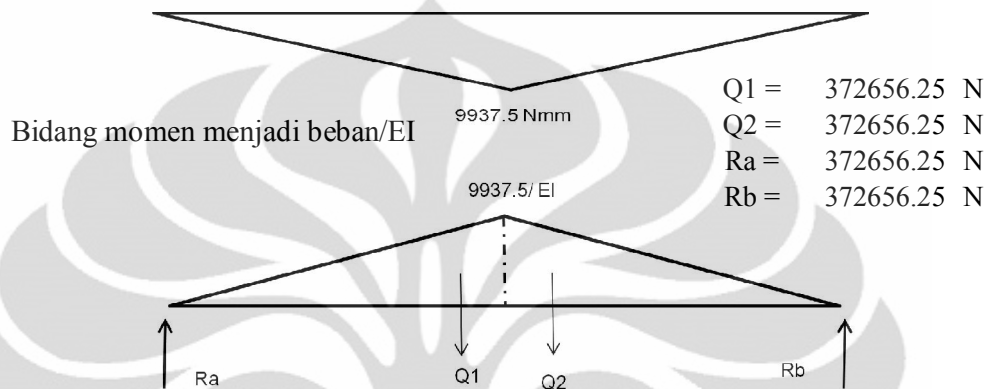
$$V_A = V_B = P/2 = 132.5 \text{ N}$$

Tabel 4.27. Momen yang terjadi akibat beban terpusat

NO	INTERVAL	P (N)	PERSAMAAN MOMEN	x (mm)	MOMEN (Nmm)
1	$0 < x < 75$	265	$132.5x$	0 75	0 9937.5
2	$0 < x < 75$	265	$132.5x$	0 75	0 9937.5

Pada gambar 4.8 adalah gambar diagram momen yang terjadi akibat beban terpusat di tengah bentang didapat momen maksimum 9937.5 Nmm. Tabel 4.27 merupakan tabel perhitungan momen per 75 mm.

3. Lendutan di C



Gambar 4.10. Momen area

Dari gambar 4.9 diketahui momen area di mana momen/EI maksimumnya adalah 9937.5/EI dan dari nilai tersebut diketahui momen area di Q1 dan Ra sehingga dapat diketahui modulus elastisitas dengan mengetahui lendutan di C yang didapat dari pengujian.

$$\Delta C = MC = \frac{(Ra \times 75 - (Q1 \times 1/3 \times 75))}{EI}$$

$$\Delta C = MC = \frac{18632812.5}{EI}$$

Dari data pengujian didapat $\Delta C = 7.67$ mm

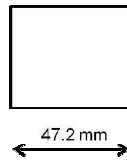
Sehingga didapat

$$7.67 = \frac{18632812.5}{EI}$$

$$E = \frac{18632812.5}{I \times 7.67}$$

$$E = 268.53 \text{ N/mm}^2$$

4. Tegangan akibat momen lentur



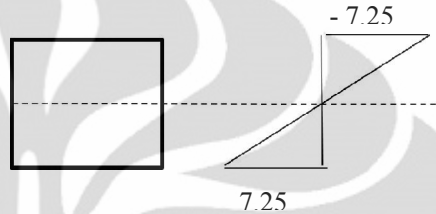
$$\text{Tegangan lentur} = \frac{M \cdot y}{I}$$

Momen yang terjadi adalah momen positif sebesar 9937.5 Nmm sehingga

$$\text{Teg max} = \frac{9937.5 \times (13.2/2)}{I}$$

$$\text{Teg max} = 7.250 \text{ Mpa}$$

$$\text{Teg min} = -7.250 \text{ MPa}$$



5. Regangan

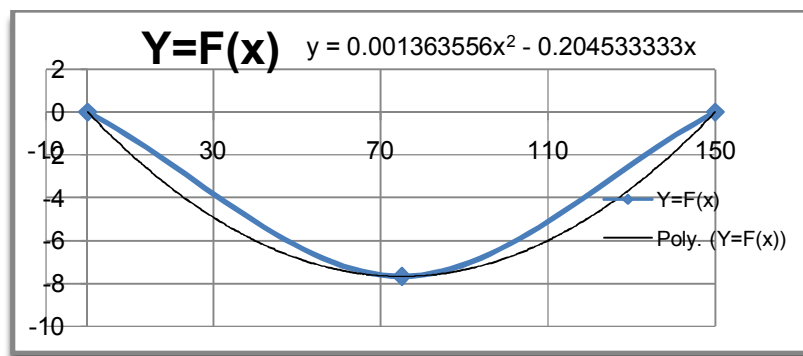
Hubungan kurva elastis maka

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{\varepsilon}{Y} \quad \text{Di mana} \quad \frac{1}{\rho} = \frac{d^2v/dx^2}{[1+(dv/dx)^2]^{3/2}}$$

Tabel 4.28. Fungsi lendutan $f(x)$

X	Y	X	Y
0	0	0	0
1/2 L	7.67	75	-7.67
L	0	150	0

Dari tabel 4.28 di atas adalah tabel fungsi lendutan yang terjadi akibat beban maksimum di jarak 0, 1/2 L, dan L. Data tersebut untuk mengetahui garis regresi yang terjadi akibat lendutan.



Grafik 4.3. Fungsi lendutan

Grafik 4.3 merukan garafik fungsi lendutan untuk mengetahui garis regresi yang terjadi akibat lendutan.

Persamaan lendutan

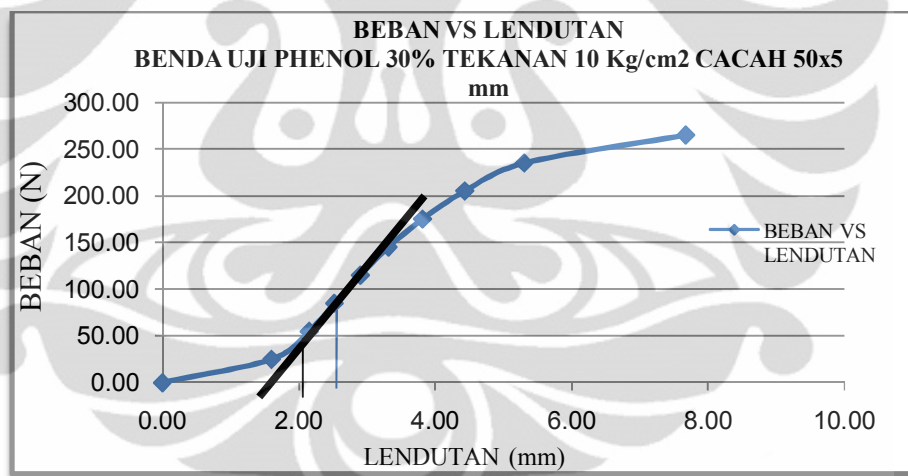
$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2v/dx^2}{[1+(dv/dx)^2]^{3/2}} \quad \rightarrow \quad \frac{d^2v/dx^2}{[1+(dv/dx)^2]^{3/2}} = \frac{M}{E.I}$$

$$M = 9937.5 \text{ Nmm}, EI = 2429310.6 \text{ Nmm}^2$$

$$\varepsilon = 0.0269984$$

Modulus elastisitas *actual* adalah modulus yang didapat ketika regangannya adalah 50% regangan maksimum.

$$\text{Modulus metode } \textit{offset} \text{ adalah } E = \frac{60\% \cdot \sigma}{60\% \cdot \varepsilon}$$



Grafik 4.4. Contoh beban dan lendutan

$$\begin{aligned} ET &= L^3 M_1 / 4 bd^3 \\ &= (150^3 \cdot \frac{85-55}{2.52-2.15}) / (4 \times 47 \times 13^3) \\ &= 630.2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ES &= L^3 M_2 / 4 bd^3 \\ &= (150^3 \cdot \frac{175}{((7.67/2)-1.4)}) / (4 \times 47 \times 13^3) \\ &= 559 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Di mana :

ET = Modulus elastisita cara *tangent*, ES = Modulus elastisitas cara *secant*

L adalah panjang papan dari perletakan ke perletakan (mm)

b adalah tebal papan (mm)

d adalah lebar papan (mm)

M_1 adalah *slope tangent* dari kurva garis lurus beban – lendutan (N/mm)

M_2 adalah *slope* di mana beban didapat pada saat kurva 50% defleksi maksimum (N/mm).

Grafik 4.4. merupakan grafik beban dan lendutan untuk mencari modulus elastisitas *tangent* dan mencari modulus elastisitas *secant*. Cara *tangent* adalah garis linier pada grafik beban dan lendutan sedangkan *secant* merupakan 50% defleksi maksimum.

Modulus Elastisitas

Tabel 4.29. Hasil uji modulus elastisitas (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			
			SECANT	TANGENT	ACTUAL	OFFSET METHOD
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	559	630	358	269
		35%	291	292	172	206
		40%	125	132	83	53
Aseptik 50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm ²	30%	546	547	306	293
		35%	147	173	115	72
		40%	126	138	86	76

(Tabel 4.29. Hasil uji modulus elastisitas (a) sambungan)

Benda Uji 2				Benda Uji 3			
SECANT	TANGENT	ACTUAL	OFFSET METHOD	SECANT	TANGENT	ACTUAL	OFFSET METHOD
366	415	207	145	213	255	144	95
354	380	199	140	188	190	86	87
40	56	34	21	96	113	77	50
317	321	193	135	286	286	143	135
286	303	143	146	238	240	127	111
113	127	85	60	72	75	54	34

Universitas Indonesia

(Tabel 4.29. Hasil uji modulus elastisitas (a) sambungan)

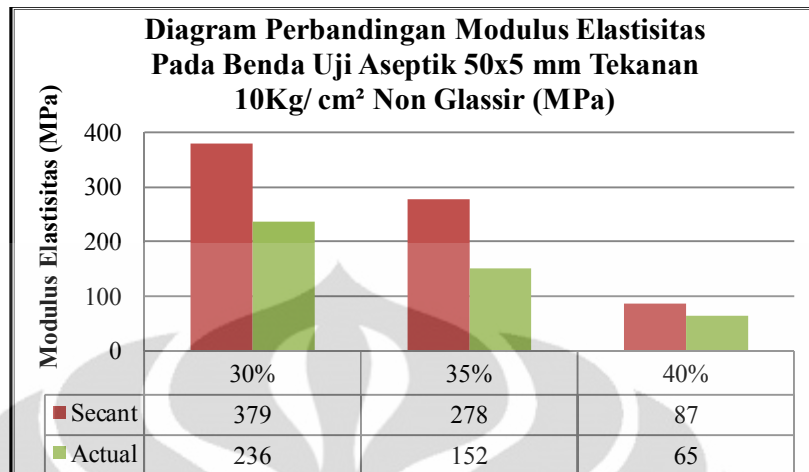
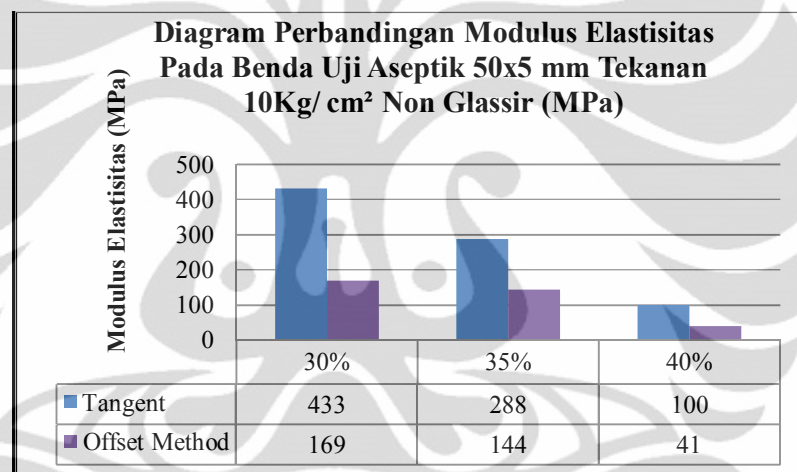
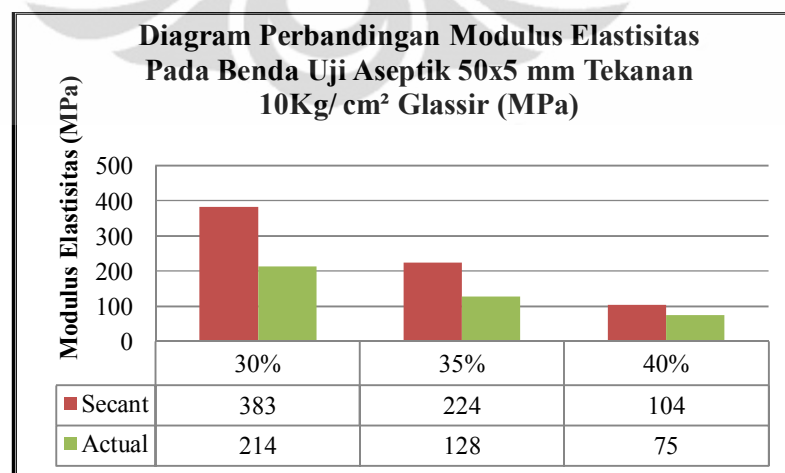
(Rata-Rata (MPa))				$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi <i>Secant</i>	X+SD	X-SD
<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>		$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
379	433	236	169	59810.0	141.197	520.65	238.26
278	288	152	144	13985.5	68.278	346.18	209.62
87	100	65	41	3773.2	35.464	122.30	51.37
383	385	214	188	40157.5	115.697	498.81	267.42
224	239	128	110	9907.7	57.468	280.98	166.05
104	113	75	56	1558.7	22.794	126.63	81.04

(Tabel 4.29. Hasil uji modulus elastisitas (a) sambungan)

$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi <i>Tangent</i>	X+SD	X-SD	$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi <i>Actual</i>	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$				$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
70896.0	153.727	587.13	279.68	24143.3	89.709	325.94	146.52
18053.1	77.574	365.26	210.11	6936.8	48.086	200.23	104.06
3057.8	31.926	132.26	68.41	1427.2	21.811	86.66	43.03
40048.9	115.541	500.11	269.03	13928.0	68.137	282.54	146.26
8323.0	52.672	291.29	185.95	409.7	11.686	139.99	116.61
2219.3	27.199	140.61	86.22	652.6	14.749	89.77	60.27

(Tabel 4.29. Hasil uji modulus elastisitas (a) sambungan)

$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi <i>Offset Method</i>	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
16097.4	73.252	242.69	96.19
7076.2	48.567	192.79	95.65
620.3	14.380	55.49	26.73
16499.7	74.161	261.96	113.64
2725.9	30.144	139.92	79.63
918.6	17.498	73.93	38.93

Diagram 4.16. Pengujian modulus elastisitas *secant* dan *actual*Diagram 4.17. Pengujian modulus elastisitas *tangent* dan *offset method*Diagram 4.18. Pengujian modulus elastisitas *secant* dan *actual*

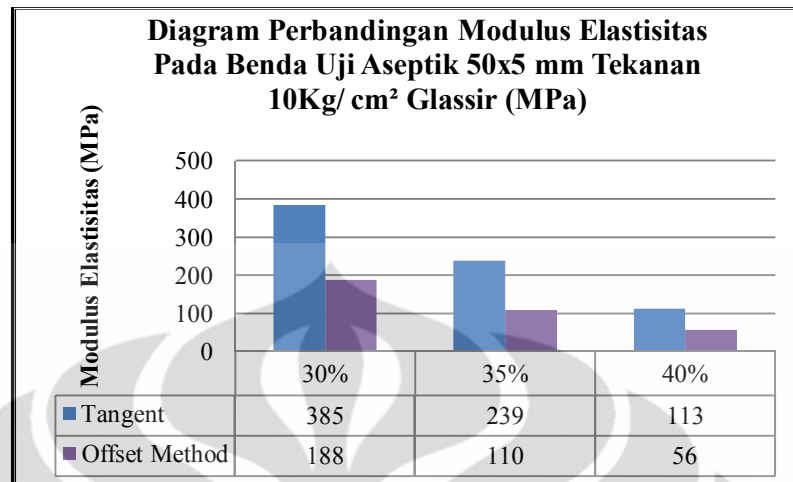


Diagram 4.19. Pengujian modulus elastisitas *tangent* dan *offset method*

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

Dari hasil perhitungan tabel 4.29 di atas dengan menggunakan 4 metode yaitu cara *secant*, *tangent*, *actual*, dan *offset method* semua benda uji modulus elastisitas berdasarkan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ tidak ada yang memenuhi persyaratan yaitu untuk tipe 8 minimal modulus elastisitasnya adalah 2000 N/mm². Perhitungan modulus elastisitas terdapat pada lampiran 1.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.16, 4.17, 4.18, dan 4.19 di atas dapat dilihat semakin banyak campuran perekat ternyata mengurangi modulus elastisitas benda uji. Dari hasil perhitungan modulus elastisitas benda uji, didapat modulus elastisitas yang sangat kecil ini menunjukkan papan partikel getas. Ada beberapa penyebab mengapa benda uji getas yaitu : 1. Karena campuran benda uji menggunakan perbandingan berat sehingga semakin banyak perekat yang digunakan semakin sedikit kotak asepticnya sehingga pada benda uji 40% cenderung menghasilkan papan yang keropos, 2. Tekanannya kurang seharusnya tekanan yang digunakan 15-25 Kg/cm². 3. Pemanasan yang kurang merata sehingga tidak benar-benar merekat, dan 4. kotak aseptic sebagian besar terdiri dari kertas yang bila dipanaskan sampai pada suhu 140°C membuat kertas menjadi getas. Pemberian glassir ternyata tidak menambah kekuatan modulus elastisitas pada campuran 30% dan 35% sedangkan pada campuran 40% ternyata

modulusnya meningkat sekitar 13%. Pada perhitungan cara *tangent*, dibanding yang tidak menggunakan glassir ini disebabkan pada campuran 40% terdapat banyak rongga sehingga glassir mengisi rongga-rongga tersebut dan menyebabkan campuran 40% lebih padat dibanding yang tidak diglassir pada campuran yang sama sehingga menyebabkan peningkatan modulus elastisitas. Dari keempat metode perhitungan pada perhitungan metode *tangent* didapat modulus elastisitas yang terbesar karena perhitungan menggunakan garis linier grafik beban dan lendutan.

Tabel 4.30. Hasil uji modulus elastisitas (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			
			<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	584	622	435	301
		20%	480	481	312	238
Partikel Kayu	15 kg/cm ²	Partikel Kayu	2759	2899	1296	1786

(Tabel 4.30. Hasil uji modulus elastisitas (b) sambungan)

Benda Uji 2				Benda Uji 3			
<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>	<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>
715	769	487	342	545	619	413	277
357	358	250	179	455	544	375	237
2763	2773	1429	1871	2984	2997	1228	1637

(Tabel 4.30. Hasil uji modulus elastisitas (b) sambungan)

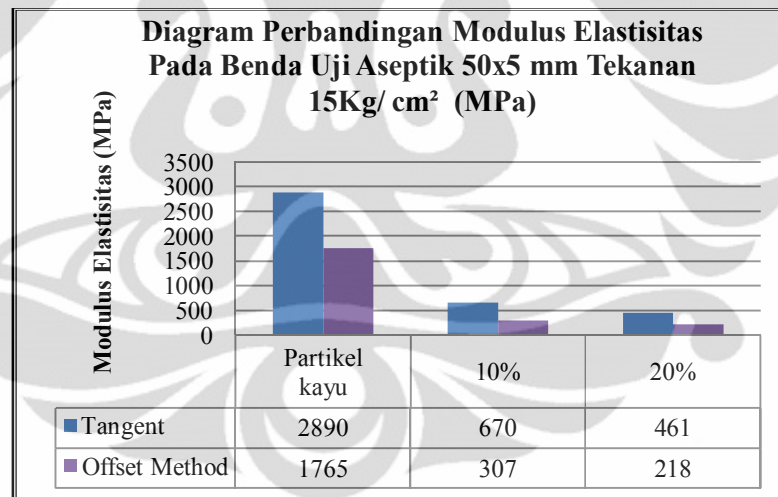
Rata-Rata (MPa)				$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi <i>Secant</i>	X+SD	X-SD
<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>		$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
615	670	445	307	15849.1	72.684	687.36	542.00
431	461	312	218	8446.1	53.060	484.06	377.94
2836	2890	1318	1765	33286.1	105.335	2940.85	2730.18

(Tabel 4.30. Hasil uji modulus elastisitas (b) sambungan)

$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi Tangent	X+SD	X-SD	$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi Actual	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$				$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
14650.2	69.9	740.2	600.4	2856.9	30.9	475.8	414.0
17948.9	77.3	538.7	384.0	7802.7	51.0	363.2	261.2
25108.4	91.5	2981.2	2798.3	20981.5	83.6	1401.2	1234.0

(Tabel 4.30. Hasil uji modulus elastisitas (b) sambungan)

$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi Offset Method	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
2154.9	26.8	333.7	280.1
2268.4	27.5	245.6	190.6
28119.3	96.8	1861.5	1667.9

Diagram 4.20. Pengujian modulus elastisitas *secant* dan *actual*

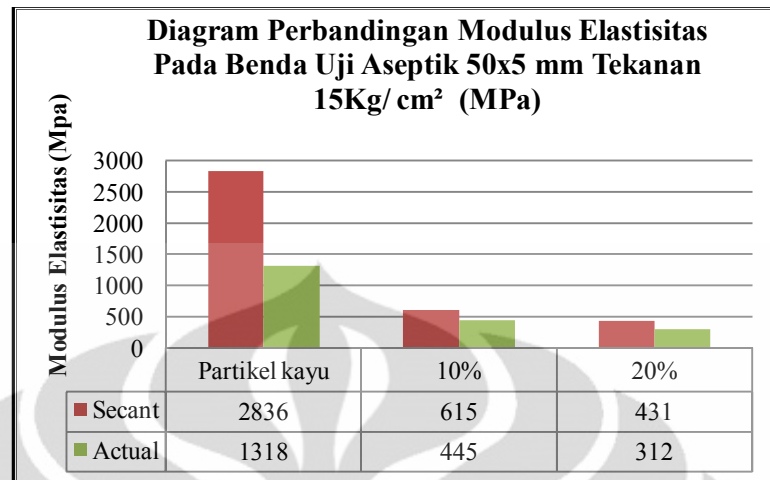


Diagram 4.21. Modulus elastisitas *tangent* dan *offset method*

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

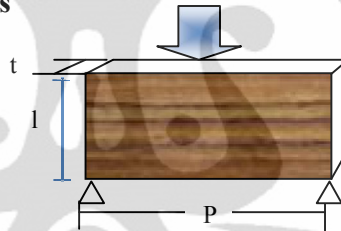
Dari hasil perhitungan tabel 4.30 di atas dengan menggunakan 4 metode yaitu cara *secant*, *tangent*, *actual*, dan *offset method* semua benda uji modulus elastisitas berdasarkan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ tidak ada papan partikel dengan perekat phenol formaldehida yang memenuhi persyaratan yaitu minimal modulus elastisitasnya adalah 2000 N/mm². Sedangkan untuk papan partikel kayu lapis venir tidak memenuhi syarat lapis venir tipe 30-15 yaitu minimal 4000 N/mm². Perhitungan modulus elastisitas terdapat pada lampiran 1.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.20 dan 4.21 di atas dapat dilihat semakin banyak campuran perekat ternyata mengurangi modulus elastisitas benda uji dan didapat modulus terbesar pada campuran 10% perekat yaitu 670 N/mm². Dari hasil perhitungan modulus elastisitas benda uji, didapat modulus elastisitas yang sangat kecil. Ada beberapa penyebab mengapa benda uji getas yaitu : 1. Karena campuran benda uji menggunakan perbandingan berat sehingga semakin banyak perekat yang digunakan semakin sedikit kotak aseptiknya sehingga pada benda uji 40% cenderung menghasilkan papan yang keropos, dan 2. kotak aseptik sebagian besar terdiri dari kertas atau karton yang bila dipanaskan sampai pada suhu 140°C membuat kertas menjadi getas. Sedangkan bila dibandingkan dengan campuran 20%, 30%, 35% dan 40% pada campuran 10% didapat hasil yang terbesar karena

ada beberapa penyebab antara lain ; 1. Kerapatan sebesar 0.8 gr/cm^3 , 2. Tekanan yang 15 kg/cm^2 dan 3. tebal papan yang 1 cm sehingga pada saat pemanasan panasnya merata. Dari keempat metode perhitungan, pada metode *tangent* didapat modulus elastisitas yang terbesar karena perhitungan menggunakan garis linier grafik beban dan lendutan. Untuk papan partikel kayu lapis venir didapat modulus yang sangat besar dibandingkan papan partikel cacah kotak aseptik tetapi juga tidak memenuhi persyaratan lapis venir di mana minimal 4000 N/mm^2 . Nilai modulus papan partikel kayu cukup besar disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya : 1. papan menggunakan lapisan venir yang sangat kaku dan keras yang terbuat dari kayu yang modulusnya cukup besar, dan 2. Papan partikel terbuat dari serbuk kayu pengisinya.

4.5.2 Uji Kuat Lentur Kering Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat dan Modulus Elastisitas



Gambar 4.11 Posisi pembebanan uji lentur sisi lebar dibebani beban terpusat

Dari gambar 4.10 huruf t adalah tebal, huruf l adalah lebar, hurup p adalah panjang dan tanda panah adalah beban. Diketahui sisi lebar yang menahan beban yang membebani papan partikel dalam uji lentur.

Tabel 4.31. Hasil uji kuat lentur kering sisi lebar menerima beban terpusat (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1				
			B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	85.26	15.00	1.38	4.72	6.24
		35%	37.56	15.00	1.43	4.70	2.67
		40%	27.47	15.00	1.38	4.80	1.94
Aseptik 50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm ²	30%	51.06	15.00	1.49	5.00	3.08
		35%	40.74	15.00	1.43	4.80	2.78
		40%	23.66	15.00	1.42	4.95	1.53

(Tabel 4.31. Hasil uji kuat lentur kering sisi lebar menerima beban terpusat (a) sambungan)

Benda Uji 2					Benda Uji 3				
B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)	B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)
42.82	15.00	1.42	4.80	2.94	40.53	15.00	1.43	4.75	2.83
35.63	15.00	1.50	4.76	2.36	29.18	15.00	1.49	4.78	1.93
29.61	15.00	1.40	4.62	2.23	24.00	15.00	1.45	4.86	1.58
65.87	15.00	1.45	4.80	4.44	89.10	15.00	1.43	4.90	5.84
36.50	15.00	1.44	4.78	2.50	72.13	15.00	1.44	4.88	4.73
26.69	15.00	1.46	4.74	1.83	47.85	15.00	1.45	4.88	3.12

(Tabel 4.31. Hasil uji kuat lentur kering sisi lebar menerima beban terpusat (a) sambungan)

MOR (N/mm ²)			Rata-Rata MOR (N/mm ²)	Standar JIS Tipe 8 Papan	$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi $SD=\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$	X+SD	X-SD
Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3						
6.24	2.94	2.83	4.00	-	7.507	1.582	5.59	2.42
2.67	2.36	1.93	2.32	-	0.281	0.306	2.63	2.01
1.94	2.23	1.58	1.92	-	0.214	0.267	2.18	1.65
3.08	4.44	5.84	4.45	-	3.795	1.125	5.58	3.33
2.78	2.50	4.73	3.34	-	2.962	0.994	4.33	2.34
1.53	1.83	3.12	2.16	-	1.423	0.689	2.85	1.47

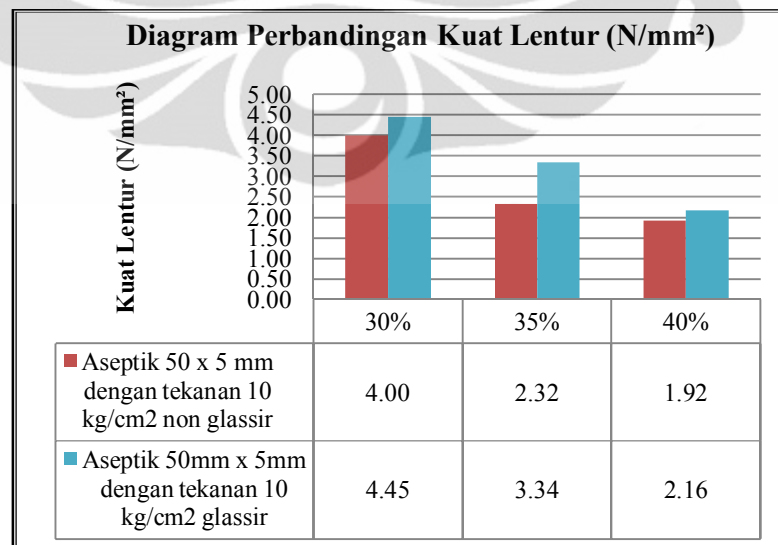
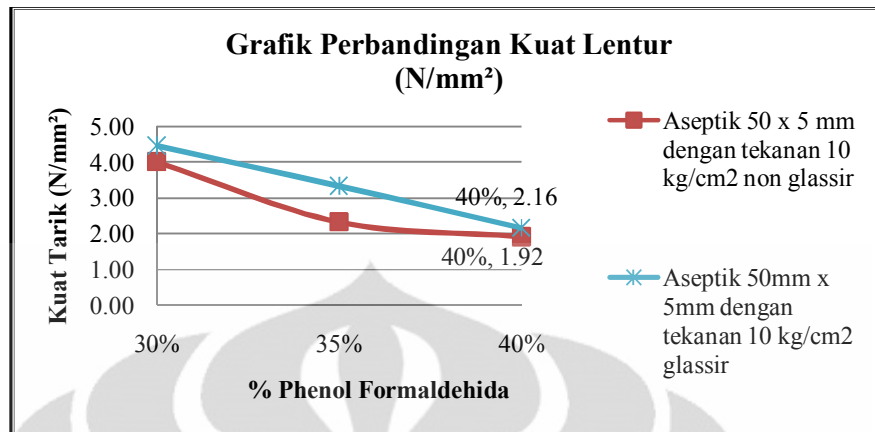


Diagram 4.22. Pengujian kuat lentur sisi lebar menerima beban terpusat



Grafik 4.5. Pengujian kuat lentur sisi lebar menerima beban terpusat

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

Dari perhitungan tabel 4.31 di atas semua benda uji kuat lentur kering sisi lebar menerima beban terpusat berdasarkan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ tidak ada yang memenuhi persyaratan yaitu untuk tipe 8 minimal kuat lentur adalah 8 N/mm².

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.22 dan grafik 4.5 dapat dilihat ternyata semakin banyak penambahan perekat justru menurunkan kekuatan papan. Penurunan kekuatan dan tidak masuknya persyaratan ada beberapa faktor penyebab yaitu 1. Menggunakan perbandingan berat sehingga mengurangi jumlah kotak aseptik yang sebenarnya kekuatan bergantung pada banyaknya kotak aseptik, 2. Tekanan yang kurang besar seharusnya 15 kg/cm² atau lebih pada saat pembuatan benda uji, 3. Kerapatan yang kecil, 4. Kotak aseptik terdiri dari bahan kertas yang membuat kekuatannya menurun, dan 5. Tebal benda uji yang 1.5 cm ternyata pada waktu pemanasan tidak benar-benar merata panasnya hingga ke tengah tebal papan karena papan yang tebal, seharusnya tebal yang ideal adalah 1 cm. Bila benda uji glassir dan non glassir dibandingkan ternyata pada benda uji berglassir mengalami peningkatan kuat lentur rata-rata 43.97% ini disebabkan pada benda uji 35% terdapat banyak pori atau rongga sehingga glassir mengisi rongga tersebut dan menyebabkan lebih padat dibanding yang tidak diglassir oleh karena itu kuat lenturnya jadi meningkat bila diberi glassir. Ini berarti glassir efektif menambah kekuatan lentur benda uji bila campuran perekat phenol

formaldehida lebih dari 30%. Hasil pengujian lentur sisi lebar menerima beban terpusat lebih kecil dibanding lentur sisi tebal menerima beban terpusat disebabkan lendutan yang relatif besar dan tinggi benda uji yang cukup besar yaitu sekitar 5 cm sedangkan tebalnya kecil yaitu 1 cm sehingga hasil ujinya lebih kecil.

Tabel 4.32. Uji kuat lentur sisi lebar menerima beban terpusat (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1				
			B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	59.79	15	0.92	4.80	6.35
		20%	57.21	15	0.94	4.85	5.82
Partikel kayu	-	Partikel Kayu	214.93	15	1.20	4.93	16.58

(Tabel 4.32. Uji kuat lentur sisi lebar menerima beban terpusat (b) sambungan)

Benda Uji 2					Benda Uji 3				
B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)	B (Kg)	P (cm)	b (cm)	h (cm)	MOR (N/mm ²)
110.64	15	0.96	4.90	10.80	51.59	15	0.91	4.60	6.03
67.58	15	0.95	4.90	6.67	33.55	15	0.90	4.70	3.80
198.37	15	1.20	5.00	14.88	200.04	15	1.20	4.92	15.49

(Tabel 4.32. Uji kuat lentur sisi lebar menerima beban terpusat (b) sambungan)

MOR Rata - Rata (N/mm ²)			Rata-Rata MOR (N/mm ²)	Standar JIS Tipe 8 Papan	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3				$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
6.35	10.80	6.03	7.73	-	14.236	2.178	9.90	5.55
5.82	6.67	3.80	5.43	-	4.349	1.204	6.63	4.22
16.58	14.88	15.49	15.65	-	1.486	0.704	16.35	14.95

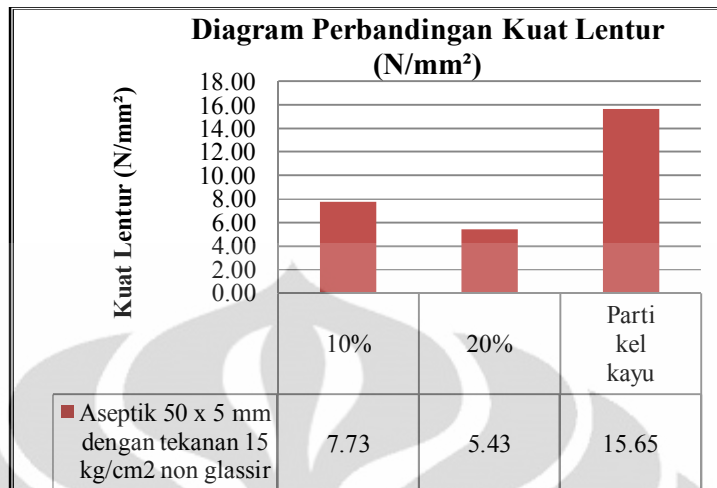
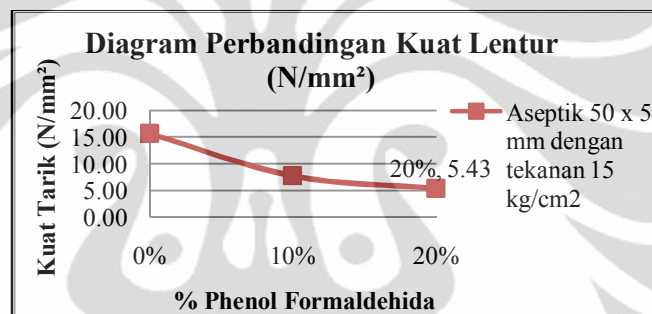


Diagram 4.23. Pengujian kuat lentur sisi lebar menerima beban terpusat



Grafik 4.6. Pengujian kuat lentur sisi lebar menerima beban terpusat

Analisa Percobaan :

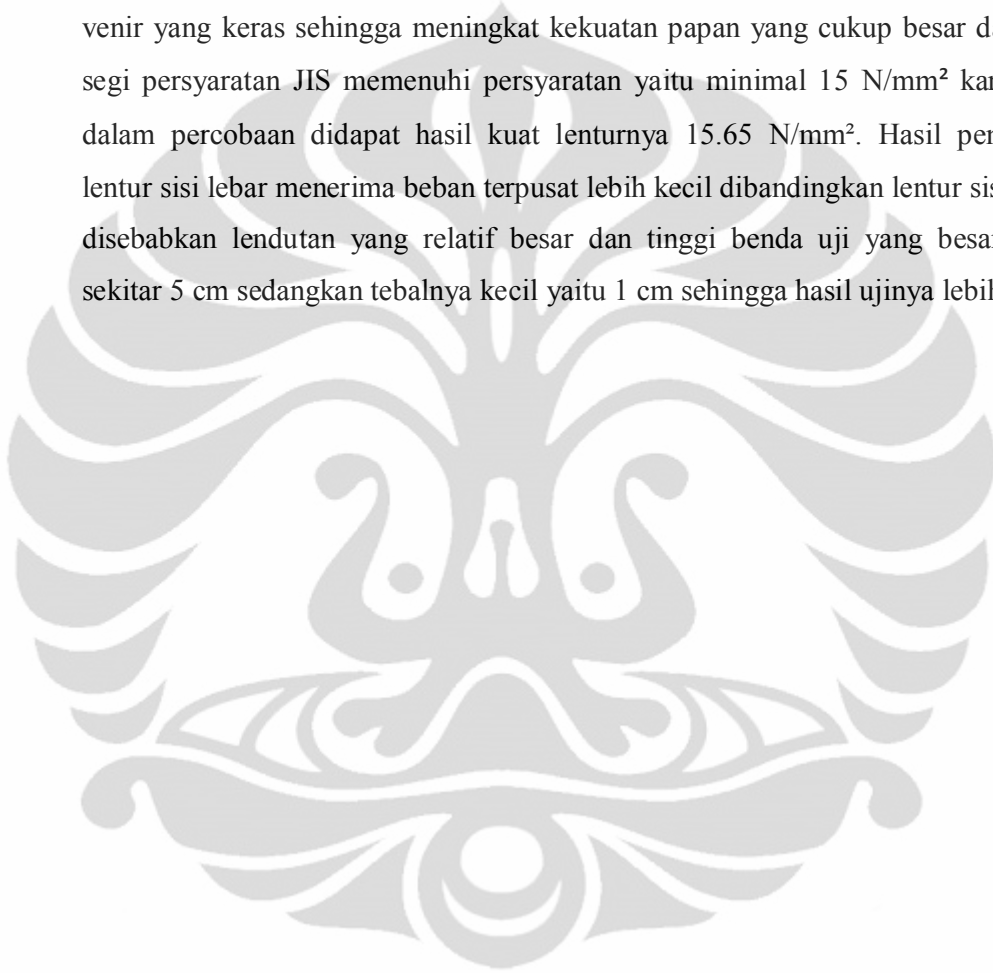
Berdasarkan Persyaratan

Dari perhitungan tabel 4.32 di atas benda uji kuat lentur sisi lebar menerima beban terpusat berdasarkan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006. Pada campuran 10%, 20% phenol formaldehida tidak memenuhi standar karena nilai minimal untuk tipe 8 adalah 8 N/mm² sedangkan kedua campuran tersebut di bawah 8 N/mm². Pada papan partikel kayu lapis venir sesuai standar tipe 30-15 yaitu minimal kekuatan 15 N/mm².

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.23 dan grafik 4.6 dapat dilihat ternyata semakin banyak penambahan perekat justru menurunkan kekuatan. Penurunan kekuatan dan tidak masuk persyaratan disebabkan oleh 1. Kerapatan yang kecil

yaitu kurang dari 0.8 gr/cm^3 , 2. Menggunakan perbandingan berat sehingga mengurangi jumlah kotak aseptik yang sebenarnya kekuatan bergantung pada banyaknya kotak aseptik, dan 3. kotak aseptik terdiri dari bahan kertas yang membuat kekuatannya menurun. Pada papan partikel kayu lapis venir mempunyai kekuatan yang jauh lebih besar karena terbuat dari partikel kayu dan di lapsi venir yang keras sehingga meningkat kekuatan papan yang cukup besar dan dari segi persyaratan JIS memenuhi persyaratan yaitu minimal 15 N/mm^2 karena di dalam percobaan didapat hasil kuat lenturnya 15.65 N/mm^2 . Hasil pengujian lentur sisi lebar menerima beban terpusat lebih kecil dibandingkan lentur sisi tebal disebabkan lendutan yang relatif besar dan tinggi benda uji yang besar yaitu sekitar 5 cm sedangkan tebalnya kecil yaitu 1 cm sehingga hasil ujinya lebih kecil.



Tabel 4.33. Hasil uji modulus elastisitas (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1				Benda Uji 2			
			<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>	<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	143	239	93	63	159	160	66	65
		35%	124	157	52	41	118	121	48	56
		40%	106	116	35	51	63	71	35	22
Aseptik 50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm ²	30%	113	115	39	44	107	107	65	48
		35%	67	83	48	31	94	94	42	47
		40%	32	49	22	14	38	39	30	18

(Tabel 4.33. Hasil uji modulus elastisitas (a) sambungan)

Benda Uji 3				Rata-Rata (MPa)			
<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>	<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>
109	138	39	38	137	179	66	56
79	80	28	28	107	120	43	41
40	79	36	16	70	89	35	30
209	236	99	80	143	153	68	57
92	94	48	44	84	90	46	41
43	47	41	27	38	45	31	20

(Tabel 4.33. Hasil uji modulus elastisitas (a) sambungan)

$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi <i>Secant</i>	X+SD	X-SD	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi <i>Tangent</i>	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$				$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
1306.4	20.868	158.11	116.37	5678.4	43.506	222.19	135.17
1225.9	20.215	127.11	86.68	2967.6	31.452	151.01	88.10
2254.1	27.411	97.01	42.19	1176.5	19.803	108.50	68.89
6609.8	46.939	189.87	95.99	10477.7	59.098	212.07	93.87
439.4	12.102	96.27	72.07	86.1	5.356	95.71	85.00
55.2	4.289	42.17	33.59	53.8	4.233	49.10	40.63

(Tabel 4.33. Hasil uji modulus elastisitas (a) sambungan)

$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi <i>Actual</i>	X+SD	X-SD	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi <i>Offset Method</i>	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$				$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
1498.4	22.349	88.27	43.58	446.5	12.200	67.72	43.32
317.7	10.291	53.03	32.45	391.8	11.428	52.81	29.96
1.2	0.632	36.10	34.84	705.6	15.336	44.91	14.24
1812.9	24.582	92.56	43.40	789.2	16.219	73.63	41.19
24.8	2.873	49.03	43.28	156.1	7.213	47.95	33.52
173.6	7.607	38.76	23.54	85.0	5.324	24.87	14.22

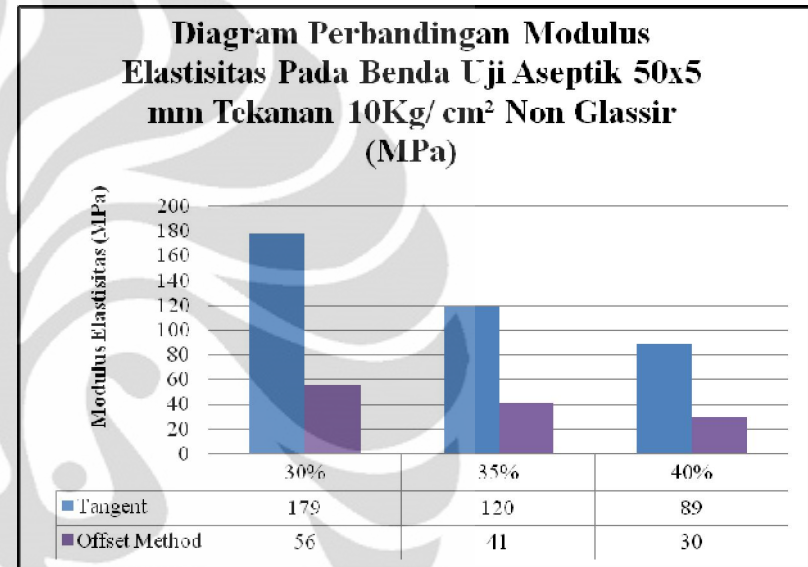
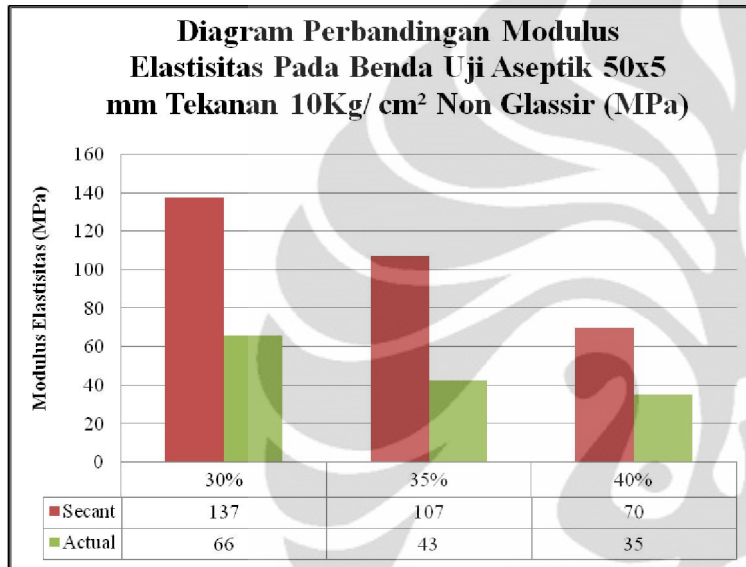


Diagram 4.24. Pengujian modulus elastisitas *secant*, *tangent*, *actual* dan *offset method*

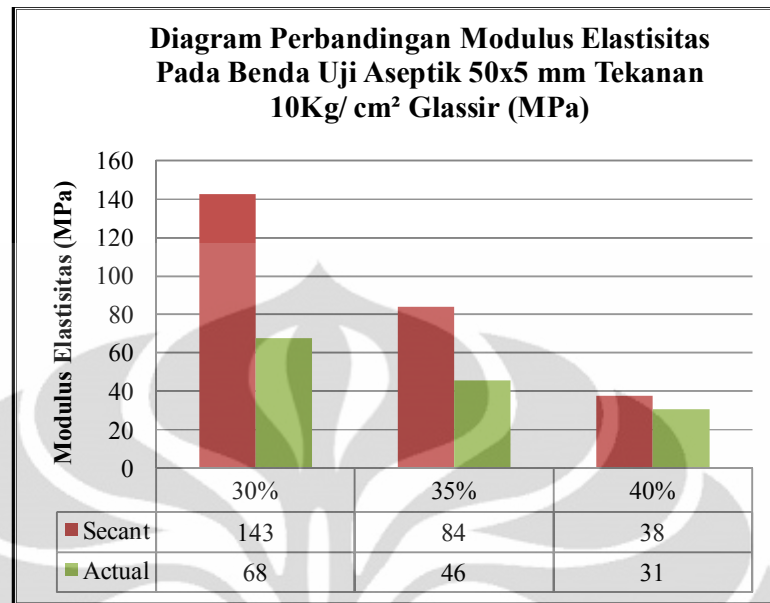


Diagram 4.25. Pengujian modulus elastisitas *secant* dan *actual*

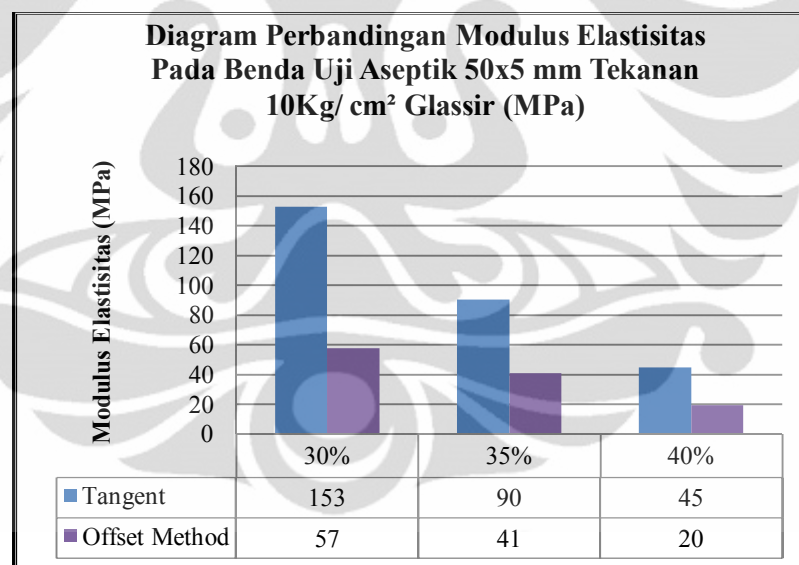


Diagram 4.26. Pengujian modulus elastisitas *tangent* dan *offset method*

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

Dari hasil perhitungan tabel 4.33 di atas dengan menggunakan 4 metode yaitu cara *secant*, *tangent*, *actual*, dan *offset method* semua benda uji modulus elastisitas berdasarkan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ tidak ada

yang memenuhi persyaratan yaitu untuk tipe 8 minimal modulus elastisitasnya adalah 2000 N/mm^2 . Perhitungan modulus elastisitas terdapat pada lampiran 2.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.24, 4.25 dan 4.26 di atas dapat dilihat semakin banyak campuran perekat ternyata mengurangi modulus elastisitas benda uji dan pada pengujian lentur sisi lebar menerima beban terpusat ternyata didapat modulus yang lebih kecil dibandingkan lentur sisi tebal menerima beban terpusat disebabkan lendutan yang relatif besar dan tinggi benda uji yang cukup besar yaitu sekitar 5 cm sedangkan tebalnya kecil yaitu 1 cm sehingga hasil ujinya lebih kecil. Dari hasil perhitungan modulus elastisitas benda uji, didapat modulus elastisitas yang sangat kecil ini menunjukkan papan partikel getas. Ada beberapa penyebab mengapa benda uji getas yaitu : 1. Karena campuran benda uji menggunakan perbandingan berat sehingga semakin banyak perekat yang digunakan semakin sedikit kotak aseptiknya sehingga pada benda uji 40% cenderung menghasilkan papan yang keropos, 2. Tekanannya kurang seharusnya tekanan yang digunakan $15\text{-}25 \text{ Kg/cm}^2$. 3. Pemanasan yang kurang merata sehingga tidak benar-benar merekat, dan 4. Kotak aseptik sebagian besar terdiri dari kertas atau karton yang bila dipanaskan sampai pada suhu 140°C membuat kertas menjadi getas. Pada uji lentur sisi lebar penggunaan glassir ternyata tidak efektif karena ternyata tidak meningkatkan modulus elastisitas. Dari keempat metode perhitungan pada perhitungan metode *tangent* didapat modulus elastisitas yang terbesar karena perhitungan menggunakan garis linier grafik beban dan lendutan dimana pada campuran 30% non glassir terbesar modulusnya yaitu 179 N/mm^2 .

Tabel 4.34. Hasil uji modulus elastisitas (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1				Benda Uji 2			
			<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>	<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	224	298	143	91	236	347	157	99
		20%	132	143	107	71	293	377	170	106
Partikel kayu	15 kg/cm ²	Partikel Kayu	649	725	244	397	784	846	199	433

(Tabel 4.34. Hasil uji modulus elastisitas (b) sambungan)

Benda Uji 3				Rata-Rata (MPa)				$\Sigma(X-x_i)^2$	Standar Deviasi <i>Secant</i>	X+SD	X-SD
<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>	<i>SECANT</i>	<i>TANGENT</i>	<i>ACTUAL</i>	<i>OFFSET METHOD</i>		$SD=\sqrt{(\Sigma(x_i-X)^2/N)}$		
184	402	151	73	215	349	150	88	1495.2	22.325	237.2	192.6
169	179	94	83	198	233	124	87	14158.3	68.698	266.9	129.5
763	862	220	434	732	811	221	421	10472.0	59.082	791.2	673.0

(Tabel 4.34. Hasil uji modulus elastisitas (b) sambungan)

$\Sigma(X-xi)^2$	Standar Deviasi <i>Tangent</i>	X+SD	X-SD	$\Sigma(X-xi)^2$	Standar Deviasi <i>Actual</i>	X+SD	X-SD	$\Sigma(X-xi)^2$	Standar Deviasi <i>Offset Method</i>	X+SD	X-SD
	$SD=\sqrt{(\Sigma(xi-X)^2/N)}$				$SD=\sqrt{(\Sigma(xi-X)^2/N)}$				$SD=\sqrt{(\Sigma(xi-X)^2/N)}$		
5426.6	42.531	391.5	306.5	97.6	5.704	155.70	144.30	352.8	10.845	98.5	76.8
31932.4	103.170	336.2	129.9	3272.8	33.029	156.83	90.77	648.0	14.697	101.5	72.1
11156.9	60.983	872.1	750.1	1023.7	18.473	239.56	202.61	902.1	17.341	438.5	403.8

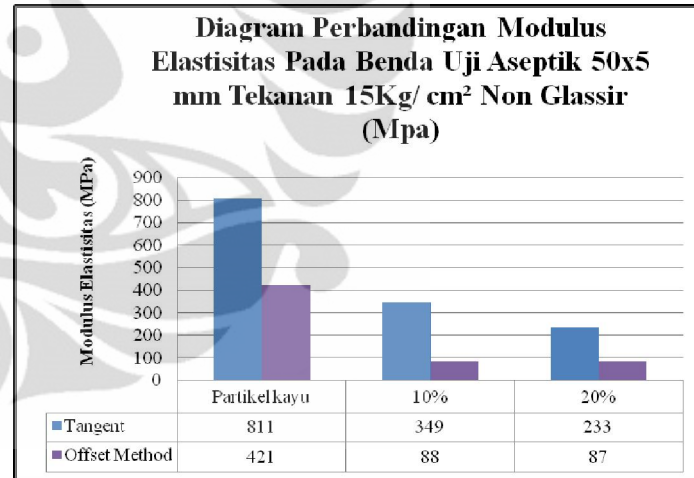
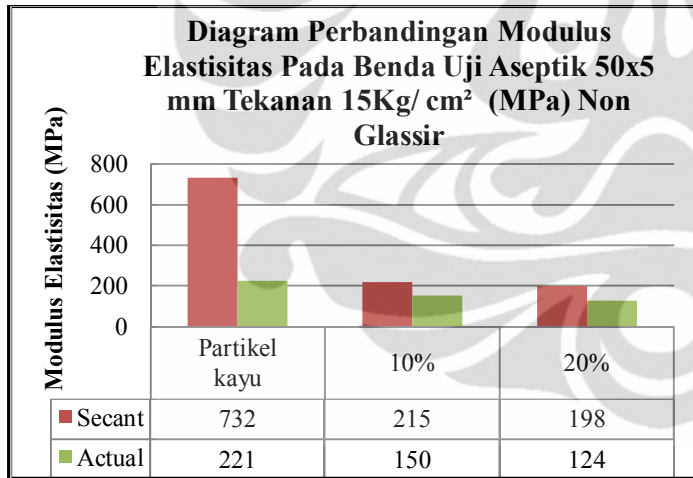


Diagram 4.27. Pengujian modulus elastisitas *secant*, *tangen*, *actual* dan *offest method*

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

Dari hasil perhitungan tabel 4.34 di atas dengan menggunakan 4 metode yaitu cara *secant*, *tangent*, *actual*, dan *offset method* semua benda uji modulus elastisitas berdasarkan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 tidak ada papan partikel dengan perekat phenol formaldehida yang memenuhi persyaratan yaitu untuk tipe 8 minimal modulus elastisitasnya adalah 2000 N/mm². Sedangkan untuk papan partikel kayu lapis venir juga tidak memenuhi syarat lapis venir tipe 30-15 yaitu minimal 2800 N/mm² karena didapat kuat lenturnya 811 N/mm² dengan cara *tangent*. Perhitungan modulus elastisitas terdapat pada lampiran 2.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.27 di atas dapat dilihat semakin banyak campuran perekat ternyata mengurangi modulus elastisitas benda uji dan didapat modulus terbesar pada campuran 10% perekat yaitu 349 N/mm². Ternyata bila diuji lentur sisi lebar menerima beban terpusat nilainya berkurang hampir setengahnya dari uji lentur sisi tebal menerima beban terpusat disebabkan lendutan yang relatif besar dan tinggi benda uji yang cukup besar yaitu sekitar 5 cm sedangkan tebalnya kecil yaitu 1 cm sehingga hasil ujinya lebih kecil. Dari hasil perhitungan modulus elastisitas benda uji, didapat modulus elastisitas yang sangat kecil, ini menunjukkan papan partikel getas. Ada beberapa penyebabnya yaitu : 1. Karena campuran benda uji menggunakan perbandingan berat sehingga semakin banyak perekat yang digunakan semakin sedikit kotak aseptiknya sehingga pada benda uji 40% cenderung menghasilkan papan yang keropos, dan 2. kotak aseptik sebagian besar terdiri dari kertas atau karton yang bila dipanaskan sampai pada suhu 140°C membuat kertas menjadi sangat getas. Sedangkan bila dibandingkan dengan campuran 20%, 30%, 35% dan 40% pada campuran 10% didapat hasil yang terbesar karena ada beberapa penyebab antara lain ; 1. Kerapatan sebesar 0.8 gr/cm³, 2. Tekanan yang 15 kg/cm² dan 3. Tebal papan yang 1 cm sehingga pada saat pemanasan panasnya merata. Dari keempat metode perhitungan pada perhitungan metode *tangent* didapat modulus elastisitas yang terbesar karena perhitungan menggunakan garis *linier* grafik beban dan lendutan. Untuk papan partikel kayu lapis venir didapat modulus yang lebih besar

dibandingkan papan partikel cacah kotak aseptik tetapi tidak memenuhi persyaratan lapis venir minimal 2800 N/mm^2 , yang menyebabkan nilai papan partikel kayu lebih besar dibandingkan papan partikel aseptik adalah : 1. Papan menggunakan lapisan venir yang keras terbuat dari kayu yang modulusnya cukup besar, 2. Papan partikel terbuat dari serbuk kayu pengisinya, dan 3. Perekat yang digunakan bukan menggunakan phenol formaldehida sehingga didapat nilai modulus yang besar perbedaannya dibandingkan papan partikel cacah kotak aseptik. Tetapi bila dibanding hasil uji lentur sisi tebal menerima beban terpusat penurunannya sangat besar sekali dibandingkan lentur sisi lebar menerima beban terpusat yaitu turun dari 2890 N/mm^2 pada lentur sisi tebal menjadi 811 pada lentur sisi lebar. Di mana penurunannya sekitar 256% jadi pada sisi lebar merupakan sisi terlemah papan partikel serbuk kayu.

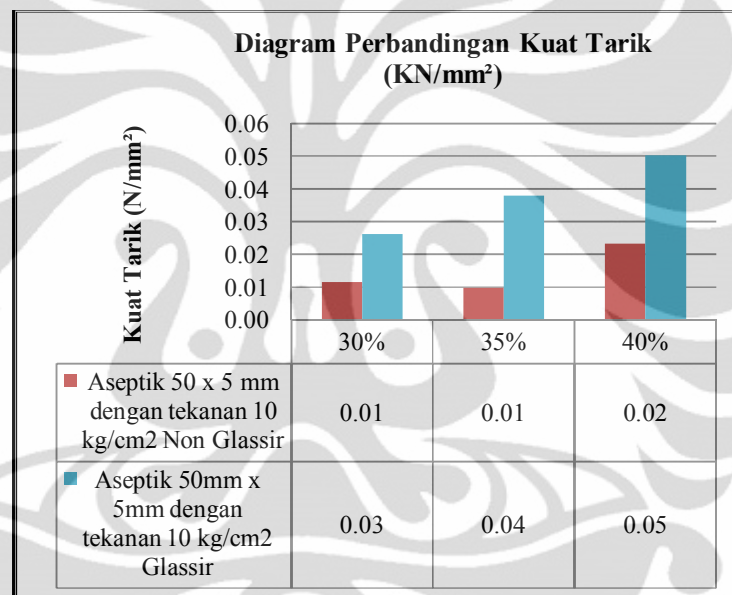
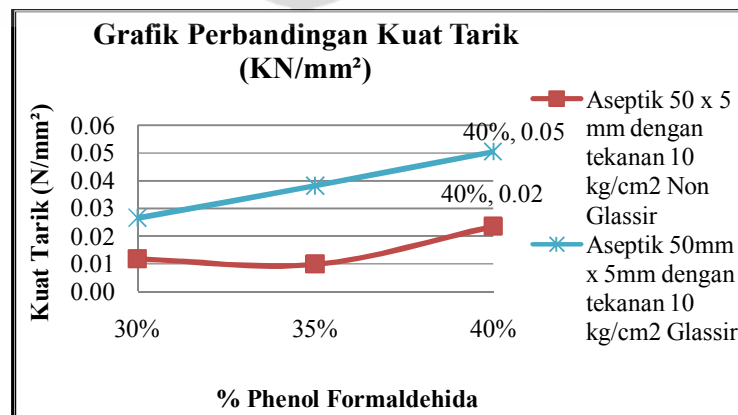
4.5.3 Uji Kuat Tarik Tegak Lurus Permukaan (*Internal Bond*)

Tabel 4.35. Hasil uji *internal bond* (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1				Benda Uji 2			
			p (cm)	l (cm)	B (kgf)	Kuat Tarik (Kgf/cm ²)	p (cm)	l (cm)	B (kg)	Kuat Tarik (Kgf/cm ²)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm ²	30%	4.32	4.87	2.58	0.12	4.71	4.83	2.56	0.11
		35%	5.07	4.93	2.28	0.09	5.03	4.87	2.64	0.11
		40%	5.06	4.72	4.94	0.21	4.70	4.79	6.20	0.28
Aseptik 50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm ²	30%	4.95	4.91	6.25	0.26	4.97	4.92	6.16	0.25
		35%	4.95	4.97	8.98	0.37	4.92	4.87	9.40	0.39
		40%	4.60	4.84	11.55	0.52	4.93	4.86	11.44	0.48

(Tabel 4.35. Hasil uji *internal bond* (a) sambungan)

Benda Uji 3				Kuat Tarik (N/mm ²)			Rata-Rata	$\sum(X-x_i)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
p (cm)	l (cm)	B (kg)	Kuat Tarik (Kgf/cm ²)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			SD= $\sqrt{(\sum(x_i-X)^2/N)}$		
4.80	4.88	2.67	0.11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.000	0.000	0.01	0.01
4.76	4.64	2.02	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.000	0.001	0.01	0.01
4.65	4.67	4.75	0.22	0.02	0.03	0.02	0.02	0.000	0.003	0.03	0.02
4.89	4.77	6.58	0.28	0.03	0.03	0.03	0.03	0.000	0.001	0.03	0.03
5.02	4.80	9.26	0.38	0.04	0.04	0.04	0.04	0.000	0.001	0.04	0.04
4.60	4.85	11.53	0.52	0.05	0.05	0.05	0.05	0.000	0.002	0.05	0.05

Diagram 4.28. Pengujian *internal bond*Grafik 4.7. Pengujian *internal bond*

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

Dari perhitungan tabel 4.35 di atas semua benda uji *internal bond* berdasarkan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dan SNI 03-2105-2006⁽²⁶⁾ tidak ada yang memenuhi persyaratan yaitu untuk tipe 8 minimal *internal bond* adalah 0.15 N/mm².

Berdasarkan Campuran Benda uji

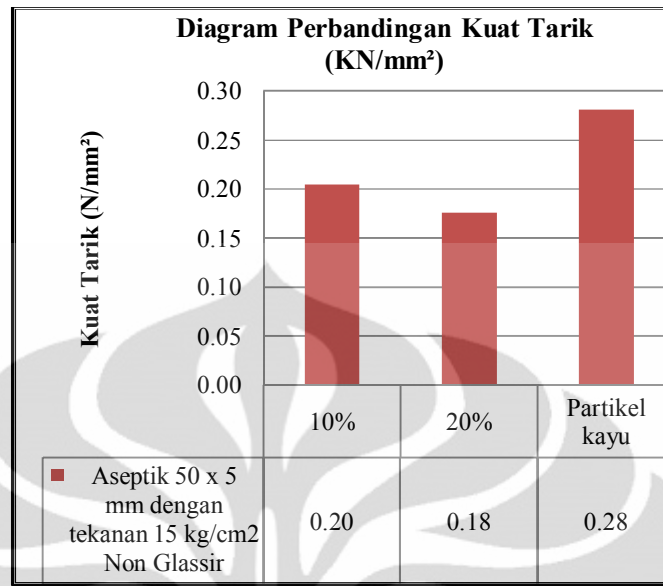
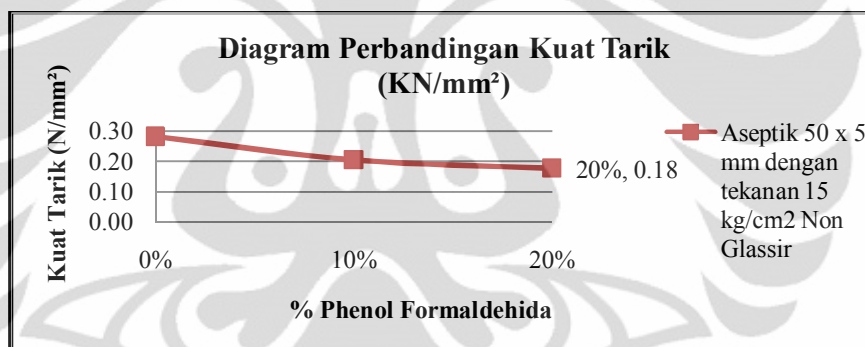
Dari gambar diagram batang 4.28 dan grafik 4.7 dapat dilihat pada campuran phenol formaldehida 40 % *internal bond*nya paling besar. Jadi Penambahan phenol formaldehida mengakibatkan nilai *internal bond*nya meningkat rata-rata peningkatannya 217% tetapi nilai *internal bond*nya tetap kecil dan tidak memenuhi standar yang ada. Nilai *internal bond* pada benda uji yang diglassir *internal bond*nya meningkat ini disebabkan glassir menambah daya rekat benda uji sehingga nilainya meningkat. Nilai *intrernal bond* yang kecil disebabkan kerapatan benda uji yang rata-rata hanya 0.6 gr/cm³ sedangkan seharusnya 0.8 gr/cm³ ini karena campuran benda uji menggunakan perbandingan berat dan karena tebalnya 1.5 cm.

Tabel 4.36. Hasil uji *internal bond* (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1				Benda Uji 2			
			p (cm)	l (cm)	B (kg)	Kuat Tarik (Kgf/cm ²)	p (cm)	l (cm)	B (kg)	Kuat Tarik (Kgf/cm ²)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	4.76	4.90	48.65	2.09	4.70	4.70	46.62	2.11
		20%	4.75	4.80	39.78	1.74	4.80	4.75	40.04	1.76
Partikel Kayu	15 kg/cm ²	Partikel Kayu	4.90	5.00	89.10	3.64	4.95	5.01	53.29	2.15

(Tabel 4.36. Hasil Uji *internal bond* (b) sambungan)

Benda Uji 3				Kuat Tarik (N/mm ²)			Rata-Rata	$\Sigma(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
p (cm)	l (cm)	B (kg)	Kuat Tarik (Kgf/cm ²)	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3			SD= $\sqrt{\frac{\Sigma(xi-X)^2}{N}}$		
4.85	4.80	45.10	1.94	0.21	0.21	0.19	0.20	0.000	0.008	0.21	0.20
4.70	4.75	39.52	1.77	0.17	0.18	0.18	0.18	0.000	0.001	0.18	0.17
4.92	5.02	65.30	2.64	0.36	0.21	0.26	0.28	0.011	0.062	0.34	0.22

Diagram 4.29. Pengujian *internal bond*Grafik 4.8. Pengujian *internal bond***Analisa Percobaan :****Berdasarkan Persyaratan**

Dari perhitungan tabel 4.36 di atas semua benda uji *internal bond* berdasarkan JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006 memenuhi persyaratan. Untuk campuran perekat 10% masuk tipe 13 yaitu minimal 0.2 N/mm², campuran 20% masuk tipe 8 yaitu minimal 0.15 N/mm² sedangkan untuk papan partikel kayu lapis venir tidak masuk persyaratan di mana minimal 0.3 N/mm².

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.29 dan grafik 4.8 dapat dilihat untuk papan partikel kayu lapis venir mempunyai *internal bond* yang terbesar dibandingkan dengan benda uji perekat 10% dan 20%. Bila dibandingkan dengan perekat 30%,

35% dan 40% ternyata *internal bond* 10% perekat mempunyai nilai kekuatan yang terbesar dan perbedaan jauh sekali dengan campuran 30%, 35% dan 40% ini disebabkan kerapatan benda uji 10% phenol formaldehida lebih besar dari kerapatan benda uji yang lain yaitu 0.8 gr/cm^3 , lapisan plastik pada kotak aseptik dapat berperan sebagai perekat dan berfungsi optimal bila perekat phenolnya 10% atau kurang dari 10%, karena benda uji yang dibuat menggunakan perbandingan berat jadi semakin banyak perekat yang digunakan semakin sedikit kotak aseptik yang digunakan sehingga kerapatannya berkurang, karena tebal benda uji campuran 10% adalah 1cm sehingga lebih kuat dan tekanannya 15 kg/cm^2 .

4.5.4. Uji Cabut Sekrup

Tabel 4.37. Hasil uji cabut sekrup (a)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2			Benda Uji 3		
			B1 (Kgf)	B2 (Kgf)	B rata2 (kgf)	B1 (Kgf)	B2 (Kgf)	B rata2 (kgf)	B1 (Kgf)	B2 (Kgf)	B rata2 (kgf)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	10 kg/cm^2	30%	31.13	39.68	35.41	44.01	42.86	43.43	40.41	45.56	42.99
		35%	28.05	27.86	27.95	34.85	28.88	31.87	30.99	33.32	32.16
		40%	31.16	31.81	31.49	32.02	28.75	30.38	24.03	30.99	27.51
Aseptik 50mm x 5mm Glassir	10 kg/cm^2	30%	34.21	35.62	34.92	37.77	31.06	34.42	33.01	30.93	31.97
		35%	20.48	35.69	28.08	23.21	33.46	28.33	34.32	23.23	28.78
		40%	25.40	23.34	24.37	24.20	20.93	22.56	23.21	23.43	23.32

(Tabel 4.37. Hasil uji cabut sekrup (a) sambungan)

Cabut Sekrup (Kgf)			Rata2 Cabut Sekrup (N)	Standar JIS Tipe Papan	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3				SD= $\sqrt{(\sum(xi-X)^2/N)}$		
35.41	43.43	42.99	406.10	13	4071.419	36.839	442.93	369.26
27.95	31.87	32.16	306.59	8	1101.431	19.161	325.75	287.43
31.49	30.38	27.51	297.94	-	842.902	16.762	314.70	281.18
34.92	34.42	31.97	337.67	8	108.813	6.023	493.30	481.26
28.08	28.33	28.78	283.98	-	180.928	7.766	408.10	392.57
24.37	22.56	23.32	234.18	-	929.845	17.605	218.65	183.44

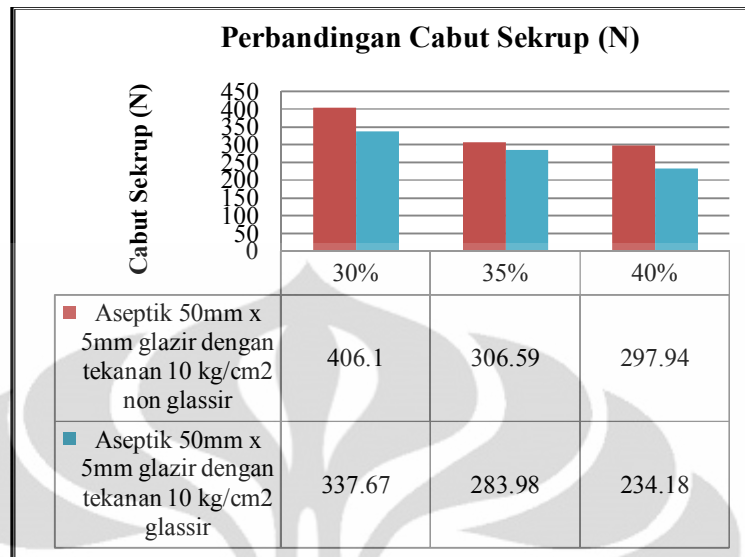
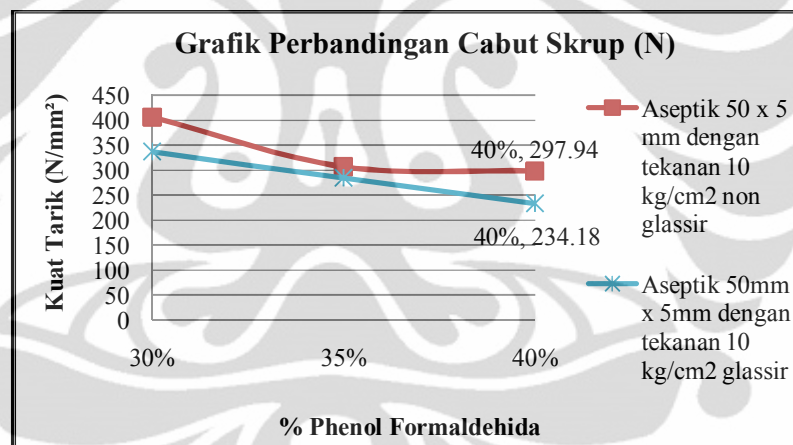


Diagram 4.30. Pengujian cabut sekrup



Grafik 4.9. Pengujian cabut sekrup

Analisa Percobaan :

Berdasarkan Persyaratan

Dari perhitungan tabel 4.37 di atas pada uji cabut skrup JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ didapat pada campuran 30% phenol formaldehida sesuai dengan tipe 13 yaitu standar minimal 400 N, untuk 35% phenol formaldehida sesuai dengan tipe 8 yaitu standar minimal 300 N sedangkan dengan benda uji yang diglassir ternyata hanya pada campuran 30% yang memenuhi persyaratan yaitu masuk tipe 8 di

mana standar minimal 300 N sedangkan yang lain tidak sesuai dengan standar minimal.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.30 dan grafik 4.9 dapat dilihat dengan semakin banyaknya campuran perekat atau phenol formaldehidanya ternyata menurunkan kekuatan benda uji sehingga didapat nilai kuat cabut sekrup terbesar pada campuran 30% phenol formaldehida. Penyebabnya adalah kerapatan benda uji yang semakin kecil bila campuran phenol formaldehidanya semakin besar, karena mix *design* benda uji menggunakan perbandingan berat sehingga semakin banyak phenol formaldehida menurunkan nilai kerapatan dan berbanding lurus dengan kekuatannya. Dari diagram 4.30 dan grafik 4.9 ternyata nilai gaya cabut sekrup benda uji yang diglassir lebih kecil dari pada yang tidak diglassir, jadi penglassiran tidak meningkatkan nilai gaya cabut sekrup.

Tabel 4.38. Hasil uji cabut sekrup (b)

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Benda Uji 1			Benda Uji 2			Benda Uji 3		
			B1 (Kgf)	B2 (Kgf)	B rata2 (Kgf)	B1 (Kgf)	B2 (Kgf)	B Rata2 (Kgf)	B1 (Kgf)	B2 (Kgf)	B rata2 (Kgf)
Aseptik 50mm x 5mm Non Glassir	15 kg/cm ²	10%	69.64	68.39	69.02	62.11	60.70	61.41	68.14	62.27	65.21
		20%	49.80	44.78	47.29	56.28	57.76	57.02	36.66	51.76	44.21
Partikel Kayu	15 kg/cm ²	-	103.17	129.53	116.35	106.44	92.23	99.34	101.33	109.63	105.48

(Tabel 4.38. Hasil uji cabut sekrup (b) sambungan)

Cabut Sekrup (kgf)			Rata2 Cabut Sekrup (N)	Standar JIS Tipe Papan	$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi	X+SD	X-SD
Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3				$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2)/N}$		
69.02	61.41	65.21	652.09	18	2894.359	31.061	683.15	621.03
47.29	57.02	44.21	495.05	13	8938.567	54.585	549.63	440.46
116.35	99.34	105.48	1070.57	30-15	14843.892	70.342	1140.91	1000.23

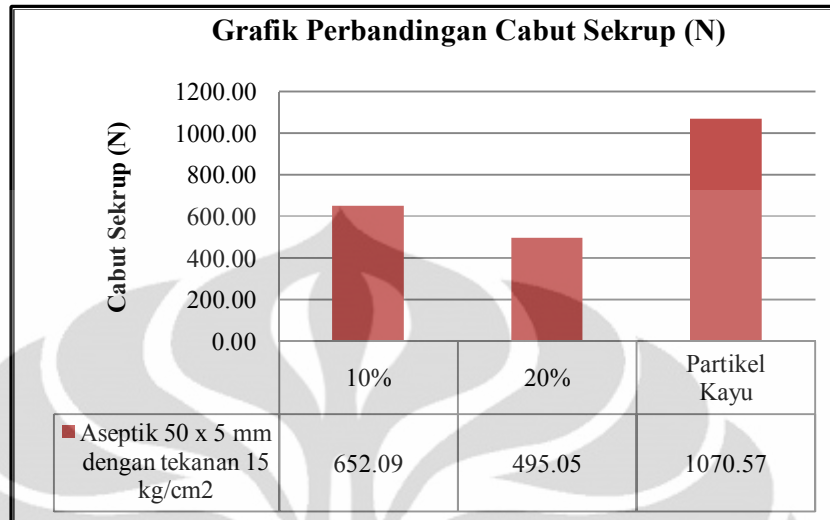
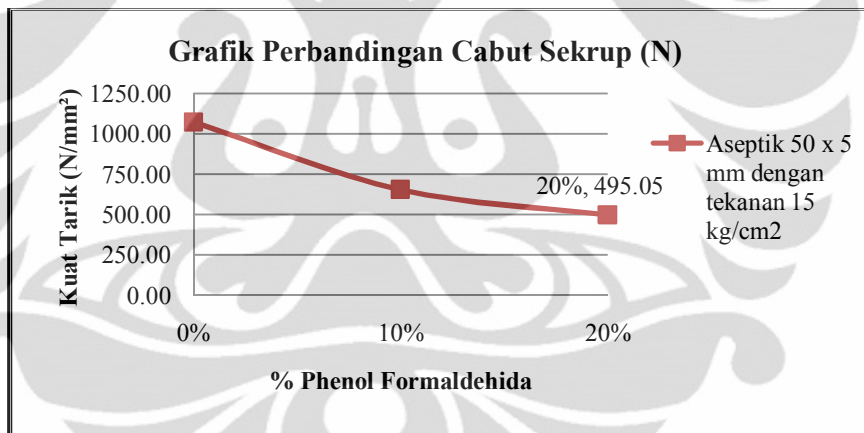


Diagram 4.31. Pengujian cabut sekrup



Grafik 4.10. Pengujian cabut sekrup

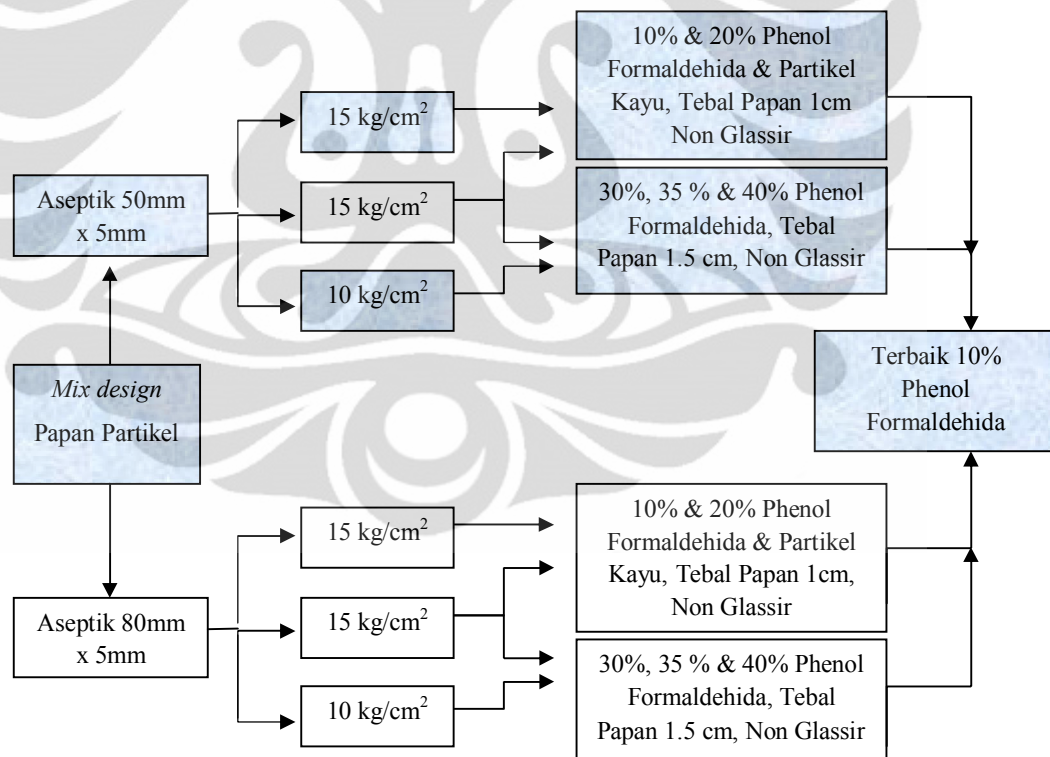
Analisa Percobaan :**Berdasarkan Persyaratan**

Dari perhitungan tabel 4.38 di atas semua benda uji cabut sekrup sesuai standar JIS A 5908:2003. Campuran 10% masuk tipe 18 dengan standar minimal 500 N, campuran 20% masuk tipe 13 standar minimal 400 N, sedangkan benda uji partikel kayu lapis venir memenuhi standar venir tipe 30-15 yaitu minimal 500 N.

Berdasarkan Campuran Benda uji

Dari gambar diagram batang 4.31 dan grafik 4.10 di atas sejalan dengan percobaan campuran 30%, 35% dan 40% dengan semakin sedikit campuran perekatnya semakin besar nilai gaya cabut sekrupnya, sehingga didapat pada campuran 10% phenol formaldehida paling besar nilai kekuatan gaya cabut sekrupnya dibandingkan campuran perekat yang lain. Bila dibandingkan dengan nilai gaya cabut sekrup benda uji partikel kayu lapis venir, mempunyai perbedaan yang cukup besar di mana nilai benda uji partikel kayu lapis venir mempunyai nilai kekuatan gaya cabut sekrup yang terbesar. Ini dikarenakan benda uji menggunakan partikel kayu dan dilapisi venir sehingga memberi kekutaan yang besar terutama lapis venirnya yang cukup keras dan kuat.

4.5.5 Uji Beban Garis



Gambar 4.12. Flow chart mix design papan partikel cacah kotak aseptik

Dari gambar 4.11 kotak yang diberi warna adalah campuran yang diujikan dalam pembahasan ini dan hasil yang terbaik papan cacah kotak aseptik yaitu 10% phenol formaldehida, begitu pula untuk campuran papan partikel cacah kotak aseptik yang lain ternyata pada campuran 10% phenol formaldehida yang terbaik karena itu untuk uji beban garis digunakan campuran 10% phenol formaldehida, aseptik 50 mm x 5 mm, tekanan 15 kg/cm² dan tebal papan 1 cm.

Percobaan awal untuk mengetahui beban 200% yang dapat dipikul papan partikel yang dilakukan secara monotonik.

Tabel 4.39. Hasil uji percobaan awal beban garis untuk menentukan beban maksimum 200%

NO	BEBAN (N)	DIAL DI 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	0.00	-
2	249.65	0.64	-
3	480.65	1.26	-
4	711.65	1.79	-
5	942.65	2.29	-
6	1173.65	2.96	-
7	1404.65	3.53	-
8	1635.65	4.29	-
9	1866.65	5.31	-
10	2097.65	6.08	Retak awal(Hijau muda)
11	2328.65	6.31	Retak (Merah)
12	2559.65	7.26	Retak (Orange)
13	2790.65	7.62	Retak (Biru)
14	3021.65	8.32	Retak (Merah muda)
15	3252.65	9.02	Retak l(Ungu)
16	3483.65	9.38	Retak (Hijau Tua)
17	0.00	3.05	Retak (Hijau Tua)

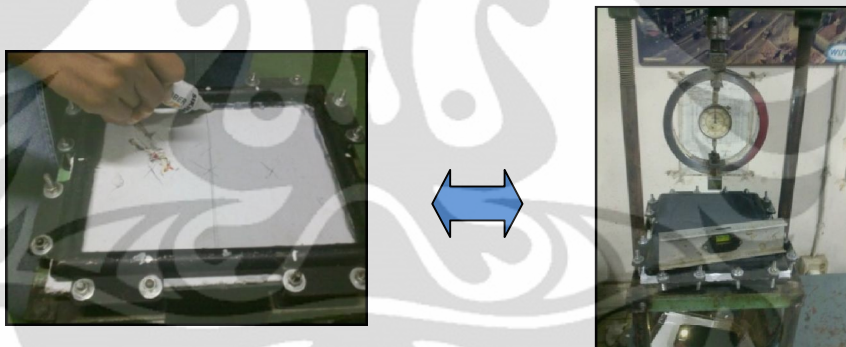
Keterangan : tanda (-) yaitu belum terjadi retak sedangkan warna hanya sebagai tanda penjalaran retak akibat pemberian secara bertahap

Dari hasil pengujian tabel 4.39 ternyata didapat beban maksimum 200 % sebesar 3483.65 N, lendutan maksimum 9.38 mm dan lendutan permanennya 3.05

mm. Retak pada papan diberi warna untuk mengetahui pada beban berapa mulai terjadi retak pada papan partikel. Setelah didapat beban maksimum 200% kita dapat menentukan beban semi siklik 25% yaitu 480.65 N, 50% yaitu 942.65 N, 75% yaitu 1404.65 N, 100% yaitu 1866.65 N, 125% yaitu 2328.65 N, 150% yaitu 2790.65 N, 175% yaitu 3252.65 N dan 200% yaitu 3714.65 N.

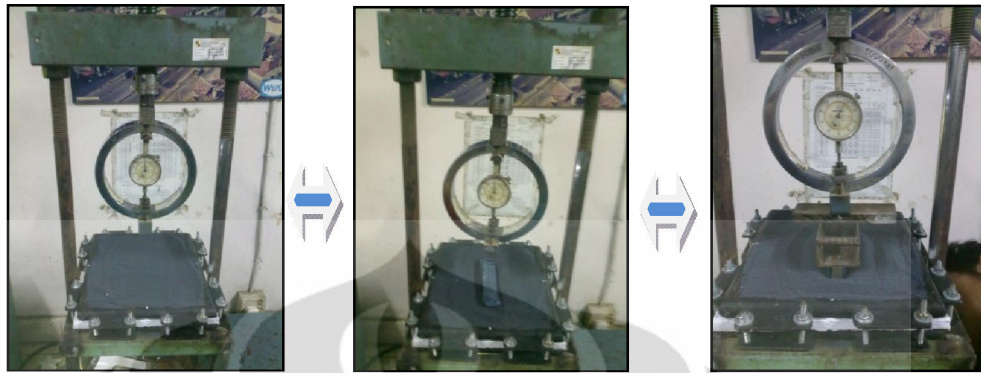
4.5.5.1 Beban Garis Pada Tengah Bentang Sisi Panjang Papan Partikel Aseptik

- Prosedur.
 1. Pemasangan benda uji ke perletakan sendi-sendi dan pemberian *sealant* agar *precious slag ball* tertahan di atas papan ketika diberi beban garis seperti gambar 4.13.



Gambar 4.13. Pemberian *sealant* pada perletakan dan pengecekan ke dataran perletakan

2. Benda uji diberi *precious slag ball* dan pengecekan ke dataran perletakan seperti gambar 4.13.
3. Benda uji alas beban garis agar beban garis tidak langsung menyentuh *precious slag ball* dan pemberian beban garis seperti gambar 4.14 .



Gambar 4.14. Pemberian *precious slag ball*, alas beban garis dan beban garis

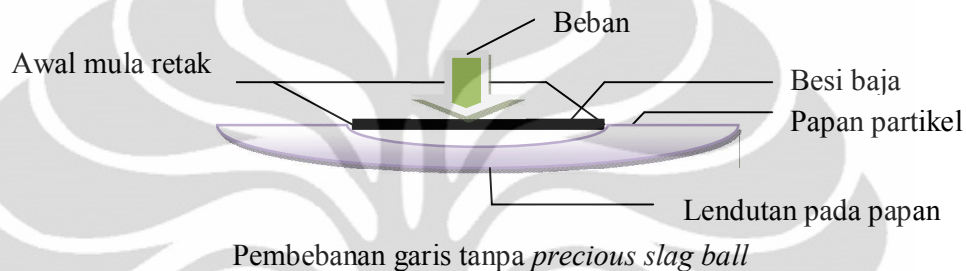
4. Benda uji diberi beban secara semi siklik per 488.7 N dengan beban garis seperti pada gambar 4.14. Beban garis yang digunakan panjangnya 12 cm dan lebarnya 0.7 cm.
5. Pemberian tanda dengan sepidol pada retak yang terjadi pada papan dan pencatatan ledutan yang terbaca pada *dial* seperti terlihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15. Pemberian tanda warna pada retak yang terjadi pada papan dan pembacaan *dial*

Sebelumnya telah dilakukan percobaan beban garis di mana beban garis membebani pada tengah bentang sisi panjang dan lebar papan partikel aseptik, tetapi pada kedua percobaan tersebut didapat pola retak yang dimulai dari ujung-ujung papan yang dibebani oleh beban garis. Berdasarkan teori seharusnya retak dimulai dari tengah papan partikel karena di tengah papan tegangan dan lendutan terbesar terjadi. Hal tersebut disebabkan karena beban garis yang digunakan

adalah bahan yang kaku dan keras yaitu besi baja dengan panjang besi pada pembebanan garis sisi lebar 15 cm dan sisi panjangnya 21 cm. Jadi pada saat papan sudah mengalami lendutan permanen, besi tidak mengikuti lendutan yang terjadi karena tertahan di ujung-ujung papan partikel sehingga retak dimulai dari ujung-ujung papan partikel seperti pada gambar di bawah ini. Perhitungan lendutan, tegangan dan pola retak beban garis di tengah bentang sisi lebar dan panjang hasil tersebut terdapat pada lampiran 3.



Sehingga untuk menghindari kesalahan pola retak maka dilakukan percobaan ulang dengan menggunakan *precious slag ball* dan alas beban garis sehingga didapat pola retak yang benar yaitu dimulai dari tengah papan karena beban mengikuti lendutan akibat diberi *precious slag ball*.

Tabel 4.40. Hasil uji percobaan beban garis

NO	25% BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL DI 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	0.00	-
2	488.7	2.30	-
3	0	0.27	-
NO	50 % BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL DI 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	0.27	
2	488.7	2.40	
3	950.7	5.16	Hijau
4	488.7	4.39	
5	0	0.96	
NO	75% BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL DI 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	0.96	
2	488.7	3.22	
3	950.7	5.62	
4	1412.7	8.59	Merah
5	950.7	7.92	
6	488.7	7.09	
7	0	2.38	

NO	100 % BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL DI 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	2.38	
2	488.7	4.11	
3	950.7	7.02	
4	1412.7	9.06	
5	1874.7	11.55	Hitam
6	1412.7	11.09	
7	950.7	10.39	
8	488.7	8.91	
9	0	3.70	
NO	125 % BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL DI 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	3.70	
2	488.7	5.84	
3	950.7	8.22	
4	1412.7	10.00	
5	1874.7	11.99	
6	2336.7	14.12	Orange
7	1874.7	13.79	
8	1412.7	13.38	
9	950.7	12.57	
10	488.7	11.19	
11	0	5.43	
NO	150 % BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL DI 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	5.43	
2	488.7	7.72	
3	950.7	9.51	
4	1412.7	11.59	
5	1874.7	13.63	
6	2336.7	15.25	
7	2798.7	17.08	Merah muda
8	2336.7	16.83	
9	1874.7	16.26	
10	1412.7	15.51	
11	950.7	14.70	
12	488.7	13.29	
13	0	7.50	
NO	175% BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL DI 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	7.50	
2	488.7	9.32	
3	950.7	10.88	
4	1412.7	12.79	
5	1874.7	14.26	
6	2336.7	15.49	
7	2798.7	17.20	
8	3260.7	19.13	Biru
9	2798.7	18.89	
10	2336.7	18.53	
11	1874.7	18.10	
12	1412.7	17.44	
13	950.7	16.47	
14	488.7	15.18	
15	0	9.68	

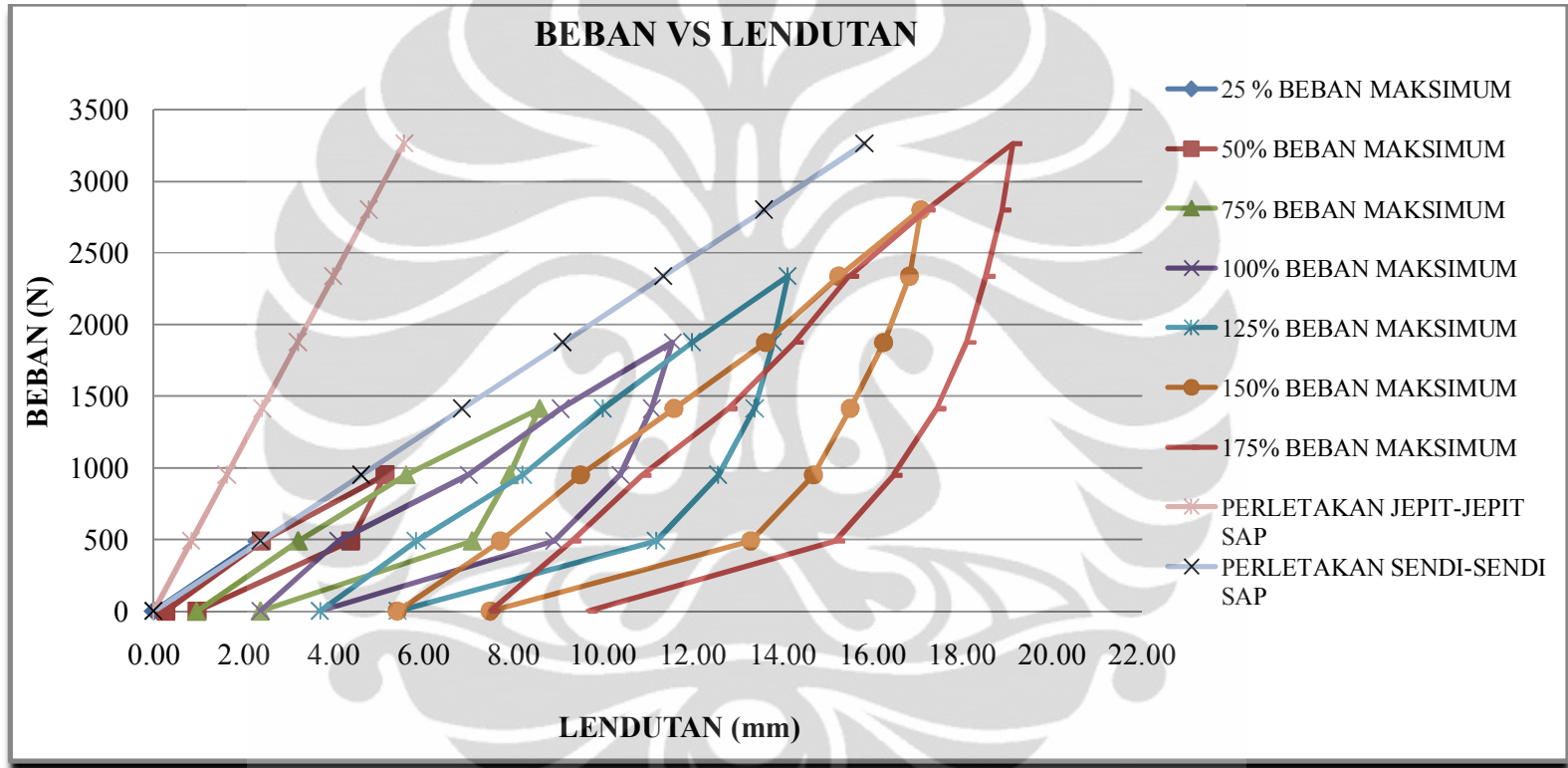
Keterangan : tanda (-) yaitu belum terjadi retak sedangkan warna hanya sebagai tanda penjalaran retak akibat pemberian beban semi siklik.

Analisa

Beban garis yang digunakan lebar permukaannya harus sebesar panjang papan dibagi 40 yaitu $28/40 = 0.7$ cm jadi maksimum permukaan beban garis yang digunakan harus lebih kecil atau sama dengan 0.7. (Rudolph, 1989.)⁽²⁹⁾. Sehingga pada saat pembebanan digunakan lebar beban garis sebesar 0.7 mm. Panjang beban garis yang digunakan 12 cm jadi beban awal $488.7 \text{ N} / 12 \text{ cm} = 40.73 \text{ N/cm}$.

Dari data tabel 4.40 di atas dapat diketahui bahwa pada pembebanan garis ditengah bentang sisi panjang dengan beban semi siklik sampai mencapai 175 % beban maksimum didapat:

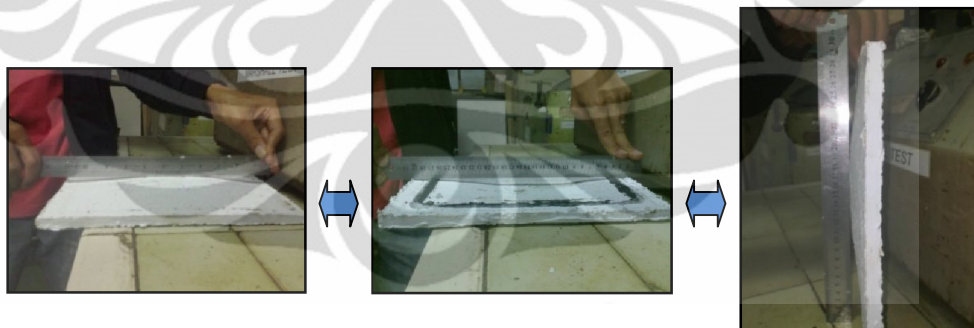
1. Beban maksimum mencapai 3260.7 N dan Lendutan permanen terjadi mulai dari pembebanan 488.7N pada 25% beban maksimum yaitu sebesar 0.27 mm.
3. Mulai terjadi retak saat papan menerima beban sebesar 950.7 N.
4. Lendutan maksimum yang diperoleh sebesar 19.13 mm dan lendutan permanen maksimum 9.68 mm.



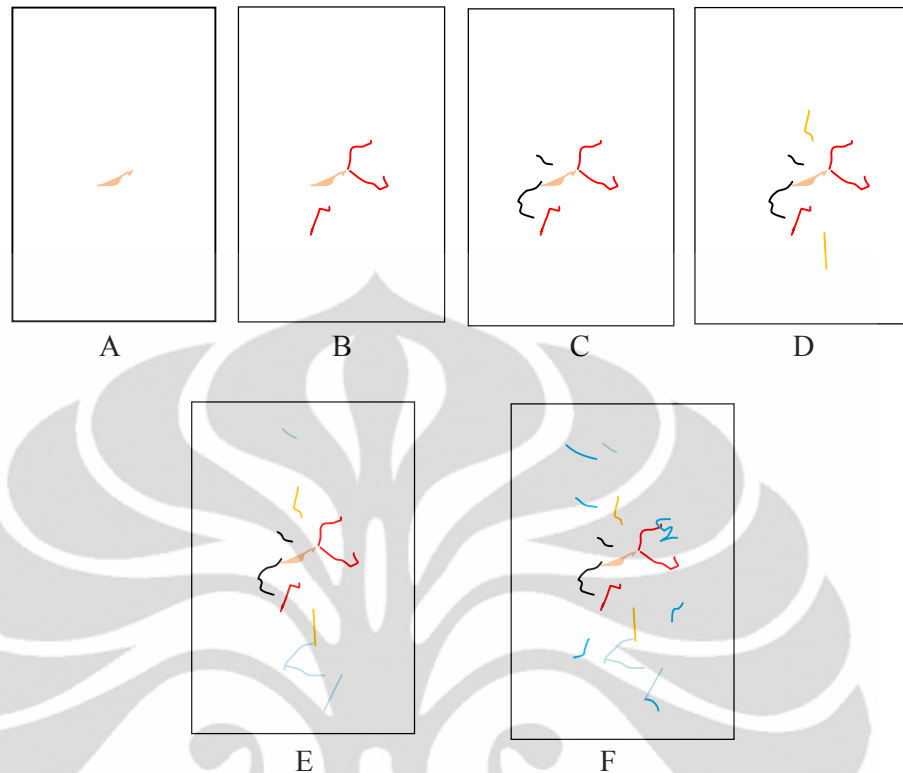
Grafik 4.11 Beban vs lendutan pengujian beban garis

Papan partikel menggunakan perletakan sendi di ke-empat sisinya sehingga papan lebih kuat menahan beban garis. Dilihat dari grafik 4.11 beban vs lendutan papan partikel cacah kotak aseptik cukup elastis karena dapat kembali lagi ke bentuk semula setelah dibebani contohnya pada saat beban sudah mencapai 488.7 N lendutan permanennya masih sangat kecil yaitu 0.27 mm.

Dari grafik 4.11 didapat perletakan sendi-sendi dengan perhitungan program SAP versi 14 lebih mendekati nilainya dibandingkan perletakan jepit yang dihitung juga dengan program SAP. Di mana dengan mengasumsikan perletakan sendi-sendi lendutan awalnya hanya berbeda 3.91 % sedangkan bila diasumsikan perletakan jepit – jepit bebeda 63.48 % lendutan awalnya. Jadi perletakan yang digunakan dalam percobaan adalah perletakan sendi – sendi. Semakin besar beban yang dipikul papan pada percobaan semi siklik di lapangan semakin besar perbedaan lendutannya seperti pada beban maksimum perbedaan lendutan antar perletakan sendi-sendi perhitungan SAP dan percobaan di lapangan sebesar 17.25 % dimana pengujian di lapangan lebih besar lendutannya. Hal itu disebabkan perhitungan SAP versi 14 merupakan perhitungan *linear* sedangkan pada percobaan pembebanan semi siklik adalah perhitungan *non linear*



Gambar 4.16. Lendutan pada papan partikel

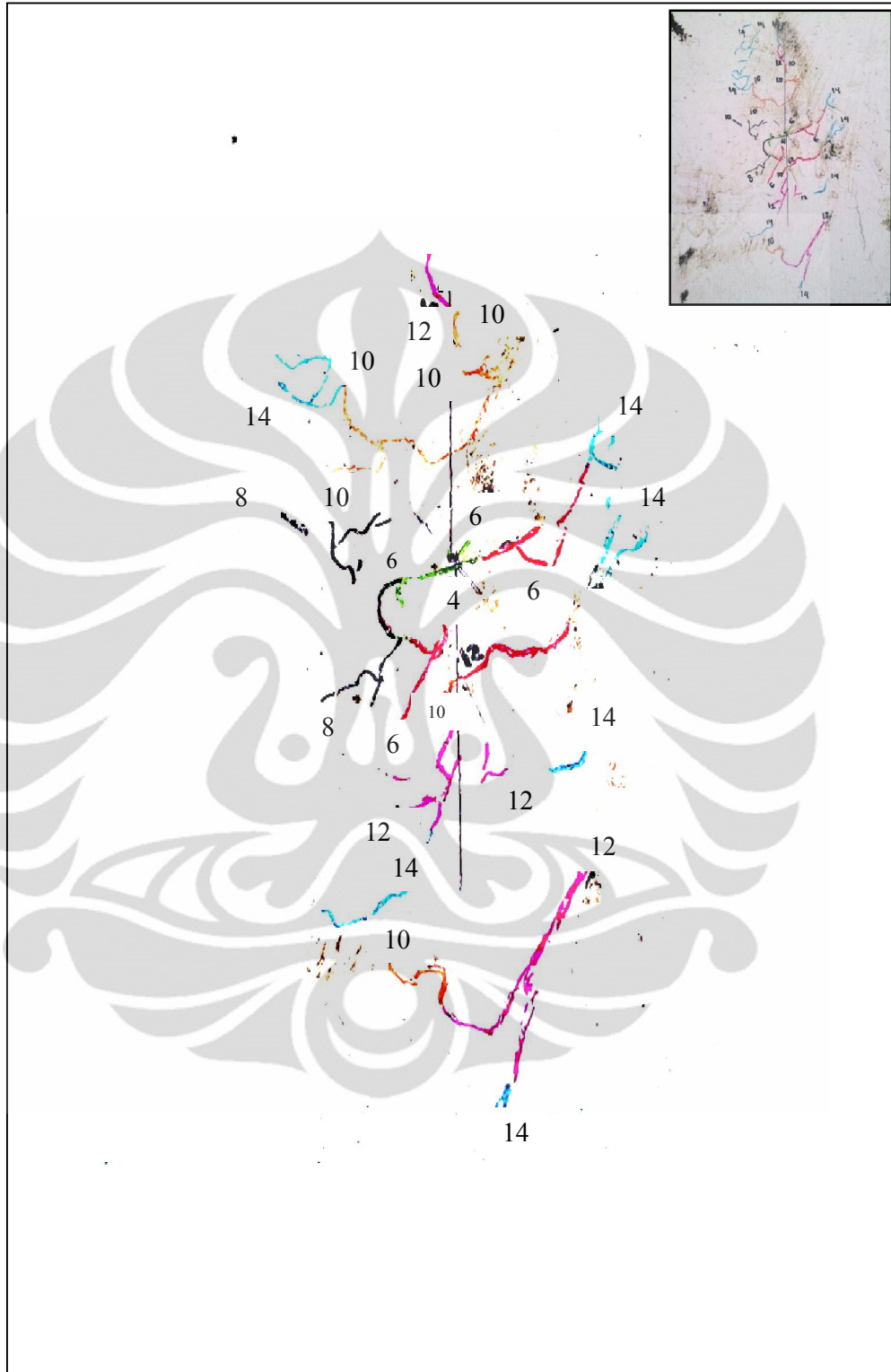


Gambar 4.17. Pemberian tanda warna pola retak pada papan partikel bagian atas dengan beban garis pada sisi panjang papan

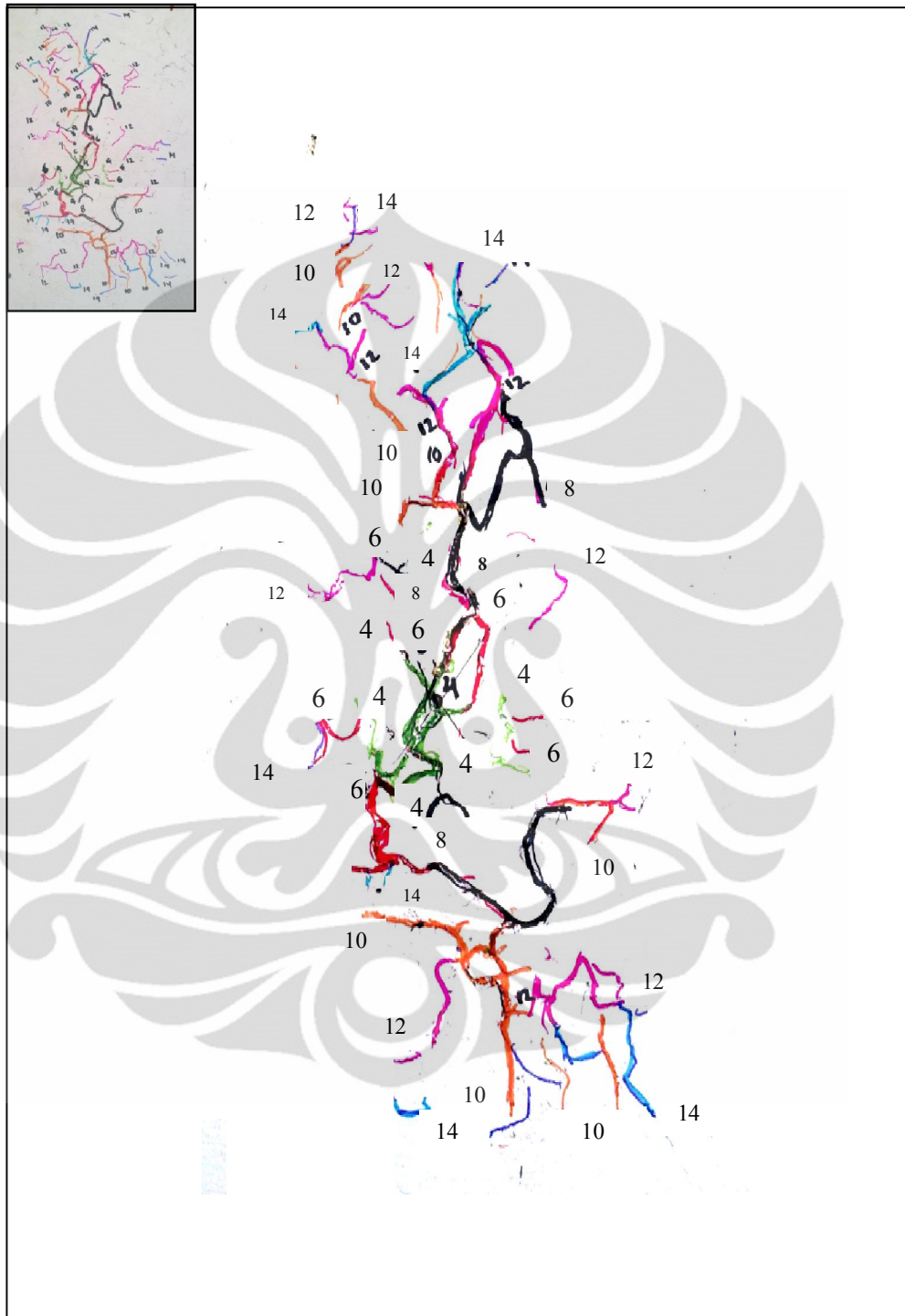
Keterangan :

A = Beban semi siklik 50 %, B = beban semi siklik 75 %, C = beban semi siklik 100%, D = beban semi siklik 125 %, E = beban semi siklik 150 % dan F = beban semi siklik 175 % beban maksimum.

Dari gambar 4.16 terlihat lendutan yang terjadi pada papan di mana sisi bawah cembung dan sisi atasnya cekung yang artinya sisi atas tertekan sedangkan sisi bawah tertarik. Pada gambar 4.17 terlihat mulai terjadi retak pada beban 50% beban maksimum atau pada beban 950.7 N. Di mana retak dimulai dari tengah papan partikel dan semakin besar pembebanannya semakin jauh pola retak yang terjadi. Warna pada papan adalah penandaan retak yang terjadi pada papan berdasarkan beban yang dipikul papan partikel.



Gambar 4.18. Penjalaran pola retak bagian atas papan partikel



Gambar 4.19. Penjalaran pola retak bagian bawah papan partikel

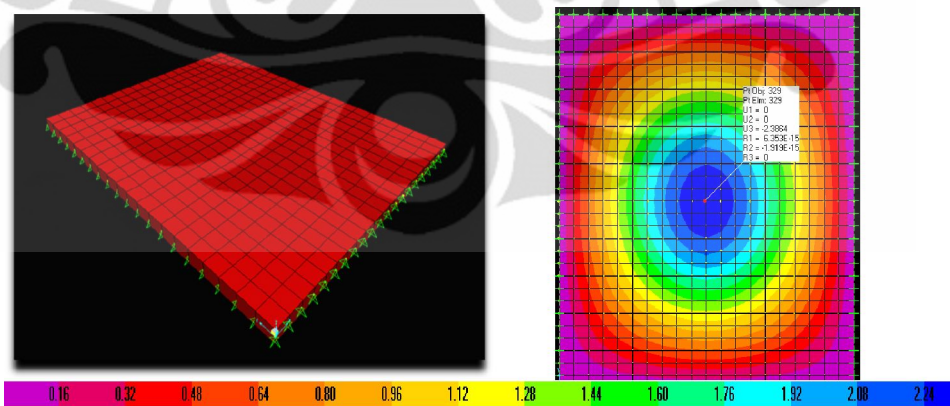
Keterangan : Angka 4 = 950.7 N, angka 6 = 1412.7 N, angka 8 = 1874.7 N, angka 10 = 2336.7N, angka 12 = 2798.7 dan angka 14 = 3260.7 N.

Analisa pola retak

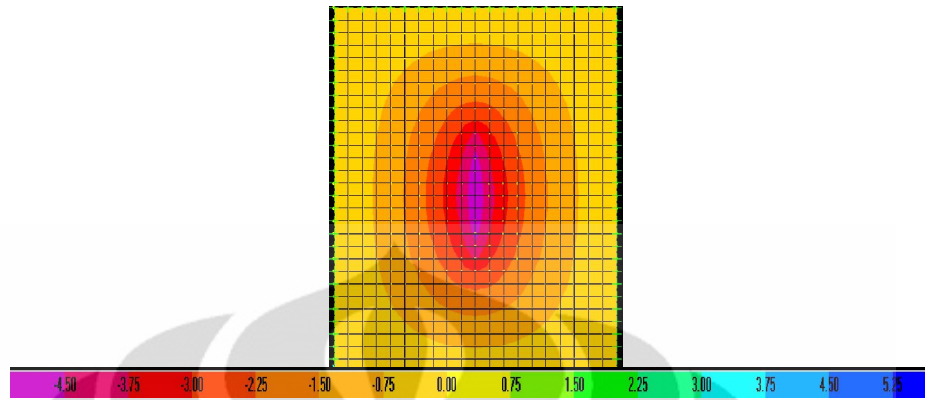
Dari hasil uji beban garis didapat pada bagian atas papan retaknya lebih sedikit dari pada bagian bawah papan yang retaknya lebih banyak seperti gambar 4.18 dan gambar 4.19. Hal tersebut dikarenakan pada bagian atas papan tertekan dan bagian bawah papan tertarik, papan partikel lebih kuat menahan tekan dari pada menahan tarik sehingga retak pada bagian yang mengalami tarik lebih banyak dibandingkan daerah yang mengalami tekan.

Retak yang terjadi dimulai dari titik di tengah papan lalu merambat ke pinggir papan, jadi dengan semakin banyak beban yang dipikul papan retak yang terjadi semakin jauh dari pusat pembebanan, hal itu disebabkan pada titik di tengah papan terjadi tegangan, lendutan dan momen yang terbesar pada papan partikel yang disebabkan oleh beban garis yang membebani papan partikel pada tengah papan partikel sisi panjang papan. Sehingga retak yang terjadi dimulai dari titik tengah papan partikel sesuai gambar 4.18 dan 4.19 di mana semakin besar angka yang terdapat pada gambar berarti beban yang dipikul semakin besar dan retak yang terjadi semakin jauh dari titik di tengah papan partikel cacah kotak aseptik.

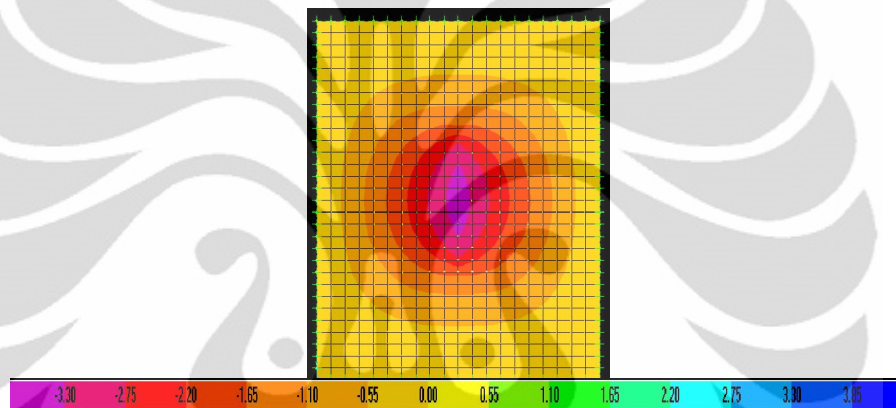
Hasil perhitungan lendutan SAP 2000 versi 14⁽²³⁾ papan partikel aseptik dengan perletakan sendi-sendi



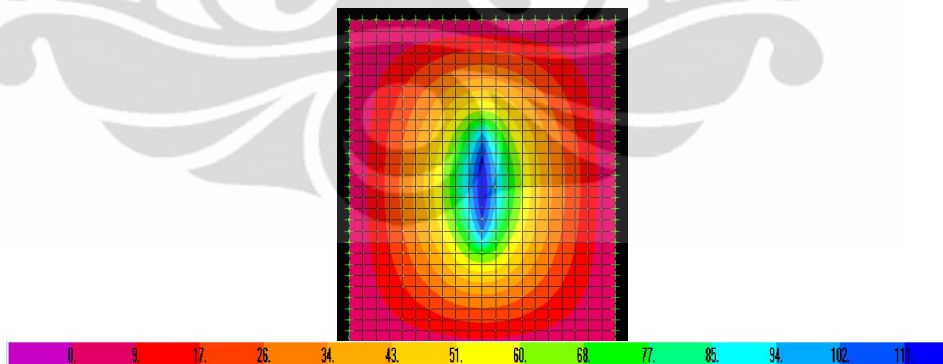
Gambar 4.20. Papan partikel 200 x 250 mm dan lendutan pada beban 488.7 N



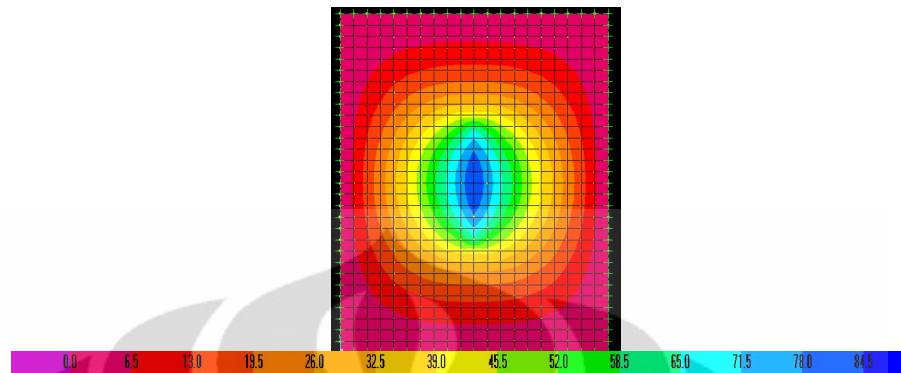
Gambar 4.21. Tegangan S11 pada beban 488.7 N



Gambar 4.22. Tegangan S22 pada beban 488.7 N

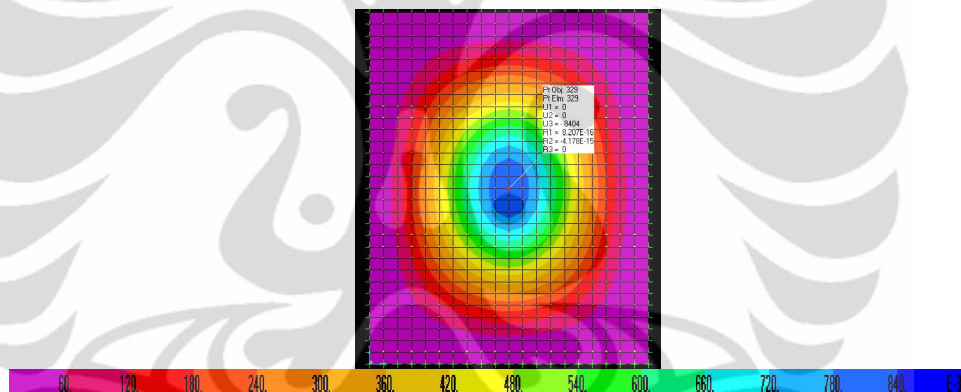


Gambar 4.23. Momen M11 pada beban 488.7 N

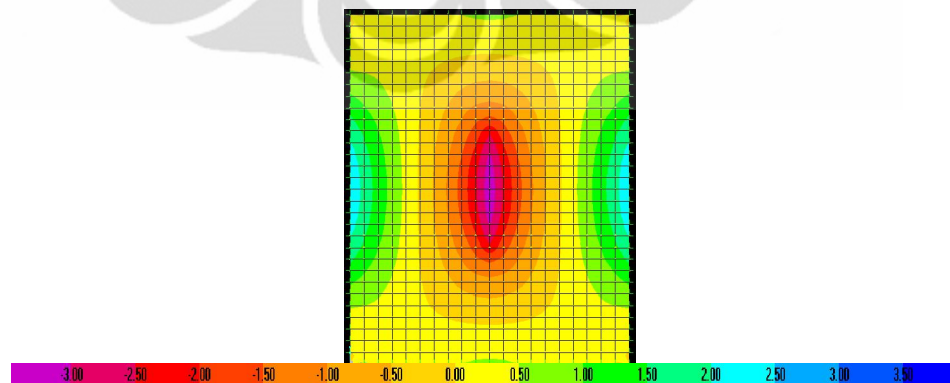


Gambar 4.24. Momen M22 pada beban 488.7 N

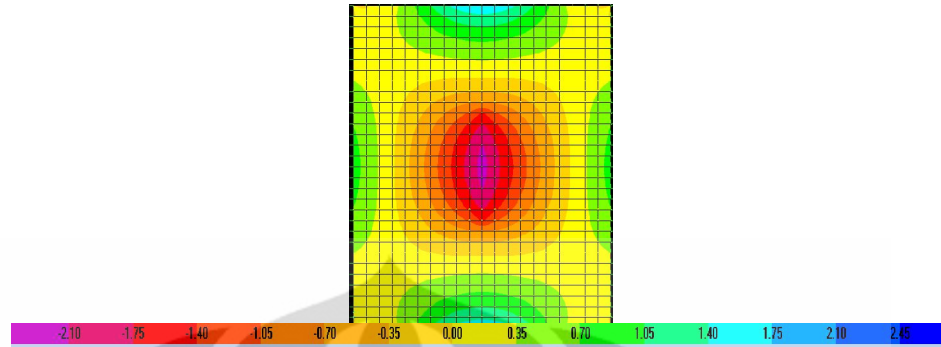
Hasil perhitungan lendutan SAP 2000 versi 14⁽²³⁾ papan partikel aseptic dengan perletakan jepit - jepit



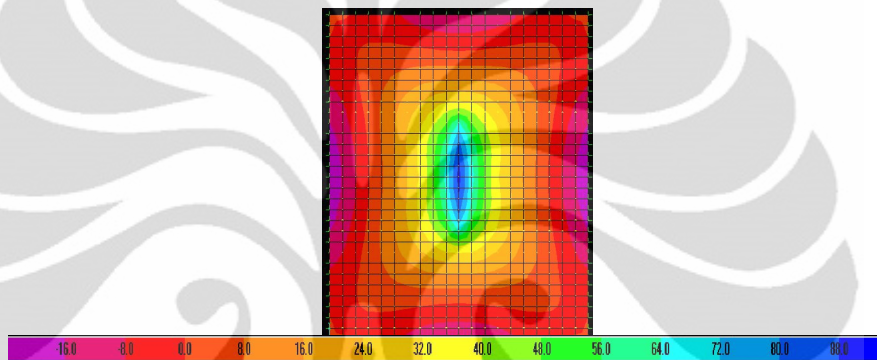
Gambar 4.25. Lendutan pada beban 488.7 N



Gambar 4.26. Tegangan S11 pada beban 488.7 N



Gambar 4.27. Tegangan S22 pada beban 488.7 N



Gambar 4.28. Momen max pada beban 488.7 N

Analisa Lentutan Awal Dibandingkan Dengan Program SAP

Dari gambar 4.20 lentutan, gambar 4.23 dan 4.24 momen, dan gambar 4.21 dan 4.22 tegangan yang terjadi pada perhitungan SAP yaitu nilai terbesar terdapat pada titik di tengah bentang papan partikel sisi panjang dan semakin jauh dari titik tersebut lentutan, tegangan dan momennya semakin kecil. Pada percobaan pembebanan yang dilakukan adalah pembebanan semi siklik sehingga lentutannya yang didapat *non linear* sedangkan pada saat perhitungan SAP digunakan perhitungan *linear* di mana perhitungan SAP lentutannya lebih kecil dibandingkan percobaan di lapangan. Pada percobaan yang dilakukan sejalan dengan perhitungan SAP yaitu lentutan, tegangan dan momen terbesar terletak di titik tengah papan dan semakin jauh dari titik tersebut nilainya semakin kecil.

Dari hasil perhitungan SAP perletakan sendi-sendi lebih mendekati lentutannya dengan percobaan di lapangan yaitu hanya berbeda 3.91 % dari pada perletakan jepit-jepit yang berbeda 63.48 % seperti gambar 4.20, 4.25, 4.26, 4.27 dan 4.28. Jadi perletakan yang digunakan adalah sendi- sendi.

Universitas Indonesia

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh pengujian didapat hasil terbaik dari segi uji kimia, fisik dan mekanik adalah campuran 10% phenol formaldehida, tebal papan 1 cm dan tekanan 15 kg/cm². Tetapi berdasarkan hipotesa yang dibuat seperti terdapat pada sub bab 1.4 campuran 10% phenol formaldehida belum yang terbaik dari segi standar JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006. Jadi diperlukan pengujian yang lebih lanjut.

Dari pengujian di Laboratorium Bahan, Struktur dan Material jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan di Laboratorium Biokomposit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Maka didapatkan beberapa kesimpulan dari pengujian tersebut antara lain :

a. Pengujian Fisik

Dari pengujian yang telah dilakukan didapat beberapa kesimpulan, kesimpulan yang didapat antara lain:

- Pengujian Mutu Penampilan

Dari hasil analisis didapatkan pada campuran perekat phenol formaldehida 10% didapat penampilan terbaik yaitu mutu A berdasarkan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ dibandingkan campuran perekat phenol formaldehida 20%, 30%, 35% dan 40%. Sedangkan Mutu terburuk pada campuran perekat phenol formaldehida 35 % dengan mutu D.

- Pengujian Dimensi

Pada campuran perekat phenol formaldehida 10% memenuhi persyaratan ukuran panjang, lebar, tebal dan kesikuan, sedangkan campuran yang lain tidak semua memenuhi persyaratan seperti campuran 20%, 30% dan 35% dan campuran 40% phenol formaldehida tidak memenuhi persyaratan JIS A 5908:2003. Jadi dari segi uji dimensi yang terbaik adalah campuran 10% phenol formaldehida.

- Pengujian Kerapatan

Dari hasil uji kerapatan didapat kerapatan terbaik pada campuran phenol formaldehida 10%, aseptik 50 mm x 5 mm, non glassir dengan tebal papan 1cm dan tekanan 15 kg/cm² yaitu 0.82 gr/cm³ sedangkan kerapatan terkecil pada campuran phenol formaldehida 40%.

- Pengujian Kadar Air

Dari pengujian kadar air didapat kadar air terkecil pada campuran phenol formaldehida 10% sedangkan terbesar pada campuran phenol formaldehida 40%. Jadi didapat kadar air terbaik dan sesuai peraturan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ yaitu pada campuran 10% phenol formaldehida, non glassir dengan tebal papan 1cm dan tekanan 15 kg/cm².

- Pengujian Pengembangan Tebal

Pada pengujian pengembangan tebal didapat pengembangan tebal terbesar pada 30% phenol formaldehida non glassir, sedangkan terkecil pada 40% phenol formaldehida galssir. Sedangkan pada campuran 10% phenol formaldehida non glassir pengembangan tebalnya bila dibandingkan dengan campuran 30% non glassir pengembangannya lebih kecil. Jadi penggunaan glassir cukup efektif mengurangi pengembangan tebal.

- Pengujian Daya Serap

Berdasarkan pengujian daya serap didapat daya serap terbaik adalah pada campuran 40% phenol formaldehida glassir, sedangkan terjelek pada campuran 30% phenol formaldehida non glassir. Jadi penggunaan glassir dapat memperkecil daya serap. Pada 10% phenol formaldehida didapat daya serap yang lebih kecil dibandingkan dengan tebal papan 1.5 cm dan tekanan 10 kg/cm² pada campuran 30%, 35% dan 40% phenol formaldehida non glassir.

- b. Pengujian Kimia

Dari pengujian emisi pada campuran phenol formaldehida 20% dan 40% didapat hasil kadar emisi yang berdasarkan JIS A – 1460 – 2001^(21, 22) masuk pada kategori F^{☆☆☆☆}, maksudnya dengan jumlah bintang yang semakin banyak berarti emisinya kecil dan tidak berbahaya bila digunakan.

- c. Pengujian Mekanik

Dari pengujian yang telah dilakukan didapat beberapa kesimpulan, kesimpulan yang didapat antara lain:

- Pengujian Kuat Lentur Kering Pada Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat

Berdasarkan pengujian kuat lentur didapat kuat lentur pada campuran 10% phenol formaldehida non glassir dengan tebal papan 1 cm dan tekanan 15 kg/cm² mempunyai kuat lentur terbesar dan memenuhi persyaratan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾, bila dibandingkan dengan campuran 20%, 30%, 35% dan 40% dengan tebal papan 1.5 cm dan tekanan 10 kg/cm², tetapi bila dibandingkan dengan papan partikel kayu kuat lenturnya yang terbesar.

- Pengujian Modulus Elastisitas Pada Sisi Tebal Menerima Beban Terpusat

Berdasarkan pengujian modulus elastisitas didapat modulus terbaik berdasarkan cara *tangent* adalah campuran 10% phenol formaldehida non glassir dengan tebal papan 1 cm dan tekanan 15 kg/cm² bila dibandingkan campuran 20%, 30%, 35% dan 40% dengan tebal papan 1.5 cm dan tekanan 10 kg/cm². Tetapi bila dibandingkan dengan papan partikel kayu, papan partikel kayu mempunyai modulus yang terbesar.

- Pengujian Kuat Lentur Kering Pada Sisi Lebar Menerima Beban Terpusat

Berdasarkan pengujian kuat lentur didapat kuat lentur pada campuran 10% phenol formaldehida non glassir dengan tebal papan 1 cm dan tekanan 15 kg/cm² mempunyai kuat lentur terbesar, bila dibandingkan dengan campuran perekat yang lain dengan tebal papan 1.5 cm dan tekanan 10 kg/cm². Semua campuran tidak memenuhi persyaratan JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾. Sedangkan papan partikel kayu lapis venir memenuhi persyaratan tipe 30-15. Bila dibandingkan dengan kuat lentur sisi tebal, kuat lentur sisi lebar lebih kecil nilai kuat lenturnya berarti sisi lebar merupakan sisi yang terlemah dari papan partikel.

- Pengujian Modulus Elastisitas Pada Sisi lebar Menerima Beban Terpusat

Berdasarkan pengujian modulus elastisitas didapat modulus terbaik berdasarkan cara *tangent* adalah campuran 10% phenol formaldehida non glassir dengan tebal papan 1 cm dan tekanan 15 kg/cm² bila dibandingkan campuran 20%, 30%, 35% dan 40% dengan tebal papan 1.5 cm dan tekanan 10 kg/cm². Sisi lebar merupakan sisi terlemah dibandingkan sisi tebal dan semakin sedikit penggunaan perekat phenol, dengan tebal 1 cm dan tekanan 15 kg/cm² ternyata mempunyai modulus elastisitas yang lebih besar.

- Pengujian Kuat Tarik Tegak Lurus Permukaan (*Internal bond*)

Berdasarkan pengujian kuat tarik tegak lurus permukaan didapat kuat tarik terbesar pada campuran perekat 10% phenol formaldehida dengan tebal papan 1 cm dan tekanan 15 kg/cm², sedangkan terkecil campuran perekat 30% phenol formaldehida non glassir. Dari hasil percobaan dapat disimpulkan semakin sedikit perekat, tekanan 15 kg/cm² dan tebal papan 1 cm mempunyai kuat tarik yang lebih besar.

- Pengujian Cabut Sekrup

Dari pengujian cabut sekrup didapat gaya cabut sekrup terbesar pada campuran perekat 10% phenol formaldehida non glassir dengan tebal papan 1 cm dan tekanan 15 kg/cm², tetapi bila dibandingkan dengan papan partikel kayu didapat papan partikel kayu yang terbesar. Jadi dengan perekat yang sedikit, tekanan 15 kg/cm², dan tebal papan 1 cm mempunyai nilai gaya cabut sekrup yang maksimum.

- Pengujian Beban Garis Sisi Panjang Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik

Lendutan terbesar terdapat pada titik di tengah papan partikel sisi panjang sehingga retak yang terjadi dimulai di titik tengah papan partikel pada sisi panjang papan partikel.

Papan partikel lebih kuat menahan tekan dari pada tarik sehingga pada sisi bawah yang merupakan bagian tarik retaknya lebih banyak dibandingkan bagian atas papan yang merupakan bagian tekan. Retak pada papan dimulai dari tengah papan dan menjalar ke ujung papan karena semakin jauh dari pusat pembebanan tegangan, lendutan dan momennya semakin kecil.

Dari hasil pengujian dan perhitungan SAP dapat disimpulkan perletakan yang digunakan adalah sendi- sendi. Percobaan yang dilakukan sesuai dengan teori dan perhitungan SAP yaitu tegangan, lendutan dan momen terbesar terdapat pada tengah papan dan semakin jauh dari tengah papan tegangan, lendutan dan momennya semakin kecil. Perhitungan SAP merupakan perhitungan *linear* sedangkan perhitungan beban garis semi siklik adalah perhitungan *non linear*.



5.2. Saran

- Untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanik yang lebih baik sebaiknya dilakukan pengujian lagi dengan variasi campuran yang berbeda misal pada saat menentukan campuran pada benda uji yang kami lakukan merupakan perbandingan berat antara aseptik dan perekat jadi bila kami menggunakan perekat semakin banyak berarti aseptik yang digunakan semakin sedikit misalnya aseptik 80% dan perekat 20% dari berat benda uji padahal pemberi kekuatan pada papan partikel adalah aseptik dan perekat sebaian besar pada saat dipanaskan akan menguap jadi hasil kekuatan papannya dengan perekat yang semakin banyak otomatis menurunkan kekuatan. Sebaiknya bila menentukan variasi campuran tidak menggunakan perbandingan berat contohnya bila kita gunakan perekat 20% kita tetap menggunakan aseptiknya 100% dari berat benda uji yang direncanakan, karena sebagian besar perekat akan menguap jadi tidak akan mempengaruhi berat benda uji secara signifikan dan pasti akan meningkatkan nilai kerapatan benda uji.
- Sebaiknya untuk mendapatkan nilai kuat lentur dan modulus yang lebih besar dan memenuhi standar JIS A 5908:2003⁽¹¹⁾ gunakan perekat phenol formaldehida kurang dari 10% campurannya, tebal papan 1 cm, tekanannya sebaiknya 25 kg/cm² atau 30 kg/cm², suhu pemanasannya 170°C dan gunakan lapisan venir sehingga menghasilkan kuat lentur dan modulus yang lebih baik dan memenuhi standar.
- Sebaiknya gunakan jenis aseptik yang sama sehingga tebal aseptiknya juga sama dan seragam.
- Sebaiknya ukuran aseptik yang digunakan adalah panjang 50 mm dan lebar 5 mm atau lebih kecil dari ukuran tersebut dan tebal yang digunakan 0.5 mm.
- Gunakan glassir pada papan partikel sehingga pengembangan tebal dan daya serapnya kecil.
- Untuk lama pemanasan sebaiknya minimal 15 menit agar pemanasan merata pada papan partikel sehingga aseptik benar-benar merekat satu dengan yang lainnya.

- Dari percobaan yang telah dilakukan didapat perbedaan nilai hasil uji yang cukup besar perbedaannya dengan benda uji yang lainnya pada campuran, pengujian dan pembuatan benda uji yang sama. Karena itu sebaiknya setiap pengujian minimal benda ujinya lebih dari 3 buah misalnya 5 buah sehingga kita bisa mendapatkan hasil uji yang lebih akurat dan dapat diketahui simpangannya.
- Agar mendapat kekuatan lentur dan modulus yang lebih baik sebaiknya mencoba menggunakan perekat yang berbeda dari percobaan yang telah dilakukan seperti perekat biji plastik. Penggunaan perekat biji plastik membuat papan partikel akan lebih kedap terhadap air sehingga bisa digunakan sebagai genteng atau tidak menggunakan perekat sama sekali tetapi lebih memanfaatkan plastik yang terdapat pada aseptic sebagai perekat dengan dipress panas 170°C.
- Pada percobaan ini sebaiknya papan partikel digunakan untuk *plafond*, papan partisi, *furniture*, dan lantai kerja.
- Dari hasil uji beban garis dengan perletakan di keempat sisi ternyata papan lebih kuat. Jadi pada penggunaannya papan partikel cacah kotak aseptic baik bila dikekang di keempat sisinya.

DAFTAR REFERENSI

1. Ahvenainen, Raija. (2003). *Modern Plastics Handbook*. February, 2010. <http://www.wikipedia.com/>
2. Aluminium. January, 2010. <http://www.wikipedia.com/>
3. Asrilmis, Nadir., Candan, Zeki., Hiziroglu, Salim. (2008, April). *Physical and Mechanical Properties of Cardboard Panels Made From Used Beverage Carton With Veneer Overlay*. Istanbul, Turkey: Istanbul University.
4. ASTM C 580 – 02. (2002, December). *Standard Test Method for Flexural Strength and Modulus of Elasticity of Chemical Resistant Mortars, Grouts, Monolithic Surfacing, and Polymer Concretes*.
5. *Development in Brief*. 2008. <http://www.tetrapak.com/>
6. *Environmental and Social Report*. 2005. <http://www.tetrapak.com/>
7. Gamble, W.I and Park, R. *Reinforced Concrete Slabs*. John Wiley and sons, inc, 1980.
8. Gunawan, Purnawan. (2007). Pengaruh Jenis Perekat Terhadap Keruntuhan Lentur Balok Laminasi Galar dan Bilah Vertikal Bambu Petung. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
9. Hibbeler, R.C. (2003). *Mechanics of Materials (5th ed, pp. 85-89)*. New Jersey: Prentice Hall .
10. Ilmu Material. Kimia Polimer. <http://www.google.com/phenolformaldehida/>
11. JIS A 5908. (2003). *Particleboards*.
12. Kertas. January, 2010. <http://www.wikipedia.com/>
13. Kliwon, S., Iskandar, M.I. dan Sutigno, P. (1988). Pengaruh Jenis kayu dan komposisi Perekat Tahan Cuaca Terhadap Sifat Papan Partikel Dua Jenis Kayu Hutan.
14. Natalia, Desi. (2008). Kualitas Papan Partikel Beremisi Formaldehida Rendah Dari Limbah Inti Kenaf (*Hibiscus cannabinus*). Bogor: Tesis Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
15. P, Handi. (2000). SAP 2000 versi 8.

16. Prasetyaningrum, Aji. dan Rokhati, Nur. (2008, Juni). Pembuatan Resin Phenol Formadehid Terhadap Aplikasinya Sebagai Vernis. Semarang: Universitas Diponegoro.
17. Purnomo, Heru. (2000, June). *Dynamic Response of Fiber Reinforced Mortar Thin Plates Under Impact Loading*.
18. Purnomo, Heru. (2009). *Mechanical Properties of Mortar Containing Shredded Aseptic Containers*. Depok: Universitas Indonesia.
19. *Recycling and Recovery*. 2008. <http://www.tetrapak.com/>
20. *Recycling Technologies*. 2008. <http://www.tetrapak.com/>
21. *Report of Testing Formaldehyde Emission*. (2010, Agust). Depok: PT Mutu Agung Lestari.
22. *Report of Testing Formaldehyde Emission*. (2011, January). Depok: PT Mutu Agung Lestari.
23. SAP 2000 version 14. *Integrated Software for Struktural Analysis and Design*. Computers and Structures, Inc.
24. Schodek, Daniel. (1991). *Struktur*. Bandung: PT Eresco.
25. SNI 01-7206-2006. Emisi Formaldehida pada panel kayu metoda analisis gas. Badan Standarisasi Nasional.
26. SNI 03-2105-2006. Papan Partikel. Badan Standarisasi Nasional.
27. Sutigno, P. (1994). *Teknologi papan partikel datar*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor.
28. Sutigno, P. *Mutu Produk Papan Partikel*. Bogor.
29. Szilard, Rudolph. (1989). *Teori dan Analisis Pelat Metode Klasik dan Numerik*. Jakarta: Erlangga.
30. *Technical Data*. Jakarta: PT. Pamolite *Adhesive Industry*.
31. Tetra Pak. June, 2009. <http://www.wikipedia.com/>
32. Yanto, D.H.Y, Hermiati, Euis dan Fatriasari, Widya. (2007). *Fotrtifikasi Perekat Berbasis Resorsinol dan Isosianat pada Perekat Lateks Karet Alam – Stirena*. Bogor: *UPT Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial-LIPI*.



**Lampiran 1 Modulus Elastisitas Sisi Tebal Menerima
Beban Terpusat**

LAMPIRIAN 1 MODULUS ELASTISITAS SISI TEBAL MENERIMA BEBAN TERPUSAT

BENDA UJI 1 UNTUK Phenol 30% NON GLASSIR TEKANAN 10 Kg/cm²

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	PROPERTI PENAMPANG				JARAK	REAKSI		MOMEN		
	30% Phenol	70% Aseptik		C (mm)	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)		Y (mm)	A (mm ²)		C (mm)	VA (N)
1	Non	50x5 mm	0.00	0.00	47	13	9047	6.6	623.04	75	0	0	0
2	Glassir	50x5 mm	25.00	1.60	47	13	9047	6.6	623.04	75	12.5	2.5	937.5
3		50x5 mm	55.00	2.15	47	13	9047	6.6	623.04	75	27.5	7.5	2062.5
4		50x5 mm	85.00	2.52	47	13	9047	6.6	623.04	75	42.5	12.5	3187.5
5		50x5 mm	115.00	2.90	47	13	9047	6.6	623.04	75	57.5	17.5	4312.5
6		50x5 mm	145.00	3.31	47	13	9047	6.6	623.04	75	72.5	22.5	5437.5
7		50x5 mm	175.00	3.81	47	13	9047	6.6	623.04	75	87.5	27.5	6562.5
8		50x5 mm	205.00	4.43	47	13	9047	6.6	623.04	75	102.5	32.5	7687.5
9		50x5 mm	235.00	5.30	47	13	9047	6.6	623.04	75	117.5	37.5	8812.5
10		50x5 mm	265.00	7.67	47	13	9047	6.6	623.04	75	132.5	42.5	9937.5

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ≠ 0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

BENDA UJI 1 30% NON GLASSIR

MOMEN AREA

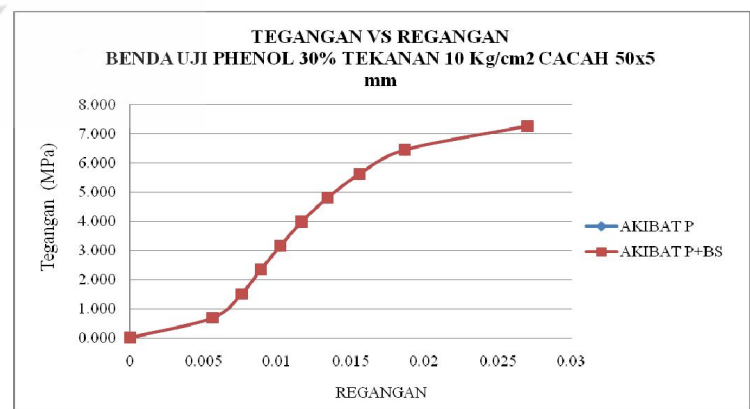
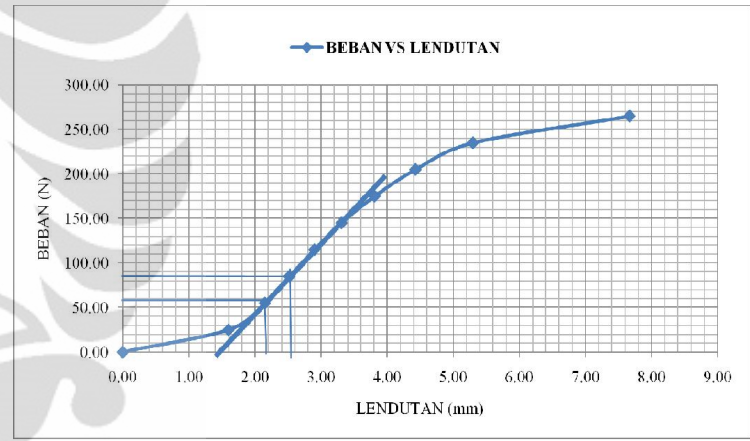
NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		Mq (Nmm)	MOMEN (P + q)		Q1		Q2	
				VA (N)	VB (N)		P	C	P	q	P	q
1	640.00	0.00	0.003907707	0.293	0.293	10.990	10.99					
2	640.00	25.00					948.49	35156.25	549.52	0	549.52	
3	640.00	55.00					2073.49	77343.75				
4	640.00	85.00					3198.49	119531.25				
5	640.00	115.00					4323.49	161718.75				
6	640.00	145.00					5448.49	203906.25				
7	640.00	175.00					6573.49	246093.75				
8	640.00	205.00					7698.49	288281.25				
9	640.00	235.00					8823.49	330468.75				
10	640.00	265.00					9948.49	372656.25				

PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

NO	Re ¹ - R _u		MC	E (MPa)		TEGANGAN (MPa)		
	P	P+BS		P	BS+P	P	P+BS	
1	0	549.5	0.0E+00	2.576E+04	0	0	0.000	0.008
2	35156.25	35705.8	1.8E+06	1.784E+06	121.442	123.2	0.684	0.692
3	77343.75	77893.3	3.9E+06	3.893E+06	198.26	200.2	1.505	1.513
4	119531.25	120080.8	6.0E+06	5.982E+06	275.02	277.0	2.325	2.333
5	161718.75	162268.3	8.1E+06	8.071E+06	351.78	353.8	3.146	3.154
6	203906.25	204453.8	1.0E+07	1.022E+07	340.79	341.3	3.967	3.975
7	246093.75	246640.3	1.2E+07	1.233E+07	357.00	357.7	4.788	4.796
8	288281.25	288827.8	1.4E+07	1.444E+07	359.87	360.3	5.608	5.617
9	330468.75	331016.3	1.7E+07	1.695E+07	344.82	345.9	6.429	6.437
10	372656.25	373203.8	1.9E+07	1.886E+07	268.35	268.8	7.250	7.258

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C 58-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	BEBAN (N)	Lendutan(mm)	M2 (Nmm)	B	D	SECANT	TANGENT	ACTUAL	OFFSET METHOD	
											MODULUS (MPa)
1	150	175.0	2.44	72	47	13	559	630.2	358		
2	150	30.00	0.37	81	47	13				269	
3			3548		0.0162						
DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL											
			0.0134		357.7						
			0.0135		357.8						
			0.0156		360.3						



PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0

BENDA UJI 1 PHENOL 35% NON GLASSIR TEKANAN 10 kg/cm²

NO	CAMPURAN	BEBAN (N)	ΔL (mm)			PROPERTI PENAMPANG				JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
			C	b (mm)	h (mm)	L (mm ⁴)	Y (mm)	A (mm ²)	VA (N)		VB (N)		
1	35% Phenol Non Glazir	0.00	0.00	48	14	10512	6.9	662.4	75	0	0	0	
2		12.00	0.98	48	14	10512	6.9	662.4	75	6	6	450	
3		25.00	1.34	48	14	10512	6.9	662.4	75	12.5	12.5	937.5	
4		38.00	1.66	48	14	10512	6.9	662.4	75	19	19	1425	
5		51.00	1.95	48	14	10512	6.9	662.4	75	25.5	25.5	1912.5	
6		64.00	2.24	48	14	10512	6.9	662.4	75	32	32	2400	
7		77.00	2.53	48	14	10512	6.9	662.4	75	38.5	38.5	2887.5	
8		90.00	2.85	48	14	10512	6.9	662.4	75	45	45	3375	
9		103.00	3.30	48	14	10512	6.9	662.4	75	51.5	51.5	3862.5	
10		116.00	3.78	48	14	10512	6.9	662.4	75	58	58	4350	

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ± 0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

BENDA UJI 1 35% NON GLASSIR

MOMEN AREA

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		Mq (Nmm)		MOMEN (P + q)	
				VA (N)	VB (N)	C	G	P	q
1	610.00	0.00	0.003960	0.297	0.297	1.137	11.14	0	0
2	610.00	12.00						1687.5	1687.5
3	610.00	25.00						3515.25	3515.25
4	610.00	38.00						5343.75	5343.75
5	610.00	51.00						7172.25	7172.25
6	610.00	64.00						9000	9000
7	610.00	77.00						10828.25	10828.25
8	610.00	90.00						12656.5	12656.5
9	610.00	103.00						14484.75	14484.75
10	610.00	116.00						16312.5	16312.5

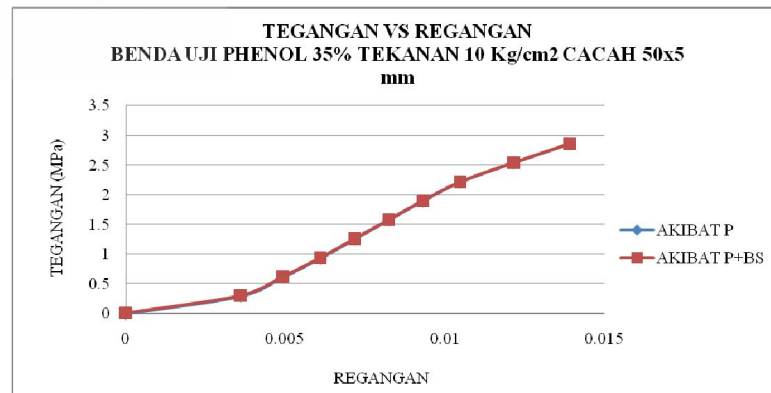
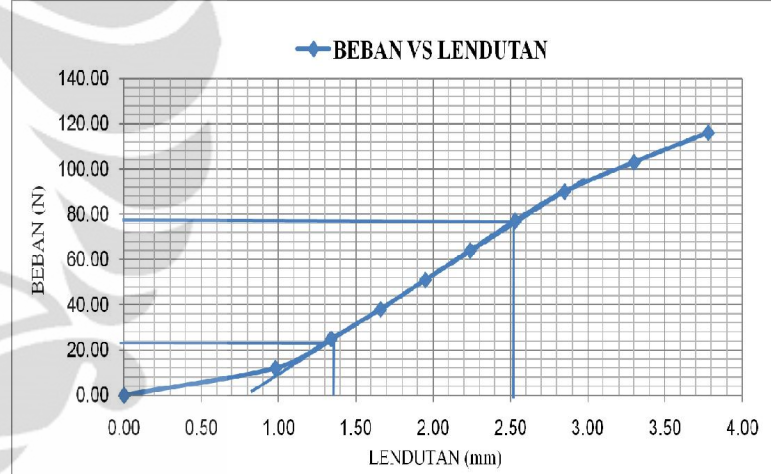
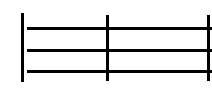
PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

NO	P	P+BS	P	BS+P	REGANGAN		TEGANGAN (MPa)	
					ε	ε	σ	σ
1	0	566.9	0.0E+00	2.610E+04	0	0	0	0.007
2	1687.5	17431.9	8.4E+05	8.699E+05	81.9012	84.4	0.295	0.303
3	3515.25	3515.25	1.6E+06	1.794E+06	124.87	126.6	0.615	0.623
4	5343.75	5343.75	2.3E+06	2.488E+06	159.42	161.2	0.825	0.833
5	7172.25	7172.25	3.0E+06	3.192E+06	174.89	176.6	1.035	1.043
6	9000	9056.9	4.5E+06	4.526E+06	191.03	192.2	1.575	1.583
7	10828.25	10883.1	5.4E+06	5.440E+06	203.57	204.5	1.895	1.903
8	12656.5	12711.94	6.3E+06	6.334E+06	211.79	212.1	2.215	2.223
9	14484.75	14499.6	7.2E+06	7.238E+06	208.95	209.5	2.535	2.543
10	16312.5	16368.19	8.2E+06	8.182E+06	205.59	205.9	2.855	2.863

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C 8-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	SLOPE		MODULUS		MODULUS	TANGEN	OFFSET
		BEBAN (N)	LENDUTAN (mm)	M2 (N/mm)	B			
1	150	48.8	1.12	44	48	14	291	292
3	150	52.00	1.40	44	48	14	172	206
		1.7175		0.0083				

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL



PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 PHENOL 40% NON GLASSIR TEKANAN 10 Kg/cm²

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	ΔL (mm)		PROPERTI PENAMPANG				JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	40% Phenol Non Glassir	60% Aseptik		C	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	A (mm ²)		VA (N)	VB (N)	
1			0.00	0.00	47	14	11453	7.15	672.1	75	0	0	0
2			8.30	0.96	47	14	11453	7.15	672.1	75	4.15	4.15	311.25
3			17.30	1.90	47	14	11453	7.15	672.1	75	8.65	8.65	648.75
4			26.30	2.32	47	14	11453	7.15	672.1	75	13.15	13.15	986.25
5			35.30	2.74	47	14	11453	7.15	672.1	75	17.65	17.65	1323.75
6			44.30	3.23	47	14	11453	7.15	672.1	75	22.15	22.15	1661.25
7			53.30	3.73	47	14	11453	7.15	672.1	75	26.65	26.65	1998.75
8			62.30	4.54	47	14	11453	7.15	672.1	75	34.45	34.45	2336.25
9			71.30	5.87	47	14	11453	7.15	672.1	75	38.65	38.65	2673.75
10			80.30	9.47	47	14	11453	7.15	672.1	75	40.15	40.15	3011.25

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI = 0 LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

BENDA UJI 1 40% NON GLASSIR

MOMEN AREA

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		Mg (Nmm)	MOMEN (P + q)
				VA (N)	VB (N)		
1	570.00	0.00	0.003754	0.282	0.282	10.559	10.56
2	570.00	8.30					321.81
3	570.00	17.30					659.31
4	570.00	26.30					996.81
5	570.00	35.30					1334.31
6	570.00	44.30					1671.81
7	570.00	53.30					2009.31
8	570.00	62.30					2346.81
9	570.00	71.30					2684.31
10	570.00	80.30					3021.81

Q1	Q2				
		P	q	P	q
0	0	0	57.96	0	527.96
1	11671.875	11671.875			
2	24338.125	24338.125			
3	36904.375	36904.375			
4	49470.625	49470.625			
5	62036.875	62036.875			
6	74603.125	74603.125			
7	87169.375	87169.375			
8	99735.625	99735.625			
9	112301.875	112301.875			

PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

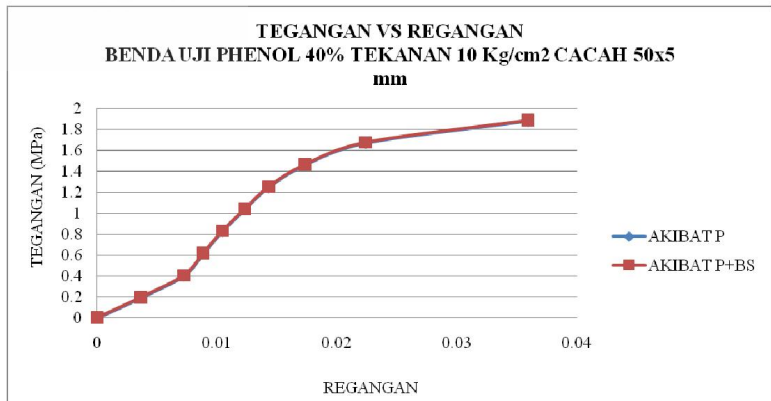
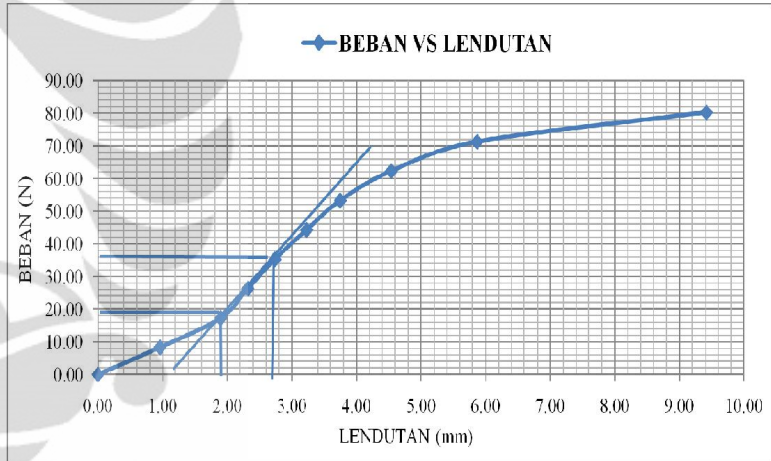
NO	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	P	P+BS	TEGANGAN (MPa)	
									ε	ε
1	0	528.0	0.0E+00	2.475E+04	0	0	0	0.0065919	0	0
2	11671.875	12199.8	5.8E+05	6.083E+05	53.078	55.3	0.194	0.201	0.00366080	0.0036310
3	24326.125	24856.1	1.2E+06	1.241E+06	93.685	97.0	0.408	0.412	0.00724533	0.0072164
4	36930.375	37460.3	1.8E+06	1.841E+06	139.748	144.0	0.610	0.614	0.01083982	0.0108109
5	49434.625	50064.6	2.4E+06	2.481E+06	200.010	205.3	0.808	0.812	0.01443431	0.0144054
6	62296.875	62824.8	3.1E+06	3.140E+06	264.194	269.5	1.037	1.044	0.01823107	0.0182021
7	74953.125	75481.1	3.7E+06	3.772E+06	337.26	342.6	1.248	1.254	0.02143000	0.0214011
8	87609.375	88137.3	4.4E+06	4.445E+06	414.242	419.6	1.458	1.465	0.02513153	0.0251026
9	100265.625	100793.6	5.0E+06	5.045E+06	494.582	499.9	1.669	1.676	0.02923827	0.0292093
10	112821.875	113349.8	5.6E+06	5.641E+06	573.326	578.7	1.880	1.886	0.03359250	0.0335636

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C-802 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	SLOPE				MODULUS (MPa)				
		BEBAN (N)	Leendutan (mm)	M2 (N/mm)	B	D	SEKANT	TANGEN	AKTUAL	OFFSET
1	150	63.4	3.11	20	47	14	125	132	83	53
2	150	18.00	0.84	24	47	14				
3			1.1319				0.0215			

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL

0.017	84.7									
0.018	83.5									
0.022	74.9									



PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 UNTUK Phenol 30% GLASSIR TEKANAN 10 Kg/cm²

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	Δl (mm)	PROPERTI PENAMPANG					JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	30% Phenol	70% Aseptik			C (mm)	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)		A (mm ²)	VA (N)	
1	Blazir	50x5 mm	0.00	0.00	48	13	9411	6.65	638.4	75	0	0	0
2	Blazir	50x5 mm	30.30	1.77	48	13	9411	6.65	638.4	75	5.15	5.15	1136.25
3		50x5 mm	60.30	2.33	48	13	9411	6.65	638.4	75	10.15	10.15	2261.25
4		50x5 mm	90.30	2.75	48	13	9411	6.65	638.4	75	15.15	15.15	3386.25
5		50x5 mm	120.30	3.15	48	13	9411	6.65	638.4	75	20.15	20.15	4511.25
6		50x5 mm	150.30	3.58	48	13	9411	6.65	638.4	75	25.15	25.15	5636.25
7		50x5 mm	180.30	4.00	48	13	9411	6.65	638.4	75	30.15	30.15	6761.25
8		60x5 mm	210.30	4.65	48	13	9411	6.65	638.4	75	35.15	35.15	7886.25
9		50x5 mm	240.20	5.38	48	13	9411	6.65	638.4	75	20.1	20.1	9007.5
10		50x5 mm	270.30	6.91	48	13	9411	6.65	638.4	75	35.15	35.15	10136.25

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ≠ 0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

BENDA UJI 1 30% GLASSIR

MOMEN AREA

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		MOMEN (P + q)	
				VA (N)	VB (N)	C	C
1	650.00	0.00	0.004066608	0.305	0.305	11.437	11.44
2	650.00	30.30					1147.69
3	650.00	60.30					2272.69
4	650.00	90.30					3397.69
5	650.00	120.30					4522.69
6	650.00	150.30					5647.69
7	650.00	180.30					6772.69
8	650.00	210.30					7897.69
9	650.00	240.20					9018.94
10	650.00	270.30					10147.69

NO	MOMEN AREA	
	Q1	Q2
1	0	0
2	42609.375	42609.375
3	84796.875	84796.875
4	126984.375	126984.375
5	169171.875	169171.875
6	211359.375	211359.375
7	253546.875	253546.875
8	295734.375	295734.375
9	337781.25	337781.25
10	380109.375	380109.375

PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

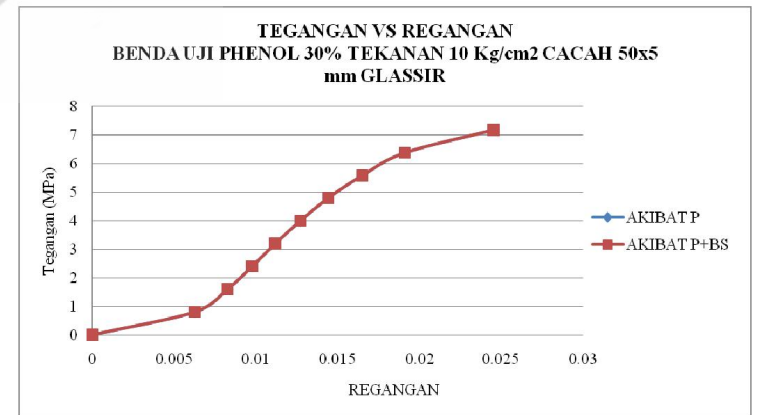
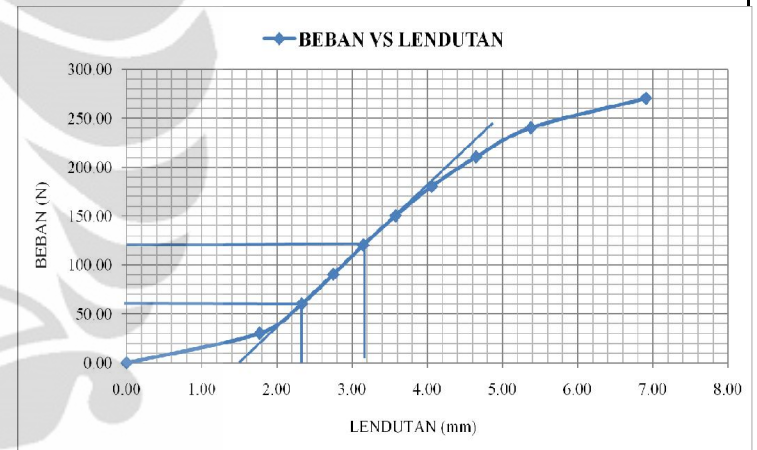
NO	REAKSI		MOMEN (P + q)		TEGANGAN (MPa)		REGANGAN	
	VA (N)	VB (N)	C	C	P	P + BS	P	P + BS
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	42609.375	43181.2	2.1E+06	2.157E+06	127.905	129.5	0.803	0.811
3	84796.875	83368.7	4.2E+06	4.207E+06	255.810	259.0	1.606	1.606
4	126984.375	77556.2	6.3E+06	6.302E+06	383.715	393.5	2.409	2.409
5	169171.875	69742.7	8.4E+06	8.405E+06	511.620	523.0	3.212	3.212
6	211359.375	61929.2	1.1E+07	1.099E+07	639.525	653.0	4.015	4.015
7	253546.875	54115.7	1.3E+07	1.270E+07	767.430	783.5	4.818	4.788
8	295734.375	46302.2	1.5E+07	1.471E+07	895.335	914.0	5.621	5.573
9	337781.25	38488.7	1.7E+07	1.602E+07	1023.240	1044.5	6.424	6.273
10	380109.375	30675.2	1.9E+07	1.903E+07	1151.145	1174.0	7.227	7.171

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C 88-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	SLOPE		MODULUS (MPa)		SECANT	TANGENT	ACTUAL	OFFSET
		BEBAN (N)	LENDUTAN (mm)	M2 (N/mm)	B				
1	150	142.0	1.80	73	48	13	340	347	360
2	150	60.00	0.82	73	48	13			
3		4.3025					0.0147		

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL

0.011	286.3
0.012	306.3
0.013	314.5



PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 PHENOL 35% GLASSIR TEKAPAN 10 kg/cm²

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	Δ _c (mm)	PROPERTI PENAMPANG					JARAK		REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	35% Phenol Glassir	65% Aseptik			b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	A (mm ²)	C (mm)	Y _A (N)	Y _B (N)		
1		50x5 mm	0.00	0.00	50	14	11257	6.95	699.17	75	0	0	0	
2		50x5 mm	13.30	1.40	50	14	11257	6.95	699.17	75	6.65	6.65	498.75	
3		50x5 mm	25.80	2.05	50	14	11257	6.95	699.17	75	12.9	12.9	967.5	
4		50x5 mm	38.30	2.50	50	14	11257	6.95	699.17	75	19.15	19.15	1436.25	
5		50x5 mm	50.80	2.95	50	14	11257	6.95	699.17	75	25.4	25.4	1905	
6		50x5 mm	63.30	3.44	50	14	11257	6.95	699.17	75	31.65	31.65	2373.75	
7		50x5 mm	75.80	4.02	50	14	11257	6.95	699.17	75	37.9	37.9	2842.5	
8		50x5 mm	88.30	4.78	50	14	11257	6.95	699.17	75	44.15	44.15	3311.25	
9		50x5 mm	100.80	4.11	50	14	11257	6.95	699.17	75	50.4	50.4	3780	
10		50x5 mm	113.30	0.83	50	14	11257	6.95	699.17	75	56.65	56.65	4248.75	

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ≠ 0

MOMEN AREA BENDA UJI 1 35% Glassir

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		M _q (Nmm)	MOMEN (P + q)	Q1		Q2	
				VA (N)	VB (N)			P	q	P	q
1	630.00	0.00	0.004317	0.324	0.324	12.141	12.14	0	607.03	0	607.03
2	630.00	13.30				510.89	18703.125	18703.125			
3	630.00	25.80				979.64	36281.25	36281.25			
4	630.00	38.30				1448.39	53859.375	53859.375			
5	630.00	50.80				1917.14	71437.5	71437.5			
6	630.00	63.30				2385.88	89015.625	89015.625			
7	630.00	75.80				2854.64	106593.75	106593.75			
8	630.00	88.30				3323.39	124171.875	124171.875			
9	630.00	100.80				3792.14	141750	141750			
10	630.00	113.30				4260.89	159328.125	159328.125			

PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

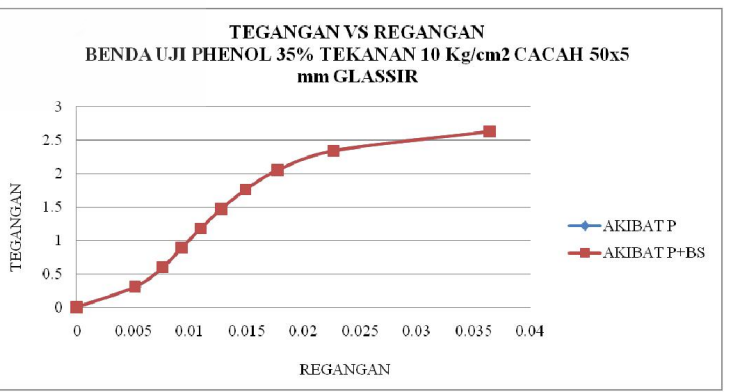
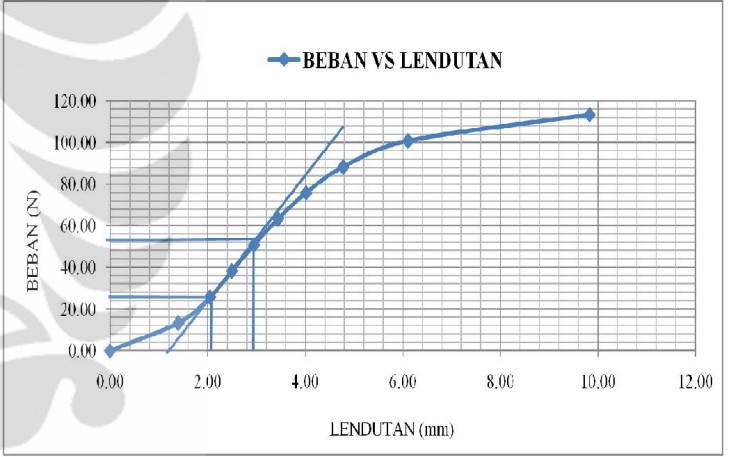
NO	P		BS+P		P		BS+P		P		BS+P	
	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	P	BS+P	P	BS+P	P	BS+P
1	0	607.0	0.0E+00	2.845E+04	0	0	0	0.0074954	0	0	0	0
2	18703.125	19310.2	9.4E+05	9.636E+05	59.3369	61.1	0.308	0.315	0.00518933	0.0051587		
3	36281.25	36888.3	1.8E+06	1.843E+06	78.6181	79.8	0.597	0.605	0.00759867	0.0075752		
4	53859.375	54466.4	2.7E+06	2.741E+06	87.066	88.1	0.867	0.874	0.00999807	0.0099745		
5	71437.5	72044.6	3.6E+06	3.639E+06	95.516	96.4	1.136	1.144	0.01249767	0.0124741		
6	89015.625	89622.7	4.5E+06	4.499E+06	114.334	115.7	1.466	1.473	0.01499763	0.0149741		
7	106593.75	107200.8	5.3E+06	5.358E+06	117.77	118.4	1.755	1.762	0.01490800	0.0148845		
8	124171.875	124778.9	6.2E+06	6.237E+06	115.381	115.9	2.044	2.052	0.01771787	0.0177017		
9	141750	142357.0	7.1E+06	7.149E+06	109.444	109.5	2.334	2.341	0.02054773	0.0205316		
10	159328.125	160935.2	8.0E+06	7.995E+06	71.909	72.2	2.623	2.631	0.03543853	0.0354206		

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C-48-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	ASTM C-48-02		MODULUS AKTUAL					
		SLOPE	TANGENT	ACTUAL	OFFSET				
1	150	89.8	3.82	24	50	147	173	115	72
2	150	25.88	0.988	20	56	14			
3		1.5784			0.0218				

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL

0.0177	115.9
0.0182	114.6
0.023	103.5



PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 PHENOL 40% GLASSIR TEKAPAN 10 Kg/cm²

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	Δ (mm)	PROPERTI PENAMPANG				JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)	
	40% Phenol Glassir	60% Aseptik			C	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)		Y (mm)	A (mm ²)		YA (N)
1			0.00	0.00	51	15	13033	7.25	743.85	75	0	0	0
2			10.90	1.10	51	15	13033	7.25	743.85	75	5.45	5.45	408.75
3			22.90	2.16	51	15	13033	7.25	743.85	75	11.45	11.45	858.75
4			34.90	2.80	51	15	13033	7.25	743.85	75	17.45	17.45	1308.75
5			46.90	3.28	51	15	13033	7.25	743.85	75	23.45	23.45	1758.75
6			58.90	3.74	51	15	13033	7.25	743.85	75	29.45	29.45	2208.75
7			70.90	4.23	51	15	13033	7.25	743.85	75	35.45	35.45	2658.75
8			82.90	4.85	51	15	13033	7.25	743.85	75	41.45	41.45	3108.75
9			94.90	5.62	51	15	13033	7.25	743.85	75	47.45	47.45	3558.75
10			106.90	7.67	51	15	13033	7.25	743.85	75	53.45	53.45	4008.75

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ≠ 0 LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

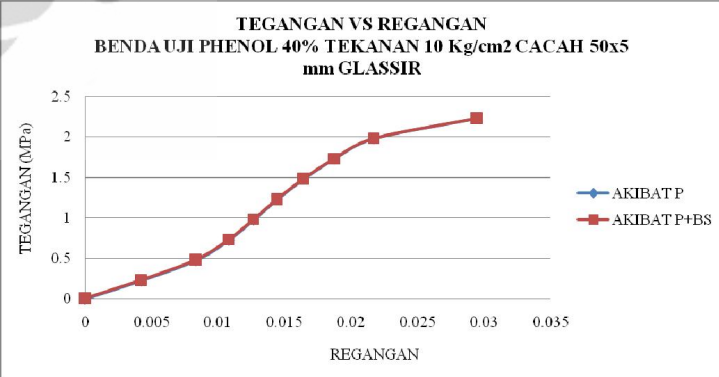
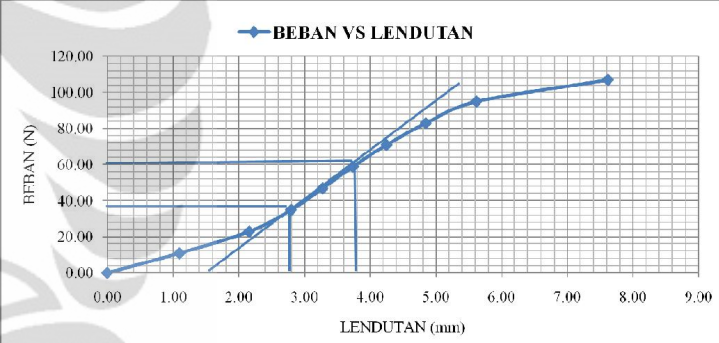
NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm)	REAKSI		Mq (Nmm)	MOMEN (P+q)	Q1		Q2	
				YA (N)	VB (N)			P	q	P	q
1	590.00	0.00	0.004301	0.323	0.323	12.096	12.10	604.82	0	604.82	
2	590.00	10.90				420.85	420.85	15328.125	15328.125		
3	590.00	22.90				870.85	870.85	32203.125	32203.125		
4	590.00	34.90				1320.85	1320.85	49078.125	49078.125		
5	590.00	46.90				1770.85	1770.85	65953.125	65953.125		
6	590.00	58.90				2220.85	2220.85	82828.125	82828.125		
7	590.00	70.90				2670.85	2670.85	99703.125	99703.125		
8	590.00	82.90				3120.85	3120.85	116578.125	116578.125		
9	590.00	94.90				3570.85	3570.85	133453.125	133453.125		
10	590.00	106.90				4020.85	4020.85	150328.125	150328.125		

NO	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	TEGANGAN (MPa)	
							ε	ε
1	0	604.8	0.0E+00	2.835E+04	0	0	0.0067291	0
2	15328.125	15932.9	7.7E+05	7.948E+05	53.4597	55.4	0.227	0.234
3	32203.125	32807.9	1.639E+06	1.661E+06	117.1	122.2	0.478	0.484
4	49078.125	49672.9	2.458E+06	2.480E+06	174.5	180.6	0.720	0.726
5	65953.125	66547.9	3.277E+06	3.299E+06	231.9	238.0	0.972	0.978
6	82828.125	83422.9	4.096E+06	4.118E+06	289.4	295.5	1.224	1.230
7	99703.125	100277.9	4.915E+06	4.937E+06	346.8	352.9	1.476	1.482
8	116578.125	117152.9	5.734E+06	5.756E+06	404.2	410.3	1.728	1.734
9	133453.125	134027.9	6.553E+06	6.575E+06	461.6	467.7	1.980	1.986
10	150328.125	150902.9	7.372E+06	7.394E+06	519.0	525.1	2.232	2.238

NO	L (mm)	PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C-88-02 DAN MODULUS AKTUAL								
		SLOPE	BEBAN (N)	LENDUTAN (mm)	MODULUS (MPa)					
1	150	60.8	2.61	23	51	18	26	138	86	76
2	150	24.90	0.04	26	51	15				
3		1.3420				0.0177				

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL

0.0144	85.5
0.0147	86.2
0.016	90.5



PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 UNTUK Phenol 10% NON GLASSIR TEKANAN 15K_g/cm²

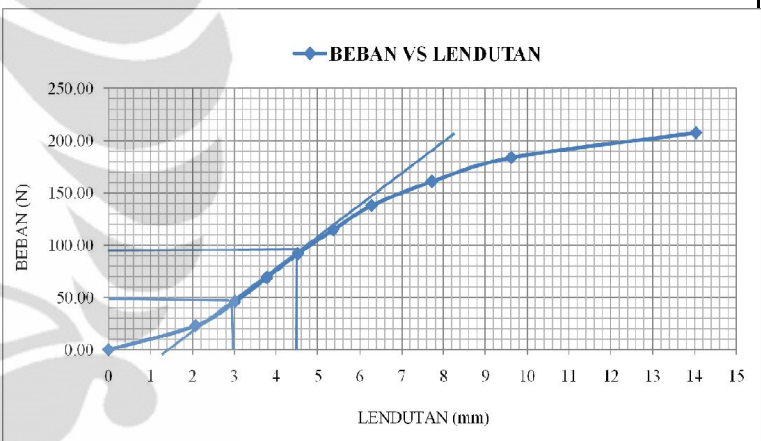
NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	ΔL (mm)	PROPERTI PENAMPANG					JARAK	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	10% Phenol Non Glassir	90% Aseptik			C (mm)	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)		A (mm ²)	VA (N)	
1			0.00	0.00	49	10	3465	4.75	460.75	75	0	0	0
2			23.00	2.08	49	10	3465	4.75	460.75	75	11.5	11.5	882.5
3			46.00	3.02	49	10	3465	4.75	460.75	75	23	23	1725
4			69.00	3.78	49	10	3465	4.75	460.75	75	34.5	34.5	2587.5
5			92.00	4.52	49	10	3465	4.75	460.75	75	46	46	3450
6			115.00	5.37	49	10	3465	4.75	460.75	75	57.5	57.5	4312.5
7			138.00	6.28	49	10	3465	4.75	460.75	75	69	69	5175
8			161.00	7.22	49	10	3465	4.75	460.75	75	80.5	80.5	6037.5
9			184.00	9.62	49	10	3465	4.75	460.75	75	92	92	6900
10			207.77	14.03	49	10	3465	4.75	460.75	75	103.885	103.885	7791.375

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ≠ 0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

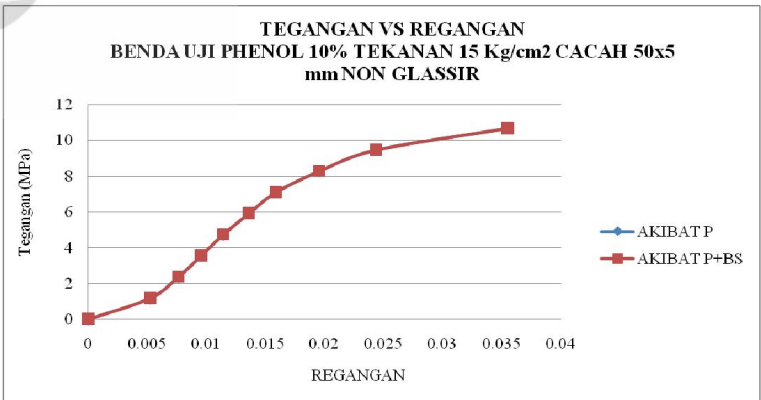
MOMEN AREA BENDA UJI 1 10% Non GLASSIR

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		M _q (Nmm)	MOMEN (P + q)	Q1	Q2
				VA (N)	VB (N)				
1	890.00	0.00	0.004018662	0.301	0.801	1.302	11.30	0	0
2	890.00	23.00					873.80	32343.75	32343.75
3	890.00	46.00					1736.30	64687.5	64687.5
4	890.00	69.00					2588.80	97031.25	97031.25
5	890.00	92.00					3451.30	129375	129375
6	890.00	115.00					4313.80	161718.75	161718.75
7	890.00	138.00					5176.30	194062.5	194062.5
8	890.00	161.00					6038.80	226406.25	226406.25
9	890.00	184.00					6901.30	258750	258750
10	890.00	207.77					7802.88	292176.5625	292176.5625



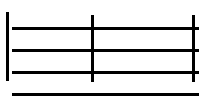
PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEBANGAN DAN REGANGAN

NO	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	P	P+BS	TEBANGAN (MPa)	
									ε	ε
1	0	565.1	0.0E+00	2.649E+04	0	0	0	0.015493	0	0
2	32343.75	32908.9	1.6E+06	1.644E+06	224.37	228.0	1.182	1.198	0.00526933	0.0052523
3	64687.5	65273.8	3.2E+06	3.288E+06	448.74	456.0	2.364	2.396	0.01053866	0.0105046
4	97031.25	97910.7	4.8E+06	4.932E+06	673.11	684.0	3.546	3.594	0.01580799	0.0157569
5	129375	130404.1	6.4E+06	6.584E+06	897.48	912.0	4.728	4.791	0.02107132	0.0210112
6	161718.75	162833.9	8.1E+06	8.12E+06	1121.85	1136.0	5.910	5.927	0.02633465	0.0262665
7	194062.5	194627.6	9.7E+06	9.780E+06	1346.22	1360.0	7.092	7.109	0.03159798	0.0315298
8	226406.25	226971.4	1.1E+07	1.108E+07	1570.59	1584.0	8.274	8.291	0.03686131	0.0367932
9	258750	259316.1	1.3E+07	1.306E+07	1794.96	1808.0	9.456	9.473	0.04212464	0.0420565
10	292176.5625	292741.7	1.5E+07	1.504E+07	2019.33	2032.0	10.638	10.655	0.04738797	0.0473198



PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C-58-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	SLOPE		M2 (Nmm)	B	D	MODULUS (MPa)			
		BEBAN (N)	LENDUTAN (mm)				SECANT	TANGENT	ACTUAL	OFFSET
1	150	46.1	5.28	29	49	10	504	822	435	504
2	150	46.00	1.50	31	49	10				
3		6.4174								



PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 UNTUK Phenol 20% NON GLASSIR TEKANAN 15Kg/cm2

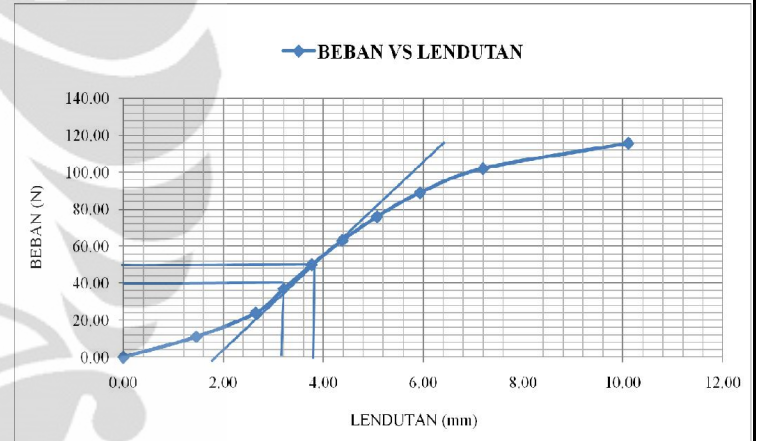
NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	ΔL (mm)	PROPERTI PENAMPANG					JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	20% Phenol Non Glazir	80% Aseptik			b (mm)	h (mm)	I (mm4)	Y (mm)	A (mm2)		VA (N)	VB (N)	
1	NON Glazir	50x5 mm	0.00	0.00	49	9	3392	4.7	460.6	75	0	0	0
2	Non Glazir	50x5 mm	11.00	1.46	49	9	3392	4.7	460.6	75	5.5	5.5	412.5
3	Glazir	50x5 mm	24.00	2.65	49	9	3392	4.7	460.6	75	12	12	900
4		50x5 mm	37.00	3.21	49	9	3392	4.7	460.6	75	18.5	18.5	1387.5
5		50x5 mm	50.00	3.77	49	9	3392	4.7	460.6	75	25	25	1875
6		50x5 mm	63.00	4.33	49	9	3392	4.7	460.6	75	31.5	31.5	2362.5
7		50x5 mm	76.00	5.08	49	9	3392	4.7	460.6	75	38	38	2850
8		50x5 mm	89.00	5.94	49	9	3392	4.7	460.6	75	44.5	44.5	3337.5
9		50x5 mm	102.00	7.20	49	9	3392	4.7	460.6	75	51	51	3825
10		50x5 mm	115.68	10.11	49	9	3392	4.7	460.6	75	57.84	57.84	4338

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

MOMEN AREA BENDA UJI 1 20% Non GLASSIR

NO	DENSITY (Kg/m3)	BEBAN (N)	q (N/mm²)	REAKSI			Mg (Nmm)		MOMEN (P + q)		Q1	Q2
				VA (N)	VB (N)	C	G	E	P	q		
1	617.00	0.00	0.002785064	0.209	0.209	7.833				391.65	0	391.65
2	617.00	11.00					420.33			15488.75	15488.75	
3	617.00	24.00					907.83			33750	33750	
4	617.00	37.00					1395.33			52011.25	52011.25	
5	617.00	50.00					1882.83			70312.5	70312.5	
6	617.00	63.00					2370.33			88613.75	88613.75	
7	617.00	76.00					2857.83			106875	106875	
8	617.00	89.00					3345.33			125136.25	125136.25	
9	617.00	102.00					3832.83			14337.5	14337.5	
10	617.00	115.68					4345.83			162675	162675	

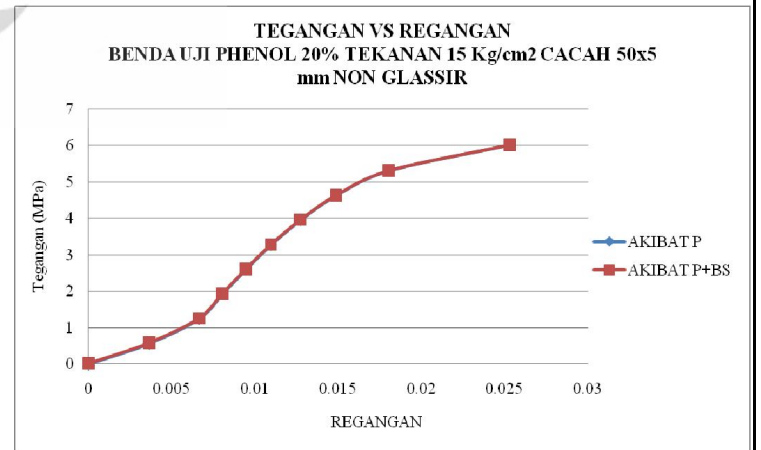


PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

NO	P	P+BS	MC		E (MPa)		TEGANGAN (MPa)		P	P + BS
			P	BS+P	P	BS+P	P	P + BS		
1	0	391.6	0.0E+00	1.836E+04	0	0	0	0.0108549	0	0
2	15468.75	15860.4	7.7E+05	7.918E+05	156.197	159.9	0.572	0.00365973	0.0036428	
3	33750	34141.6	1.7E+06	1.706E+06	187.338	188.8	1.247	0.00094297	0.0009284	
4	52011.25	52422.6	2.6E+06	2.612E+06	239.833	240.2	1.923	0.00044146	0.0004351	
5	70312.5	70704.4	3.5E+06	3.514E+06	274.056	274.4	2.609	0.00015513	0.0001492	
6	88613.75	88985.4	4.4E+06	4.418E+06	298.395	299.4	3.274	0.01097920	0.0109701	
7	106875	107266.6	5.3E+06	5.322E+06	310.16	311.2	3.950	0.01273387	0.0127251	
8	125136.25	125547.9	6.2E+06	6.216E+06	310.626	311.5	4.625	0.01433880	0.0143309	
9	143375	143829.4	7.1E+06	7.116E+06	299.496	299.5	5.301	0.01804300	0.0180338	
10	162675	163066.6	8.1E+06	8.122E+06	237.215	237.7	6.012	0.02534240	0.0253310	

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C 58-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	SLOPE		M2 (N/mm)	B	D	MODULUS (MPa)			
		BEBAN (N)	LENDUTAN (mm)				SECANT	TANGENT	ACTUAL	OFFSET METHOD
1	150	75.4	3.26	23	49	9	480	481	312	238
2	150	13.00	0.56	23	49	9				
3		6135			0.0152					
DENGAN INTERPOLASI DIPADATKAN NILAI MODULUS AKTUAL										
		0.01097	311.2							
		0.01267	311.5							
		0.01273	311.5							



PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0

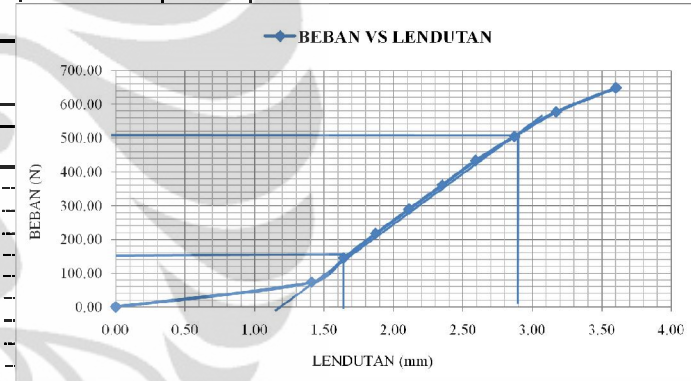
BENDA UJI 1 Papan Partikel Kayu

NO	CAMPURAN	BEBAN (N)	ΔL (mm)	PROPERTI PENAMPANG						JARAK S (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
				C	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	A (mm ²)		VA (N)	VB (N)	
1		0.00	0.00	49	12	7099	6	591.6	75	0	0	0	
2		73.00	1.41	49	12	7099	6	591.6	75	36.5	36.5	2737.5	
3		145.00	1.64	49	12	7099	6	591.6	75	72.5	72.5	5437.5	
4		217.00	1.87	49	12	7099	6	591.6	75	108.5	108.5	8137.5	
5	Papan Partikel Kayu	289.00	2.11	49	12	7099	6	591.6	75	144.5	144.5	10837.5	
6		361.00	2.33	49	12	7099	6	591.6	75	180.5	180.5	13537.5	
7		433.00	2.59	49	12	7899	6	594.6	75	216.5	216.5	16237.5	
8		505.00	2.87	49	12	7099	6	594.6	75	252.5	252.5	18937.5	
9		577.00	3.17	49	12	7099	6	591.6	75	288.5	288.5	21637.5	
10		648.68	3.60	49	12	7099	6	591.6	75	324.34	324.34	24325.5	

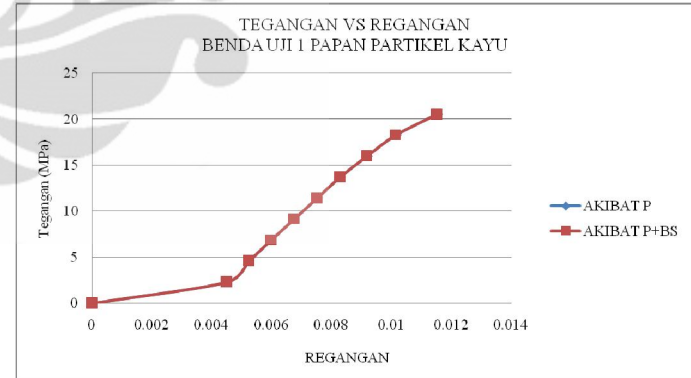
PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ≠ 0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm)	REAKSI		MOMEN (P + q)		Q1		Q2	
				VA (N)	VB (N)	P	q	P1	q		
1	804.00	0.00	0.004661335	0.350	0.350	13.110	13.11	0	0	0	0
2	804.00	73.00				2750.61		102656.25	102656.25		
3	804.00	145.00				4450.61		203906.25	203906.25		
4	804.00	217.00				6150.61		305156.25	305156.25		
5	804.00	289.00				6900.61		406406.25	406406.25		
6	804.00	361.00				8550.61		507656.25	507656.25		
7	804.00	433.00				8250.61		608906.25	608906.25		
8	804.00	505.00				8950.61		710156.25	710156.25		
9	804.00	577.00				21650.61		811406.25	811406.25		
10	804.00	648.68				24338.61		912206.25	912206.25		



NO	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	P	P+BS	PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN	
									MC	MC
1	0	655.5	0.0E+00	3.073E+04	0	0	0	0.0110801	0	0
2	102656.25	103311.8	5.1E+06	5.164E+06	512.775	515.8	2.314	2.325	0.00451200	0.0045066
3	203906.25	204561.8	1.0E+07	1.020E+07	975.534	979.9	4.596	4.607	0.00902400	0.0090132
4	305156.25	305811.8	1.5E+07	1.530E+07	1440.32	1445.6	6.879	6.890	0.01353600	0.0135246
5	406406.25	407061.8	2.0E+07	2.030E+07	1905.66	1911.6	9.171	9.182	0.01804800	0.0180372
6	507656.25	508311.8	2.5E+07	2.541E+07	2370.67	2377.3	11.441	11.453	0.02256000	0.0225492
7	608906.25	609561.8	3.0E+07	3.048E+07	2835.81	2842.9	13.723	13.734	0.02707200	0.0270612
8	710156.25	710811.8	3.5E+07	3.544E+07	3300.95	3308.0	16.005	16.016	0.03158400	0.0315732
9	811406.25	812061.8	4.0E+07	4.040E+07	3766.09	3773.1	18.287	18.298	0.03609600	0.0360852
10	912206.25	912861.8	4.5E+07	4.534E+07	4231.23	4238.3	20.559	20.570	0.04060800	0.0405972



NO	L (mm)	BEBAN (N)	Lendutan (mm)	M2 (Nmm)	B	D	SECANT	TANGENT	ACTUAL	OFFSET METHOD
1	150	195.01	0.70	279	49	12	2759	2899	1296	1786
2	150	360.00	1.23	293	49	12				
3		12.3421			0.0069					

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL

0.0052	151.6
0.0058	129.1
0.0060	1358.6



**Lampiran 2 Modulus Elastisitas Sisi Lebar
Menerima Beban Terpusat**

LAMPIRIAN 2 MODULUS ELASTISITAS SISI LEBAR MENERIMA BEBAN TERPUSAT

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	ΔL (mm)		PROPERTI PENAMPANG				JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	30% Phenol	70% Aseptik		C	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	A (mm ²)		VA (N)	VB (N)	
1	30% Phenol	70% Aseptik	0.00	0.00	14	47	20927	23.6	651.36	75	0	0	0
2	30% Phenol	70% Aseptik	96.50	1.67	14	47	20927	23.6	651.36	75	0.25	0.25	3610.75
3	30% Phenol	70% Aseptik	191.00	1.92	14	47	20927	23.6	651.36	75	0.50	0.50	7102.50
4	30% Phenol	70% Aseptik	285.50	2.18	14	47	20927	23.6	651.36	75	0.75	0.75	10706.25
5	30% Phenol	70% Aseptik	380.00	2.41	14	47	20927	23.6	651.36	75	1.00	1.00	14250.00
6	30% Phenol	70% Aseptik	474.50	2.72	14	47	20927	23.6	651.36	75	1.25	1.25	17793.75
7	30% Phenol	70% Aseptik	569.00	3.16	14	47	20927	23.6	651.36	75	1.50	1.50	21337.50
8	30% Phenol	70% Aseptik	663.50	4.65	14	47	20927	23.6	651.36	75	1.75	1.75	24881.25
9	30% Phenol	70% Aseptik	758.00	5.97	14	47	20927	23.6	651.36	75	2.00	2.00	28425.00
10	30% Phenol	70% Aseptik	852.62	7.87	14	47	20927	23.6	651.36	75	2.25	2.25	31973.15

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BEBAN SENDIRI = 0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BEBAN SENDIRI

MOMEN AREA BENDA UJI 1 30% NON GLASSIR

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		Mq (Nmm)	MOMEN (P + q)
				VA (N)	VB (N)		
1	640.00	0.00	0.00408533	0.306	0.306	11.490	11.49
2	640.00	96.50					3630.24
3	640.00	191.00					7173.99
4	640.00	285.50					10717.74
5	640.00	380.00					14261.49
6	640.00	474.50					17805.24
7	640.00	569.00					21348.99
8	640.00	663.50					24892.74
9	640.00	758.00					28436.49
10	640.00	852.62					31980.24

NO	P	q	P	q
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	135703.13	135703.13	135703.13	135703.13
3	268593.75	268593.75	268593.75	268593.75
4	401484.38	401484.38	401484.38	401484.38
5	534375.00	534375.00	534375.00	534375.00
6	667265.63	667265.63	667265.63	667265.63
7	800156.25	800156.25	800156.25	800156.25
8	933046.88	933046.88	933046.88	933046.88
9	1065937.50	1065937.50	1065937.50	1065937.50
10	1198828.13	1198828.13	1198828.13	1198828.13

PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

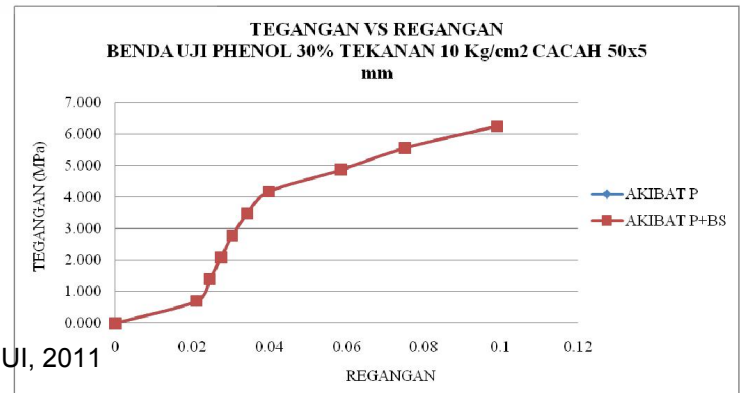
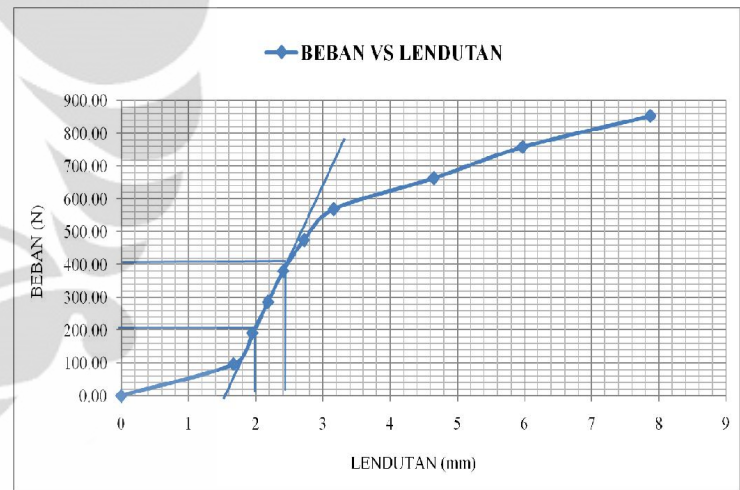
NO	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	P	P+BS	P	P+BS	REGANGAN (mm)	
											ε	ε
1	0.00	574.50	0.0E+00	2.693E+04	0	0	0.000	0.002	0	0		
2	135703.13	136277.62	6.8E+06	6.812E+06	33.60	33.7	0.706	0.708	0.02101973	0.0210031		
3	268593.75	269168.25	3E+07	1.346E+07	56.05	57.1	1.398	1.400	0.02454100	0.0245342		
4	401484.38	402058.87	2.0E+07	2.010E+07	76.15	76.1	2.089	2.092	0.02743893	0.0274316		
5	534375.00	534949.50	2.7E+07	2.615E+07	91.63	91.1	2.781	2.783	0.03033387	0.0303278		
6	667265.63	667840.12	3.3E+07	3.339E+07	101.43	101.5	3.173	3.175	0.03423373	0.0342302		
7	800156.25	800730.75	4.0E+07	4.03E+07	104.0	104.5	4.168	4.168	0.03817367	0.03817635		
8	933046.88	933621.37	4.7E+07	4.648E+07	82.6	83.0	4.856	4.858	0.04211300	0.04211212		
9	1065937.50	1066512.00	5.3E+07	5.332E+07	73.83	73.3	5.547	5.550	0.07514240	0.07513388		
10	1198828.13	1199402.62	6.0E+07	5.998E+07	62.99	63.0	6.240	6.242	0.09905707	0.0990482		

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM D-560-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	BEBAN (N)	Lendutan (mm)	M2 (Nmm)	B	D	MODULUS (MPa)		
							SEJANT	TANGENT	ACTUAL
1	150	587.0	2.39	246	14	47			
2	150	189.000	0.460	411	14	47			
3		3.7453							0.0594

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL

0.040	104.8
0.050	103.5
0.059	83.0

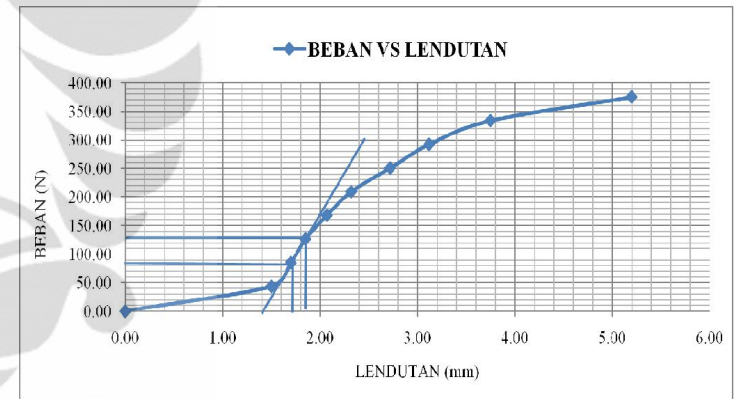


PERHITUNGAN MOMEN BALOK SEJAJAR AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 PHENOL 35% NON GLASSIR TEKANAN 10 kg/cm2

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	AL (mm)		PROPERTI PENAMPANG					JARAK		REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	35% Phenol Non Glazir	65% Aseptik		C	o (mm)	h (mm)	I (mm4)	Y (mm)	A (mm2)	Q (mm)	YA (N)	VB (N)	C (Nmm)		
1	50x5 mm	50x5 mm	0.00	0.00	14	47	23722	23.5	672.1	75	0	0	0		
2	50x5 mm	50x5 mm	43.50	1.50	14	47	23722	23.5	672.1	75	21.75	21.75	1631.25		
3	50x5 mm	50x5 mm	85.00	1.70	14	47	23722	23.5	672.1	75	42.50	42.50	3187.50		
4	50x5 mm	50x5 mm	126.50	1.85	14	47	23722	23.5	672.1	75	63.25	63.25	4743.75		
5	50x5 mm	50x5 mm	168.00	2.07	14	47	23722	23.5	672.1	75	84.00	84.00	6300.00		
6	50x5 mm	50x5 mm	209.50	2.32	14	47	23722	23.5	672.1	75	104.75	104.75	7856.25		
7	50x5 mm	50x5 mm	251.00	2.72	14	47	23722	23.5	672.1	76	125.50	125.50	9412.50		
8	50x5 mm	50x5 mm	292.50	3.12	14	47	23722	23.5	672.1	75	146.25	146.25	10968.75		
9	50x5 mm	50x5 mm	334.00	3.75	14	47	23722	23.5	672.1	75	167.00	167.00	12525.00		
10	50x5 mm	50x5 mm	375.55	5.20	14	47	23722	23.5	672.1	75	187.78	187.78	14083.14		

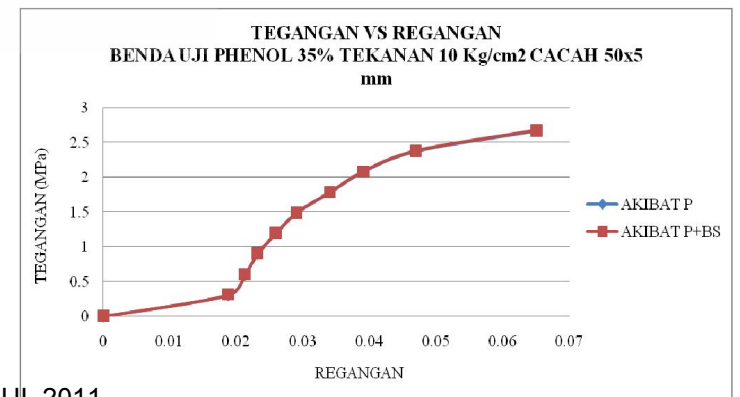
PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ≠ 0

NO	DENSITY (Kg/m3)	BEBAN (N)	q (N/mm')	REAKSI		MOMEN (P + q)		Q1		Q2	
				VA (N)	VB (N)	C	C'	P	q	P	q
1	610.00	0.00	0.004018	0.301	0.301	11.300	11.30	0.00	0.00	0.00	0.00
2	610.00	43.50				1642.55		61171.88	305.01	61171.88	305.01
3	610.00	85.00				3198.80		119831.25	119831.25	119831.25	119831.25
4	610.00	126.50				4755.05		177200.8	177200.8	177200.8	177200.8
5	610.00	168.00				6311.90		236266.80	236266.80	236266.80	236266.80
6	610.00	209.50				7867.55		294409.38	294409.38	294409.38	294409.38
7	610.00	251.00				9423.80		352268.75	352268.75	352268.75	352268.75
8	610.00	292.50				10980.05		411328.13	411328.13	411328.13	411328.13
9	610.00	334.00				12536.30		469687.50	469687.50	469687.50	469687.50
10	610.00	375.55				14094.44		528117.75	528117.75	528117.75	528117.75



PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

NO	P		P+BS		P		BS+P		P		P+BS	
	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC
1	0.00	565.01	0.0E+00	2.648E+04	0	0	0	0	0.002	0	0	0
2	61171.88	61736.88	3.1E+06	3.085E+06	16.48	16.6	0.310	0.312	0.01880000	0.0187677	0.01880000	0.0187677
3	119531.25	120066.26	6.0E+06	6.003E+06	28.4	28.5	0.606	0.608	0.02130867	0.0212879	0.02130867	0.0212879
4	177890.63	178455.63	9E+06	8.91E+06	38.85	39	0.901	0.903	0.02318867	0.0231789	0.02318867	0.0231789
5	236250.00	236815.01	1.2E+07	1.194E+07	46.32	46.3	1.197	1.199	0.02594400	0.0259334	0.02594400	0.0259334
6	294409.38	295174.38	1.5E+07	1.416E+07	51.32	51.3	1.492	1.494	0.02907733	0.0290689	0.02907733	0.0290689
7	352268.75	353533.76	1.8E+07	1.707E+07	52.84	52.8	1.788	1.790	0.03409067	0.0340805	0.03409067	0.0340805
8	411328.13	411693.13	2.1E+07	2.009E+07	53.29	53.3	2.083	2.085	0.03940400	0.0393939	0.03940400	0.0393939
9	469687.50	470252.51	2.3E+07	2.231E+07	50.62	50.7	2.379	2.381	0.04700000	0.0469894	0.04700000	0.0469894
10	528117.75	528682.76	2.6E+07	2.635E+07	41.04	41	2.675	2.677	0.06517333	0.0651603	0.06517333	0.0651603



NO	PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C-58-02 DAN MODULUS AKTUAL	
	SLOPE	MODULUS (MPa)
1	L (mm)	BEBAN (N) - Lendutan (mm)
2	150	240.0
3	150	41.500
4		1.6063
5		0.0391

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL	
0.034	52.5

PERHITUNGAN MOMEN BALOK SEJAJAR AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 PHENOL 40% NON GLASSIR TEKANAN 10 Kg/cm²

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	ΔL (mm)	PROPERTI PENAMPANG				JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	40% Phenol Non Glassir	60% Aseptik			b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)		A (mm ²)	VA (N)	
1		30x5 mm	0.00	0.00	14	48	27181	24	662.4	75	0	0
2		50x5 mm	30.50	1.12	14	48	27181	24	662.4	75	5.25	1148.75
3		50x5 mm	61.00	1.31	14	48	27181	24	662.4	75	10.50	2287.50
4		50x5 mm	91.50	1.48	14	48	27181	24	662.4	75	15.75	3431.25
5		50x5 mm	122.00	1.62	14	48	27181	24	662.4	75	21.00	4575.00
6		30x5 mm	152.50	1.73	14	48	27181	24	662.4	75	26.25	5718.75
7		50x5 mm	189.00	1.89	14	48	27181	24	662.4	75	31.50	6862.50
8		60x5 mm	243.50	2.06	14	48	27181	24	662.4	75	36.75	8006.25
9		50x5 mm	244.00	2.17	14	48	27181	24	662.4	75	37.00	8150.00
10		50x5 mm	274.68	2.98	14	48	27181	24	662.4	75	42.75	10300.50

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ≠ 0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

MOMEN AREA		BENDA UJI 1 40% NON GLASSIR	
------------	--	-----------------------------	--

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI				Mq (Nmm)	MOMEN (P + q)
				VA (N)	VB (N)	C	C		
1	570.00	0.00	0.003700	0.278	0.278	10.407	10.41		
2	570.00	30.50					154.16		
3	570.00	61.00					297.91		
4	570.00	91.50					441.66		
5	570.00	122.00					585.41		
6	570.00	152.50					729.16		
7	570.00	183.00					872.91		
8	570.00	213.50					1016.66		
9	570.00	244.00					1160.41		
10	570.00	274.68					1304.16		

NO	P	q	P	q	MOMEN (P + q)	
					Q1	Q2
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	42890.63	0.00	42890.63	0.00	154.16	154.16
3	85781.25	0.00	85781.25	0.00	297.91	297.91
4	128671.88	0.00	128671.88	0.00	441.66	441.66
5	171562.50	0.00	171562.50	0.00	585.41	585.41
6	214453.13	0.00	214453.13	0.00	729.16	729.16
7	257343.75	0.00	257343.75	0.00	872.91	872.91
8	300234.38	0.00	300234.38	0.00	1016.66	1016.66
9	343125.00	0.00	343125.00	0.00	1160.41	1160.41
10	386015.63	0.00	386015.63	0.00	1304.16	1304.16

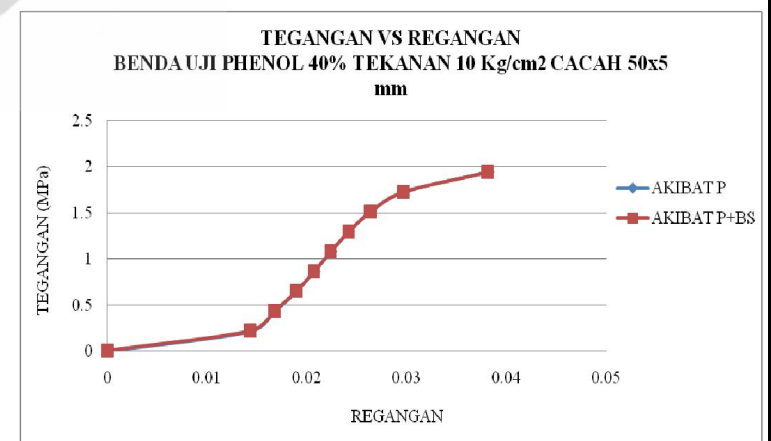
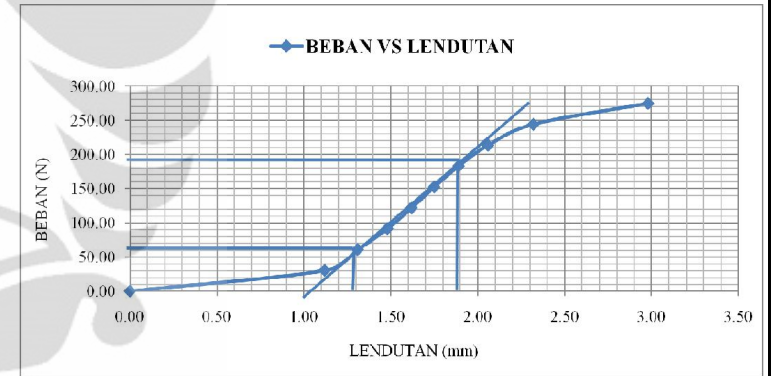
PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

NO	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	TEGANGAN (MPa)	
							ε	ε
1	0.00	520.34	0.0E+00	2.439E+04	0	0	0.0019638	0
2	42890.63	43410.96	2.1E+06	2.169E+06	15.0554	15.2	0.218	0.01433600
3	85781.25	86301.59	3E+06	4.313E+06	25.7486	25.9	0.432	0.01676800
4	128671.88	129192.21	4E+06	6.418E+06	34.1709	34.4	0.648	0.01894400
5	171562.50	172082.84	5E+06	8.633E+06	41.6347	41.8	0.863	0.02073600
6	214453.13	214973.46	1E+07	1.015E+07	48.1773	48.3	1.079	0.02240000
7	257343.75	257834.09	1E+07	1.229E+07	53.591	53.7	1.295	0.02418800
8	300234.38	300724.71	1E+07	1.504E+07	57.2938	57.4	1.541	0.02636000
9	343125.00	343615.34	1E+07	1.738E+07	58.1451	58.2	1.727	0.02868000
10	386015.63	386789.85	1E+07	1.834E+07	50.9592	51.0	1.944	0.03814400

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C-580 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	SLOPE				MODULUS (MPa)				
		BEBAN (N)	LENDUTAN (mm)	M2 (N/mm)	B	D	SEKANT	TANGEN	ACTUAL	OFFSET
1	150	94.0	0.49	192	14	48	96	116	35	51
2	150	122.00	0.580	210	14	48				
3		1.1675		0.0229						
4		0.0188	94.0							
5		0.0194	34.9							
6		0.0207	41.8							

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL



PERHITUNGAN MOMEN BALOK SEJAJAR AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 PHENOL 30% GLASSIR TEKANAN 10 Kg/cm2

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	ΔL (mm)	PROPERTI PENAMPANG					JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	30% Phenol	70% Aseptik			C	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)		A (mm ²)	YA (N)	
1	Glasiir	50x5 mm	0.00	0.00	15	50	55208	25	745	75	0	0	0
2	Glasiir	50x5 mm	58.50	1.92	15	50	55208	25	745	75	29.28	29.28	2193.75
3		50x5 mm	115.00	2.18	15	50	55208	25	745	75	57.5	57.5	4312.5
4		50x5 mm	171.50	2.42	15	50	55208	25	745	75	85.75	85.75	6431.25
5		50x5 mm	228.00	2.62	15	50	55208	25	745	75	114	114	8550
6		50x5 mm	284.50	2.83	15	50	55208	25	745	75	142.25	142.25	10668.75
7		50x5 mm	341.00	3.07	15	50	55208	25	745	75	170.5	170.5	12787.5
8		50x5 mm	397.50	3.29	15	50	55208	25	745	75	198.75	198.75	14906.25
9		50x5 mm	454.00	3.91	15	50	55208	25	745	75	227	227	17025
10		50x5 mm	510.57	5.23	15	50	55208	25	745	75	255.2852	255.2852	19146.39

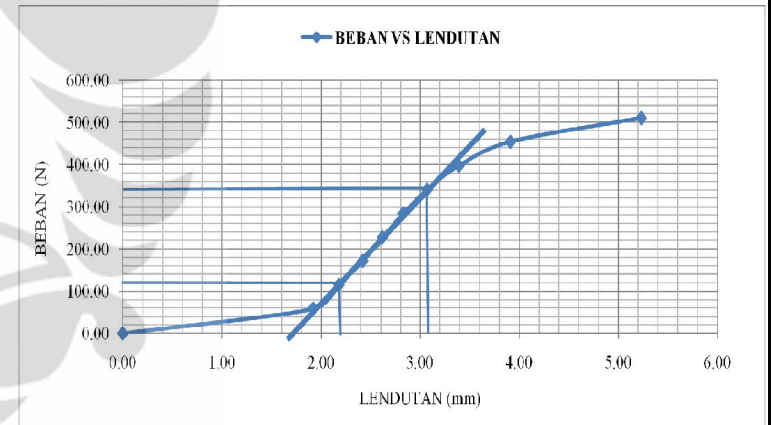
PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

MOMEN AREA BENDA UJI 1 30% GLASSIR

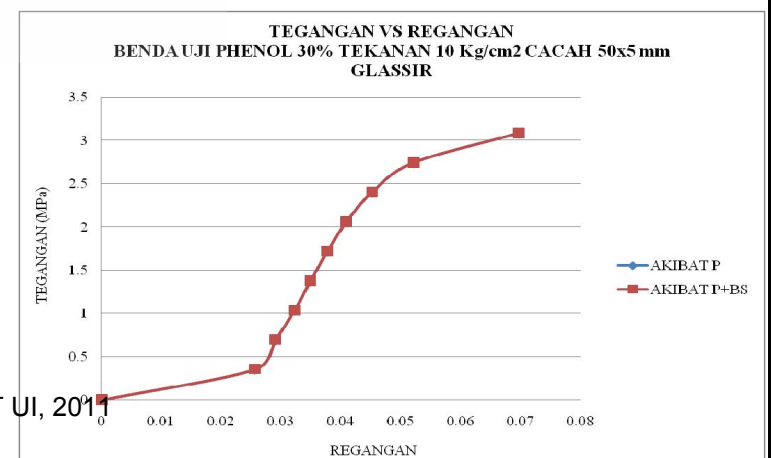
NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		MOMEN (P+q)	
				YA (N)	VB (N)	C	C
1	650.00	0.00	0.004746	0.356	0.356	13.347	13.35
2	650.00	58.50				2207.10	
3	650.00	115.00				4325.85	
4	650.00	171.50				6444.60	
5	650.00	228.00				8563.35	
6	650.00	284.50				10682.10	
7	650.00	341.00				12800.85	
8	650.00	397.50				14919.60	
9	650.00	454.00				17038.35	
10	650.00	510.57				19157.10	

P	q	P	q
0.00	0.00	0.00	0.00
82265.63	0.00	82265.63	0.00
161718.75	0.00	161718.75	0.00
241171.88	0.00	241171.88	0.00
320625.00	0.00	320625.00	0.00
400078.13	0.00	400078.13	0.00
479531.25	0.00	479531.25	0.00
558984.38	0.00	558984.38	0.00
638437.50	0.00	638437.50	0.00
717890.63	0.00	717890.63	0.00



PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEBANGAN DAN REGANGAN

NO	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	P	P+BS	P	P+BS	TEGANGAN (MPa)	
											E	E
1	0.00	667.36	0.0E+00	3.128E+04	0	0	0	0.002	0	0	0.0255614	0.0255614
2	82265.63	82932.98	4.1E+06	4.145E+06	13.803	13.9	0.353	0.356	0.02560000	0.0255614	0.0255614	0.0255614
3	161718.75	162386.11	8.1E+06	8.147E+06	27.606	27.8	0.706	0.712	0.02560000	0.0255614	0.0255614	0.0255614
4	241171.88	241839.23	1.2E+07	1.209E+07	41.409	41.6	1.036	1.038	0.02560000	0.0255614	0.0255614	0.0255614
5	320625.00	321292.36	1.6E+07	1.606E+07	55.212	55.4	1.377	1.379	0.02560000	0.0255614	0.0255614	0.0255614
6	400078.13	400745.48	2.0E+07	2.004E+07	69.015	69.2	1.718	1.721	0.02560000	0.0255614	0.0255614	0.0255614
7	479531.25	480198.61	2.4E+07	2.401E+07	82.818	83.0	2.060	2.062	0.02560000	0.0255614	0.0255614	0.0255614
8	558984.38	559647.73	2.8E+07	2.798E+07	96.621	96.8	2.401	2.403	0.02560000	0.0255614	0.0255614	0.0255614
9	638437.50	639100.86	3.2E+07	3.195E+07	110.424	110.6	2.742	2.744	0.02560000	0.0255614	0.0255614	0.0255614
10	717890.63	718553.98	3.6E+07	3.593E+07	124.227	124.4	3.084	3.086	0.02560000	0.0255614	0.0255614	0.0255614



PERHITUNGAN MOMEN BALOK SEJAJAR AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 UNTUK Phenol 35% GLASSIR TEKANAN 10 Kg/cm2

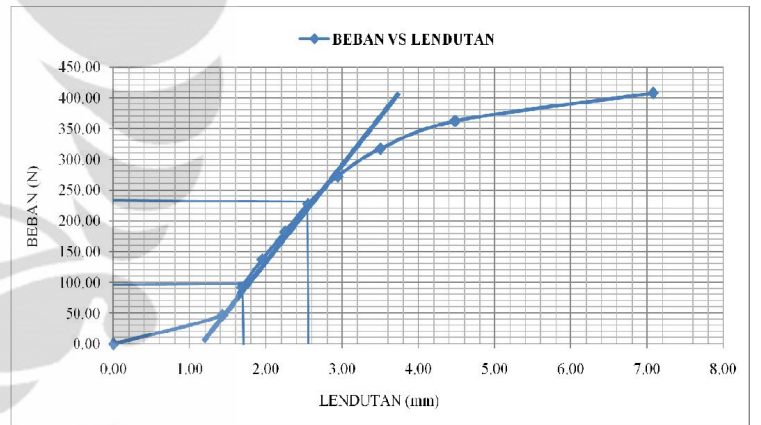
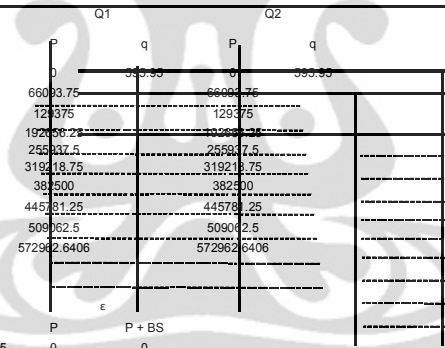
NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	AL (mm)			PROPERTI PENAMPANG			JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	35% Phenol	65% Aseptik		C	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	A (mm ²)		A (N)	VB (N)	
1	0	0	0.00	0.00	14	48	31789	24	686.4	75	0	0	
2	0	0	47.00	1.43	14	48	31789	24	686.4	75	29.5	1762.5	
3	0	0	92.00	1.68	14	48	31789	24	686.4	75	48	3450	
4	0	0	137.00	1.95	14	48	31789	24	686.4	75	68.5	5137.5	
5	0	0	182.00	2.25	14	48	31789	24	686.4	75	91	6825	
6	0	0	227.00	2.53	14	48	31789	24	686.4	75	113.5	8512.5	
7	0	0	272.00	2.94	14	48	31789	24	686.4	75	136	10200	
8	0	0	317.00	3.50	14	48	31789	24	686.4	75	159.5	11887.5	
9	0	0	362.00	4.48	14	48	31789	24	686.4	75	181	13575	
10	0	0	407.44	7.08	14	48	31789	24	686.4	75	208.72005	15279.00375	

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0 LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

MOMEN AREA

BENDA UJI 1 35% GLASSIR

NO	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		Mq (Nmm)	MOMEN (P + q)	
			VA (N)	VB (N)		C	C
1	630.00	0.00	0.004237834	0.318	0.318	11.919	11.92
2	630.00	47.00					1774.42
3	630.00	92.00					3461.92
4	630.00	137.00					5149.42
5	630.00	182.00					6836.92
6	630.00	227.00					8524.42
7	630.00	272.00					10211.92
8	630.00	317.00					11899.42
9	630.00	362.00					13586.92
10	630.00	407.44					15274.42



PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

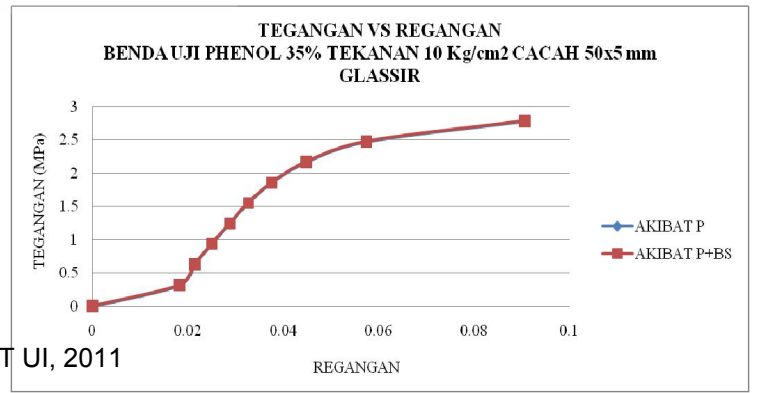
NO	RA' = RB'		MC		E (MPa)		TEGANGAN (MPa)	
	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	P	P+BS
1	0	595.9	0.0E+00	2.793E+04	0	0	0	0.0021705
2	66093.75	66689.7	3.3E+06	3.333E+06	17.5354	17.7	0.321	0.01830400
3	129375	129970.9	6.5E+06	6.497E+06	29.2368	29.3	0.628	0.02150000
4	192656.25	193252.2	9.6E+06	9.611E+06	37.4335	37.5	0.936	0.02469000
5	255937.5	256533.4	1.3E+07	1.292E+07	43.1582	43.3	1.243	0.02880000
6	319218.75	319814.7	1.6E+07	1.599E+07	47.4541	47.5	1.550	0.03264000
7	382900	383095.9	1.9E+07	1.915E+07	49.35	49.5	1.858	0.03763000
8	445781.25	445977.2	2.2E+07	2.202E+07	49.302	49.5	2.165	0.04449000
9	509662.5	509858.4	2.5E+07	2.518E+07	43.1107	43.2	2.472	0.05234000
10	572962.6406	573558.6	2.9E+07	2.898E+07	30.7033	30.7	2.782	0.09062000

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C 58-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	SLOPE		MODULUS (MPa)		OFFSET
		BEBAN (N)	LENDUTAN (mm)	SECANT	TANGENT ACTUAL	
1	150	319.4	2.54	126	14	48
2	150	135.000	0.870	155	14	48
3		1.6708			0.0544	

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL

0.0448	48.4
0.0453	48.2
0.0573	43.2



PERHITUNGAN MOMEN BALOK SEJAJAR AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 PHENOL 40% GLASSIR TEKANAN 10 kg/cm2

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	AL (mm)			PROPERTI PENAMPANG				JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	40% Phenol Glazir Glassir	60% Aseptik		C	b (mm)	h (mm)	L (mm ⁴)	Y (mm)	A (mm ²)	VA (N)		VB (N)		
1		50x5 mm	0.00	0.00	14	50	43523	24.75	702.9	75	0	0	0	
2		50x5 mm	28.00	1.46	14	50	43523	24.75	702.9	75	14	14	1050	
3		50x5 mm	54.00	1.67	14	50	43523	24.75	702.9	75	27	27	2025	
4		50x5 mm	80.00	1.93	14	50	43523	24.75	702.9	75	40	40	3000	
5		50x5 mm	106.00	2.57	14	50	43523	24.75	702.9	75	53	53	3975	
6		50x5 mm	132.00	3.10	14	50	43523	24.75	702.9	75	66	66	4950	
7		50x5 mm	158.00	3.47	14	50	43523	24.75	702.9	75	79	79	5925	
8		50x5 mm	184.00	3.90	14	50	43523	24.75	702.9	75	92	92	6900	
9		50x5 mm	210.00	7.13	14	50	43523	24.75	702.9	75	105	105	7875	
10		50x5 mm	236.62	8.40	14	50	43523	24.75	702.9	75	118.30845	118.30845	8873.13375	

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI = 0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

MOMEN AREA

BENDA UJI 1 40% GLASSIR

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm)	REAKSI		Mq (Nmm)	MOMEN (P + q)	
				VA (N)	VB (N)	C	C	
1	590.00	0.00	0.004064	0.305	0.305	11.430	11.43	
2	590.00	28.00					1061.43	
3	590.00	54.00					2036.43	
4	590.00	80.00					3011.43	
5	590.00	106.00					3986.43	
6	590.00	132.00					4961.43	
7	590.00	158.00					5936.43	
8	590.00	184.00					6911.43	
9	590.00	210.00					7886.43	
10	590.00	236.62					8861.56	

Q1		Q2	
P	q	P	q
0	571.52	0	571.52
39375		39375	
78750		78750	
118125		118125	
157500		157500	
196875		196875	
236250		236250	
275625		275625	
315000		315000	
354375		354375	

PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

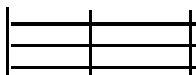
NO	P		P+BS		P		P+BS		P		P+BS	
	P	P+BS	P	P+BS	P	P+BS	P	P+BS	P	P+BS	P	P+BS
1	0	571.5	0.0E+00	2.679E+04	0	0	0	0	0.0019711	0	0.01927200	0.0192203
2	39375	39946.5	2.0E+06	1.996E+06	9.39539	9.5	0.181	0.183	0.01927200	0.0192203		
3	78750	78509.0	3.8E+06	3.824E+06	15.8412	16.0	0.349	0.351	0.02204400	0.0220131		
4	118125	118071.5	5.6E+06	5.632E+06	20.3068	20.5	0.517	0.519	0.02547400	0.0254418		
5	149062.5	149634.0	7.5E+06	7.40E+06	20.2631	20.5	0.685	0.687	0.03392400	0.0338937		
6	185625	186196.5	9.3E+06	9.38E+06	20.8004	20.9	0.854	0.856	0.04092000	0.0408954		
7	222187.5	222759.0	1.1E+07	1.14E+07	22.31	22.5	1.022	1.024	0.04580400	0.0457820		
8	259750	259321.5	1.3E+07	1.29E+07	23.1494	23.5	1.199	1.192	0.05448000	0.0544587		
9	295312.5	295884.0	1.5E+07	1.49E+07	14.4201	14.5	1.358	1.360	0.09411000	0.0940919		
10	332742.5156	333314.0	1.7E+07	1.69E+07	13.7999	13.5	1.530	1.532	0.11088000	0.1108443		

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C-802 DAN MODULUS AKTUAL

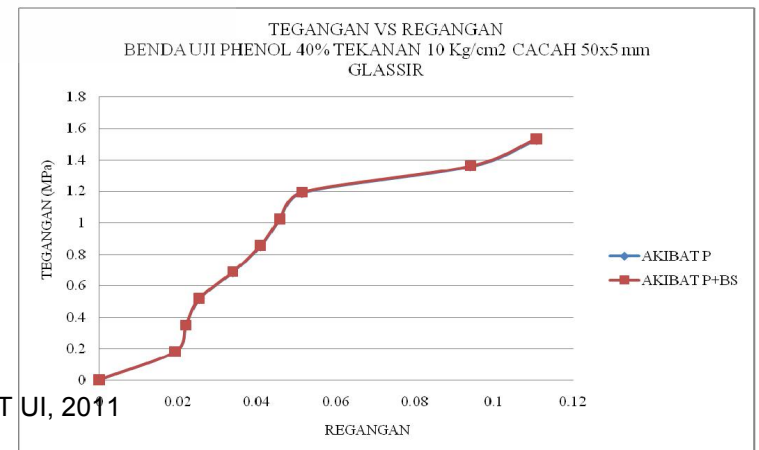
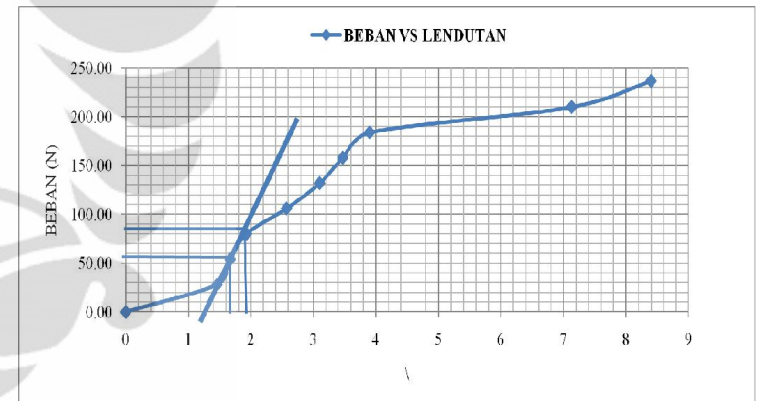
NO	L (mm)	SLOPE		MODULUS (MPa)	
		BEBAN (N)	LENDUTAN (mm)	SEBANT	TANGENT ACTUAL
1	150	195.1	2.95	66	14
2	150	26.00	0.26	100	14
3		0.9193		0.0665	

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL

0.051	33.2		
0.055	22.4		
0.094	14.5		



Kajian perilaku ..., Armando Pensa Marihat S, FT UI, 2011



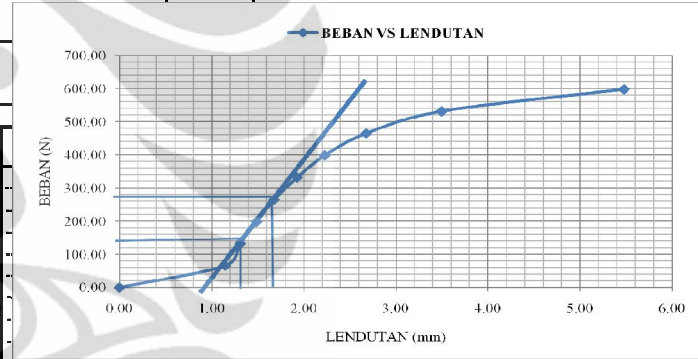
PERHITUNGAN MOMEN BALOK SEJAJAR AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 UNTUK Phenol 10% NON GLASSIR TEKANAN 15Kg/cm2

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	ΔL (mm)		PROPERTI PENAMPANG					JARAK l (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	10% Phenol	90% Aseptik		C	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	A (mm ²)	VA (N)		VB (N)		
1	Non	50x5 mm	0.00	0.66	9	48	34787	24	441.6	75	0.00	0.00	0.00	
2	Non	50x5 mm	66.00	1.15	9	48	34787	24	441.6	75	6.60	6.60	2475.00	
3	Glassir	50x5 mm	192.50	1.31	9	48	34787	24	441.6	75	19.25	19.25	4882.75	
4	Glassir	50x5 mm	199.00	1.49	9	48	34787	24	441.6	75	19.90	19.90	7462.50	
5	Glassir	50x5 mm	285.50	1.08	9	48	34787	24	441.6	75	28.55	28.55	9956.25	
6	Glassir	50x5 mm	332.00	1.73	9	48	34787	24	441.6	75	33.20	33.20	12450.00	
7	Glassir	50x5 mm	398.50	2.23	9	48	34787	24	441.6	75	39.85	39.85	44943.75	
8	Glassir	50x5 mm	465.00	2.62	9	48	34787	24	441.6	75	46.50	46.50	17437.50	
9	Glassir	50x5 mm	531.50	3.50	9	48	34787	24	441.6	75	53.15	53.15	19931.25	
10	Glassir	50x5 mm	597.91	5.48	9	48	34787	24	441.6	75	59.79	59.79	22421.64	

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI = 0

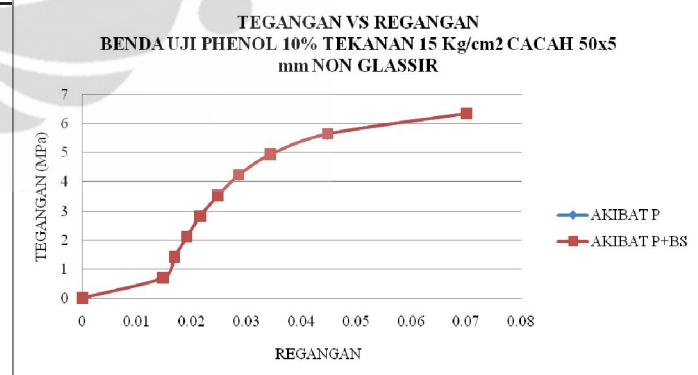
LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		MOMEN (P+q)		Q1				Q2				
				VA (N)	VB (N)	C	C	P	q	P	q	P	q	P	q	
1	890.00	0.00	0.003851635	0.289	0.289	10.833	10.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	890.00	66.00					7485.83	92812.50	341.64	341.64	92812.50	92812.50	92812.50	92812.50	92812.50	92812.50
3	890.00	132.00					1378.58	166325.13	166325.13	166325.13	166325.13	166325.13	166325.13	166325.13	166325.13	166325.13
4	890.00	199.00					473.33	279837.75	279837.75	279837.75	279837.75	279837.75	279837.75	279837.75	279837.75	279837.75
5	890.00	265.50					997.86	373259.38	373259.38	373259.38	373259.38	373259.38	373259.38	373259.38	373259.38	373259.38
6	890.00	332.00					2460.83	466875.00	466875.00	466875.00	466875.00	466875.00	466875.00	466875.00	466875.00	466875.00
7	890.00	398.50					14954.58	560330.63	560330.63	560330.63	560330.63	560330.63	560330.63	560330.63	560330.63	560330.63
8	890.00	465.00					7448.33	653906.25	653906.25	653906.25	653906.25	653906.25	653906.25	653906.25	653906.25	653906.25
9	890.00	531.50					19942.08	747421.88	747421.88	747421.88	747421.88	747421.88	747421.88	747421.88	747421.88	747421.88
10	890.00	597.91					2432.47	840811.50	840811.50	840811.50	840811.50	840811.50	840811.50	840811.50	840811.50	840811.50



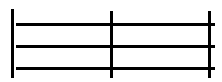
PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

NO	Ra = Eε		MC		F (MPa)		TEGANGAN (MPa)		ε	
	P	P+BS	P	BS+P	P	BS+P	P	P+BS	P	P+BS
1	0.00	541.64	0.0E+00	2.539E+04	0.00	0.00	0.0030663	0	0	0
2	92812.50	93354.14	4.6E+06	4.666E+06	47.59	47.9	0.701	0.704	0.01472000	0.0147040
3	186328.13	186869.76	9.2E+06	9.342E+06	83.88	84.1	1.406	1.410	0.01678000	0.0167589
4	279843.75	280385.39	1.4E+07	1.442E+07	110.16	111.0	2.112	2.115	0.01907200	0.0190661
5	373359.38	373901.01	1.9E+07	1.899E+07	131.66	131.2	2.818	2.821	0.02150400	0.0214982
6	466875.00	467416.64	2.3E+07	2.337E+07	142.45	142.8	3.624	3.627	0.02470000	0.0246996
7	560330.63	560932.26	2.8E+07	2.804E+07	148.19	148.3	4.230	4.233	0.02854000	0.0285388
8	653906.25	654447.89	3.0E+07	3.022E+07	143.40	144.3	4.936	4.939	0.03430000	0.0342987
9	747421.88	747963.51	3.7E+07	3.740E+07	125.83	126.0	5.842	5.845	0.04480000	0.0447989
10	840811.50	841353.14	4.2E+07	4.207E+07	90.48	90.5	6.847	6.350	0.07014000	0.0701365



PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM D 598-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	SLOPE		MODULUS (MPa)		MODULUS (MPa)				
		BEBAN (N)	LENDUTAN (mm)	M2 (N/mm)	B	D	SEKANT TANGEN	T ACTUAL	OFFSET	
1	150	471.0	1.74	271	9	48	224	298	143	91
2	150	133.00	0.370	359	9	48				
3		3.8099								
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										



PERHITUNGAN MOMEN BALOK SEJAJAR AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
 BENDA UJI 1 UNTUK Phenol 20% NON GLASSIR TEKANAN 15Kg/cm2

NO	CAMPURAN		BEBAN (N)	PROPERTI PENAMPANG					JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
	20% Phenol NON Glassir	80% Aseptik		ΔL (mm)	C	b (mm)	h (mm)	I (mm4)		Y (mm)	A (mm2)	
1		20x5 mm	0.00	0.00	2	49	89366	24.25	455.9	75	0	0
2		50x5 mm	64.00	0.92	9	49	89366	24.25	455.9	75	92	2498
3		60x5 mm	127.50	1.33	9	49	89366	24.25	455.9	75	95.5	4784.25
4		50x5 mm	191.00	1.55	9	49	89366	24.25	455.9	75	95.5	7162.5
5		60x5 mm	254.50	1.93	9	49	89366	24.25	455.9	75	27.25	9543.75
6		50x5 mm	318.00	2.39	9	49	89366	24.25	455.9	75	159	11925
7		60x5 mm	381.50	2.76	9	49	89366	24.25	455.9	75	99.75	14308.25
8		50x5 mm	445.00	3.28	9	49	89366	24.25	455.9	75	22.5	16687.5
9		60x5 mm	508.50	4.05	9	49	89366	24.25	455.9	75	54.25	19068.75
10		50x5 mm	572.08	6.35	9	49	89366	24.25	455.9	75	286.0418	21453.135

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI = 0
 BENDA UJI 1 20% NON GLASSIR

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI
 MOMEN AREA

NO	DENSITY (Kg/m3)	BEBAN (N)	q (N/mm)	REAKSI		MOMEN (P+q)	
				VA (N)	VB (N)	C	C
1	617.00	0.00	0.002756645	0.207	0.207	7.753	7.75
2	617.00	64.00					2407.75
3	617.00	127.50					4789.00
4	617.00	191.00					7170.25
5	617.00	254.50					9551.50
6	617.00	318.00					11932.75
7	617.00	381.50					14314.00
8	617.00	445.00					16695.25
9	617.00	508.50					19076.50
10	617.00	572.08					21457.75

NO	P	q	P	q	MOMEN AREA	
					Q1	Q2
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	90000.00	307.65	90000.00	307.65	179286.88	179286.88
3	179286.88	615.30	179286.88	615.30	358573.75	358573.75
4	268573.75	922.95	268573.75	922.95	537860.63	537860.63
5	357860.63	1238.60	357860.63	1238.60	717147.50	717147.50
6	447147.50	1554.25	447147.50	1554.25	896434.38	896434.38
7	536434.38	1869.90	536434.38	1869.90	1075721.25	1075721.25
8	625721.25	2185.55	625721.25	2185.55	1255008.13	1255008.13
9	715008.13	2501.20	715008.13	2501.20	1434295.00	1434295.00
10	804295.00	2816.85	804295.00	2816.85	1613581.88	1613581.88

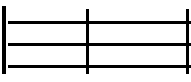
PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

NO	P		P+BS		P		P+BS	
	P	P+BS	P	P+BS	P	P+BS	P	P+BS
1	0.00	387.65	0.0E+00	1.817E+04	0	0	0.00	0.0021038
2	90000.00	90387.65	4.5E+06	4.518E+06	54.7335	55.0	0.65	0.653
3	179286.88	179684.53	9.0E+06	8.983E+06	81.5479	81.7	1.30	1.300
4	268573.75	268981.40	1.3E+07	1.315E+07	96.9533	97.1	1.94	1.946
5	357860.63	358278.28	1.8E+07	1.77E+07	103.751	103.9	2.59	2.592
6	447147.50	447575.15	2.2E+07	2.23E+07	104.886	104.8	3.24	3.238
7	536434.38	536872.03	2.7E+07	2.63E+07	108.75	108.8	3.98	3.984
8	625721.25	626168.90	3.1E+07	3.04E+07	106.745	106.6	4.62	4.624
9	715008.13	715465.78	3.6E+07	3.57E+07	98.783	98.8	5.17	5.172
10	804492.56	804980.22	4.0E+07	4.03E+07	70.837	70.9	5.82	5.824

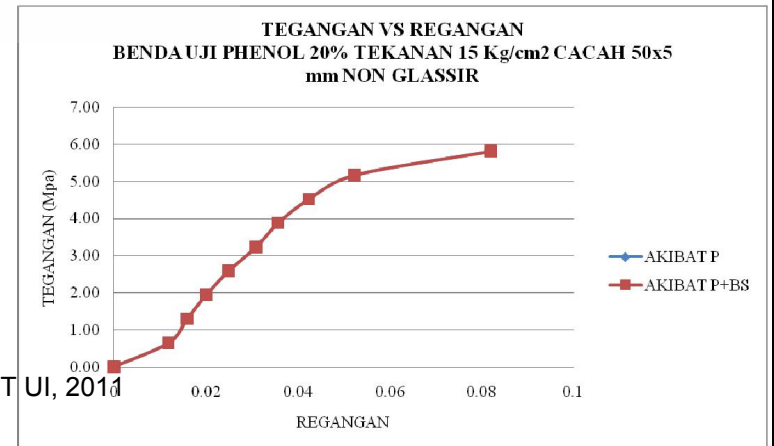
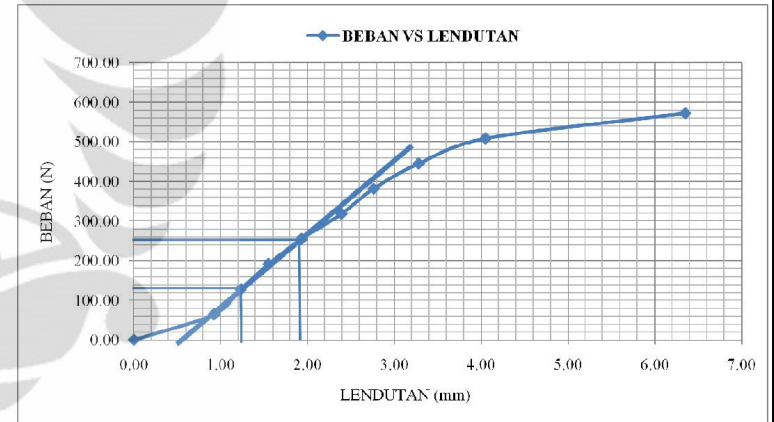
PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM D 690-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	SLOPE		MODULUS (MPa)	
		BEBAN (N)	Lendutan(mm)	M2 N/mm	MODULUS (MPa)
1	150	432.97	2.58	168	9
2	150	127.00	0.700	181	9
3		3.4941		0.0493	

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL



Kajian perilaku ..., Armando Pensa Marihat S, FT UI, 2014



PERHITUNGAN MOMEN BALOK SEJAJAR AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI =0
BENDA UJI 1 PAPAN PARTIKEL KAYU

NO	CAMPURAN	BEBAN (N)	ΔL (mm)		PROPERTI PENAMPANG					JARAK C (mm)	REAKSI		MOMEN C (Nmm)
			C	Δ	b (mm)	h (mm)	I (mm ⁴)	Y (mm)	A (mm ²)		VA (N)	VB (N)	
1		0.00	0.00	0	48	19823	24.65	591.6	75	0	0	0	
2		237.00	1.23	13	40	10823	24.66	591.6	75	118.5	118.5	9897.6	
3		476.00	1.14	13	40	10823	24.66	591.6	75	236.9	236.9	17860	
4		715.00	1.63	12	49	19823	24.65	591.6	75	355.3	355.3	26812.5	
5		954.00	1.82	12	49	19823	24.65	591.6	75	473.7	473.7	35775	
6		1193.00	2.02	12	49	19823	24.65	591.6	75	592.1	592.1	44737.5	
7		1432.00	2.25	12	49	19823	24.65	591.6	75	710.5	710.5	53700	
8		1671.00	2.40	12	49	19823	24.65	591.6	75	828.9	828.9	62662.5	
9		1910.00	2.74	12	49	19823	24.65	591.6	75	947.3	947.3	71625	
10		2149.26	3.18	12	49	19823	24.65	591.6	75	1065.7	1065.7	80597.11125	

PERHITUNGAN MOMEN BALOK AKIBAT BEBAN P (N) DAN BERAT SENDIRI ≠ 0

LENDUTAN AKIBAT BEBAN P DAN BERAT SENDIRI

NO	DENSITY (Kg/m ³)	BEBAN (N)	q (N/mm ²)	REAKSI		MOMEN (P + q)		Q1		Q2	
				VA (N)	VB (N)	C	C	P	q	P	q
1	804.00	0.00	0.004661335	0.350	0.350	13.110	13.11	0.00	0.00	0.00	0.00
2	804.00	237.00					900.61	333281.25	655.50	333281.25	655.50
3	804.00	476.00				7583.11	669375.00	669375.00	669375.00	669375.00	
4	804.00	715.00				5825.61	1005687.5	1005687.5	1005687.5	1005687.5	
5	804.00	954.00				4798.11	1344625.00	1344625.00	1344625.00	1344625.00	
6	804.00	1193.00				4750.61	1672562.5	1672562.5	1672562.5	1672562.5	
7	804.00	1432.00				3713.11	2013750.00	2013750.00	2013750.00	2013750.00	
8	804.00	1671.00				2675.61	2349437.5	2349437.5	2349437.5	2349437.5	
9	804.00	1910.00				1638.11	2685937.50	2685937.50	2685937.50	2685937.50	
10	804.00	2149.26				80610.22	3022391.67	3022391.67	3022391.67	3022391.67	

PERHITUNGAN MODULUS ELASTISITAS, TEGANGAN DAN REGANGAN

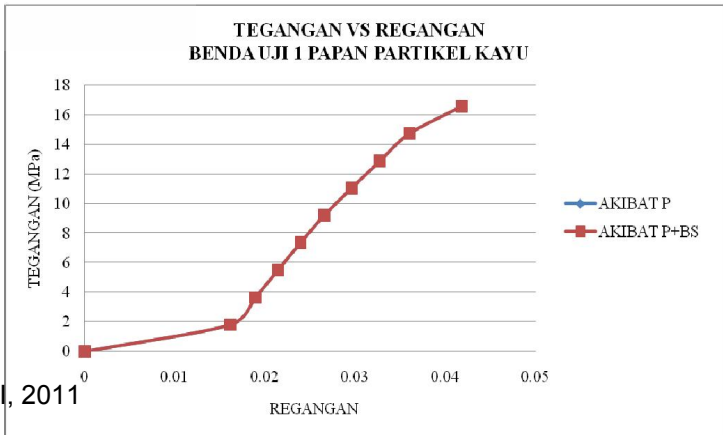
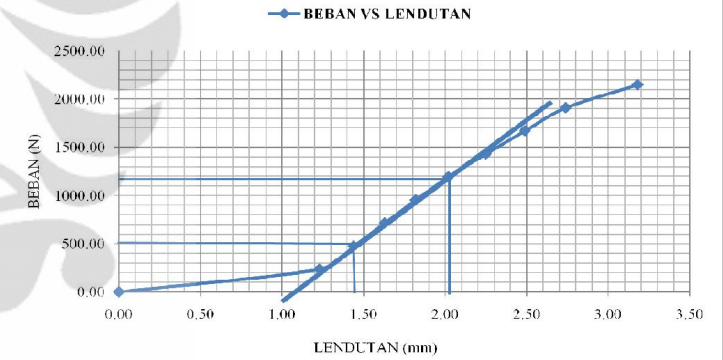
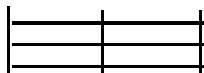
NO	Ra' = Rb'		MC	E (MPa)		TEGANGAN (MPa)	
	P	P+BS		P	BS+P	P	P+BS
1	0.00	655.50	0.0E+00	3.073E+04	0.00	0	0.002697
2	333281.25	333936.75	1.7E+07	1.669E+07	113.07	113.3	1.828
3	669375.00	670030.50	3.3E+07	3.350E+07	193.47	194.1	3.672
4	1005468.75	1006124.25	5.0E+07	5.030E+07	257.40	257.5	5.316
5	1341562.50	142218.00	6.7E+07	6.71E+07	307.49	307.7	7.360
6	1677656.25	1678311.75	8.4E+07	8.391E+07	346.38	346.7	9.203
7	2013750.00	2014405.50	1.0E+08	1.007E+08	373.57	373.9	11.047
8	2349843.75	2350499.25	1.2E+08	1.175E+08	393.20	393.3	12.891
9	2685937.50	2686593.00	1.3E+08	1.348E+08	409.05	409.1	14.735
10	3022391.67	3023047.17	1.5E+08	1.512E+08	396.60	396.7	16.580

PERBANDINGAN NILAI MODULUS MENURUT ASTM C 58-02 DAN MODULUS AKTUAL

NO	L (mm)	BEBAN (N)	Lendutan (mm)	SLOPE		M2 (N/mm)	B	D	MODULUS (MPa)			
				SECANT	TANGENT				ACTUAL	OFFSE METHOD		
1	150	655.50	0.55	1181	12	49	645	725	244	397		
2	150	717.00	0.58	1236	12	49						
3		9.9499				0.0251						

DENGAN INTERPOLASI DIDAPATKAN NILAI MODULUS AKTUAL

0.0169	194.1
0.0209	244.3
0.0214	257.6



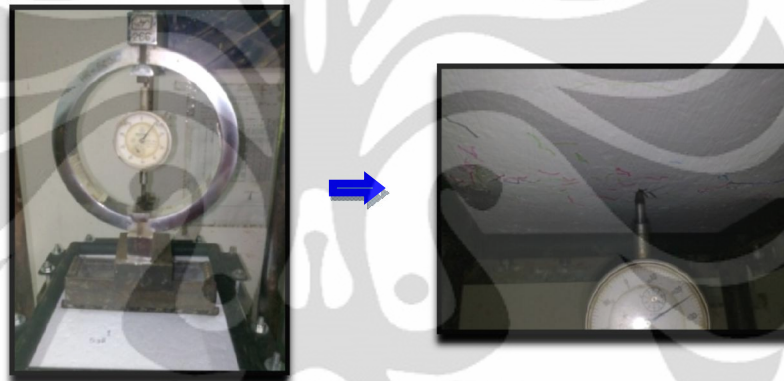


Lampiran 3 Perhitungan Polar Retak

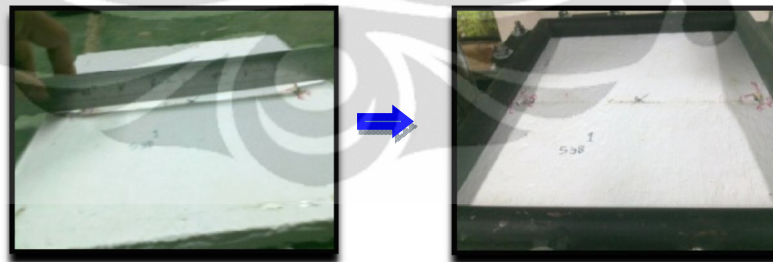
Beban Garis Pada Tengah Bentang Sisi Lebar Papan Partikel Aseptik



Pengecekan level alat uji pola retak



Penekanan papan dan pembacaan *dial*



Lendutan dan pola retak bagian atas papan partikel

Gambar di atas merupakan gambar pengujian beban garis yang dilakukan dimana terlihat benda uji setelah diberi beban mengalami lendutan permanen dan mengalami retak disepanjang papan yang langsung menahan beban garis

Hasil uji percobaan beban garis arah lebar papan partikel

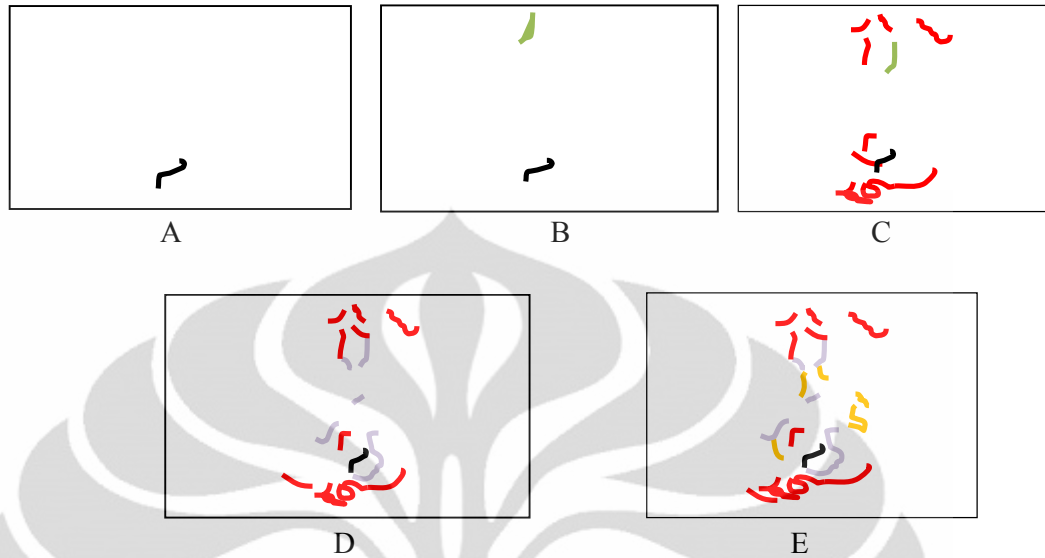
NO	25% BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL di 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	0	-
2	480.65	1.50	-
3	0	0.28	-
NO	50 % BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL di 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	0.28	-
2	480.65	1.65	-
3	942.65	2.66	-
4	480.65	2.20	-
5	0	0.43	-
NO	75% BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL di 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	0.43	
2	480.65	1.73	
3	942.65	2.75	
4	1404.65	4.28	Biru
5	942.65	4.11	
6	480.65	3.40	
7	0	1.17	
NO	100 % BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL di 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	1.17	
2	480.65	2.53	
3	942.65	3.56	
4	1404.65	4.77	
5	1866.65	6.24	Hitam
6	1404.65	5.85	
7	942.65	5.31	
8	480.65	4.90	
9	0	1.65	
NO	125 % BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL di 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	1.65	
2	480.65	3.40	
3	942.65	4.60	
4	1404.65	5.57	
5	1866.65	6.74	

6	2328.65	8.67	Hijau
7	1866.65	8.38	
8	1404.65	8.06	
9	942.65	7.61	
10	480.65	6.70	
11	0	2.74	
NO	150 % BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL di 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	2.74	
2	480.65	4.33	
3	942.65	5.85	
4	1404.65	7.11	
5	1866.65	7.94	
6	2328.65	8.98	
7	2790.65	10.06	Merah
8	2328.65	9.91	
9	1866.65	9.56	
10	1404.65	9.12	
11	942.65	8.41	
12	480.65	8.27	
13	0	3.48	
NO	175% BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL di 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	3.48	
2	480.65	4.99	
3	942.65	6.53	
4	1404.65	7.71	
5	1866.65	8.71	
6	2328.65	9.61	
7	2790.65	10.52	
8	3252.65	11.23	Pink
9	2790.65	11.14	
10	2328.65	11.02	
11	1866.65	10.62	
12	1404.65	10.14	
13	942.65	9.48	
14	480.65	8.32	

15	0	4.00	
NO	200 % BEBAN MAKSIMUM (N)	DIAL di 1/2 L (mm)	WARNA POLA RETAK
1	0	4.00	
2	480.65	6.07	
3	942.65	7.49	
4	1404.65	8.91	
5	1866.65	9.75	
6	2328.65	10.39	
7	2790.65	11.22	
8	3252.65	11.91	
9	3714.65	13.19	Orange
10	3252.65	13.06	
11	2790.65	12.83	
12	2328.65	12.48	
13	1866.65	12.24	
14	1404.65	11.75	
15	942.65	11.01	
16	480.65	10.95	
17	0	4.92	

Keterangan : tanda (-) yaitu belum terjadi retak sedangkan warna hanya sebagai tanda penjalaran retak akibat pemberian beban secara siklik.

Pada perhitungan tabel di atas diketahui beban semi siklik mencapai pengulangan 200% beban maksimum dari tabel ini dapat diketahui lendutan dan beban maksimum yang dapat dipikul oleh papan partikel cacah kotak aseptik. Ukuran papan partikel yang digunakan adalah 200 mm x 250 mm x 10 mm.



Gambar. Pemberian tanda warna pola retak pada papan partikel bagian atas dengan beban garis arah lebar

Keterangan :

A = Beban siklik 100 %, B = beban siklik 125 %, C = beban siklik 150 %, D = 175 %, E = beban siklik 200 %.

Dari gambar dapat diketahui pola penjalaran retak yang terjadi dan diberi tanda notasi angka untuk mempermudah melihat pola penjalaran retak seperti gambar di atas.



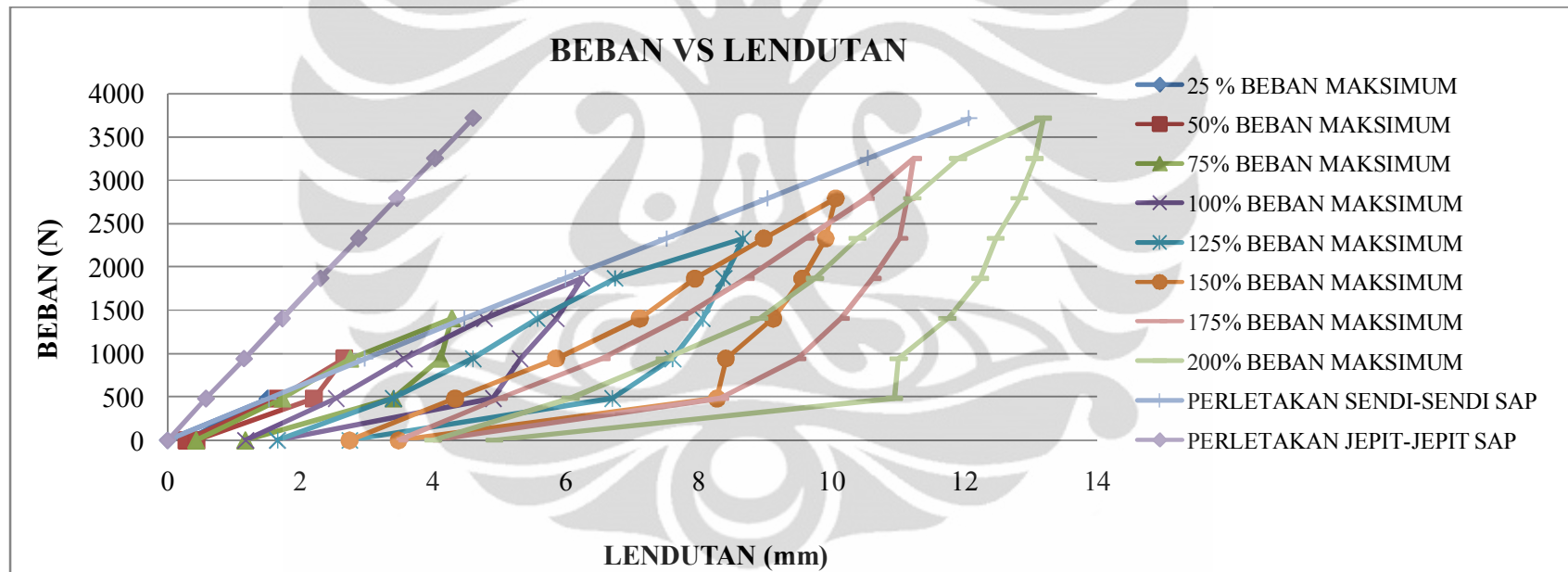
Gambar. Penjalaran pola retak bagian atas papan partikel



Gambar. Penjalaran pola retak bagian bawah papan partikel

Keterangan gambar 4.16 dan 4.17:

Angka 6 = 1404.65 N, angka 8 = 1866.65 N, angka 10 = 2328.65 N, angka 12 = 2790.65 N, angka 14 = 3252.65 N dan angka 16 = 3714.65 N.



Grafik. Beban vs lendutan pengujian beban garis

Analisa

Beban garis yang digunakan lebar permukaannya harus sebesar panjang papan dibagi 40 yaitu $28/40 = 0.7$ cm jadi maksimum permukaan beban garis yang digunakan harus lebih kecil atau sama dengan 0.7. (Rudolph, 1989.)⁽²⁹⁾. Sehingga pada saat pembebanan digunakan lebar beban garis sebesar 0.5 mm.

Dari data tabel dan gambar di atas dapat diketahui bahwa pada pembebanan garis ditengah bentang sisi lebar dengan beban siklik sampai mencapai 200% beban maksimum didapat:

1. Papan dapat menahan beban sampai mencapai 3714.65 N.
2. Mulai terjadi retak saat papan menerima beban sebesar 1404.65 N.
3. Lendutan maksimum yang diperoleh sebesar 13.19 mm dan lendutan permanen maksimum 4.92 mm.

Papan dapat menahan beban garis cukup besar dikarenakan pada penekanan papan menggunakan perletakan sendi di ke-empat sisinya sehingga papan lebih kuat menahan beban garis. Dilihat dari grafik beban vs lendutan papan partikel cacah kotak aseptik cukup elastis karena dapat kembali lagi ke bentuk semula setelah dibebani contohnya pada saat beban sudah mencapai 942.65 N lendutan permanennya masih sangat kecil yaitu 0.43 mm.

Dari gambar pola retak papan diatas, retak yang terjadi pada bagian atas papan yang langsung menerima beban garis, retak yang terjadi lebih sedikit dibandingkan pada sisi bawahnya yang terdapat lebih banyak retak yang terlihat pada gambar. Ini disebabkan karena serat atas pada papan tertekan sedangkan serat bawah pada papan tertarik.

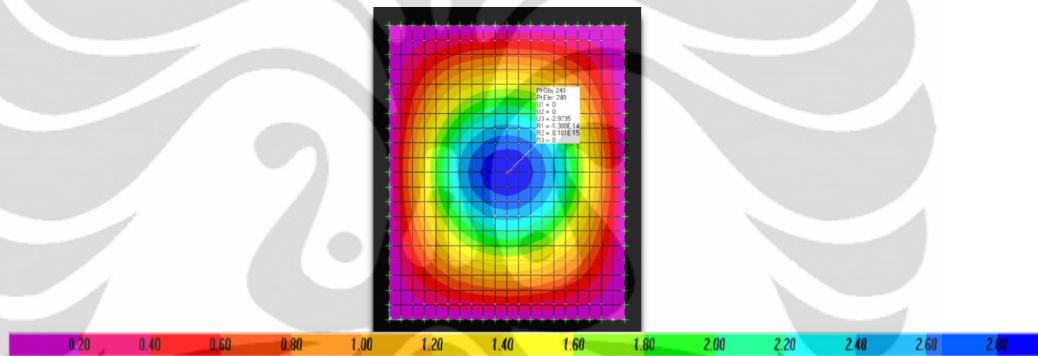
Retak yang terjadi pada papan terjadi disepanjang papan yang langsung menerima beban garis dan semakin jauh dari beban garis tidak terdapat retak ini disebabkan pada permukaan papan yang dibebani beban garis tegangannya paling besar terdapat pada permukaan papan yang dibebani oleh beban garis terutama di tengah papan pada sisi lebar papan. Momen, tegangan dan lendutan yang paling besar terjadi pada tengah bentang papan sisi lebar.

Pola retak yang terjadi pada papan dimulai dari ujung-ujung beban garis, retak terbanyak terjadi pada ujung beban garis dan lebih dulu *collapse* ternyata terletak

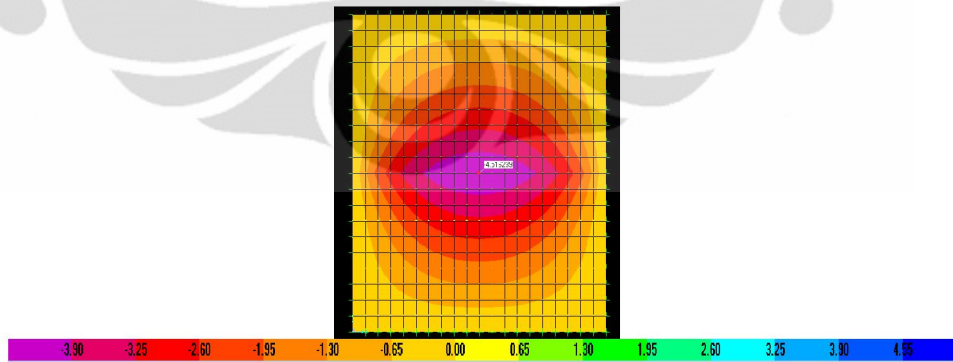
pada ujung-ujung yang dibebani beban garis. Ini disebabkan oleh beberapa factor yaitu:

1. Karena beban garis yang digunakan adalah besi tulangan yang cukup keras dan kaku sehingga waktu dibebani bentuk beban tidak mengikuti bentuk lendutan papan sehingga di ujung-ujung papan terjadi letak terlebih dahulu.
2. Ini juga disebabkan pada bagian itu tidak terkena beban garis karena terjepit oleh perletakan sendi. Sehingga retak yang terjadi dimulai dari sisi ujung yang menerima beban garis.

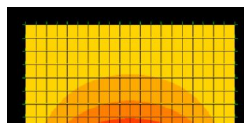
Hasil perhitungan lendutan SAP versi 14⁽²³⁾ papan partikel aseptic dengan perletakan sendi-sendi



Gambar. Lendutan beban 942.65 N



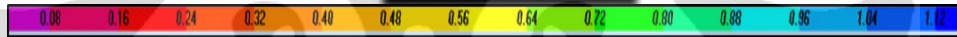
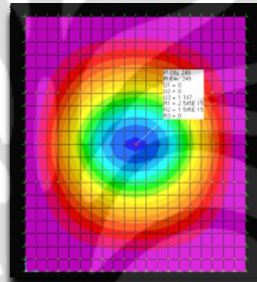
Gambar Tegangan S11 beban 942.65 N



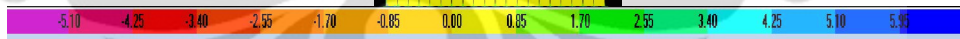
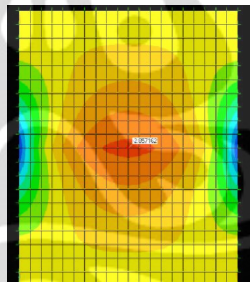


Gambar Tegangan S22 beban 942.65 N

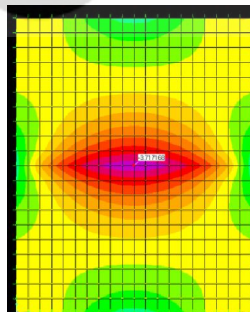
Hasil perhitungan lendutan SAP versi 14⁽²³⁾ papan partikel dengan perletakan jepit-jepit.



Gambar. Perletakan jepit lendutan beban 942.65 N



Gambar. Perletakan jepit tegangan SS11 beban 942.65 N

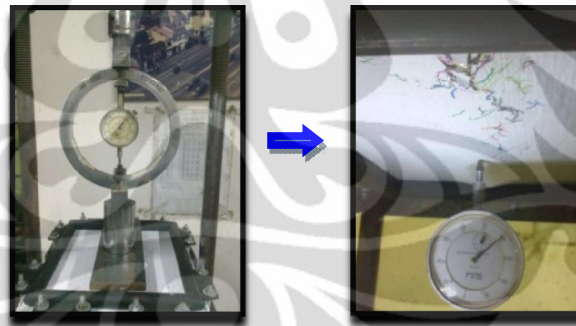


Gambar 4.26. Perletakan jepit tegangan SS22 beban 942.65
Analisa Lendutan Awal Dibandingkan Dengan Program SAP

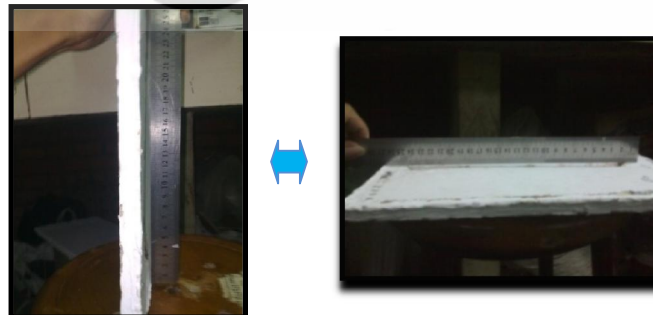
Dari gambar lendutan, tegangan, dan momen yang terjadi pada perhitungan SAP yaitu nilai terbesar terdapat pada titik di tengah bentang papan partikel cacah kotak aseptik sisi lebar dan semakin jauh dari titik tersebut lendutan, tegangan dan momennya semakin kecil. Pada percobaan pembebanan yang dilakukan adalah pembebanan secara semi siklik sehingga lendutannya yang didapat non *linear* sedangkan pada saat perhitungan SAP digunakan perhitungan *linear*.

Lendutan yang dihitung yang terlihat pada pada gambar dengan mengasumsikan bahwa perletakan yang digunakan adalah sendi-sendi didapat lendutannya lebih besar dibandingkan dengan lendutan aktualnya tetapi perbedaannya tidak besar. Bila diasumsikan perletakan yang digunakan jepit-jepi seperti pada gambar ternyata didapat lendutan 1.15 mm pada beban 942.65 N lebih kecil sebesar 61.28% dari lendutan *actual*. Jadi perletakan yang digunakan adalah perletakan sendi-sendi.

Beban Garis Pada Tengah Bentang Sisi Panjang Papan Partikel Aseptik

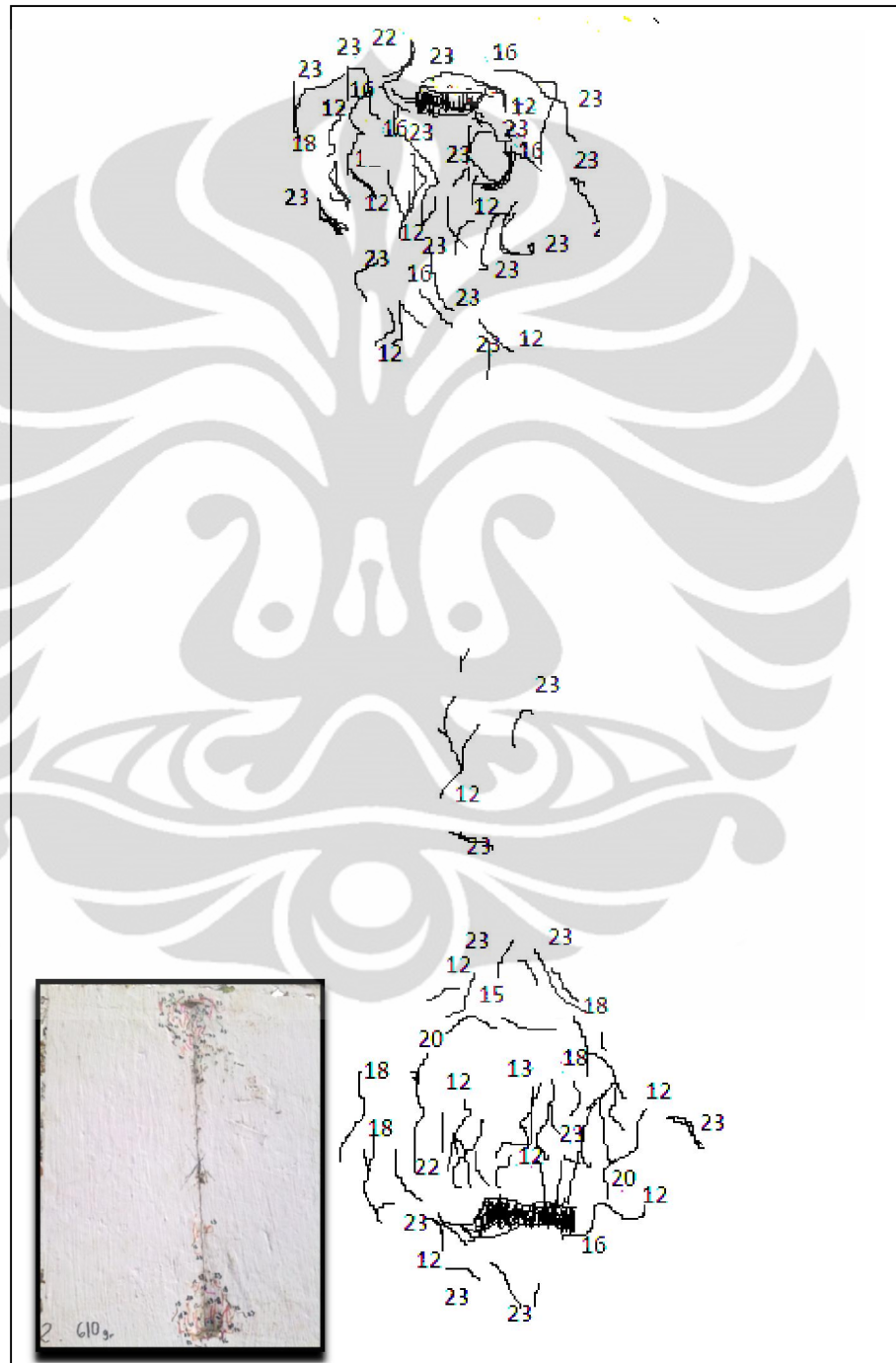


Gambar. Pembebanan garis pada sisi panjang papan dan pencatatan *dial* lendutan



Gambar. Lendutan pada bagian sisi atas papan partikel

Gambar di atas merupakan gambar pengujian beban garis di tengah bentang pada sisi panjang papan partikel cacah kotak aseptik. Pada gambar terlihat papan terdapat retak yang cukup banyak pada saat dibebani oleh beban garis.



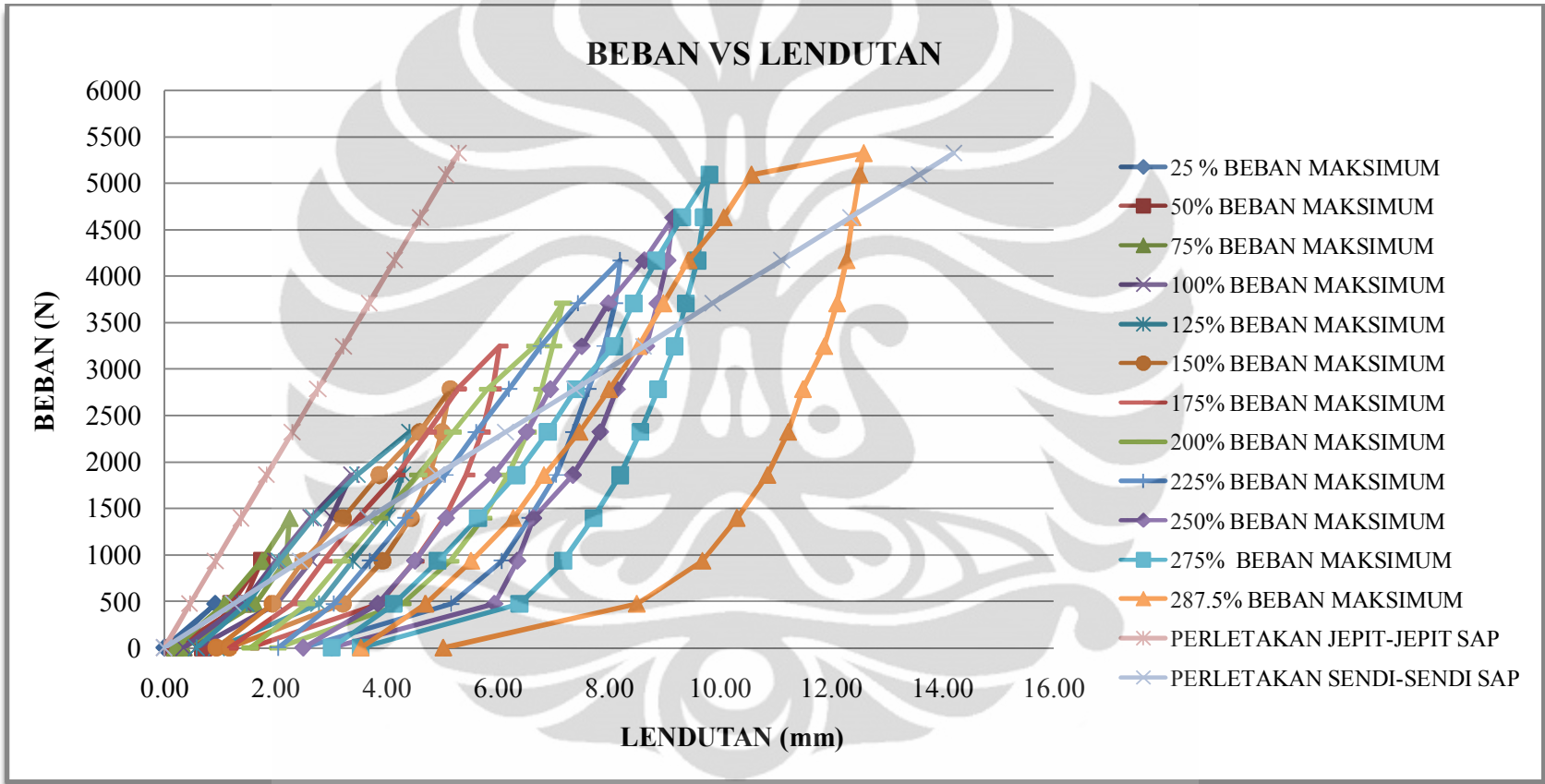
Gambar. Penjalaran pola retak bagian atas papan partikel



Gambar. Penjalaran pola retak bagian bawah papan partikel

Keterangan :

Angka 10 = 2320 N, angka 12 = 2782 N, angka 14 = 3244 N, angka 16 = 3706N, angka 18 = 4168 N, angka 20 = 4630 N, angka 22 = 5092N, dan angka 23 = 5323N.



Grafik. Beban vs lendutan pengujian beban garis

Analisa

Beban garis yang digunakan lebar permukaannya harus sebesar panjang papan dibagi 40 yaitu $28/40 = 0.7$ cm jadi maksimum permukaan beban garis yang digunakan harus lebih kecil atau sama dengan 0.7. (Rudolph. 1989)⁽²⁹⁾. Sehingga pada saat pembebanan digunakan lebar beban garis sebesar 0.7 mm.

Dari data dapat diketahui bahwa pada pembebanan garis di tengah bentang sisi panjang dengan beban siklik yaitu :

1. Beban yang dipikul mencapai 287.5% beban maksimum yaitu sebesar 5323 N.
2. Mulai terjadi retak saat papan menerima beban sebesar 2320 N.
3. Lendutan maksimum yang diperoleh sebesar 12.58 mm dan lendutan permanen maksimum 5.02 mm.

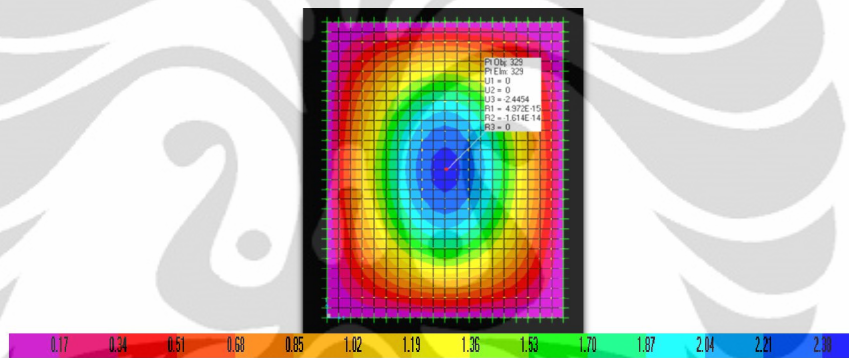
Bila dibandingkan dengan beban garis pada arah lebar ternyata pada pembebanan beban garis arah panjang papan lebih besar beban yang dapat dipikulnya yaitu dapat menahan beban sampai mencapai 5323 N dan mempunyai lendutan yang lebih kecil pada beban yang sama bila dibandingkan dengan beban garis arah lebar. Penyebab sisi lebar lebih kecil kapasitas daya dukung bebannya lebih kecil adalah karena di ujung-ujung beban garis papan partikel *collapse* terlebih dahulu akibat beban garis yang kaku sehingga tidak mengikuti bentuk lendutan papan ketika dibebani seharusnya kapasitas atau daya dukung papan arah lebar lebih besar dibandingkan arah panjangnya sesuai dengan rumus lendutan $\Delta c = \frac{5}{384} x \frac{ql^4}{EI}$. Sehingga seharusnya arah lebar lebih besar daya dukungnya terhadap beban.

Dari gambar pola retak diatas dapat dilihat retak yang terjadi pada bagian atas papan yang langsung menerima beban garis, retak yang terjadi lebih sedikit dibandingkan pada sisi bawahnya yang terdapat lebih banyak retak. Ini disebabkan karena serat atas pada papan tertekan sedangkan serat bawah pada papan tertarik.

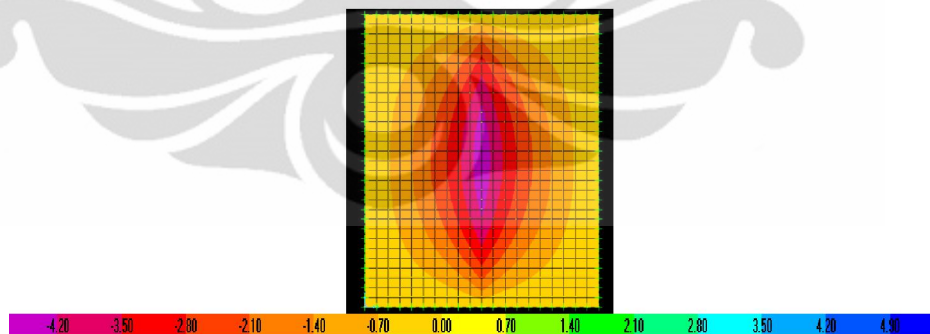
Pola retak yang terjadi pada papan dimulai dari ujung-ujung beban garis sehingga retak terbanyak terjadi pada ujung beban garis dan yang lebih dulu *collapse* ternyata terletak pada ujung-ujung yang dibebani beban garis. Ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain :

1. Karena beban garis yang digunakan adalah besi tulangan yang cukup keras dan kaku sehingga waktu dibebani benatuk beban tidak mengikuti bentuk lendutan papan sehingga di ujung-ujung papan terjadi letak terlebih dahulu
2. Disebabkan pada bagian itu tidak terkena beban garis karena terjepit oleh perletakan sendi sehingga pada saat mulai dibebani bagian yang terjepit perletakan sendi tersebut tidak melendut sedangkan bagian yang dibebani beban garis melendut, sehingga retak yang terjadi dimulai dari sisi ujung yang menerima beban garis.

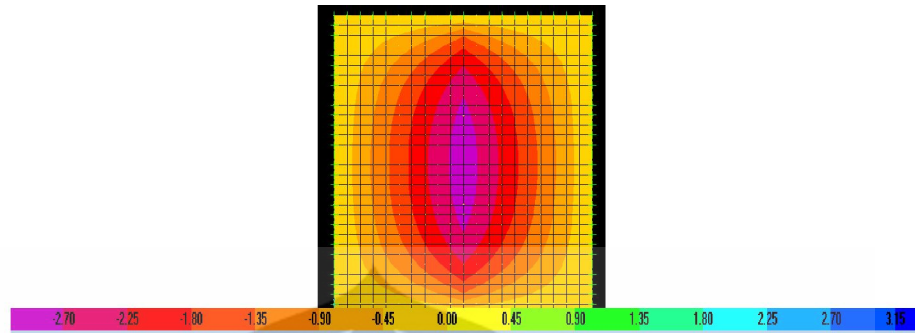
Hasil perhitungan lendutan SAP 2000 versi 14⁽²³⁾ papan partikel sisi panjang menerima beban garis dengan perletakan sendi-sendi



Gambar. Lendutan sisi panjang pada beban 934 N

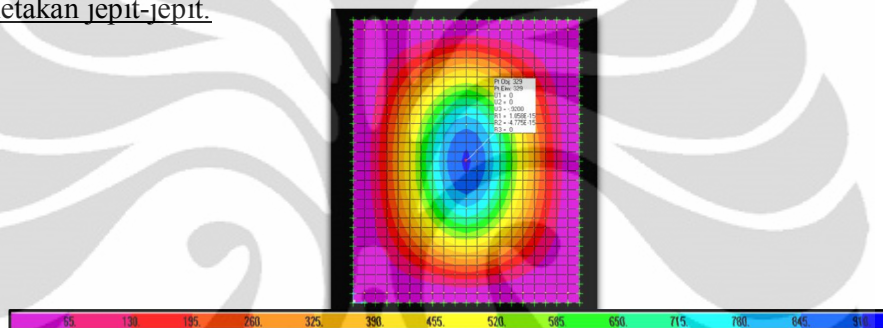


Gambar. Tegangan S11 beban 934 N

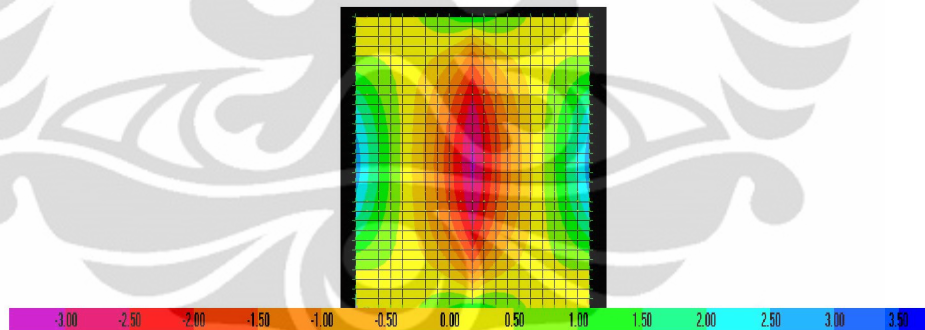


Gambar. Tegangan S22 beban 934 N

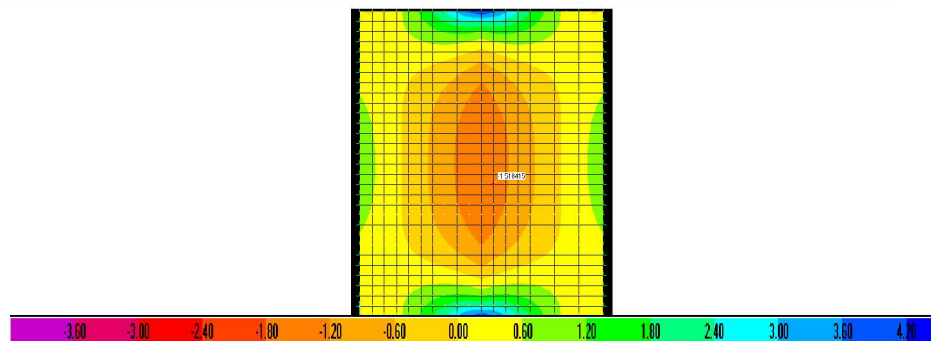
Hasil perhitungan lendutan 2000 versi 14⁽²³⁾ papan partikel aseptik dengan perletakan jepit-jepit.



Gambar .Lendutan perletakan jepit sisi panjang beban 934 N



Gambar. Tegangan S11 perletakan jepit-jepit beban 934 N



Gambar. Tegangan S22 perletakan jepit-jepit beban 934 N

Analisa Lendutan Awal Dibandingkan Dengan Program SAP

Dari gambar lendutan dan gambar tegangan yang terjadi pada perhitungan SAP yaitu nilai terbesar terdapat pada titik di tengah bentang papan partikel cacah kotak aseptik sisi panjang dan semakin jauh dari titik tersebut lendutan, tegangan dan momennya semakin kecil. Pada percobaan pembebanan yang dilakukan adalah pembebanan semi siklik sehingga lendutannya yang didapat *non linear* sedangkan pada saat perhitungan SAP digunakan perhitungan *linear*. Pada perhitungan SAP perletakan sendi-sendi dibandingkan perhitungan aktual pada pembebanan awal 472 N ternyata berbeda 25.41% lebih besar dari lendutan aktual padahal pada beban tersebut papan belum terjadi lendutan permanen jadi seharusnya lendutannya tidak jauh berbeda dengan perhitungan SAP ini disebabkan beban kurang rata saat diletakan karena permukaan papan yang kurang rata atau perletakannya kurang rata sehingga pada saat dibebani menghasilkan bacaan lendutan pada *dial* ditengah bentang atau pusat papan yang lebih kecil lendutannya dari perhitungan SAP yang dilakukan.

Lendutan yang dihitung dengan mengansumsikan bahwa perletakan yang digunakan adalah sendi-sendi didapat lendutannya lebih besar dibandingkan dengan lendutan aktualnya yaitu berbeda 25.41% pada beban 472 N. Bila diasumsikan perletakan yang digunakan jepit-jepi ternyata didapat lendutan 0.92 mm pada beban 934N dapat dilihat pada gambar lebih kecil sebesar 90.2% dari lendutan aktual yang sebesar 1.75 mm. Begitu pula bila dibandingkan tegangannya pada perletakan jepit lebih kecil dibandingkan perletakan sendi-sendi seperti terlihat pada gambar. Jadi perletakan yang digunakan pada percobaan adalah perletakan sendi-sendi di ke-empat sisi papan partikel.



Lampiran 4 Hasil Uji Emisi Formaldehida

HASIL UJI EMISI FORMALDEHIDA



REPORT OF TESTING

Serial No. : 845 / VIII / 10

Date of Received : 20 / 08 / 2010

Date of Test : 27-28 / 08 / 2010

Page: 1 of 1

Product & Type : PARTICLE BOARD & -
 Quantity / Size / Thickness : 11 Pcs / 5 mm x 15 mm / -
 Description / Condition of Sample : Wrapped by Plastic
 Tested for : Formaldehyde Emission
 Standard Test Method : JIS A-1460-2001 Building Boards Determination
 Formaldehyde Emission Desiccators Methods
 Company : MAHASISWA (UNIVERSITAS INDONESIA)
 Address : Depok
 Contract No. : -
 Supplier Sample : MAHASISWA (UNIVERSITAS INDONESIA)
 Sampling Method : -

TEST RESULT :

Formaldehyde Emission :

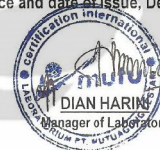
Sample Code	Concentration (mg/l)
1	0.12

Note :

Pre - Conditioning
 Date : August 20-27, 2010
 Temperatur : 20 ± 2 °C
 Humidity : 65 ± 5 %

Place and date of issue, Depok August 29, 2010


ORIGINAL



This Certificate may not be reproduced Except in full, without written approval of the Company.

This Certificate refer to the tested sample only. All tests are carried out to the best of our knowledge and ability and our responsibility is limited to the correctness of the result. This certificate is issued on the understanding that it does not relieve parties concerned from their contractual obligation.

UJI-4003



PT MUTUAGUNG LESTARI

FORMALDEHYDE EMISSION TEST (JAS) JIS A 1460

SAMPLE NO. : 845 / VIII / 10

SAMPLE CODE : 1

PRODUCT TYPE : _____

TEST DATE : 27-28 / 08 / 10

PROD. DATE : _____

TEST METHOD : JIS A 1460

CONDITIONING	TEST SPECIMEN	SOLUTION TEST & REAGEN
Humidity (%) : _____	Amount : <u>10 Pcs</u>	Distill Water : <u>300</u> ml
Temperature (°C) : <u>20°C</u>	Size : <u>15 x 5 cm</u>	Test Solution : <u>25</u> ml
Sample In : <u>27/08/10 (10¹)</u>	Thickness : <u>0,72 mm</u>	Acetyl acetone / Ammonium Acetate : <u>25</u> ml
Sample Out : <u>28/08/10 (16¹⁶)</u>		
Total Conditioning : <u>24 hrs</u>		

CALCULATION OF FORMALDEHYDE CONC.	EQUATION	SLOPE (B)	INCLINATION (F) 1/B	ABSORBANCE
C	C = F X A	0,1185	8,430	A

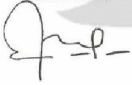
SAMPLE CODE	ABSORBANCE at 412 nm		CONCENTRATION (mg/l) Based on Reading			CONCENTRATION CALCULATED C = F X A		
	I	II	I	II	AVERAGE	I	II	AVERAGE
1.	0,015	0,015	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116

Note : Untuk Produk LVL & GLT, Concentration Calculation = Conc. Based on Reading x (113,75)

prekond : 20-27 / 08 / 10 Area : 1836,78 cm²


Const calc : Const x 1800
L area

TESTED BY,



Technician of Laboratory

CHECKED BY,



Coordinator of Laboratory

UJI-4011

**REPORT OF TESTING**

Serial No. : 15 / 1 / 11

Date of Received : 06 / 01 / 2011

Date of Test : 13-14 / 01 / 2011

Page : 1 of 1

Product & Type : PARTICLE BOARD & -
 Quantity / Size / Thickness : 10 Pcs / 5 mm x 15 mm / -
 Description / Condition of Sample : Wrapped by Plastic
 Tested for : Formaldehyde Emission
 Standard Test Method : JIS A-1460-2001 Building Boards Determination
 Formaldehyde Emission Desiccators Methods
 Company : MAHASISWA (UNIVERSITAS INDONESIA)
 Address : Depok
 Contract. No. : -
 Supplier Sample : MAHASISWA (UNIVERSITAS INDONESIA)
 Sampling Method : -

TEST RESULT :Formaldehyde Emission :

Sample Code	Concentration (mg/l)
1	0.07

Note :

Pre - Conditioning

Date : January 06-13, 2011

Temperatur : 20 ± 2 °C

Humidity : 65 ± 5 %


Place and date of issue, Depok January 15, 2011


DIAN HARINI
 Manager
 Wood & Enviro Laboratory

This Certificate may not be reproduced Except in full, without written approval of the Company.

This Certificate refer to the tested sample only. All tests are carried out to the best of our knowledge and ability and our responsibility is limited to the correctness of the result. This certificate is issued on the understanding that it does not relieve parties concerned from their contractual obligation.

UJI-4003.1



PT MUTUAGUNG LESTARI

FORMALDEHYDE EMISSION TEST (JAS) 06 A 1460

SAMPLE NO. : 15 / 1 / 11

SAMPLE CODE : 1

PRODUCT TYPE :

TEST DATE : 13-14 / 01 / 11

PROD. DATE :

TEST METHOD : 015 A-1460

CONDITIONING

Humidity (%) :

Temperature (°C) : 20°C

Sample In : 13/01/11 (11⁰⁰)

Sample Out : 14/01/11 (11⁰⁰)

Total Conditioning : 24 Hrs

TEST SPECIMEN

Amount : 10 Pcs

Size : 15 x 5 cm

Thickness : mm

SOLUTION TEST & REAGEN

Distill Water : 300 ml

Test Solution : 25 ml

Acetyl acetone / : 25 ml

Ammonium Acetate

CALCULATION OF FORMALDEHYDE CONC.	EQUATION	SLOPE (B)	INCLINATION (F) 1/B	ABSORBANCE
C	C = F X A	0.1351	7.4019	A

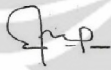
SAMPLE CODE	ABSORBANCE at 412 nm		CONCENTRATION (mg/l) Based on Reading			CONCENTRATION CALCULATED C = F X A		
	I	II	I	II	AVERAGE	I	II	AVERAGE
1.	0.010	0.010	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068 0.07 ✓

Note : Untuk Produk LVL & GLT, Concentration Calculation = Conc. Based on Reading x (113,75)

Pre-Cond : T = 20 ± 2 °C ✓ Area : 1917.19 cm²


RH = 65 ± 5 % ✓

TESTED BY,



Technician of Laboratory

CHECKED BY,



Coordinator of Laboratory

UJI-4011



Lampiran 5 Foto – Foto Pengujian Di Laboratorium

Lampiran 5 Foto –Foto Pengujian Di Laboratorium**Proses Persiapan Bahan**

Pembersihan Kotak Aseptik



Kotak Aseptik Setelah diBersihkan

Pencacahan Aseptik Dengan *shredded*

Hasil Pencacahan Aseptik



Seluruh Benda Uji Aseptik



Bahan Benda Uji Kimia Formaldehida

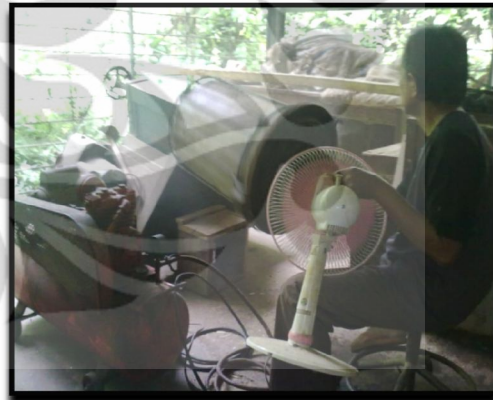
Proses Pembuatan Benda Uji Papan Partikel



Penimbangan Aseptik



Penimbangan Phenol Formaldehida



Pencampuran Aseptik Dengan Phenol



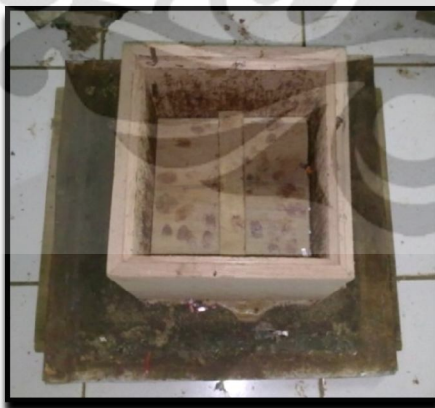
Benda Uji Setelah DiAduk



Memasukan Campuran ke Cetakan



Benda Uji di Masukan ke Cetakan



Pemadatan Manual Benda Uj



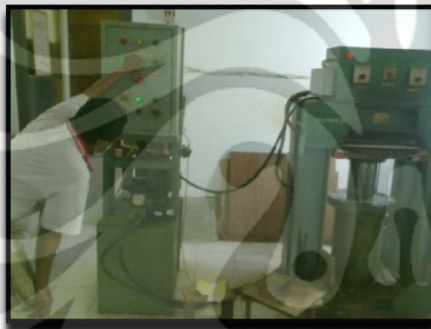
Hasil Pemadatan



Persipan Sebelum Dikempa Panas



Di Masukan ke alat Kempa



Penyetelan Dial Tekanan



Pengempaan Panas 160°C Selama 15 menit



Setelah Di Keluarkan Dari Alat Kempa Panas



Hasil Papan Partikel

Persiapan Benda Uji



Pemberian Label Pada Sample Uji



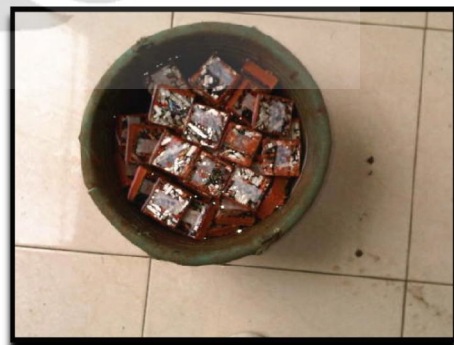
Proses Pengecatan Benda uji
Uji



Peralatan Pengecatan Benda



Benda Uji Lentur Glassir



Pengembangan Tebal dan Daya Serap

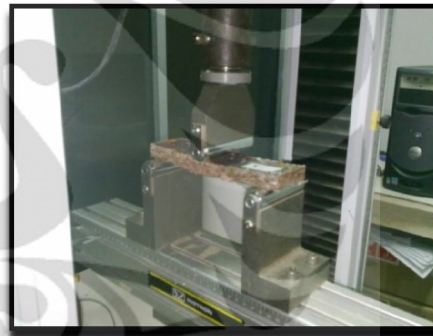


Benda Uji Lentur Non Glassir Benda Uji Kadar Air, Dimensi dan Kerapatan

Foto Pengujian Fisik, Mekanik, dan Kimia



Alat Uji Test Mekanik



Pengujian Kuat Lentur dan Modulus

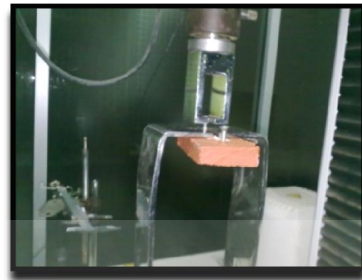


Pengujian Lentur Kering Sisi Lebar Menerima Beban

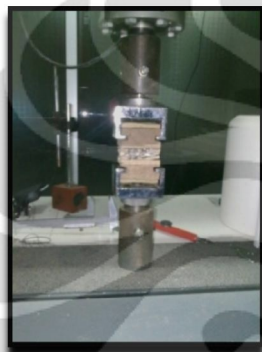




Uji Cabut Sekrup



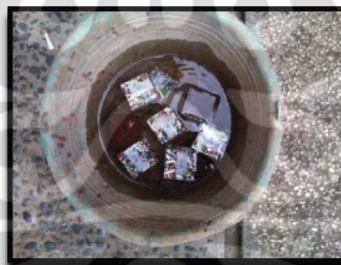
Pensekrupan Benda Uji



Uji Internal Bond



Benda Uji Internal Bond



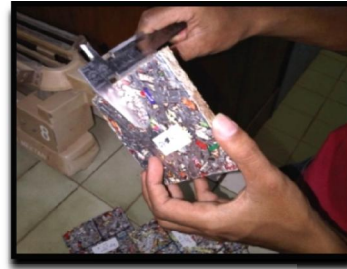
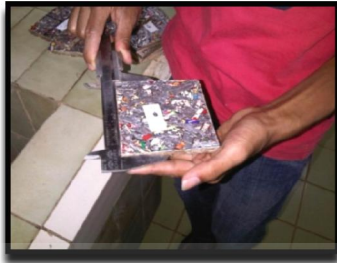
Perendaman Benda Uji Daya Serap dan Pengembangan Tebal Selama 24 Jam



Pengujian Daya Serap



Daya Serap dan Pengembangan Tebal



Pengujian Dimensi dan Kerapatan



Penimbangan Benda Uji Kadar air

Benda Uji di Masukan Oven



Benda Uji Kadar Air Dioven

Benda Ditimbang Setelah Dioven

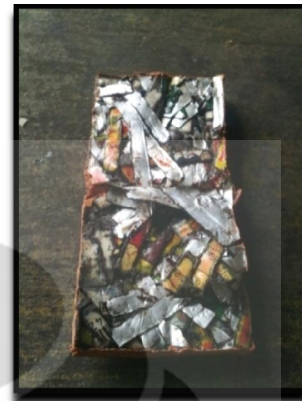


Penimbangan Kadar Air Papan Partikel Kayu

Kegagalan yang Terjadi Pada Benda Uji



Sample Sesudah Uji Lentur Kering



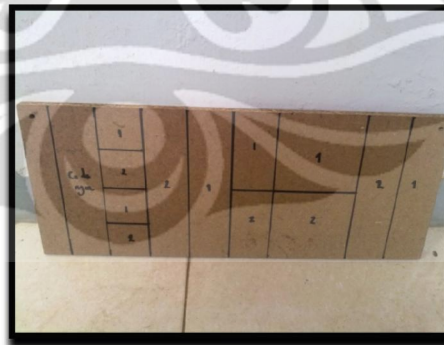
Kagagalan Uji Pengembangan Tebal



Sample Sesudah Uji Cabut Sekrup



Kegagalan Lentur Sisi Lebar



Pengarisan Papan Kayu