



UNIVERSITAS INDONESIA

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PERILAKU LENTUR PAPAN
LAMINASI KARTON MINUMAN DAUR ULANG DENGAN
PEREKAT BIJIH PLASTIK (*POLYPROPYLENE*)**

SKRIPSI

SITI AULIA

0906605813

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2012**

143/FT.EKS.01/SKRIP/02/2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PERILAKU LENTUR PAPAN
LAMINASI KARTON MINUMAN DAUR ULANG DENGAN
PEREKAT BIJIH PLASTIK (*POLYPROPYLENE*)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

SITI AULIA

0906605813

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : SITI AULIA
NPM : 0906605813
Tanda Tangan : *Siti Aulia*
Tanggal : 19 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Siti Aulia

NPM : 0906605813

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Kajian Eksperimental Perilaku Lentur Papan Laminasi Karton Minuman Daur Ulang Dengan Perekat Biji Plastik (*Polypropylene*)




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 I : Dr.Ir. Heru Purnomo DEA

Penguji I : Dr.Ir. Elly Tjahjono

Penguji II : Dr. Essy Ariyuni, Ph.D

()
()
()

Ditetapkan di : Depok, Jawa Barat

Tanggal : 19 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya saya sebagai penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Eksperimental Perilaku Lentur Papan Laminasi Karton Minuman Daur Ulang Dengan Perkat Biji Plastik (*Polypropylene*)”. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. 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. Orang tua beserta seluruh keluarga saya tercinta, dengan doa dan dorongan moral sehingga penulis lebih semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Teman seperjuanganku “Izzah Dinnilah, Dodik Widiyonodan Fajar Ardiansyah” dalam menyelesaikan skripsi ini yang telah memberikan kesabaran dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman - teman mahasiswa Teknik Sipil program Ekstensi khususnya angkatan 2009 yang sama - sama saling memberi dorongan dan semangat dalam mengerjakan penulisan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Siti Aulia
NPM : 0906605813
Program Studi : Teknik Sipil
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 Eksperimental Perilaku Lentur Papan Laminasi Karton Minuman Daur Ulang Dengan Perkat Biji Plastik (*Polypropylene*)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, 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 : Jakarta

Pada tanggal : 19 Januari 2012

Yang menyatakan



Siti Aulia

ABSTRAK

Nama : SITI AULIA
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Kajian Eksperimental Perilaku Lentur Papan Laminasi
Karton Minuman Daur Ulang Dengan Perekat Biji Plastik
(*Polypropylene*)

Bahan karton minuman aseptik ini sulit didaur ulang. Namun proses recycling untuk jenis bahan ini masih dapat dilakukan dengan menerapkan hydra proses pembuatan pulp (lapisan pemisahan), tetapi akan memakan biaya yang cukup mahal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan alternatif untuk mendaur ulang bahan-bahan dengan membuat papan dari cacahan karton aseptik yang akan dilaminasi menggunakan perekat polypropylene, dan untuk mengetahui perilaku lentur nya. Dalam membuat papan panel, pertama 32 mm x 4 mm karton aseptik diparut dicampur dengan 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% fenol formaldehida dan, kemudian dikompresi dengan tekanan 25 kg/cm² dan dipanaskan pada 170°C. Hal ini ditemukan bahwa panel dengan fenol formaldehida 0% memberikan kuat lentur terbaik. Panel-panel tersebut kemudian direkatkan dengan polypropylene (bijih plastik) dianggap sebagai perekat termal, untuk membuat papan dua lapisan dengan masing-masing ketebalan 10 mm dan tiga papan lapisan masing-masing dengan ketebalan 8,3 mm. Papan berlapis tersebut kemudian dibandingkan dengan yang dilem dengan epoxy sebagai perekat dingin dalam hal sifat mekanik yaitu modulus elastisitas (MOE) dan modulus pecah (MOR). Pengujian prosedur sifat fisik dan mekanik dilakukan dengan menggunakan standar JIS A 5908: 2003 dan ASTM C 580-02. Hasil dari penelitian nilai MOE dan MOR papan laminasi aseptik menggunakan bijih plastik lebih tinggi dari papan laminasi yang memiliki perekat dingin atau epoxy.

Kata kunci :

Papan laminasi, *Polypropylene*, Kotak Aseptik, *Modulus Of Elasticity*, *Modulus Of Rupture*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN OROSINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Penelitian.....	3
1.5. Hipotesa.....	3
1.6. Metodologi Penelitian.....	4
1.7. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Papan Kayu Laminasi.....	6
2.1.1 Sejarah Papan Kayu Laminasi.....	7
2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Papan Kayu Laminasi.....	7
2.2 Papan Partikel Kayu.....	9
2.2.1 Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik.....	10
2.2.2 Sejarah Papan Partikel Komposit Cacah Aseptik.....	10
2.2.3 Standar Acuan Mutu Papan Partikel.....	10
2.2.4 Syarat Lulus Uji Papan Partikel.....	13
2.3 Papan Komposit.....	14
2.3.1 Definisi Komposit.....	15
2.3.2 Penyusun Komposit.....	15
2.3.3 Properties Komposit.....	16
2.4 Cacah Aseptik.....	18
2.4.1 Bahan – Bahan Kemasan Aseptik.....	20
2.4.2 Daur Ulang Plastik dan Aluminium.....	25
2.4.3 Daur Ulang Tetra Pak Aseptik.....	26
2.4.4 Sifat – sifat Cacah Kotak Aseptik.....	30
2.5 Perekat.....	
2.5.1 Phenol Formaldehida.....	32

2.5.2 Urea Formaldehida.....	35
2.5.3 Biji Plastik.....	36
2.5.4 Melamin Formaldehida.....	40
2.6 Penelitian Sebelumnya.....	40
2.6.1 Sifat Mekanis Mortar Yang Mengandung Cacah Aseptik” oleh Purnomo (2009).....	40
2.6.2 <i>Physical and Mechanical Properties of Cardboard Panels Made From Used Beverage Carton With Veneer Overlay (Nadir Ayrylmis. Zeki Candan, Salim Hiziroglu) (2008)</i>	43
2.6.3 Kajian Perilaku Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik - Phenol Formaldehida Terhadap Beban Terpusat (<i>Riko Febrino</i>) (2010).....	44
2.7 Teori Balok Bernoulli.....	45
2.7.1 Tegangan dalam balok.....	46
2.7.2 Tekukan (bending).....	47
2.8 Beban Statis dan Struktur Terpusat.....	47
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	49
3.1 Pendahuluan.....	49
3.2 Sistematika Penelitian.....	49
3.2.1 Waktu dan tempat pengujian	50
3.3 Bahan dan Alat yang Digunakan.....	52
3.3.1. Persiapan Bahan Baku.....	52
3.3.2. Persiapan Bahan Perekat.....	52
3.3.3. Persiapan Alat.....	54
3.4 Cara Pembuatan Benda Uji Papan Laminasi.....	55
3.5 Perancangan Campuran Lembaran Papan Komposit.....	56
3.6 Pengujian Laboratorium.....	58
3.6.1 Pengujian Sifat Fisik Papan Komposit Aseptik.....	59
3.6.2 Pengujian Sifat Mekanik Papan Komposit Aseptik....	61
3.6.3 Pengujian Papan Laminasi	64
3.7 Kebutuhan Benda Uji.....	71
3.7.1 Pengujian Lembaran Papan Partikel Cacah Aseptik.....	71
3.7.2 Pengujian Papan Laminasi.....	72
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	73
4.1 Analisa Perancangan Campuran Papan Komposit	73
4.2 Analisa Pemotongan dan Kebutuhan Benda Uji.....	76
4.3 Analisa Pengaturan Tekanan dan Suhu.....	77
4.4 Analisa Sifat Fisik Papan Komposit Aseptik pada Berbagai Kadar <i>Phenol Formaldehid</i>	77
4.4.1. Analisa Uji Visual	77
4.4.2. Analisa Uji Mutu dan Penampilan	79
4.4.3. Analisa Uji Daya Serap Air	82
4.4.4. Analisa Uji Kadar Air	86
4.4.5. Analisa Uji Kerapatan	88
4.4.6. Analisa Uji Pengembangan Tebal	91

4.5	Analisa Sifat Mekanik Papan Komposit Aseptik pada Berbagai Kadar <i>Phenol Formaldehid</i>	95
4.5.1.	Uji Modulus Elastisitas	95
4.5.2.	Analisa Uji Keteguhan Patah (MOR)	109
4.5.3.	Analisa Uji Keteguhan Tarik (<i>Internal Bonding</i>)	112
4.6	Analisa Sifat Mekanik Papan Laminasi Aseptik Dengan Perekat Biji Plastik (<i>Polypropylene</i>).....	114
4.6.1.	Analisa Pengujian Keteguhan Tarik (<i>Internal Bonding</i>)	114
4.6.2.	Analisa Pengujian Kuat Tekan	118
4.6.3.	Analisa Pengujian Modulus Elastisitas Papan Laminasi	119
4.6.4.	Analisa Keteguhan Patah Papan Laminasi (<i>Modulus Of Rupture</i>)	129
4.6.5.	Analisa Geser Papan Laminasi	131
4.6.6.	Analisa Konduktifitas	133
1.7	Analisa Pengaruh Perekat Terhadap Sifat Mekanis	136
1.7.1	Analisa Pengaruh Perekat Terhadap Kuat Lentur.....	136
1.7.2	Analisa Pengaruh Perekat Terhadap Kuat Tekan.....	139
1.7.3	Analisa Pengaruh Perekat Terhadap Berat Papan Laminasi.....	145
1.7.4	Analisa Pengaruh Kempa Terhadap Berat Papan Partikel.....	147
1.7.5	Analisa Kebutuhan Cahah Aseptik	147
1.7.6	Analisa Kebutuhan Perekat Biji Plastik	148
BAB 5	PENUTUP	149
5.1	Kesimpulan.....	149
5.2	Saran	150
DAFTAR PUSTAKA	151
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Mutu penampilan papan partikel menurut JIS A 5908 – 2003	11
Tabel 2.2. toleransi tebal papan partikel.....	12
Tabel 2.3. Katalis $Ti(O-n-C_4H_9)_4-(C_2H_5)_3Al$	25
Tabel 2.4. Syarat emisi formaldehida.....	33
Tabel 2.5. Karakteristik Polypropylene	38
Tabel 2.6. Perbandingan kekuatan dari spesimen yang mengandung dua geometri yang berbeda dari karton aseptik Sumber : Heru P, 2009...	41
Tabel 2.7. Perbandingan kekuatan tekan kubus dari semen spesimen yang berbeda, pasir, air dan persentase komposisi irisan karton aseptik Sumber : Heru P, 2009	41
Tabel 2.8 Perbandingan kekuatan lentur dari spesimen balok semen yang berbeda, pasir, air komposisi dan persentase irisan karton aseptik.....	42
Tabel 2.9 Tabel Tipe perekat antara karton dengan lembaran veneer	43
Tabel 3.1 Jumlah benda uji papan komposit Aseptik.....	70
Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji Papan Laminasi.....	71
Tabel 4.1. Hasil pengamatan visual	78
Tabel 4.2. Hasil pengamatan visual lanjutan.....	78
Tabel 4.3 Uji mutu dan penampilan.....	80
Tabel 4.4 Uji mutu dan penampilan lanjutan.....	80
Tabel 4.5 Hasil perhitungan daya serap setelah 2 jam	82
Tabel 4.6 Hasil perhitungan daya serap setelah 2 jam lanjutan.....	83
Tabel 4.7 Deviasi hasil perhitungan daya serap setelah 2 jam.....	83
Tabel 4.8 Hasil perhitungan daya serap setelah 24 jam.....	84
Tabel 4.9 Hasil perhitungan daya serap setelah 24 jam lanjutan.....	84
Tabel 4.10 Deviasi hasil perhitungan daya serap setelah 24 jam.....	84
Tabel 4.11 Hasil perhitungan kadar air.....	86
Tabel 4.12 Hasil perhitungan kadar air lanjutan.....	87
Tabel 4.13 Deviasi hasil perhitungan kadar air.....	87
Tabel 4.14. Hasil perhitungan kerapatan papan komposit.....	89
Tabel 4.15. Hasil perhitungan kerapatan papan komposit lanjutan.....	89
Tabel 4.16. Deviasi perhitungan kerapatan papan komposit.....	90
Tabel 4.17. Hasil perhitungan pengembangan tebal setelah 2 jam.....	92
Tabel 4.18. Hasil perhitungan pengembangan tebal setelah 24 jam.....	92
Tabel 4.19. Deviasi perhitungan pengembangan tebal setelah 2 jam.....	93
Tabel 4.20 Deviasi perhitungan pengembangan tebal setelah 24 jam.....	93
Tabel 4.21 Beban vs Lendutan.....	96
Tabel 4.22. Persamaan momen akibat beban P.....	98
Tabel 4.23. Total momen akibat beban P dan beban sendiri.....	99
Tabel 4.24. Tegangan vs Regangan.....	101
Tabel 4.25. Fungsi lendutan $f(x)$	103
Tabel 4.26 Modulus elastisitas metode pendekatan.....	104

Tabel 4.27. Perhitungan Modulus Elastisitas Berdasarkan ASTM dan JIS	105
Tabel 4.28. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode ASTM (<i>Tangent</i>).....	105
Tabel 4.29. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode ASTM (<i>Secant</i>).....	106
Tabel 4.30. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode JIS.....	106
Tabel 4.31. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode pendekatan	107
Tabel 4.32. Hasil Perhitungan Uji Keteguhan Patah	110
Tabel 4.33. Hasil perhitungan uji <i>Internal Bonding</i> papan komposit ...	112
Tabel 4.34. Hasil perhitungan uji <i>Internal Bonding</i> papan komposit lanjutan	112
Tabel 4.35. Deviasi perhitungan uji <i>Internal Bonding</i> papan komposit...	113
Tabel 4.36. Hasil perhitungan uji <i>Internal Bonding</i> papan laminasi 2 lapis	115
Tabel 4.37. Hasil perhitungan uji <i>Internal Bonding</i> papan laminasi 3 lapis	115
Tabel 4.38. Deviasi perhitungan uji <i>Internal Bonding</i> papan laminasi 2 lapis.....	115
Tabel 4.39. Deviasi perhitungan uji <i>Internal Bonding</i> papan laminasi 3 lapis.....	116
Tabel 4.40 Hasil perhitungan pengujian kuat tekan.....	118
Tabel 4.41 Deviasi perhitungan pengujian kuat tekan.....	118
Tabel 4.42. Beban vs Lendutan Laminasi Biji Plastik 2 dan 3 lapis.....	120
Tabel 4.43. Tegangan Vs Regangan.....	121
Tabel 4.44. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode tangen.....	123
Tabel 4.45. Hasil perhitungan modulus elastisitas arah panjang metode secan.....	124
Tabel 4.46. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode JIS.....	124
Tabel 4.47. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode Pendekatan....	125
Tabel 4.48 Keteguhan Patah Papan Laminasi.....	129
Tabel 4.49. Hasil Perhitungan Uji Geser	131
Tabel 4.50. Deviasi Hasil Perhitungan Uji Geser.....	132
Tabel 4.51 Hasil analitis kekakuan papan laminasi tegak lurus serat.....	140
Tabel 4.52 Hasil analitis kekakuan papan laminasi sejajar serat.....	142
Tabel 4.53 Hasil analitis kekakuan papan laminasi Full Aseptik Tegak Lurus Serat.....	143
Tabel 4.54 Hasil analitis kekakuan papan laminasi Full aseptik Sejajar serat.....	145
Tabel 4.55 Hasil analitis pengaruh perekat terhadap berat.....	146
Tabel 4.56 Hasil analisa pengaruh perekat terhadap berat.....	146
Tabel 4.57. Tabel Kebutuhan Cacah Aseptik.....	147
Tabel 4.58. Tabel Kebutuhan cacah aseptik papan laminasi 2 lapis.....	147
Tabel 4.59. Tabel Kebutuhan cacah aseptik papan laminasi 3 lapis.....	147
Tabel 4.60. Tabel Kebutuhan biji plastik papan laminasi 2 lapis.....	148
Tabel 4.61 Tabel Kebutuhan biji plastik papan laminasi 3 lapis.....	148

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Papan Kayu Laminasi	7
Gambar 2.2 Penyusun Komposit.....	16
Gambar 2.3 Pembagian komposit berdasarkan penguatnya.....	17
Gambar 2.4 Ilustrasi komposit berdasarkan penguatnya.....	17
Gambar 2.5 Ilustrasi komposit berdasarkan Strukturnya	17
Gambar 2.6. Lapisan kotak aseptik.....	19
Gambar 2.7. Proses polimerisasi dari ethena ke poliethena.....	24
Gambar 2.8 Grafik Daur Ulang Tetra Pak.....	29
Gambar 2.9 Grafik Penggunaan Air.....	30
Gambar 2.10 balok bernoulli.....	44
Gambar 2.11 Pengujian kuat lentur.....	47
Gambar 2.15. tegangan-regangan.....	48
Gambar 3.1. Sketsa benda uji papan komposit aseptik.....	49
Gambar 3.2. Sketsa benda uji papan komposit dan papan laminasi.....	49
Gambar 3.3 Diagram Alir metode penelitian secara umum	50
Gambar 3.4. Cacahan aseptik tetrapak.....	51
Gambar 3.5. perekat Phenol Formaldehida.....	52
Gambar 3.6. perekat biji plastik (Polypropylene).....	52
Gambar 3.7. Peralatan pembuatan dan pengujian papan laminasi.....	53
Gambar 3.8. Diagram Alir pengujian papan laminasi.....	56
Gambar 3.9. Pengujian panjang, lebar dan tebal papan laminasi.....	58
Gambar 3.10. Pengukuran siku papan laminasi.....	58
Gambar 3.11 Pengujian lentur papan laminasi.....	61
Gambar 3.12. Pengujian keteguhan tarik.....	62
Gambar 3.13. Pemodelan papan Laminasi 2 lapis.....	63
Gambar 3.14. Pemodelan papan Laminasi 3 lapis.....	64
Gambar 3.15. Pengujian <i>Internal Bonding</i> papan laminasi.....	64
Gambar 3.16. Benda Uji Kuat Tekan.....	65
Gambar 3.17 Pengujian keteguhan geser papan laminasi.....	66
Gambar 3.18 Pengujian keteguhan patah pada papan laminasi.....	67
Gambar 3.19 Alat dan bahan uji konduktifitas (a) <i>Temperatur meter</i> (b) Papan Komposit Aseptik (c) Pelat baja.....	69
Gambar 3.20 Pengujian Konduktifitas	69
Gambar 4.1 Pola pemotongan papan untuk uji fisik.....	76
Gambar 4.2. Dial mesin kempa 25 kg/cm ²	77
Gambar 4.3 Benda uji papan komposit aseptik.....	81
Gambar 4.4 Benda uji hasil tes <i>Swelling</i> 24 jam.....	94
Gambar 4.5. Tumpuan sendi rol akibat beban P.....	96
Gambar 4.6. Tumpuan sendi rol akibat beban sendiri.....	97
Gambar 4.7. Penampang Benda Uji.....	97

Gambar 4.8. Bidang momen akibat beban P.....	97
Gambar 4.9. Bidang momen akibat beban merata.....	98
Gambar 4.10. Momen area akibat beban terpusat	99
Gambar 4.11. Momen area akibat beban sendiri	99
Gambar 4.12. Diagram tegangan.....	100
Gambar 4.13 Kondisi Papan Partikel Setelah Uji Lentur (a) kadar PF 0%, (b) kadar PF 2,5%, (c) Kadar PF 5% dan (d) kadar PF 7,5%.....	111
Gambar 4.14 (a) Hasil uji <i>Internal Bonding</i> 2 lapis (b) 3 lapis.....	117
Gambar 4.15 Benda uji hasil uji tekan	119
Gambar 4.16. Tumpuan sendi rol akibat beban P pada papan laminasi 2 lapis.....	119
Gambar 4.17. Tumpuan sendi rol akibat beban P pada papan laminasi 3 lapis.....	120
Gambar 4.18. Tumpuan sendi rol akibat beban sendiri papan laminasi....	120
Gambar 4.19 Papan laminasi (a) dua lapis (b) tiga lapis.....	121
Gambar 4.20 Kondisi Papan Laminasi setelah Uji Lentur.....	128
Gambar 4.21 Benda Uji Geser Papan Laminasi	131
Gambar 4.22 Ilustrasi pengujian konduktifitas tahap 1	133
Gambar 4.23 Pengujian Konduktifitas.....	134
Gambar 4.24 Ilustrasi Pengujian tahap II.....	134
Gambar 4.25 (a) Penampang papan laminasi bijih plastik normal (b) Penampang yang di trasform ke material A.....	136
Gambar 4.26 Tegangan lentur pada penampang.....	137
Gambar 4.27 (a) Penampang papan laminasi epoxy normal (b) Penampang yang di trasform ke material A.....	138
Gambar 4.28 sketsa lapisan pada benda uji kuat tekan tegak lurus serat..	140
Gambar 4.29 sketsa lapisan pada benda uji kuat tekan searah serat.....	142

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik uji daya serap air.....	85
Grafik 4.2 Hasil uji kadar air.....	88
Grafik 4.3 . Perhitungan kerapatan	90
Grafik 4.4 . Hasil perhitungan uji pengembangan tebal.....	94
Grafik 4.5. Beban Vs Lendutan Papan Partikel Aseptik Phenol 7,5%.....	102
Grafik 4.6. Tegangan vs Regangan Papan Partikel Aseptik 7,5%.....	102
Grafik 4.7. Fungsi lendutan $f(x)$	103
Grafik 4.8. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode ASTM (<i>Tangent</i>)	105
Grafik 4.9. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode ASTM (<i>Secant</i>)	106
Grafik 4.10. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode JIS.....	109
Grafik 4.11. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode Pendekatan...	109
Grafik 4.12. Hasil Perhitungan Uji Keteguhan Patah.....	110
Grafik 4.13. Hasil uji <i>Internal Bonding</i> papan komposit.....	113
Grafik 4.14. Hasil uji <i>Internal Bonding</i> papan laminasi.....	116
Grafik 4.15. Tegangan Vs Regangan Papan Laminasi Perekat Bijih Plastik	122
Grafik 4.16. Beban vs lendutan Papan Laminasi Perekat Bijih Plastik Metode Tangent.....	122
Grafik 4.17. Beban vs lendutan Papan Laminasi Perekat Bijih Plastik Metode Secant.....	123
Grafik 4.18 Uji modulus elastisitas papan laminasi perekat bijih plastik	126
Grafik 4.19 Uji modulus elastisitas papan laminasi perekat epoxy.....	126
Grafik 4.20 Hasil uji modulus elastisitas papan laminasi dengan perekat bijih plastik dan epoxy.....	127
Grafik 4. 21 Uji Keteguhan Patah Papan Laminasi	130
Grafik 4. 22 Grafik Uji Geser Papan Laminasi	132

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi bahan baku kayu di Indonesia sangat melimpah, namun sekarang ini sudah sangat sulit untuk memperoleh kayu gergajian dalam ukuran besar dan berkualitas, karena semakin menipisnya produk kayu hutan alam. Industri papan partikel (*Particleboard*) merupakan industri yang memanfaatkan bahan baku yang berasal dari kayu yang berkualitas rendah, limbah kayu atau bahan yang berlignoselulosa lainnya.

Bersamaan dengan itu meningkatnya jumlah sampah di Indonesia dari hari kehari yang diiringi dengan meningkatnya penghuni kota, penambahan jumlah penduduk, tingkat aktivitas dan tingkat sosial ekonomi masyarakat. Penanganan sampah dengan penerapan konsep 3R yaitu (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) mempunyai kontribusi yang signifikan terhadap pengurangan gas metan. Salah satu penyumbang sampah terbesar adalah kemasan teh kotak yang berbahan aseptik atau bahan yang kedap bakteri yang terdiri dari lapisan plastik, kertas, dan aluminium. Bahan aseptik ini sukar untuk di daur ulang, dan bila ingin di daur ulang bahan pelapis aseptik harus dipisahkan dengan proses hydrapulping yang dimana proses itu membutuhkan biaya yang sangat besar sehingga kemasan aseptik jarang di daur ulang.

Dalam kesempatan kali ini penelitian kami memanfaatkan limbah kotak aseptik sebagai bahan pengganti kayu, sehingga diharapkan dapat mengurangi penggunaan kayu dan memanfaatkan sampah yang ada di Indonesia.

Penelitian mengenai balok komposit dengan teknik laminasi struktur glulam telah banyak dilakukan, dan sebagian besar terbatas pada penggunaan variasi jenis, mutu kayu pengisinya dan jenis/macam bahan perekatnya.

Dalam penelitian ini, akan diberi variasi terhadap kadar *Phenol Formaldehyde* pada papan partikel cacah Aseptik sebesar 0%, 2,5%, 5% dan 7,5%. Setelah menentukan papan partikel cacah aseptik yang terbaik, dalam pembuatan papan laminasi diberikan 2 perekat yakni, perekat panas dan perekat dingin. Perekat panas yang akan digunakan yaitu Biji Plastik (*Polypropylen*) serta perekat dingin sebagai pembanding yakni *Epoxy*.

Dengan penelitian ini diharapkan akan dapat dipahami kekuatan dan kekakuan papan laminasi cacah aseptik, kemungkinannya untuk diaplikasikan sebagai bahan konstruksi dan pemanfaat limbah cacah aseptik untuk papan laminasi sehingga dapat diketahui bahwa cacah aseptik mempunyai potensi. Disamping itu dapat menjadi bahan masukan serta pengkayaan penelitian dalam bidang teknik struktur.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas didapatkan perumusan masalah berikut ini :

- Mencari lembaran papan partikel terbaik dari rancang campur cacah aseptik dengan kadar phenol formaldehida 0%,2,5%,5%,7,5%.
- Pengaruh perekat panas biji plastik (*Polypropylene*) atau perekat dingin (*Epoxy*) pada papan laminasi cacah aseptik.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan 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 :

- Mendapatkan rancang campur papan cacah aseptik yang terbaik berdasarkan bentuk visual dan penampilan, kadar air, daya serap/kerapatan, pengembangan tebal, kuat lentur, kuat tekan , kuat tarik, modulus elastisitas dari JIS (*Japanese Industrial Standard*) A 5908 – 2003: *Particleboard* .

- Mempelajari dan menganalisa papan laminasi aseptik (glulam) dengan menggunakan Biji Plastik sebagai perekat antar pelat.
- Mempelajari dan menganalisa papan laminasi dari lembaran papan yang dilekatkan dengan menggunakan perekat panas yang dihasilkan dari cacah kotak aseptik dan phenol formaldehida sebagai perekatnya
- Mengetahui efektifitas antara perekat dingin (*Epoxy*) dengan perekat panas (biji plastik).

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian papan 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.
- Ukuran cacah Aseptik yang digunakan 50mm x 5 mm
- Phenol formaldehida sebagai perekat lembaran papan partikel Aseptik
- Perekat panas biji plastik (*Polypropylene*) dan Perekat Dingin (*Epoxy*) sebagai perekat antara lembaran papan.
- Tekanan yang digunakan sebesar 25 kg/cm² dengan suhu 170°C.
- Pengujian yang dilakukan pada lembaran papan partikel aseptik adalah uji bentuk visual dan penampilan, kadar air, daya serap/kerapatan, pengembangan tebal, modulus elastis.
- Pengujian pada papan laminasi yakni kuat lentur, kuat tekan, kuat tarik, keteguhan cabut sekrup, uji geser, modulus elastisitas.

1.5 Hipotesa

Dari beberapa perumusan masalah didapatkan hipotesa sebagai berikut,

- Semakin kecil kadar phenol formaldehida semakin bagus sifat fisik dan mekanis dari papan cacah aseptik
- Papan laminasi dengan perekat panas biji plastik (*polypropylene*) lebih kuat dibandingkan dengan perekat dingin epoksi.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang akan digunakan berbentuk percobaan di laboratorium. Percobaan akan dilakukan dengan metode *Trial and Error* karena belum ada perhitungan rancang campur yang pasti. Benda uji adalah papan partikel dari pelat-pelat yang derikatkan dengan menggunakan perekat urea formaldehida yang dihasilkan dari cacah kotak Aseptik dan *Phenol Formaldehyde* sebagai perekatnya.

Uraian kegiatan adalah berdasarkan :

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

1.7 Sistematika Penulisan

BAB 1 : PENDAHULUAN

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

BAB 2 : LANDASAN TEORI

Berisi pengumpulan teori, referensi tentang, papan partikel aseptik yang mencakup pengertian papan partikel, papan laminasi, papan komposit, balok bernaolli, dan material-material utama seperti kotak Aseptik, perekat bijih plastik (*Polypropylene*) dan perekat *Phenol Formaldehyde* . Selain itu, bab ini juga berisi tentang beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya.

BAB 3 : 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 cacah kotak *Aseptik*, menentukan jumlah sample, variasi rancang campur berdasarkan bentuk visual dan penampilan, kadar air, daya serap/kerapatan, pengembangan tebal, modulus elastisitas yang baik yang sesuai dengan peraturan JIS (*Japanese Industrial Standard*) A 5908 – 2003: *Particleboard* .Serta uji tekan maupun tarik pada papan laminasi cacah kotak *Aseptik*.



BAB 2

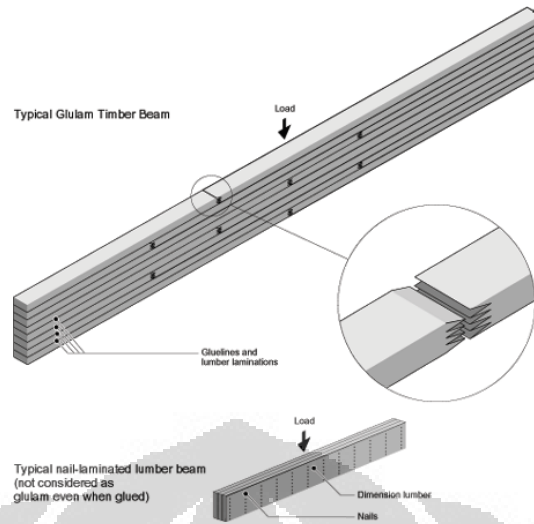
LANDASAN TEORI

2.1 Papan Kayu Laminasi

Papan kayu laminasi yaitu suatu penerapan teknologi sambungan kayu dengan teknik perekatan (laminasi) yang salah satu hasilnya dapat berupa balok glulam (*Glue Laminated Timbers*). Balok glulam merupakan gabungan sejumlah papan kayu gergajian (*lumpers*) dengan ketebalan tertentu yang direkatkan menjadi satu kesatuan yang utuh (Somayaji, 1995).⁽¹⁾

Kayu laminasi adalah papan yang direkat dengan lem tertentu secara bersama-sama dengan arah serat paralel menjadi satu unit papan. Kayu laminasi terbuat dari potongan-potongan kayu yang relatif kecil yang dibuat menjadi produk baru yang lebih homogen dengan penampang kayu dapat dibuat menjadi lebih lebar dan lebih tinggi serta dapat digunakan sebagai bahan konstruksi.⁽²⁾

Glulam (kayu terpaku-dilaminasi) adalah produk kayu struktural diproduksi dengan menempelkan potongan-potongan kayu dimensi individu dalam kondisi yang terkendali. Digunakan sering nya sebagai bahan bangunan arsitektur yang menarik dan struktural. Dalam pembuatan glulam, potongan-potongan kayu yang disambung dan akhir dilapisi horizontal atau laminasi. Laminating adalah cara yang efektif menggunakan kayu mutu tinggi dari dimensi yang terbatas untuk memproduksi elemen struktural yang besar dalam berbagai bentuk dan ukuran. Glulam digunakan untuk kolom dan balok dan sering untuk anggota melengkung dimuat dalam kombinasi lentur dan kompresi.⁽³⁾



Gambar 2.1 Papan kayu laminasi

2.1.1 Sejarah Papan Kayu Laminasi

Papan kayu laminasi pertama kali digunakan di Eropa pada tahun 1893 sebagai bangunan lengkung pada auditorium di Basel, Switzerland. Penggunaan papan laminasi di Amerika Serikat pertama kali untuk bagian dari meubel, panel-panel serta alat-alat olahraga dan konstruksi bangunan.⁽⁴⁾

Papan laminasi sebagai konstruksi bangunan di Amerika Serikat, pertama kali dipakai pada bangunan yang didirikan pada tahun 1934 oleh “*Forest Products Laboratory*” dan kemudian diikuti bangunan-bangunan lain seperti gereja, bangsal-bangsal, hangar pesawat, pabrik-pabrik dan sebagainya. Dengan berkembangnya perekat sintesis pada perang Dunia II, papan laminasi digunakan dalam pembuatan jembatan dan bangunan-bangunan air lainnya. Sedangkan di Indonesia sendiri pemakaian produk kayu laminasi sendiri masih terbatas pada raket, bingkai dan lantai.⁽⁵⁾

2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Papan Kayu Laminasi

a. Kelebihan

Keunggulan papan kayu laminasi sebagai berikut :

1. Pengadaan material di pasaran mudah karena ketebalan papan pelapis yang digunakan maksimum 2 cm, panjang pelapis tidak dibatasi.

Universitas Indonesia

2. Penggunaan material kayu lebih efisien, penyediaan kayu akan lebih cepat dan murah karena potongan kayu yang tipis (sampai 5 cm), pendek, serta ada cacatnya masih bisa digunakan untuk membuat konstruksi. (Manik 1997)
3. Dengan lembaran kayu utuh yang direkat kembali dengan perekat akan lebih kuat, karena mata kayu dapat diatur sedemikian sehingga tersebar merata. (Bodig 1982)
4. Kekakuan dapat ditingkatkan, dengan bentuk- bentuk penampang seperti balok I. (Bodig 1982)
5. Mudah dilakukan pemeriksaan cacat karena dimensi bahan baku penyusun laminasi lebih kecil dan tipis. Mudah dalam pemilihan bahan penyusun laminasi yang baik tanpa cacat.
6. Kekedapan dapat terjamin, konstruksi rigid atau kaku, perubahan dimensi kayu dapat teratasi dengan pengaturan arah serat kayu yang efektif.
7. Perlindungan berganda dapat dilaksanakan kayu yang kering dan dijenuhkan (kayu oven) akan lebih tahan terhadap kerusakan, dan sifat lapisan lem yang diciptakan khusus juga merupakan perlindungan terhadap kerusakan pula.

Struktur papan kayu laminasi juga memiliki beberapa kelebihan dibanding kayu gergajian yang solid, yakni ukuran dapat dibuat lebih tinggi, lebih lebar, bentangan yang lebih panjang, bentuk penampang lengkung (*curved*) dan konfigurasi bentuk lonjong dapat difabrikasikan dengan mudah. Mutu kayu lebih rendah dapat digunakan pada daerah tegangan rendah. Pengeringan awal tiap lapisan kayu dapat mengurangi perubahan bentuk, serta reduksi kekuatan akibat adanya cacat kayu (misalnya mata kayu) menjadi lebih acak disepanjang volume balok.⁽⁶⁾

b. Kekurangan

Namun Wirjomartono (1985) *dalam* Nurleni (1993) menyatakan bahwa papan kayu laminasi mempunyai beberapa kekurangan :

1. Persiapan pembuatan kayu berlapis majemuk umumnya memerlukan biaya yang lebih besar dari konstruksi biasa
2. Karena baik buruknya tergantung kepada kekuatan sambungannya, maka pembuatannya memerlukan alat-alat khusus dan orang-orang ahli.
3. Kesukaran-kesukaran pengangkutan untuk yang besar seperti pelengkungan dan sebagainya.

2.2 Papan Partikel

Papan partikel adalah suatu panel yang dibuat dari partikel kayu atau bahan ligno sellulosa, direkat dengan bahan pengikat organik. Pada proses pembuatan papan partikel diperlukan panas, tekanan, kadar air dan katalisator tertentu.

➤ Faktor-faktor yang mempengaruhi papan partikel

Menurut Maloney (1993), ada beberapa faktor yang mempengaruhi sifat papan partikel dari kayu antara lain :

- a. *Species*, keragaman jenis bahan baku dapat terjadi di antara jenis atau di dalam jenis, yakni disebabkan oleh kerapatan, tingkat keasaman kayu, kadar air, kadar zat ekstraktif, serta tempat tumbuh.
- b. *Additive*, aditif yang banyak digunakan yaitu lilin untuk menghasilkan papan yang tahan terhadap penyerapan air. Aditif lain yang digunakan dalam jumlah kecil saat ini adalah bahan tahan api dan bahan pengawet.
- c. *Moisture level and distribution*, tinggi rendahnya kadar air dan penyebarannya mempengaruhi hasil akhir pembuatan papan partikel.
- d. *Layering by particle size*, pelapisan partikel adalah cara konvensional untuk mengumpulkan bahan baku sebelum dikempa menjadi produk papan partikel.

- e. *Density profile*, kerapatan lapisan dalam papan dapat dikendalikan dan dipengaruhi oleh penyebaran kadar air.
- f. *Particle alignment*, dua rasio yang harus dimengerti saat mempertimbangkan orientasi yaitu *slenderness ratio* yang merupakan rasio panjang terhadap tebal dan *aspect ratio* yaitu rasio panjang terhadap lebar.

2.2.1 Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik

Papan partikel adalah suatu panel yang dibuat dari partikel kayu atau bahan ligno sellulo sa, direkat dengan bahan pengikat organik. Pada proses pembuatan papan partikel diperlukan panas, tekanan, kadar air dan katalisator tertentu. Papan partikel disebut pula *engineered waste food box product*. Secara umum papan partikel digambarkan sebagai suatu produk lignosellulosa dengan menggunakan *thermosetting synthetic resin* sebagai pengikat ⁽⁷⁾

2.2.2 Sejarah Papan Partikel Komposit Cacah Aseptik

Kotak aseptik di Brazil sudah dimanfaatkan sebagai genteng karena kotak aseptik mempunyai sifat yang kedap air dan tahan terhadap cahaya matahari. Berdasarkan sifat gabungan polimer dan aluminium pada cacah aseptik memungkinkan untuk memproduksi papan komposit untuk bahan bangunan rumah murah. Plastik dan aluminium dari kotak aseptik juga dapat di daur ulang untuk membuat produk-produk komposit seperti genteng atau pot plastik, atau untuk menggantikan bahan bakar fosil untuk pembangkitan panas dan listrik.⁽⁸⁾

2.2.3 Standar Acuan Mutu Papan Partikel

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.

1) 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. Tabel 2.4. menunjukkan mutu penampilan papan partikel berdasarkan Menurut JIS A 5908 – 2003 ^[17].

Tabel 2.1. Mutu penampilan papan partikel menurut Menurut JIS A 5908 – 2003

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	Maksimum diameter 2,0	Maksimum diameter 4,0	Maksimum diameter 6,0
3.	Noda minyak	Tidak ada	Tidak ada	Maksimum diameter 1 cm,	Maksimum diameter 2 cm,
4.	Noda perekat	Maksimum diameter 1,0	Maksimum diameter 1,0	Maksimum diameter 2,0	Maksimum diameter 4 cm,
5.	Rusak tepi	Tidak ada	Tidak ada	Maksimum lebar 5,0 mm, panjang maks	Maksimum lebar 10,0 mm, panjang maksimum

2) 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. Menurut JIS A 5908 –

2003 ^[17]. toleransi panjang dan lebar ± 3 mm ; kesikuan ± 2 mm. Sedangkan untuk ketebalan lihat tabel 2.5.

Tabel 2.2. 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	-	-	$\pm 0,6$

3) Sifat Fisis

- Kerapatan papan partikel menurut Standar JIS A 5908 – 2003 adalah 0,40-0,90 g/cm³.
- Kadar air papan partikel yang diperkenankan 5% - 13%. (Sumber : JIS A 5908 – 2003)
- Pengembangan tebal papan partikel menurut Standar JIS A 5908 – 2003 adalah maksimum 12%.

4) Sifat Mekanis

Berdasarkan Standar JIS A 5908 – 2003 sebagai berikut :

- Uji Kuat Lentur
 - Tipe 18 : minimum 184 kgf/cm²
 - Tipe 13 : minimum 133 kgf/cm²
 - Tipe 8 : minimum 82 kgf/cm²
- MOE (*Modulus of Elasticity*)
 - Tipe 18 : minimum 3,06 x 10⁴ kgf/cm²
 - Tipe 13 : minimum 2,55 x 10⁴ kgf/cm²
 - Tipe 8 : minimum 2,04 x 10⁴ kgf/cm²

Universitas Indonesia

➤ Keteguhan Tarik Tegak Lurus Permukaan

- Tipe 18 : minimum 3,1 kgf/cm²
- Tipe 13 : minimum 2,0 kgf/cm²
- Tipe 8 : minimum 1,5 kgf/cm²

5) Sifat Kimia

Emisi (lepasan) formaldehida dapat dianggap sebagai sifat kimia dan 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.

2.2.4 Syarat Lulus Uji Papan Partikel

✓ Contoh papan partikel

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

✓ 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.

2.3 Papan Komposit

Hakim (2007) menyatakan bahwa pada dasarnya, komposit dapat didefinisikan sebagai campuran makroskopik dari serat dan matriks. Serat merupakan material yang umumnya jauh lebih kuat dari matriks dan *beEpoxy*ngsi memberikan kekuatan tarik. Sedangkan matriks *beEpoxy*ngsi untuk melindungi s6yerat dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan. Manfaat utama dari penggunaan komposit adalah mendapatkan kombinasi sifat kekuatan serta kekakuan tinggi dan berat jenis yang ringan. Dengan memilih kombinasi material serat dan matriks yang tepat, kita dapat membuat suatu material komposit dengan sifat yang sama dengan kebutuhan sifat untuk suatu struktur tertentu dan tujuan tertentu.

Menurut Haygreen dan Bowyer (1996) papan partikel merupakan gabungan antara partikel kayu dengan penambahan matriks sebagai perekatnya dan dikempa secara *Hot Press*. Sedangkan menurut Tsoumis (1991) papan partikel adalah suatu produk panel yang dibuat dengan menggabungkan antara perekat dengan partikel kayu ataupun bahan lain yang berlignoselulosa dengan memberikan tekanan. Dumanauw (1996) menyatakan papan partikel adalah papan buatan yang terbuat dari serpihan kayu, tahan api dan merupakan bahan isolasi serta bahan akustik yang benar. Namun pada umumnya kelemahan papan partikel sebagai bahan bangunan adalah stabilitas dimensi yang rendah sehingga kebanyakan produk papan partikel ini hanya dipakai untuk interior.

Pengukuran nilai densitas pada plastik sangat penting, karena densitas dapat menunjukkan struktur plastik secara umum. Aplikasi dari hal tersebut yaitu dapat dilihat kemampuan plastik dalam melindungi produk dari beberapa zat seperti air, ringan, transparan, kuat, termoplastis dan selektif dalam permeabilitasnya terhadap uap air, O₂, dan CO₂. Sifat permeabilitas plastik terhadap uap air dan udara menyebabkan plastik mampu berperan memodifikasi ruang kemasan selama penyimpanan (Bierley dan Scott, 1988).

2.3.1 Definisi Komposit

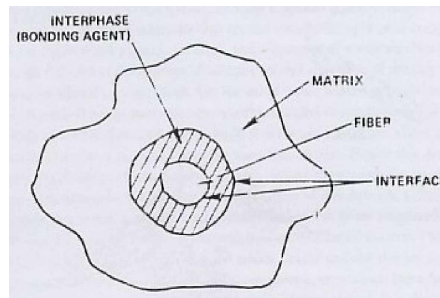
Komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent*⁽⁹⁾.

Beberapa definisi komposit sebagai berikut

- ✓ Tingkat dasar : pada molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh senyawa, paduan, polymer dan keramik)
- ✓ Mikrostruktur : pada kristal, phase dan senyawa, bila material disusun dari dua phase atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh paduan Fe dan C)
- ✓ Makrostruktur : material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan/atau komposisi dan tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit (definisi secara makro ini yang biasa dipakai)⁽⁹⁾.

2.3.2 Penyusun Komposit

Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya; Matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), Penguat (Penahan beban utama), *Interphase* (pelekat antar dua penyusun), *InteEpoxyace* (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain)⁽⁹⁾. Seperti terlihat pada gambar 2.2.



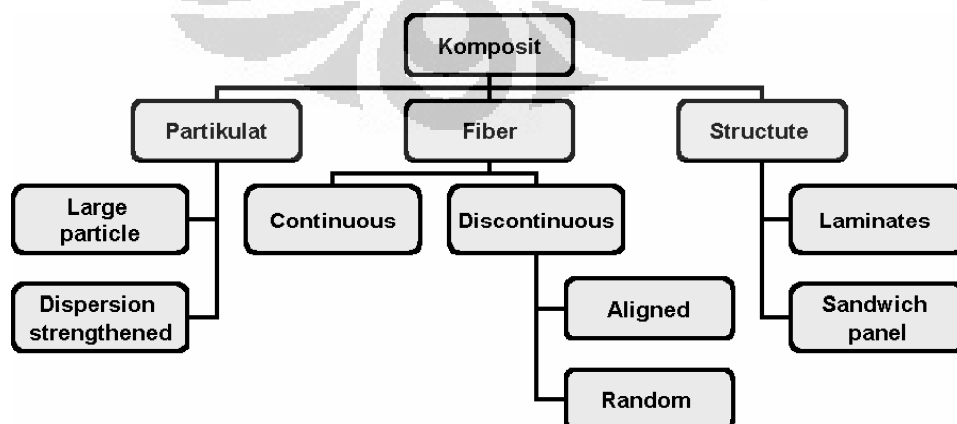
Gambar 2.2 Penyusun Komposit

2.3.3 Properties Komposit

Sifat maupun Karakteristik dari komposit ditentukan oleh ⁽⁹⁾

- Material yang menjadi penyusun komposit
Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut *Rule of Mixture* sehingga akan berbanding secara proporsional.
- Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun
Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.
- Interaksi antar penyusun
Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit

Adapun pembagian komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat dari gambar 2.3 berikut :

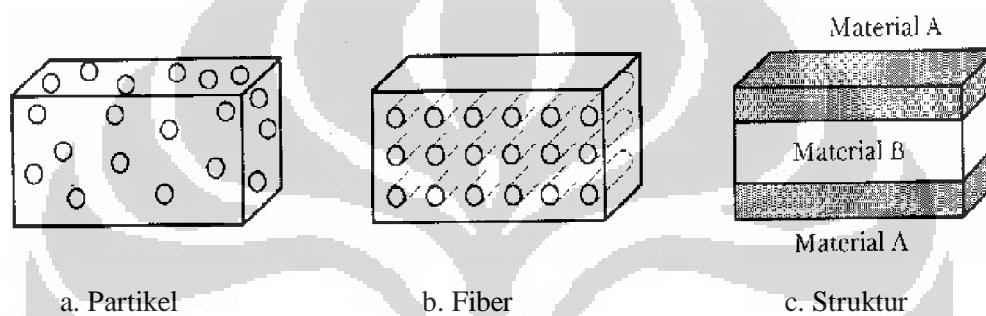


Gambar 2.3 Pembagian komposit berdasarkan penguatnya

Dari Gambar 2.4 komposit berdasarkan jenis penguatnya dapat dijelaskan sebagai berikut :

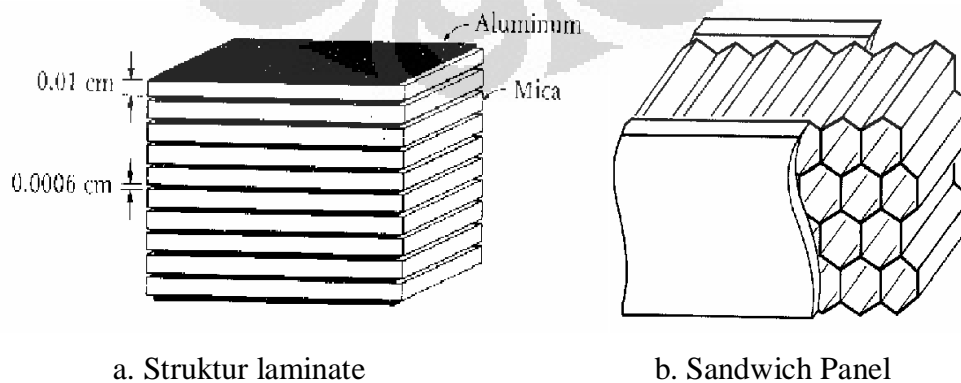
- a. *Particulate composite*, penguatnya berbentuk partikel
- b. *Fibre composite*, penguatnya berbentuk serat
- c. *Structural composite*, cara penggabungan material komposit

Adapun Ilustrasi dari komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Ilustrasi komposit berdasarkan penguatnya

Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu : struktur *Laminate* dan struktur *Sandwich*, ilustrasi dari kedua struktur komposit tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Ilustrasi komposit berdasarkan Strukturnya a. Struktur laminate b. Sandwich Panel

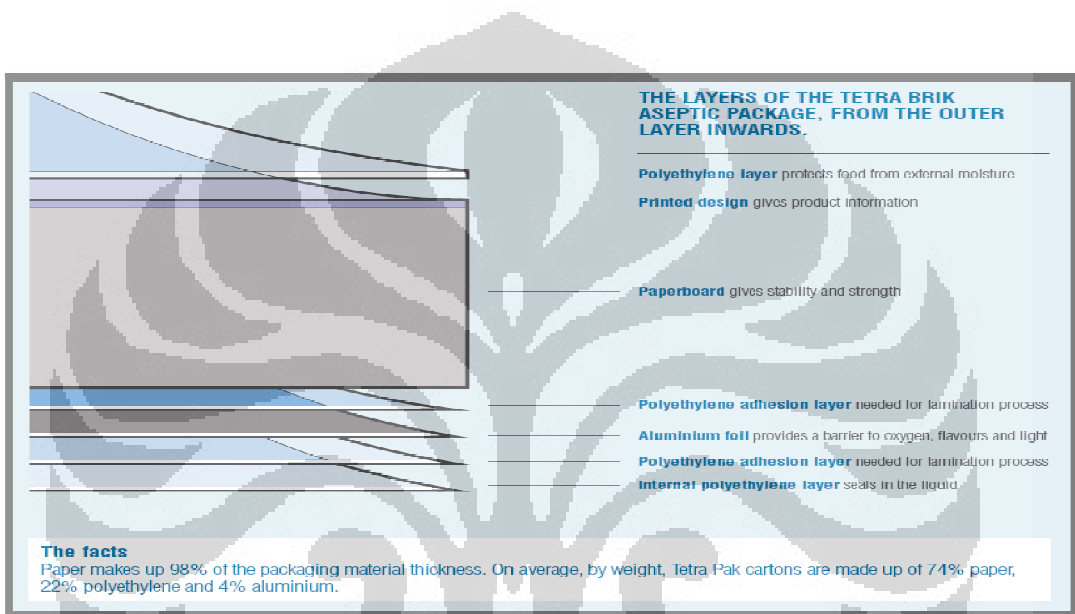
2.4 Cacah Aseptik

Cacah aseptik merupakan bagian dari kemasan minuman kotak yang terdiri polyethylene layer, kertas (*paper*) dan aluminium. Minuman 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 bahan pengisi papan partikel.

Tetra Pak 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 mereka ketat dan sebagai segel, dan aluminium foil menahan cahaya dan oksigen dari luar.⁽²¹⁾

Sistem kemasan aseptis 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 makanan 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. Roll-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 menjaga oksigen, bakteri, cahaya dan bau, dari luar tidak masuk

ke dalam kemasan dan memastikan bahwa isi tetap dalam kondisi sempurna. Sekarang sedang di kembangan kemasan yang menggunakan bahan silikon oksida aluminium foil bukan sebagai penghalang oksigen bakteri dan cahaya tapi telah dikembangkan untuk memungkinkan paket atau kemasan menjadi microwave. Seperti yang terlihat pada gambar 2.6. kotak aseptik terdiri dari beberapa lapis yang dimana masing-masing lapisan mempunyai fungsi tersendiri.



Gambar 2.6. Lapisan kotak aseptik.⁽⁸⁾

Fungsi setiap bagian dari Tetra Pak :

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

Tetra Pak karton terdiri dari 74% kertas, 22% polietilen dan 4% aluminium.⁽⁸⁾

Universitas Indonesia

2.4.1 Bahan – Bahan Kemasan Aseptik

Didalam kemasan tetrapak terdiri dari bahan-bahan utama kemasan Tetra Pak. Kemasan Tetra Pak terdiri dari karton, aluminium dan plastik. Rata-rata, dengan, Aseptik Tetra Pak terdiri dari 74% kertas, 22% polietilen dan 4% aluminium⁽⁸⁾

2.4.1.1 Karton

Kertas 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⁽¹⁰⁾

Karton 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 di setiap 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%. 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). Untuk di Indonesia sendiri Tetra Pak belum mempunyai mitra yang benar-benar bisa mendaur ulang sampah karton dalam jumlah besar di karenakan 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 yang mereka lindungi, mengurangi limbah, dan mengurangi biaya distribusi.

2.4.1.2 Aluminium

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 kerana daya tahan pengoksidaannya (oleh sebab fenomena pempasifan) dan kerana 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. tulen 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 dalam kotak aseptik menghalang untuk oksigen, bau dan cahaya dari luar sehingga minuman maupun makanan di dalam kemasannya dapat tahan lama.

(11)

2.4.1.3 Plastik

Tetra Pak menggunakan etanol yang berasal dari tebu untuk memproduksi etilen, yang kemudian akan dikonversi menjadi polietilen, yang sering digunakan sebagai bahan plastik. Plastik 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 rantai kimia. Rantai reaksi kimia adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan. Untuk mengeset properti plastik grup molekuler berlainan bergantung dari rantai reaksinya (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.⁽¹²⁾

Plastik dapat dikategorisasikan dengan banyak cara tapi paling umum dengan melihat polimernya seperti vinyl chloride, polyethylene, acrylic, silicone, urethane, dll. Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami seperti permen karet sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia seperti karet alam dan akhirnya ke molekul buatan-manusia seperti epoxy, polyvinyl chloride, polyethylene.⁽¹²⁾

Plastik dapat digolongkan berdasarkan sifat fisiknya yaitu :

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

Plastik dapat digolongkan berdasarkan kinerja dan penggunaannya yaitu :

- 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

Plastik dapat digolongkan berdasarkan berdasarkan jumlah rantai karbonnya yaitu :

- 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)

Plastik dapat digolongkan berdasarkan berdasarkan sumbernya yaitu :

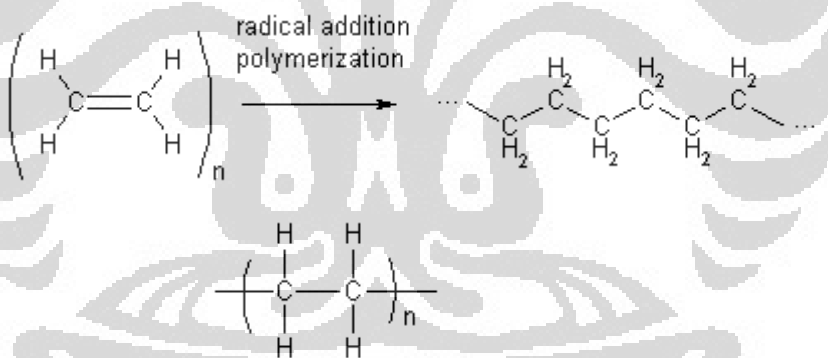
- Polimer alami : kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut
- Polimer sintetis:
 - ✓ Tidak terdapat secara alami: nylon, poliester, polipropilen, polistiren
 - ✓ Terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan: karet sintetis
 - ✓ Polimer alami yang dimodifikasi: seluloid, cellophane (bahan dasarnya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

Plastik dapat digolongkan berdasarkan berdasarkan proses manufakturnya yaitu :

- *Injection molding* : Biji plastik (pellet) yang dilelehkan oleh sekrop di dalam tabung yang berpemanas diinjeksikan ke dalam cetakan.
- *Ekstrusi* : Biji plastik (pellet) yang dilelehkan oleh sekrop di dalam tabung yang berpemanas secara kontinyu ditekan melalui sebuah orifice sehingga menghasilkan penampang yang kontinyu.

- *Thermoforming* : Lembaran plastik yang dipanaskan ditekan ke dalam suatu cetakan.
- *Blow molding* : Biji plastik (pellet) yang dilelehkan oleh sekrup di dalam tabung yang berpemanas secara kontinyu diekstrusi membentuk pipa (parison) kemudian ditiup di dalam cetakan.

Polimer semikonduktif dan konduktif adalah polimer terkonjugasi yang menunjukkan perubahan ikatan tunggal dan ganda antara atom-atom karbon pada rantai utama polimer. Ikatan ganda diperoleh dari karbon yang memiliki empat elektron valensi, namun pada molekul terkonjugasi hanya memiliki tiga (kadang-kadang dua) atom lain. Elektron yang tersisa membentuk ikatan π , elektron yang terdelokalisasi pada seluruh molekul. Suatu zat dapat bersifat polimer konduktif jika mempunyai ikatan rangkap yang terkonjugasi. Contoh dari polimer terkonjugasi adalah plastik tradisional (polyethylen), sedangkan polimer konduktif antara lain : polyacetilen, polpyrol, polytiopen, polyaniline dan lain - lain.



Gambar 2.7. Proses polimerisasi dari ethena ke poliethena

Polimer konduktif dapat dibuat dari *polyacetilen*. *Polyacetilen* merupakan polimer terkonjugasi sederhana yang mempunyai dua bentuk: yaitu bentuk *cis* dan *trans polyacetilen*.

Sedangkan pembuatan polyacetilen dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu

1. cara pemanasan
2. cara dopping.

Polyacetilen bentuk trans dibuat dengan kondisi temperatur yang berbeda seperti terlihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Katalis $\text{Ti}(\text{O-n-C}_4\text{H}_9)_4\text{-(C}_2\text{H}_5)_3\text{Al}$.⁽¹²⁾

Temperatur (°C)	% trans
150	100
100	92,5
50	67,6
18	40,7
0	21,4
-18	4,6
-78	1,9

Temperatur yang menunjukkan proses isomerisasi irreversibel dengan bentuk cis terjadi pada temperatur yang lebih tinggi pada 145°C menghasilkan bentuk trans. Bentuk cis secara termodinamika kurang stabil dibandingkan dengan bentuk trans. Pada temperatur tinggi, dan secara spontan isomer cis dapat berubah menjadi trans.

Konduktifitas polyacetilen dapat ditingkatkan dengan proses halogenasi. Struktur *polyacetilen* dapat mengalami resonansi sehingga konduktifitasnya menjadi lebih besar. Adanya resonansi pada poliasetilen menyebabkan material dapat menghantarkan arus listrik.

Sekarang ini utamanya ada enam komoditas polimer yang banyak digunakan, mereka adalah polyethylene, polypropylene, polyvinyl chloride, polyethylene terephthalate, polystyrene, dan polycarbonate. Mereka membentuk 98% dari seluruh polimer dan plastik yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Masing-masing dari polimer tersebut memiliki sifat degradasi dan ketahanan panas, cahaya, dan kimia.⁽¹²⁾

2.4.2 Daur Ulang Plastik dan Aluminium

Universitas Indonesia

Aluminium dan polietilen di daur ulang dari proses pembuatan bubuk kertas pada saat daur ulang karton. Aluminium dapat didaur ulang dalam berbagai cara: Di Italia polietilen dan aluminium digunakan untuk produksi bahan plastik baru, yang dikembangkan oleh perusahaan Leccepen. Ini adalah materi yang praktis dan tahan, yang disertakan dalam butiran dan siap untuk digunakan dalam beberapa aplikasi industri cetakan plastic.⁽¹³⁾

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 batubara⁽¹³⁾

Dari produk daur ulang menghasilkan produk aluminium baru yang lebih ekonomis. Plastik yang digunakan untuk menghasilkan uap dan energy untuk pabrik kertas. Sifat gabungan polimer dan aluminium memungkinkan untuk produksi papan komposit untuk bahan bangunan rumah murah.

Plastik dan aluminium juga dapat di daur ulang untuk membuat produk-produk komposit seperti genteng atau pot plastik, atau untuk menggantikan bahan bakar fosil untuk pembangkitan panas dan listrik⁽¹³⁾

2.4.3 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 Manufacturing Company*, sebuah pabrik kertas, untuk daur ulang menjadi kertas saniter seperti jaringan.

Serat karton berkualitas tinggi karena karton kuat dan cukup bersih dari tinta. Hal ini membuat kemasan daur ulang cocok untuk beberapa penggunaan, terutama di bidang kemasan sekunder dan kertas tisu. 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. Proses memmutar 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. 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.⁽¹⁴⁾

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.

Karena itu Tetra Pak fokus pada:

- Kehutanan
- Energi
- Daur ulang pasca-konsumen menggunakan kemasan.

Tetra Pak telah menetapkan tujuan global untuk meningkatkan rata-rata tingkat daur ulang pasca-konsumen karton Tetra Pak dari 13% pada tahun 2001 menjadi 25% pada tahun 2008. Meskipun tidak ada permintaan daur ulang di sebagian besar negara di luar Eropa, Tetra Pak telah menetapkan target ini untuk membuat kontribusi positif kepada masyarakat yang dilayani. Tingkat daur ulang Tetra Pak saat ini baru mencapai 16,2%. Dengan jumlah kemasan yang di produksi 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 di daur ulang.⁽¹⁴⁾

Cara daur ulang karton yaitu dengan memisahkan serat dari polietilen dan aluminium menggunakan air, proses ini dikenal sebagai repulping. 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

Universitas Indonesia

minuman karton dibuat oleh Tetra Pak yang didaur ulang ke dalam kertas oleh sekitar 100 pabrik kertas di seluruh dunia pada tahun 2004. Memang, laporan ini dicetak di atas kertas yang berisi minimal 80% minuman karton daur ulang, diproduksi di pabrik Hurum di Norwegia.⁽¹⁴⁾

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. Hal ini memungkinkan daur ulang aluminium untuk kembali digunakan sebagai bahan baku untuk industri. Di Jerman, repulping residu yang digunakan dalam pembakaran semen di mana polietilen beraksi sebagai bahan bakar energi tinggi. Aluminium daur ulang adalah seperti aluminium trioksida, yang merupakan unsur penting dalam semen. Sebuah teknologi telah dikembangkan bersama dengan para mitra di Brasil, untuk memisahkan plastik dan aluminium menjadi dua pecahan murni.⁽¹⁴⁾

Tetra Pak karton memiliki nilai kalori tinggi, umumnya dalam kisaran 20-25 MJ / kg, dan karena itu cocok untuk pemulihan energi. Nilai kalori non-serat polyethylene dan aluminium adalah komponen yang tersedia setelah serat daur ulang proses ini biasanya sekitar 30 MJ / kg. Pengujian menunjukkan bahwa Tetra Pak karton dapat dibandingkan dengan bio-bahan bakar seperti keripik dan kulit kayu dalam hal emisi.

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 di seluruh dunia. Peningkatan jumlah karton yang didaur ulang telah lebih dari satu miliar karton setahun.

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 produksi minyak dan aluminium berkualitas tinggi. Teknologi baru ini melengkapi daur ulang yang ada di seluruh dunia mekanik, dan

Universitas Indonesia

sebuah pabrik gasifikasi yang dimulai di Finlandia pada tahun 2000 yang menghasilkan energi dan serbuk aluminium sekunder.⁽¹⁴⁾

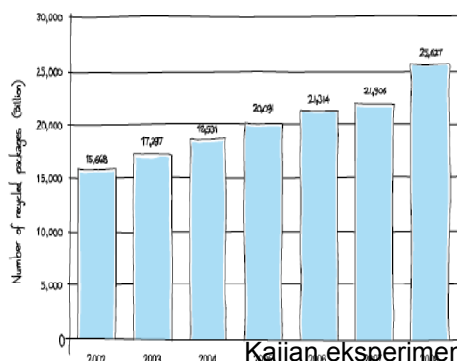
Pemilihan metode pengelolaan sampah terbaik dan teknologi sangat tergantung pada kondisi lokal (transportasi, sistem pengumpulan, pasar untuk bahan pulih, undang-undang, dll). Penanganan limbah pabrik Daur ulang adalah pilihan penanganan limbah dominan, dengan 95% dari sampah daur ulang. Limbah dikirim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

Tetra Pak memiliki komitmen untuk menjalankan bisnisnya yang ramah lingkungan:

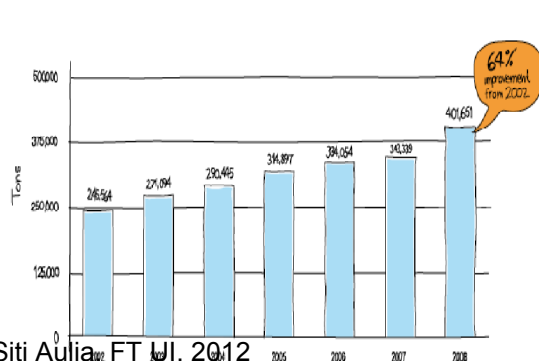
- Yang utama bahan kemasan Tetra Pak berasal dari hutan, yang alami dan sumber daya terbarukan. Tetra Pak akan memastikan bahwa hutan-hutan ini dikelola secara berkelanjutan.
- Pengunjung dapat belajar tentang Tetra Pak Iklim. Suatu program untuk mengurangi emisi CO₂ sebesar 10% pada tahun 2010, melalui efisiensi energi dan penggunaan energi hijau. Program ini telah memenuhi syarat untuk WWF Climate Savers inisiatif.
- Tetra Pak akan menampilkan bagaimana karton yang didaur ulang di gunakan kembali.
- Tetra Pak bekerja sama dengan WWF kehutanan dan perubahan iklim (www.tetrapak.com).⁽¹³⁾

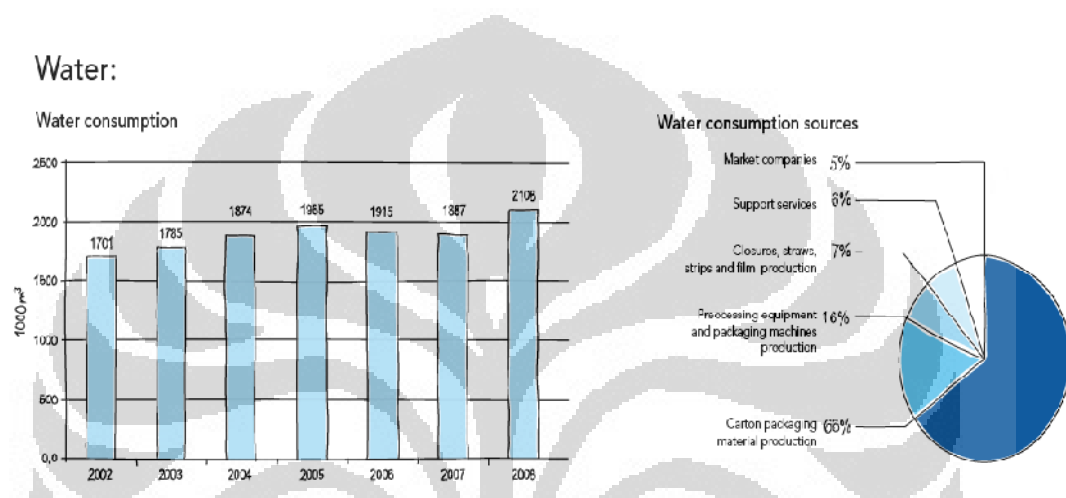
Recycling of used cartons:

Recycling cartons



Cartons in Recycled tonnes



Gambar 2.8 Grafik Daur Ulang Tetra Pak.⁽¹³⁾Gambar 2.9 Grafik Penggunaan Air.⁽¹³⁾

Kotak aseptik ini masih sulit untuk didaur ulang terlihat pada gambar 2.8, 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 foil*nya saja. Tapi bila dilakukan daur ulang dengan cara itu menimbulkan pencemaran udara akibat proses pembakaran sehingga menghasilkan CO₂. Untuk proses daur ulang karton biayanya cukup mahal sehingga banyak kemasan *aseptik* yang tidak di daur ulang.

2.4.4 Sifat – sifat Cacah Kotak Aseptik

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

a. Penyerapan air dalam cacah kotak *aseptik*

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

b. Kadar air dalam cacah kotak *aseptik* atau keadaan air dalam agregat dapat dibedakan atas beberapa hal berikut :

- 1) 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.
- 2) Kering udara, permukaan butir-butir dalam keadaan kering tetapi dalam butiran masih mengandung air. Pada kondisi ini aggregate masih dapat menyerap sedikit air.
- 3) Jenuh kering muka, (*saturated and suEpoxyace-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.
- 4) Basah, pada keadaan ini butir-butir agregat 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 saat papan partikel sudah jadi adalah banyaknya rongga, sehingga akan berpengaruh juga terhadap kekuatan dan keawetan papan partikel. Dan juga tidak baik bagi penampilan secara visualnya.

2.5 Perekat

2.5.1 Phenol Formaldehida

Perekat sintetik komersial di Indonesia yang biasa digunakan untuk perekatan kayu terdiri atas perekat urea formaldehida, melamine formaldehida, phenol formaldehida, resorsinol formaldehida, cresol formaldehida. Jenis perekat komersial yang lain adalah perekat epoksi, polyvinil asetat, perekat berbasis karet. Setiap bahan perekat pada umumnya mempunyai keunggulan dan kelemahan masing-masing, termasuk di dalamnya faktor harga, maka banyak hasil penelitian *teEpoxyokus* 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.

Berdasarkan SNI 03-2105-2006 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.

Phenol formaldehida merupakan resin sintesis yang pertama kali digunakan secara komersial baik dalam industri plastik maupun cat (*suEpoxyace coating*). Phenol formaldehida dihasilkan dari reaksi polimerisasi antara phenol dan formaldehida. 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). Proses pengeringan pada vernis dapat melalui penguapan (evaporasi) dari solvent, oksidasi dengan udara, dan polimerisasi sejumlah unsur yang terkandung dalam vernis. Hasil akhir dari vernis adalah lapisan film transparan yang memperlihatkan tekstur bahan yang dilapisi.⁽⁹⁾ Produk phenol formaldehida ada yang memberikan warna jernih kekuning-kuningan tetapi ada juga yang kecoklatan sampai kemerah-merahan . Didalam percobaan yang dilakukan ini, Kami menggunakan 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 SNI 03-2105-2006.⁽¹⁵⁾

2.5.1.1 Syarat Emisi Formaldehida

Didalam SNI 03-2105-2006 jumlah emisi Formaldehida diatur dan dibatasi karena menimbulkan kerugian bagi manusia .

Dalam sistem pernapasan manusia, gas formaldehida dapat menyebabkan gangguan serius. Sebagai contoh :

- Konsentrasi 0.01 ppm sudah dapat menyebabkan iritasi mata
- Konsentrasi 50-100 ppm mengakibatkan radang paru-paru
- Konsentrasi > 100 ppm dapat mengakibatkan kematian

Disamping itu belakangan ini formaldehida dikategorikan sebagai senyawa karsinogenik (penyebab penyakit kanker). Oleh karena itu banyak negara-negara yang telah menetapkan batas konsentrasi formaldehida pada suatu produk.

Saat ini banyak negara-negara maju yang telah menetapkan batas konsentrasi emisi formaldehida pada produk-produk kayu. Untuk negara-negara Eropa mengklasifikasikan berdasarkan konsentrasinya dengan E1 dan E2. Sedangkan negara Jepang mengklasifikasikan mulai dari F* sampai F****.⁽¹⁶⁾

Di bawah ini merupakan standar emisi yang diperbolehkan dalam formaldehida

Tabel 2.4. Syarat emisi formaldehida.⁽¹⁷⁾

Klasifikasi	Simbol	Jumlah emisi formladehida	
		Rataan	Maksimum
F****	F****	0,3 mg/1 atau lebih rendah	0,4 mg/1 atau lebih rendah
F***	F***	0,5 mg/1 atau lebih rendah	0,7 mg/1 atau lebih rendah
F**	F**	1,5 mg/1 atau lebih rendah	2,1 mg/1 atau lebih rendah

Sumber : Standar JIS A 5908 : 2003

2.5.1.2 Spesifikasi Phenol Formaldehida Adhesive PA-302 (PT. Pamolite Adhesive Industry)

A. Aplikasi dari Produk :

Phenol Formaldehida Adhesive dimaksudkan untuk digunakan pada plywood Type WBP.

B. Specifications :

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

C. Filler dan Harderner : Powder (HP – 1)

D. Pemakaian:

✓ Formulasi :

PA – 302	:	220 – 250
Filler	:	75
Viscosity	:	18 – 23 poise
✓ Moisture Content of Veneer		
Core	:	6 – 10%

Universitas Indonesia

Frace / Back : 6 – 10%

✓ Glue Spread

Thickneess of core (mm)	<1.5	1.5 – 2.0	2.0 – 2.8	2.8 -3.4	> 3.4
Glue Spread (gr/ft ²)	28 - 30	30 - 34	34 - 38	38 - 42	> 42

✓ Standing Time : 1 – 3 Hours

✓ Cold Press

Time : 20 – 30 menit

Pressure : 10 kg/cm²

Open Assembly Time : 10 Minutes max

✓ Hot Press

Time : 60 second / mm plywood

Pressure : 10 kg/cm²

Open Assembly Time : 130 -135°C

✓ Catatan:

Temperature Veneer : Max 40°C

2.5.2 Urea Formaldehida

Vick (1999) mengemukakan bahwa perekat UF ada yang berbentuk serbuk atau cair, berwarna putih, garis rekatnya tidak berwarna dan lebih durable apabila dikombinasikan dengan melamin. Penggunaan perekat ini adalah untuk kayu lapis, merbel, papan serat dan papan partikel.

Tsoumis (1991) mengemukakan bahwa UF tersedia dalam bentuk cair atau serbuk. Resin ini mengeras pada suhu 95-130 C. UF tidak cocok dipakai untuk eksterior, namun kinerjanya dapat diperbaiki dengan penambahan *melamin Formaldehyde* atau *Resocynol Formaldehyde* sekitar 10-20%. Hasil sambungan dengan UF tidak berwarna sampai berwarna coklat terang. Kelemahan dari UF antara lain tidak tahan air serta menyebabkan emisi *formaldehyde* yang berdampak pada kesehatan. .⁽¹⁸⁾

Resin urea-formaldehid merupakan produk yang sangat penting saat ini di bidang plastik, pelapisan dan perekat. Hasil reaksi antara urea dan formaldehida adalah resin yang termasuk ke dalam golongan *thermosetting*, artinya mempunyai sifat tahan terhadap asam, basa, tidak dapat melarut dan tidak dapat meleleh. Di bidang plastik, resin urea formaldehid merupakan bahan pendukung resin fenol- formaldehid yang penting karena dapat memberikan warna-warna terang. Selain itu, laju pengerasan pada temperatur kamar yang cepat membuat resin ini cocok digunakan sebagai perekat.

Reaksi antara urea dan formaldehid yang menghasilkan resin urea-formaldehyd merupakan salah satu contoh reaksi polimerisasi yang dapat dipelajari dengan mudah dan sederhana di laboratorium. Melalui percobaan ini, praktikan diharapkan dapat memahami proses polimerisasi seperti pembentukan monomer/dimer dan pembentukan rantai polimer, khususnya yang melibatkan reaksi- reaksi yang terlibat dalam pembentukan resin urea-formaldehyd. ⁽¹⁸⁾

2.5.3 Biji Plastik (*Polypropylene*)

Sejak tahun 1955 professor Natta menemukan bahwa dengan menggunakan katalis Ziegler Natta, polimer khas ruang (*stereospesific*) *Propylene* dapat dihasilkan dengan keteraturan tinggi dalam konfigurasi polimennya. *Polypropylene* termasuk jenis plastik olefin dan merupakan polimer dari *propylene*. Jenis ini dikembangkan sejak tahun 1950 dengan berbagai nama dagang seperti : *hexphane, dynafilm, hiparen, escon, oler fane, dan profax*. (Hardian,IPB 2007). ⁽¹⁹⁾

Di tahun 1999 *Polypropylene* hanya menyumbang 2 % pada produksi botol plastik di Amerika. Selain botol, sebagian besar kemasan makanan kita terbuat dari plastik no. 5 ini. Kenyataannya, ini adalah plastik yang paling umum dijumpai dalam bentuk yang bukan botol. ⁽¹⁹⁾

Polypropylene adalah suatu material hemat yang menawarkan suatu kombinasi antara, bahan kimia, mekanik, kekayaan elektrik dan yang berkenaan dengan panas yang tidak ditemukan pada termo-plastik lain. Polyethylene mempunyai kelebihan dimana tahan terhadap temperatur tinggi dan memiliki elastisitas.

Universitas Indonesia

Polypropylene memiliki sifat mampu larut dalam organik, degreasing agen dan electrolytic menyerang.⁽¹⁹⁾

2.6.3.1 Produksi Biji Plastik

Biji Plastik merupakan hasil dari proses daur ulang plastik. Pengelompokan jenis plastik kantong/kresek atau botol, pengelompokan dilakukan secara manual oleh petugas sortir. Adapun langkah-langkah produksinya sebagai berikut;

1. Sortir

Merupakan proses pemisahan yang pertama kali dilakukan. Pada proses ini dilakukan pekerjaan untuk memisahkan bahan baku yang datang dan membuang material/benda asing yang tidak diharapkan masuk kedalam proses.

2. Pemotongan

Proses ini dilakukan untuk mengurangi mterial dan mempermudah proses selanjutnya dengan cara memotong atau merajang plastik dalam bentuk asalnya (kantong atau lembaran plastik)

3. Pencucian

Tujuan : agar tidak mengganggu proses penggilingan

Terdiri dari 24 tahap :

a. Prewashing

Untuk memisahkan material-material asing terutama agar tidak ikut dalam proses selanjutnya. Menggunakan benda cair sebagai sarana untuk mencuci material dan membawa material asing keluar dari proses

b. Pencucian tahap 2:

Menggunakan mesin friction water. Materi dicuci kembali oleh ulir menanjak yang berputar pada putaran tinggi sehingga hasil dari friksi dapat memutuskan material asing yang masih terdapat pada bahan. Masih menggunakan media air untuk membawa material asing keluar dari proses

4. Pengeringan

Secara mekanik yaitu dengan memeras material dengan gerakan memutar sehingga air dapat keluar. Dengan menguapkan air pada suhu tertentu agar bahan benar-benar terbebas dari suhu yang melekat

5. Pemanasan

Material yang telah bersih dari pengotor dilelehkan dengan proses pemanasan material pada suhu 200C

Suhu panas dihasilkan oleh heater. Selanjutnya lelehan dialirkan untuk menuju proses penyaringan.

6. Penyaringan

Dilakukan dengan lembaran besi yang dilobangi sebesar kira-kira 4mm di seluruh permukaannya. Diharapkan lelehan plastik akan melewati saringan ini untuk melapisi lelehan plastik berbentuk silinder panjang yang nantinya akan dipotong-potong.

7. Pendinginan

Setelan berbentuk silinder, material dilewatkan pada air dingin sebagai media pendingin

8. Pencetakan/Penggilingan

Pencetakan bijih plastik dilakukan dengan membentuk lelehan plastik menjadi berbentuk mie dengan diameter 4 mm

9. Pembungkusan dan pemeriksaan

Dilakukan pembungkusan terhadap material kering dalam karung plastik. Pemeriksaan untuk mengetahui apakah proses produksi berjalan baik. ⁽²⁰⁾

2.6.3.2 Karakteristik *Polypropylene*

Karakteristik *Polypropylene* (PP) menurut Boast (1980) dalam Syarif dkk, (1989), Oswald dan Menges (1996), dapat dilihat tabel⁽²⁰⁾ :

Tabel 2.5. Karakteristik *Polypropylene*

Deskripsi	PP
-----------	----

Universitas Indonesia

Densitas pada suhu 20°C (g/cm ³)	0.9
Suhu Melunak (°C)	149
Titik Lebur (°C)	170
Kristalinitas (%)	60-70
Indeks Fluiditas	0.2-2.5
Modulus of elastisitas(Kg/cm ²)	11000-13000
Tahanan volumetrik (ohm.cm)	10 ¹⁷
Konstanta dielektrik (60-10 ⁸ cycles)	2.3
Permeabilitas gas (cm ³ /m ² day bar)	
Nitrogen	4300
Oksigen	1900
Gas Karbon	6100
Uap Air	700

Sumber: Syarief et al.,1989

Boast (1980) dalam Syarief et al., (1989) menyatakan bahwa sifat-sifat utama dari polypropylene yaitu :

- Ringan (densitas 0.9 g/cm³), mudah dibentuk, tembus pandang dan jernih dalam bentuk film.
- Mempunyai kekuatan tarik lebih besar dari polyethylwnw (PE). Pada suhu rendah akan kaku
- Lebih kaku dari PE dan tidak gampang robek sehingga lebih mudah dalam penanganannya
- Permeabilitas uap air rendah dan permeabilitas gas sedang
- Tahan terhadap suhu tinggi sampai dengan 150 °C
- Titik lelehnya cukup tinggi pada suhu 170°C dan mengeluarkan benang-benang plastik pada suhu tinggi

- Taham terhadap asam kuat, basa dan minyak. Tidak terpengaruh oleh pelarut pada suhu kamar kecuali HCl
- Pada suhu tinggi *Polypropylene* akan bereaksi dengan benzena, siklena, toluena, terpentine dan asam nitrat kuat⁽²⁰⁾.

2.6.3.3 Kekurangan *Polypropylene* ⁽²⁰⁾:

- Terdegradasi oleh UV
- Mudah terbakar, tetapi nilai terbelakang tersedia
- Diserang oleh pelarut diklorinasi dan aromatik
- Sulit untuk obligasi
- Beberapa logam mempercepat oksidatif merendahkan
- Suhu rendah kekuatan dampak buruk

2.5.4 Melamin Forlmaldehida

Melamin formaldehida merupakan polimer biasanya digunakan pada waktu finishing untuk tekstil dan kulit. Melamin formaldehida juga digunakan untuk merumuskan lak, plasticizers dan perekat dan insektisida. Zat kimia ini dapat diidentifikasi dengan nama yang berbeda, termasuk⁽²¹⁾:

- *1,3,5-Triazine-2, 4,6 (1H, 3H, 5H)-triimine (Etilena Urea)*
- *2-Imidazolidinone (Isomelamine)*
- *2-Imidazolidone (Monoethyleneurea)*
- *2,4,6-Triamino-1,3,5-triazina (Pluragard)*
- *2-Oxoimidazolidine (Theoharn)*
- *Cyanurotriamide (Triaminotriazine)*

2.6 Penelitian Sebelumnya

2.6.1 Sifat Mekanis Mortar Yang Mengandung Cacah Aseptik oleh Purnomo (2009)

Papan partikel cacah kotak aseptik merupakan papan partikel jenis baru karena sebelumnya belum ada penelitiannya di dunia konstruksi Indonesia khususnya. Namun telah ada penelitian yang meneliti cacah kotak aseptik sebagai campuran dalam mortar. Ada pun hasilnya adalah “Sifat Mekanis Mortar Yang Mengandung Cacah Aseptik” oleh Purnomo (2009).⁽²²⁾

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penggunaan robekan kotak aseptik (kotak aseptik dengan dimensi 12x4,8x3,8) yang dirobek dengan ukuran 3 cm, lebar 0,3cm dan 0,05 cm tebal dan 1,5cm, lebar 0,3cm dan 0,05cm tebal terhadap sifat mekanik adukan semen atau mortar.

Adapun benda ujinya berbentuk spesimen kubus memiliki geometri dari 5x5x5 cm³ sedangkan balok spesimen 17,5cm, 5cm lebar dan 5cm. Dua volume pecahan (2 dan 20 persen) dan nol persen aseptis wadah parut diaplikasikan untuk campuran. Adapun campuran mortar yang di gunakan adalah Empat rasio berbeda 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 dimana pasir kering permukaan jenuh kondisi 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-robek karton aseptik adalah 16%, 17,3% dan 19,9% yang memberikan rata-rata 17,7% penyerapan air. Adapun hasil kuat tekan yang didapat adalah pada tabel 2.6 sebagai berikut :

Tabel 2.6. Perbandingan kekuatan dari spesimen yang mengandung dua geometri yang berbeda dari karton aseptik Sumber : Heru P, 2009⁽²²⁾

Ukuran Aseptik (cm ³)	Persentase Cacah Aseptik (%)	Komposisi Semen:Pasir:Air	Rata-rata Modulus Patah (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan dan Deviasi Standar (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

2. Kekuatan tekan kubus adukan semen yang mengandung 3 iris berbeda persentase sebagai wadah aseptik fungsi proporsi semen, pasir dan air disajikan pada tabel 2.7 dibawah ini.

Tabel 2.7. Perbandingan kekuatan tekan kubus dari semen spesimen yang berbeda, pasir, air dan persentase komposisi irisan karton Aseptik

Sumber : Heru P, 2009.⁽¹¹⁾

Komposisi Semen:Pasir:Air	Persentase Cacah Aseptik (%)	Rata-rata Kuat Tekan dan Deviasi Standar (Mpa)	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
	20	6.76 ± 3.10	50.51
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

3. kekuatan lentur dari spesimen balok semen dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.8 dibawah ini :

Tabel 2.8 Perbandingan kekuatan lentur dari spesimen balok semen yang berbeda, pasir, air komposisi dan persentase irisan karton aseptik .

Komposisi Semen:Pasir:Air	Persentase Cacah Aseptik (%)	Rata-rata Modulus Patah (MPa)	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
	20	5.06	-
1:4:0.5	0	5.39	0
	2	5.09	5.56
	20	4.70	12.80

Penelitian menunjukkan bahwa penurunan kekuatan tekan kubus lebih sensitif untuk kombinasi semen dan pasir dengan persentase rendah dan persentase tinggi untuk cacah kotak aseptis. Temuan lain dari studi ini menunjukkan bahwa kekuatan lentur balok kecil tidak terlalu sensitif terhadap keberadaan cacah kotak aseptis. ⁽²²⁾

2.6.2 *Physical and Mechanical Properties of Cardboard Panels Made From Used Beverage Carton With Veneer Overlay (Nadir Ayrilmis, Zeki Candan, Salim Hiziroglu) (2008)*

Dalam penelitian ini, bahan baku dari kardus daur ulang digunakan untuk pembuatan panel komposit. baik sifat fisik dan mekanik sampel menghasilkan nilai memuaskan memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan dalam EN (*European Standards*) 312 tipe 3 untuk partikel, EN 6255-5 untuk MDF dan EN 300 tipe 3 untuk OSB. kardus veneer kayu yang dihadapi telah properties secara signifikan lebih tinggi mekanis dan fisik daripada particleboards kayu veneer yang dihadapi. hal ini disebabkan struktur profil ketat dan kepadatan lebih tinggi panel kardus.

a. Material dan metode Penelitian

Empat karton yang diproduksi secara komersial panel dengan dimensi 1250mm x 2500mm x 15mm dipasok oleh yekas daur ulang perusahaan. panel kemudian dipotong menjadi panel uji yang lebih kecil dengan dimensi 500 mm. Sebanyak 20 panel eksperimental secara acak ditugaskan untuk kelompok eksperimen, empat untuk setiap jenis perekat dan empat panel tanpa aplikasi overlay. diproduksi secara komersial cacat beech dipotong bebas berputar (*Fagus*) lembar veneer dengan ketebalan 1,5 mm dan dengan kepadatan rata-rata 0,63 g/cm³ digunakan untuk kardus overlay. semua bagian panel eksperimental dan lembaran veneer ditempatkan di sebuah ruangan iklim dengan suhu 20 dan kelembaban relatif 65% sebelum proses overlay dilakukan. Berikut pada tabel 2.9 mengenai properties perekat yang digunakan;

Universitas Indonesia

b. Propertis Perekat

Tabel 2.9 Tabel Tipe perekat antara karton dengan lembaran veneer

Adhesive type between cardboard and veneer sheet		Solids Content (%)	Specific gravity (g/cm ³)	PH (at 20°C)	Gel Time (at 100°C)	Viscosity (at 20°C) (cps)
Polyurethane (PU)	Component A (Macroplast UK 8130)	100	1400			37000
	Componet B (Macroplast UK 5400)	100	1150			190
Urea Formaldehyde (UF)		65	1280	8,75	37	450
Phenol Formaldehyde (PF)		47	1195	11,75	15	250-500
Melamine/urea formaldehyde (MUF)		65	1275	8,75	62,5	200-250

c. Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang sudah dilakukan adalah:

- Panel lapisan kardus aseptik menggunakan semua perekat eksperimental menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan pada kepadatan, sementara perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) terjadi pada nilai-nilai tebal pengembangan dan daya serap air.
- Panel yang dilapisi dengan veneer menggunakan perekat *Polyurethane* memiliki nilai terendah *Thickness swelling* dengan 0,8% dan 1,2% setelah 2 jam dan 24 jam perendaman sedangkan nilai *Thickness swelling* tertinggi ditemukan spesimen dilapisi dengan perekat *Phenol-formaldehyde* memiliki nilai sebesar 1,2% dan 1,7%.
- karton dengan spesimen dengan perekat *Phenol-formaldehyde* menunjukkan *peEpoxyorma* terbaik dengan 3,2% di antara semua jenis perekat setelah 168 jam perendaman. Tampak bahwa stabilitas dimensi spesimen dilapisi dengan perekat *Phenol-formaldehyde* lebih baik daripada yang lain akibat dari air rendaman uji
- Semua lapisan spesimen kardus memperlihatkan nilai *Thickness Swelling* lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen kardus tanpa veneer kayu. Alasan perilaku ini dapat dikaitkan dengan struktur kompak sepanjang ketebalan karton dan bahan-bahan anorganik seperti polietilen dan aluminium dalam karton.

2.6.3 Kajian Perilaku Papan Partikel Cacah Kotak Aseptik - Phenol Formaldehyde Terhadap Beban Terpusat (Riko Febrino) (2010)

Dalam penelitian ini, bahan baku dari kardus daur ulang digunakan untuk pembuatan panel komposit. Papan panel tersebut diberikan beberapa variasi yakni, kadar phenol formaldehida $> 10\%$, variasi tekanan saat proses pengempaan dan variasi ukuran cacah aseptik. Baik sifat fisik dan mekanik sampel menghasilkan nilai memuaskan memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan dalam JIS .

a. Hasil Penelitian

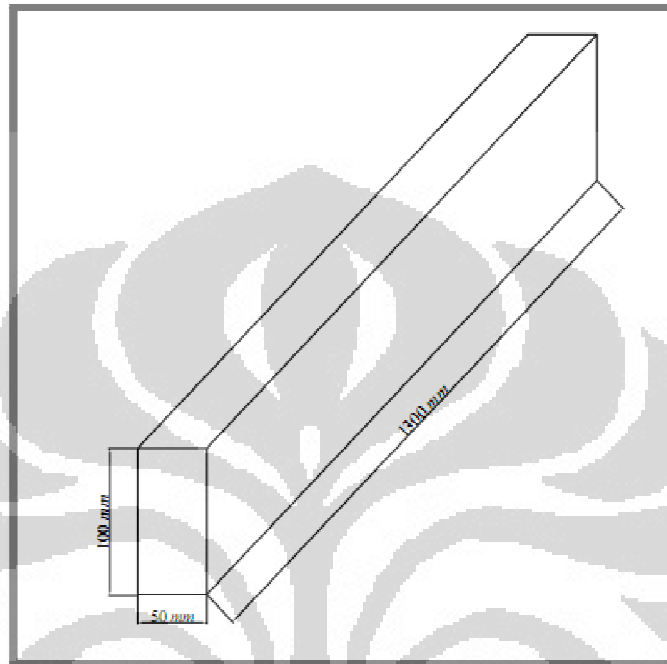
- Hasil dari penelitian tersebut, mempunyai nilai mekanik yang baik pada papan komposit dengan kadar phenol 10%
- Pemberian *glassir* atau *waterproof* pada benda uji hanya berpengaruh pada pengujian fisiknya saja tetapi tidak memberikan kontribusi sama sekali pada sifat mekanik.
- Semakin besar tekanan pengempaan pada pembuatan benda uji maka semakin tinggi hasil pengujiannya baik dalam pengujian fisik maupun pengujian mekanik, namun tekanan kempa optimal belum didapatkan.
- Umumnya papan partikel dengan panjang cacah aseptik 80 mm x 5 mm lebih baik secara mekanik ketimbang papan partikel dengan panjang cacah aseptik 50 mm x 5 mm. Sedangkan secara fisik khususnya pada visual dan mutu penampilan berlaku sebaliknya karena papan partikel dengan panjang cacah aseptik 50 mm x 5 mm lebih mudah dipotong, lebih siku dan lebih sedikit cacat yang terjadi.

2.7 Teori Balok Bernoulli

Menurut Genre dan Timoshenko, balok adalah batang yang dikenakan beban-beban yang bekerja secara transversal terhadap sumbu pemanjangannya. Model klasik balok tipis (sering dikaitkan dengan nama *Novier*, *Bernoulli* dan *Euler*) yang mengabaikan pengaruh deformasi geser transversal. Hal ini terjadi karena adanya rasio antara panjang bentang dan lebar bentang pada balok sangatlah besar, dimana pada balok *Bernoulli* : $h = 1/12 L$ seperti pada gambar

Universitas Indonesia

2.10. Medan peralihan berbasiskan pada hipotesis : “*penampang normal tetap normal*”, sehingga pada balok ini luas penampang (A) yang ada tidaklah berubah. Dapat dikatakan bahwa pada balok *Bernoulli*, momen yang bekerja lebih dominan dibandingkan dengan tegangan gesernya. ⁽²⁴⁾



Gambar 2.10 balok bernoulli

Permodelan Balok Bernoulli :

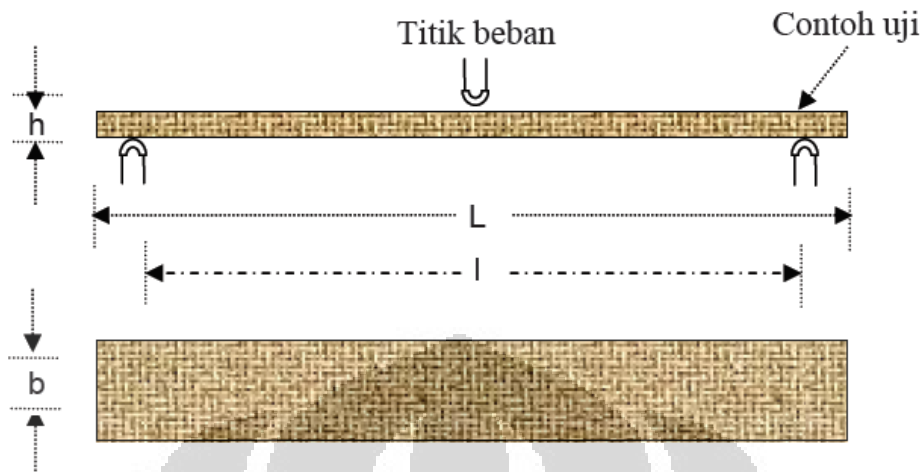
Nilai h untuk balok tersebut antara : $h = \frac{1}{12}L - \frac{1}{14}L$, sedangkan untuk nilai b I terbentang antara : $b = \frac{1}{2}h - \frac{1}{3}h$

2.7.1 Tipe tekukan (*bending*)

Jika kopel (*couples*) diberikan pada ujung-ujung balok dan tidak ada gaya yang bekerja pada batang, maka tekukan disebut tekukan murni (*pure bending*). Misalnya, pada gambar 2.11 porsi balok diantara dua gaya dengan arah kebawah merupakan sasaran atau subjek tekukan murni. Tekukan yang dihasilkan oleh gaya-gaya yang tidak membentuk kopel disebut tekukan biasa (*ordinary bending*). Batang yang dikenai tekukan murni hanya mempunyai tegangan normal dan tidak terjadi tegangan geser pada batang; batang yang dikenai tekukan biasa

Universitas Indonesia

mempunyai baik tegangan normal maupun geser yang bekerja pada batang.⁽²⁵⁾



Gambar 2.11 Pengujian Kuat Lentur

2.7.2 Sifat Aksi dari Balok

Suatu balok dapat dibayangkan sebagai susunan sejumlah tak terhingga serat atau batang tipis memanjang (longitudinal). Setiap serat diasumsikan beraksi secara independen terhadap yang lain, yaitu, tidak ada tekanan lateral atau tegangan geser diantara serat. Balok seperti ditunjukkan pada gambar 2.10, misalnya, akan tertekuk kebawah dan serat-serat pada bagian bawah akan mengalami pemanjangan sedang pada bagian atas akan mengalami pemendekan. Perubahan panjang serat ini menghasilkan tegangan dalam serat. Bagian yang mengalami pemanjangan mempunyai tegangan tarik dengan arah sumbu memanjang, sedang bagian yang mengalami pemendekan terjadi tegangan tekan.⁽²⁵⁾

2.8 Sifat Mekanik Material

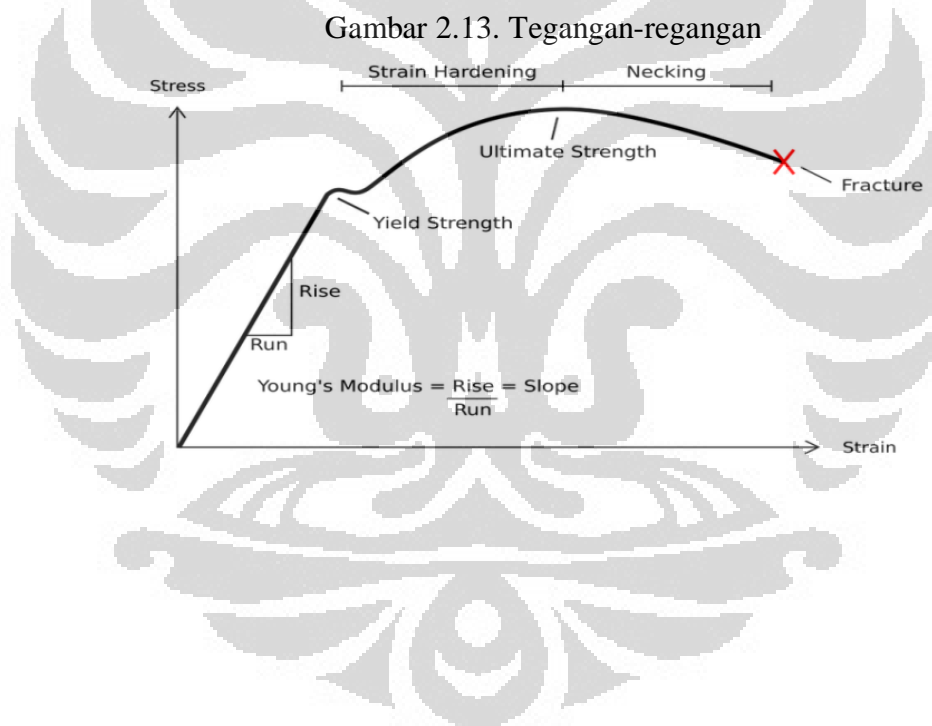
➤ Deformasi

Adanya beban pada elemen struktur selalu menyebabkan terjadinya perubahan dimensional pada elemn struktur tersebut. Struktur tersebut mengalami perubahan ukuran atau bentuk atau kedua-duanya. Apabila elemen struktur yang dibebani beban masih dapat kembali pada keadaan semula maka terjadi deformasi elastis

(sama dengan perilaku pegas). Deformasi elastis bergantung pada taraf tegangan yang terjadi pada elemen struktur. Apabila akibat beban bertambah terus terjadi perubahan permanen (tidak kembali lagi) maka terjadi deformasi plastis⁽²⁵⁾.

➤ Kekuatan

Didefinisikan sebagai kapasitas pikul beban material. Banyak material dapat terus memikul beban tambahan bahkan setelah limit proporsional material terlampaui hingga mencapai titik kritis atau titik leleh yang terjadi apabila terjadi deformasi tanpa adanya penambahan tegangan sama sekali. Selain itu terjadi deformasi yang sangat cepat dan pengurangan luas penampang yang disebut *takik (notch)* dan akhirnya putus sesuai dengan gambar 2.13.⁽²⁵⁾



BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Langkah awal yang perlu dilakukan dalam pembuatan skripsi ini adalah mencari pustaka, kemudian studi literatur, dilanjutkan dengan penelitian di laboratorium dengan melakukan percobaan atau tes uji yang menghasilkan kumpulan data primer. Selanjutnya data primer ini diolah secara statistik untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Terakhir menyusun kesimpulan yang didapat berdasarkan evaluasi, analisa penelitian dan pada akhirnya diberikan saran yang dapat meningkatkan penelitian ini untuk selanjutnya.

Dalam penelitian ini akan dipelajari karakteristik dari sebuah balok laminasi yang berasal dari limbah karton minuman (aseptik) dengan perekat tertentu. Untuk mengetahui karakteristik papan laminasi tersebut maka perlu dilakukan pengujian laboratorium terhadap mutu dan syarat dari cacah Aseptik dan perekatnya.

Dikarenakan dalam perancangan papan laminasi aseptik ini belum ada standard tertentu yang jelas, maka dalam perhitungan rancang campur papan laminasi Aseptik ini menggunakan metode *trial and error*. Dimana akan diberikan variasi kadar untuk perekat *Phenol Formaldehyde* dalam papan partikel sebesar, 0%, 2,5%, 5% dan 7,5%. Dengan adanya campuran *Phenol Formaldehyde* pada papan partikel, maka selanjutnya akan disebutkan sebagai papan komposit aseptik.

3.2 Sistematika Penelitian

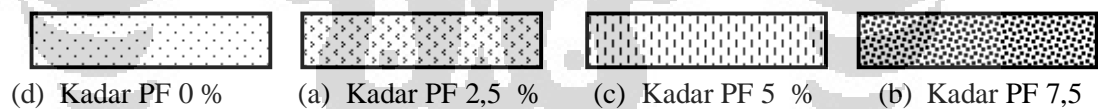
Metode penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian di laboratorium sesuai dengan standar yang berlaku yaitu berdasarkan JIS (*Japanese Industrial Standard*) A 5908 – 2003: *Particleboard*^[17].

Metode penelitian yang digunakan adalah mengetahui karakteristik dari papan laminasi cacah Aseptik dengan perekat tertentu seperti pada gambar 3.3. Pengertian Papan Laminasi tersebut adalah susunan beberapa lapis panel partikel cacah Aseptik yang direkat dengan perekat bijih plastik (*Polypropylene*) dan *Epoxy* antar lapisan. Sebelum pada tahap papan laminasi, di penelitian ini menentukan rancang campur terbaik antara kadar *Phenol Formaldehyde* dengan kadar cacah aseptik pada papan partikel aseptik. Pada penelitian tahap ini terdiri dari 1 (satu) faktor, seperti pada gambar 3.1 :

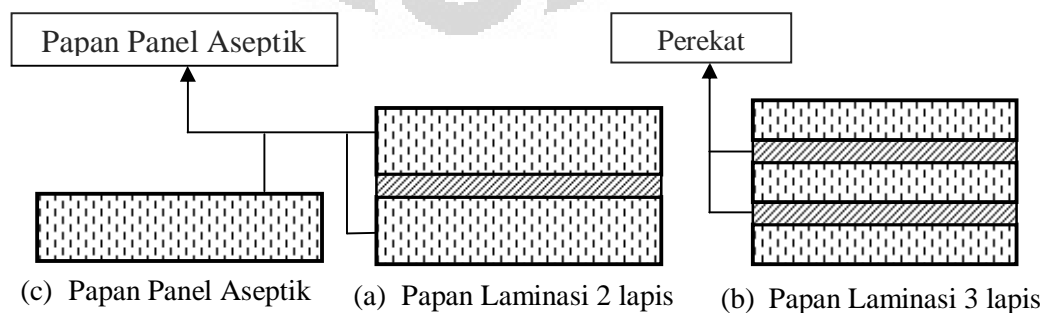
- Faktor A : kadar phenol formaldehid 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% berdasarkan perbandingan volume.

Selanjutnya penelitian pada tahap papan laminasi terdiri dari dua faktor, yang terlihat pada gambar 3.2 :

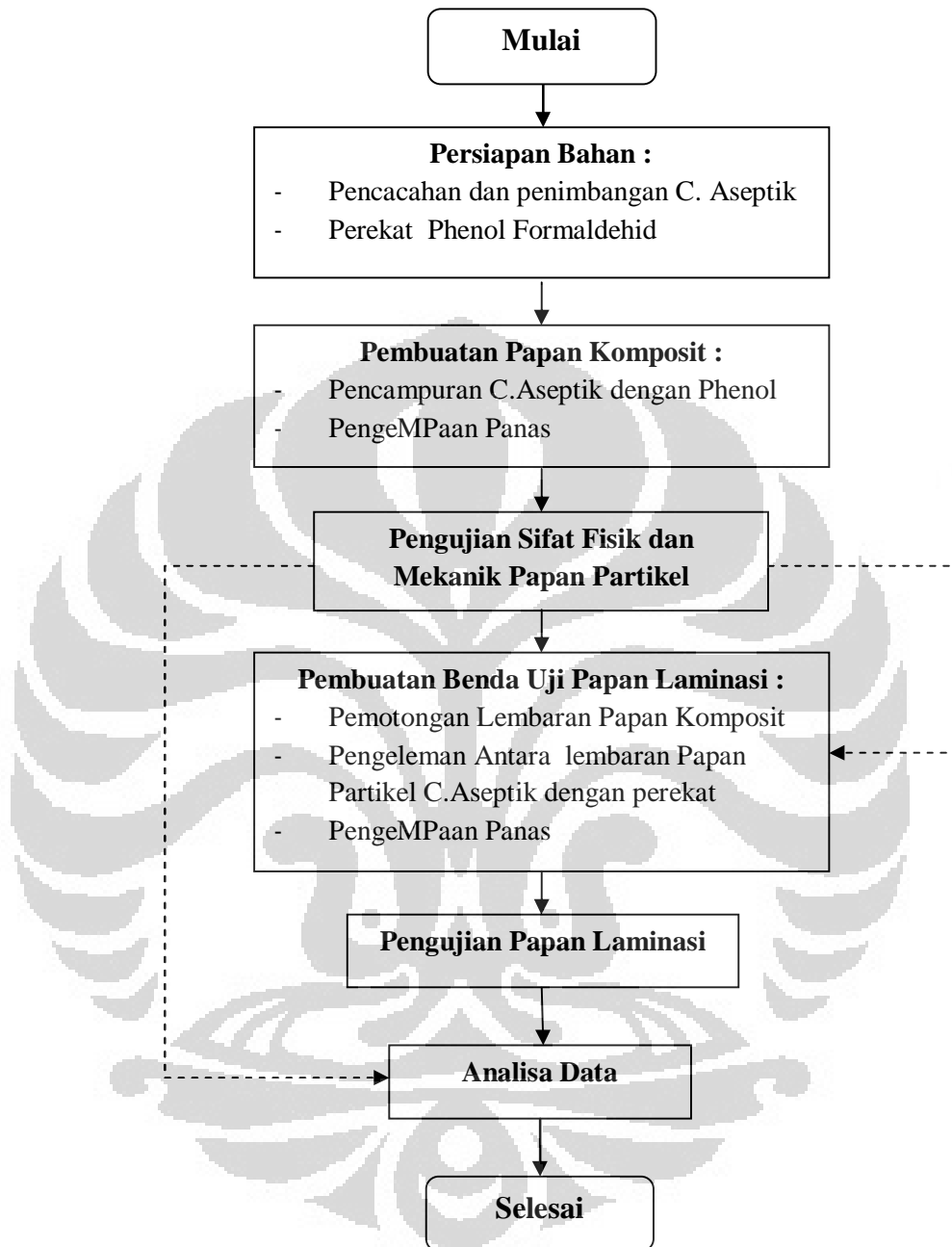
- Faktor B : Jumlah lapisan papan laminasi yakni, 2 dan 3 lapis
- Faktor C : Jenis perekat, bijih plastik (*Polypropylene*) dan perekat dingin (*Epoxy*).



Gambar 3.1 Sketsa benda uji papan komposit aseptik



Gambar 3.2 Sketsa benda uji papan komposit dan papan laminasi



Keterangan :

C.Aseptik = Cacah Aseptik

Gambar 3.3 Diagram alir metode penelitian

3.2.1 Waktu dan tempat pengujian

Pembuatan benda uji bertempat di Laboratorium Biokomposit, pengujian sifat fisis mekanis dilakukan di Laboratorium Kayu Solid dan Laboratorium Keteknikan Kayu. Semua penelitian laboratorium dilakukan di Laboratorium Biokimia Hasil Hutan – Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Penelitian dilakukan Oktober 2011 – Desember 2011.

3.3 Bahan dan Alat yang digunakan

3.3.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan yang digunakan dalam pembuatan papan partikel ini adalah limbah cacahan kotak Aseptik. 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 pemotong dokumen (*shredder*) dan digunting sesuai dengan ukuran cacahan Aseptik. Ukuran cacahan Aseptik yang digunakan yaitu $\pm 32 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$



Gambar 3.4 Cacahan Aseptik Tetrapak

3.3.2 Persiapan Bahan Perekat

- 1) Perekat pada papan komposit (*Phenol Formaldehyde*)

Bahan pengikat atau perekat berupa *Phenol Formaldehyde* Adhesive PA-302 yang diproduksi PT. Pamolite Adhesive Industry, Indonesia yang

mempunyai spesifikasi sesuai yang tertera pada landasan teori yang ditimbang sesuai kebutuhan percobaan.



Gambar 3.5 Perekat *Phenol Formaldehyde*

2) Perekat Antara Lapisan papan laminasi (*Polypropylene*)

Bahan perekat *Polypropylene* jenis biji plastik yang akan digunakan sebagai perekat antara lapisan papan cacah Aseptik. Biji Plastik ini banyak sekali diproduksi di Indonesia. Bahan dasar dalam pembuatan minuman gelas mineral.

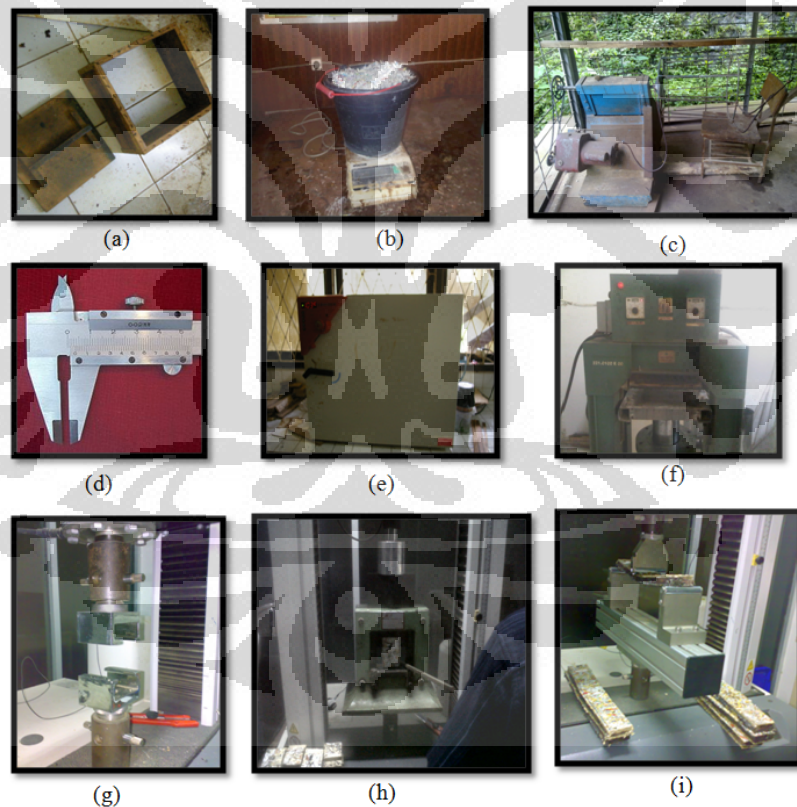


Gambar 3.6 Perekat biji plastik (*Polypropylene*)

3.3.3 Persiapan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian papan partikel ini adalah :

1. *Rotary blender*
2. Cetakan ukuran 30x30 cm
3. *Stick besi*
4. *Aluminium foil*
5. Gergaji mesin
6. Oven
7. Timbangan
8. Timbangan
9. Baskom
10. Mesin *Universal Testing* merek Instron
11. seng ukuran 40x40 cm
12. *Spraygun*, dan mesin kempa panas
13. Mesin Kuat Tekan
14. *Shredder*
15. *Thermo Meter*



Keterangan :

- (a).Cetakan ukuran 30x30 cm, (b) Timbangan& ember, (c) *Rotary blender*, (d) Jangka sorong, (e) Oven, (f) Mesin kempa panas, (g) UTM alat *Internal Bonding*, (h) UTM uji geser, (i) UTM lentur merek instron.

Gambar 3.7 Peralatan pembuatan dan pengujian papan laminasi

3.4 Pembuatan Benda Uji Papan Laminasi

Secara umum alur pembuatan papan laminasi pada tahap ini sebagai berikut :

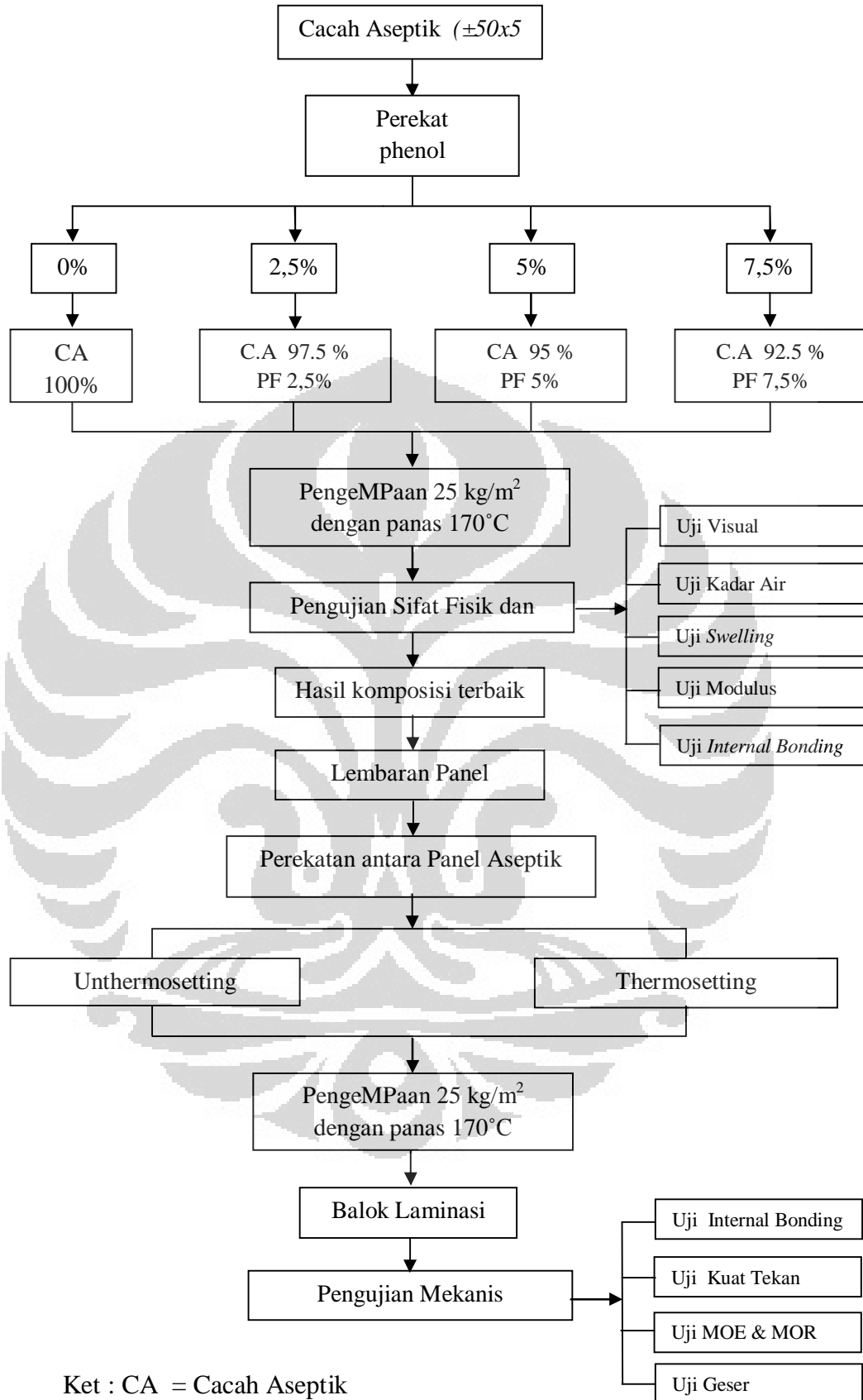
1. Pembuatan partikel yang berasal dari karton minuman bekas, dibersihkan lalu dikeringkan sampai kadar air kering udara. Karton tersebut di masukkan ke *shreder* dengan ukuran rata-rata ± 50 mm x 5 mm.
2. Pencampuran partikel Aseptik dengan perekat *Phenol Formaldehyde* sesuai dengan perlakuan berdasarkan perbandingan berat kering dari partikel aseptik menggunakan *rotary blender* dan penyemprotan perekat dengan menggunakan *spray gun* agar lebih merata.
3. Pembentukan Lembaran (*mat forming*) papan menggunakan metode *discontinuous* yaitu pembentukan lembaran papan satu demi satu. Pencetak lembaran yang digunakan berukuran 30 cm x 30 cm dengan alas dan penutup seng .
4. PengeMPaan panas/*Hot pressing* lembaran papan partikel dikempa panas dengan tekanan spesifik 25 kgf/cm^2 pada suhu 170°C selama 15 menit.
5. Pengkondisian (*Conditioning*) lembaran yang telah dikempa dilakukan selama 1 hari. Pengkondisian ini bertujuan untuk melepaskan tegangan sisa yang ada pada papan setelah dikempa panas. Lembaran ditata membentuk tumpukan dengan menyelipkan *sticker* diantara papan.
6. Pemotongan lembaran dengan lebar yang sudah ditentukan untuk pengujian sifat fisik dan mekanik papan sesuai standar JIS A 5908 : 2003
7. Penyusunan lembaran Aseptik yang sudah dipotong ukuran balok dengan memberikan perekat *Polypropylene* antar lembaran.
8. PengeMPaan panas/*Hot pressing* hingga mencapai ketinggian lapisan yang direncanakan yakni 2 lapis (20 mm) dan 3 lapis (24 mm).

9. Pengkondisian (*Conditioning*) papan laminasi yang telah dikempa dengan perekat diantara lembaran selama 24 jam (1 hari).

3.5 Perancangan Campuran Papan Komposit Aseptik (Mix design)

Dalam penelitian sebelumnya (Riko Febrian) dikatakan bahwa dalam perancangan papan partikel yang ideal yakni pemberian perekat *Phenol Formaldehyde* (PF) dengan kadar kurang dari 10%. Sehingga pada penelitian ini digunakan metode trial and error pada perancangan papan partikel cacah Aseptik dengan komposisi perekat *Phenol Formaldehyde* (PF) sebesar 0% (tanpa perekat), 2,5%, 5% dan 7,5%. Setelah itu dilakukan pengujian papan partikel, hingga ditemukan kadar phenol terbaik, yang selanjutnya akan dijadikan papanatau balok laminasi.

Komposisi antara Aseptik dan *Phenol Formaldehyde* a (PF) yang digunakan terlihat pada Gambar 3.8 . Untuk menjaga agar komposisi masing-masing benda uji sama maka perhitungan komposisi dihitung berdasarkan massa jenis masing-masing yaitu massa jenis cacah Aseptik dan massa jenis *Phenol Formaldehyde* (PF) sehingga tercapai volume benda uji yang diinginkan dengan tekanan yang sudah direncanakan.



Gambar 3. 8 Diagram Alir Pengujian Papan Laminasi

3.6 Pengujian Laboratorium

Sebagai data pendukung sifat dasar dari panel cacah Aseptik yang sangat berpengaruh terhadap kualitas papan laminasi yang dihasilkan maka dilakukan uji sifat fisik Aseptik seperti pengukuran kerapatan, kadar air, *swelling*, dan *absorbing* pada papan panel kadar *Phenol* 0, 2.5, 5 dan 7,5% . Untuk mengetahui komposisi campuran yang terbaik dari kadar *Phenol Formaldehyde* dengan kadar Aseptik pada papan panel, dilihat dari pengujian mekanis yang terdiri dari *Internal Bonding*, Nilai *Modulus Of Elasticit* (MOE) dan *Modulus Of Rupture* (MOR).

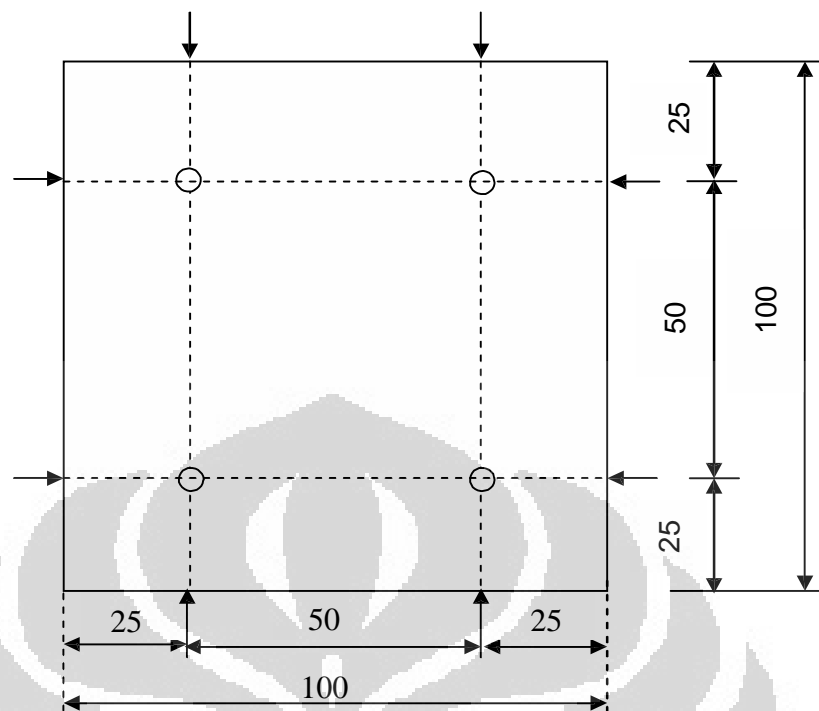
3.6.1 Pengujian Sifat Fisik Papan Komposit Aseptik

1) Uji Visual

Bertujuan untuk mengetahui kelayakan benda uji dari dimensi yang dihasilkan mengacu pada standard JIS A 5908 : 2003.

Ukuran sampel 100 mm x 100mm x 10 mm. Penentuan pengujian visual dengan tahapan sebagai berikut :

1. Panjang diukur pada kedua sisi lebarnya, 100 mm dari tepi dengan ketelitian minimum 1mm (Gambar 3.9).
2. Lebar diukur pada kedua sisi panjangnya, 100 mm dari tepi dengan ketelitian minimum 1mm (Gambar 3.9).
3. Tebal diukur pada keeMPat sudutnya, minimum 20 mm dari sudutnya dengan ketelitian minimum 0,05 mm.
4. Kesikuan diukur pada keeMPat sudutnya dengan mengukur penyimpangan dari alat penyiku panjang 1000 mm dengan ketelitian minimum 0,5 mm (Gambar 3.10).



Gambar 3.9 Pengujian panjang, lebar dan tebal papan laminasi

Keterangan gambar :

P adalah tempat pengukuran panjang papan laminasi

L adalah tempat pengukuran lebar papan laminasi

O adalah tempat pengukuran tebal papan laminasi



Gambar 3.10 Pengukuran siku papan laminasi

Keterangan gambar :

a adalah penyimpangan dari garis siku (mm)

b adalah alat penyiku

2) Uji Mutu Penampilan

Bertujuan untuk mengetahui tingkatan kualitas dari benda uji atas penampilan atau cacat yang ada. Pengujian ini mengacu pada standard JIS yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya (Tabel 2.1)

3) Uji Daya Serap Air

Daya serap air papan dilakukan dengan menghitung selisih berat sebelum dan setelah perendaman dalam air dingin selama 2 dan 24 jam. Sampel yang digunakan pada pengujian ini 50 mm x 50 mm x 10 mm . Daya serap air tersebut dihitung dengan rumus :

$$DS = \frac{BB - BA}{BA} \times 100\%$$

Dimana :

DS = Daya serap air (%)

BA = Berat awal benda uji setelah pengondisian (gr)

BB = Berat contoh uji setelah perendaman 2 jam dan 24 jam (gr)

4) Uji Kadar Air

Penentuan kadar air papan dilakukan dengan menghitung selisih berat awal benda uji dan setelah dikeringkan dalam oven selama 2 dan 24 jam pada suhu $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Kadar air papan dihitung dengan rumus :

$$KA = \frac{BA - BK}{BK} \times 100\%$$

Dimana :

KA = Kadar Air (%)

BA = Berat Awal benda uji setelah pengondisian (gr)

BK = Berat Kering Mutlak (gr)

5) Uji Kerapatan

Bertujuan untuk mengetahui hubungan antara berat dengan isi papan partikel. Sampel yang digunakan adalah sampel hasil uji visual yakni 100 mm x 100 mm x 10 mm. Kerapatan papan partikel dihitung berdasarkan berat dan volume kering udara benda uji dengan menggunakan rumus :

$$K_r = \frac{B}{V}$$

Dimana :

K_r = Kerapatan (gr/cm^3), dengan ketelitian $0,01 \text{ gr}/\text{cm}^3$

B = Berat (gr)

V = Volume benda uji (cm^3)

6) Uji Pengembangan Tebal (*Swelling*)

Perhitungan pengembangan tebal didasarkan pada selisih tebal sebelum dan setelah perendaman dalam air dingin selama 2 dan 24 jam. Pengembangan tebal dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

Dimana :

P = Pengembangan Tebal (%)

T_1 = Tebal awal benda uji setelah pengkondisian (gr)

T_2 = Tebal benda uji setelah perendaman 2 jam dan 24 jam (gr)

3.6.2 Pengujian Sifat Mekanik Papan Komposit Aseptik

1) Keteguhan Patah (*Modulus of Rupture / MOR*)⁽²⁸⁾

Penentuan nilai MOR dilakukan dengan menggunakan mesin pengujian *Universal Testing Machine* (UTM). Sampel yang digunakan berukuran 185 mm x 50 mm x 10 mm. Jarak sangga yang digunakan pada pengujian papan partikel Aseptik ini adalah 15 cm, seperti terlihat pada gambar 3.11 Keteguhan patah dapat dihitung dengan rumus :

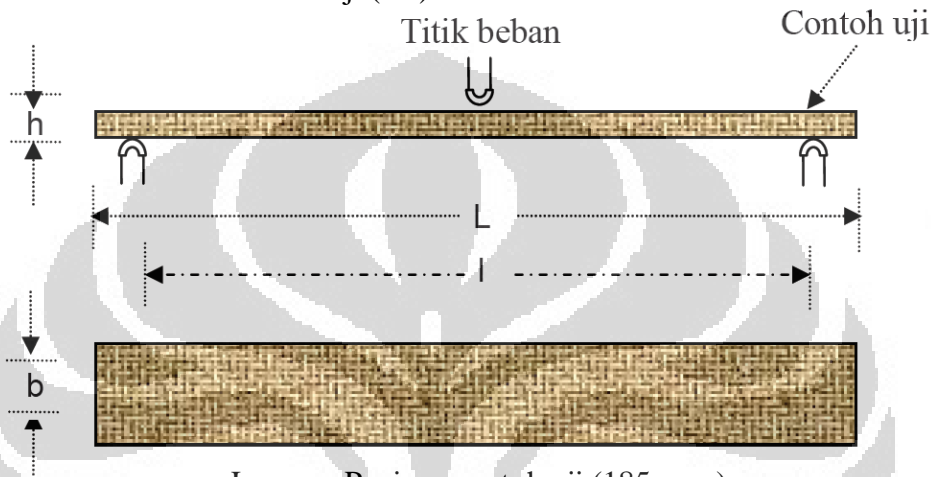
$$\text{MOR} = \frac{3 P L}{2 b h^2}$$

Dimana :

P = Beban maksimum (kg)

h = Tebal benda uji (cm)

b = Lebar benda uji (cm)



L : Panjang contoh uji (185 mm)

I : Jarak Sangga (150 mm)

H : Tebal benda uji (10 mm)

B : Lebar benda uji

Gambar 3.11 Pengujian Keteguhan patah papan partikel Aseptik

2) Modulus Elastisitas (*Modulus Of Elasticity/MOE*)⁽²⁸⁾

Nilai MOE dihitung dengan menggunakan benda uji yang sama dengan

MOR. Pengujian MOE maupun MOR mengacu pada ASTM-C 580-02.

Nilai MOE dalam ASTM dibagi menjadi dua, yakni :

1) *Modulus Of Elasticity (Tangent)*

dihitung dengan rumus :

$$E_T = \frac{L^3 M_1}{4 b d^3}$$

Dimana :

E_T = Modulus elastisitas tangen (MPa)

- L = Span (150 mm)
 b = Lebar benda uji (±50 mm)
 d = Tebal benda uji papan laminasi (mm)
 M_1 = kemiringan garis lurus tangen pada kurva beban vs lendutan

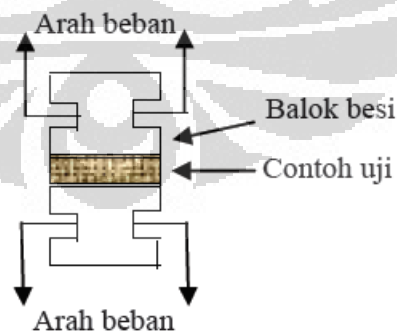
2) Modulus Of Elasticity (Secant)

$$E_T = \frac{L^3 M_2}{4 b d^3}$$

- M_2 = Kemiringan 50% dari nilai lendutan maksimum pada kurva beban vs lendutan (P/ΔL)
 E_T = Modulus elastisitas tangen (MPa)
 L = Span (150 mm)
 b = Lebar benda uji (±50 mm)
 d = Tebal benda uji papan laminasi (mm)

3) Keteguhan Rekat (*Internal Bonding*)⁽¹⁷⁾

Keteguhan rekat (*Internal Bonding*) diperoleh dengan cara merekatkan kedua permukaan papan balok besi kemudian balok besi tersebut ditarik secara berlawanan. Sampel yang digunakan ukuran 50 mm x 50 mm x 10 mm. Cara pengujian *Internal Bonding* seperti gambar 3.12.



Gambar 3.12 Pengujian keteguhan rekat (*Internal Bonding*) papan panel

Keteguhan rekat tersebut dihitung dengan menggunakan rumus :

$$KR = \frac{P}{b_1 \times b_2}$$

Dimana :

KR = Keteguhan Tarik (N/mm^2)

P = Beban Maksimum (N)

b_1, b_2 = Lebar dan panjang benda uji (mm)

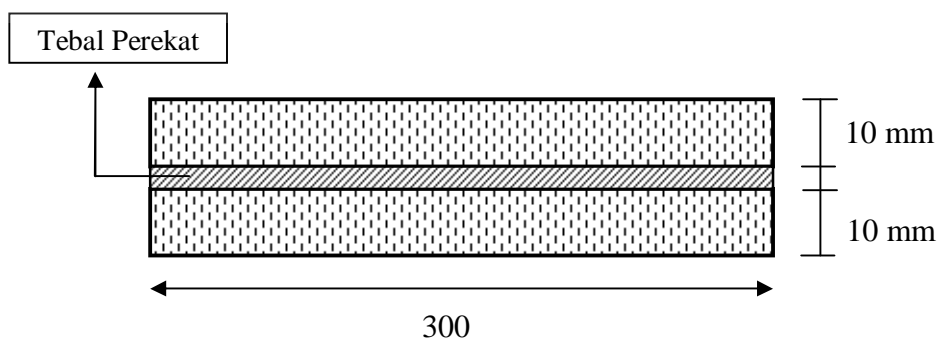
3.6.3 Pengujian Papan Laminasi

Setelah mendapatkan komposisi campuran terbaik dari papan komposit (Aseptik dengan PF), maka dilakukan pengujian mekanik papan laminasi dengan menggunakan perekat bijih plastik (*Polypropylene*) atau perekat dingin (*Epoxy*) sebagai pembanding. Pemodelan benda uji serta pengujian mekanik dari papan laminasi akan dijabarkan sebagai berikut :

1) Pemodelan Benda Uji Papan Laminasi

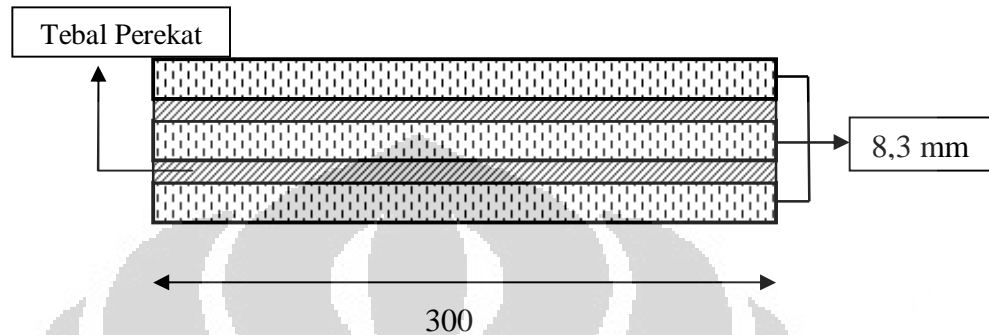
Pemodelan papan laminasi akan dimodelkan sebagai balok *Bernoulli* dengan kriteria yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Pengujian ini terdiri dari 2 pemodelan, yakni 2 dan 3 lapis papan laminasi seperti terlihat pada gambar 3.13 dan 3.14 :

- a) Balok kayu berlapis 2 (dua) dari bahan Aseptik, dengan dimensi balok : $h = \frac{1}{12}L$, dengan panjang (L) 30 cm, $h = \frac{2.5}{2} = 1,25$ cm dan disambung dengan perekat, berjumlah satu.



Gambar 3.13 Pemodelan papan Laminasi 2 lapis

- b) Balok kayu berlapis 3 (tiga) dari bahan Aseptik, dengan tebal perlapis 0,83 cm , dengan panjang (L) 30 cm, dan disambung dengan perekat, berjumlah dua lapis.



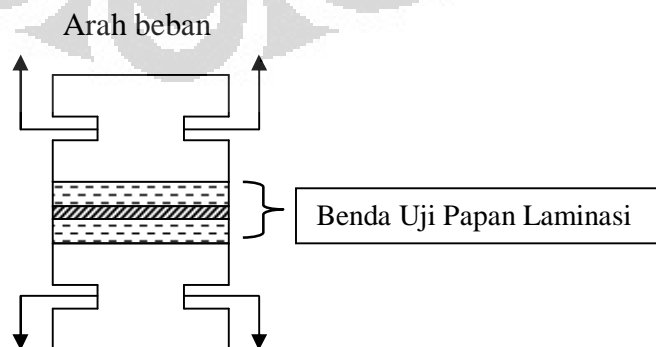
Gambar 3.14 Pemodelan papan laminasi 3 lapis

2) Pengujian Sifat Mekanik Papan Laminasi

Pengujian yang dilakukan pada papan laminasi, berupa uji sifat mekanik di antara lain:

a) Keteguhan Tarik (*Internal Bonding*)

Keteguhan rekat (*Internal Bonding*) diperoleh dengan cara merekatkan kedua permukaan papan balok besi kemudian balok besi tersebut ditarik secara berlawanan. Sampel yang digunakan ukuran 50 mm x 50 mm x 20 mm dan 50 mm x 50 mm x 24 mm. Cara pengujian *Internal Bonding* sama seperti pengujian papan panel aseptik, dapat terlihat pada gambar 3.15.



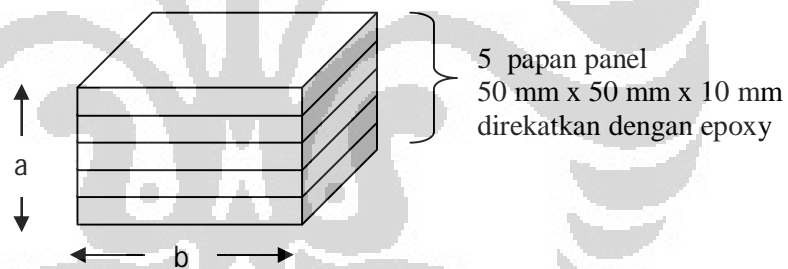
Gambar 3.15 Pengujian *Internal Bonding* papan laminasi

b) Keteguhan Tekan ⁽³⁰⁾

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dari partikel aseptik dengan kata lain gaya persatuan luas yang bekerja pada benda uji aseptik yang berbentuk kubus dengan ukuran tertentu. Pengujian ini mengacu terhadap SNI 03-6825-2002. Sampel yang digunakan adalah 50 mm x 50 mm x 50 mm seperti pada gambar 3.16.

Berikut Prosedur dari pengujian :

- Papan panel aseptik tebal 10 mm disusun hingga menjadi tebal 50 mm menggunakan perekat dingin (*Epoxy*), seperti terlihat pada gambar 3.
- Setelah dilem tunggu hingga 24 jam.
- Letakkan benda uji pada mesin tekan.
- Tekan benda uji pada searah serat dan tegak lurus serat.
- Catatlah besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja.



Gambar 3.16 Benda uji kuat tekan

Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma_m = \frac{P}{a \times b}$$

Dimana

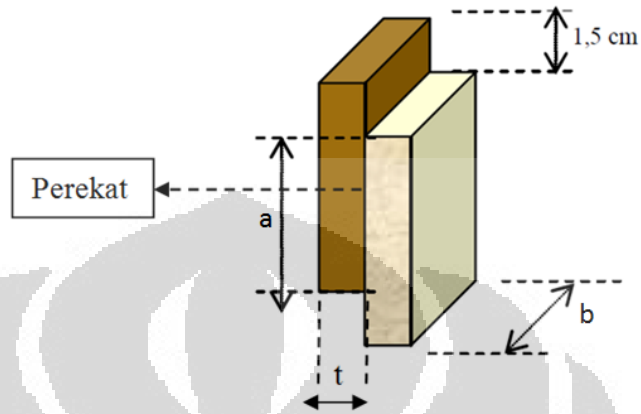
σ_m = Kekuatan Tekan (MPa)

P_{maks} = gaya tekan maksimum (N)

A = luas penampang benda uji, (mm^2)

c) Keteguhan Geser

Pengujian ini mengacu pada standard JAS (*Japanese Agriculture Standard For Glued Laminated Timber*)⁽²⁹⁾ menggunakan sampel 50 mm x 50 mm seperti pada gambar 3.17.



Ket "a" dan "b" syarat panjang 25 mm – 55 mm

Gambar 3.17 Pengujian keteguhan geser papan laminasi

Keteguhan geser tersebut dihitung dengan menggunakan rumus :

$$KG = \frac{P}{a \times b}$$

Dimana :

P = Beban Maksimum (N)

a x b = Luasan dari area perekat (mm²)

d) Keteguhan Patah (*Modulus of Rupture / MOR*)

Penentuan nilai MOR dilakukan dengan menggunakan mesin penguji *Universal Testing Machine* (UTM). Sampel yang digunakan berukuran 300 mm x 50 mm. Jarak sangga yang digunakan pada pengujian papan partikel Aseptik ini adalah 15 cm, seperti terlihat pada gambar 3.18.

Keteguhan patah dapat dihitung dengan rumus :

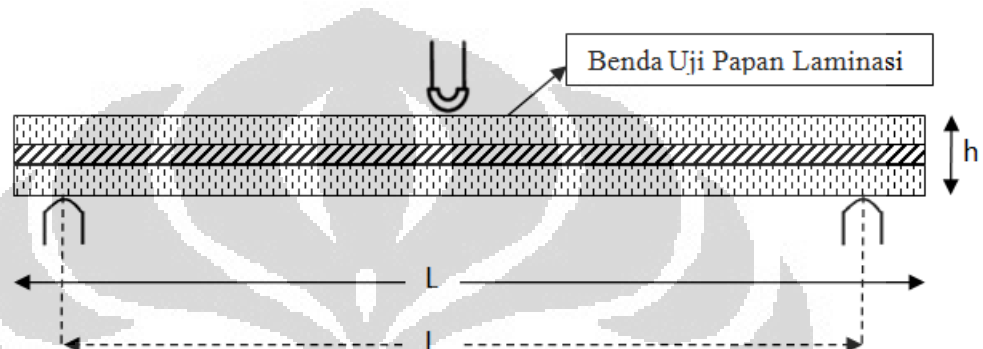
$$\text{MOR} = \frac{3 P L}{2 b h^2}$$

Dimana :

P = Beban maksimum (kg)

h = Tebal benda uji (cm)

b = Lebar benda uji (cm)



L : Panjang contoh uji (300 mm)

I : Jarak Sangga (290 mm)

H : Tebal benda uji (2 lapis dan 3 lapis)

B : Lebar benda uji (50 mm)

Gambar 3.18 Pengujian keteguhan patah pada papan laminasi

e) **Modulus Elastisitas (*Modulus of Elasticity / MOE*)**⁽²⁸⁾

Nilai MOE dihitung dengan menggunakan benda uji yang sama dengan MOR. Pengujian ini dilakukan dengan cara mencatat perubahan defleksi yang terjadi pada setiap perubahan beban tertentu. Pengujian MOE maupun MOR mengacu pada ASTM-C 580-02. Nilai MOE pada ASTM dibagi menjadi dua cara, yakni :

1) ***Modulus Of Elasticity (Tangent)***

dihitung dengan rumus :

$$E_T = \frac{L^3 M_1}{4 b d^3}$$

Dimana :

- E_T = Modulus elastisitas tangen (MPa)
 L = Span (290 mm)
 b = Lebar benda uji (50 mm)
 d = Tebal benda uji papan laminasi (mm)
 M_1 = Garis lurus tangen pada kurva beban vs lendutan ($P/\Delta L$)

2) *Modulus Of Elasticity (Secant)*

$$E_T = \frac{L^3 M_2}{4 b d^3}$$

- M_2 = 50% dari nilai lendutan maksimum pada kurva beban vs lendutan
 E_T = Modulus elastisitas tangen (MPa)
 L = Span (290 mm)
 b = Lebar benda uji (50 mm)
 d = Tebal benda uji papan laminasi (mm)

f) **Konduktifitas**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui *Thermal Conductivity* (k) pada papan partikel Aseptik serta mengetahui suhu yang terjadi disaat proses kempa di bagian lapisan perekat papan laminasi. Berikut dijelaskan alat bahan dan prosedur dari pengujian ;

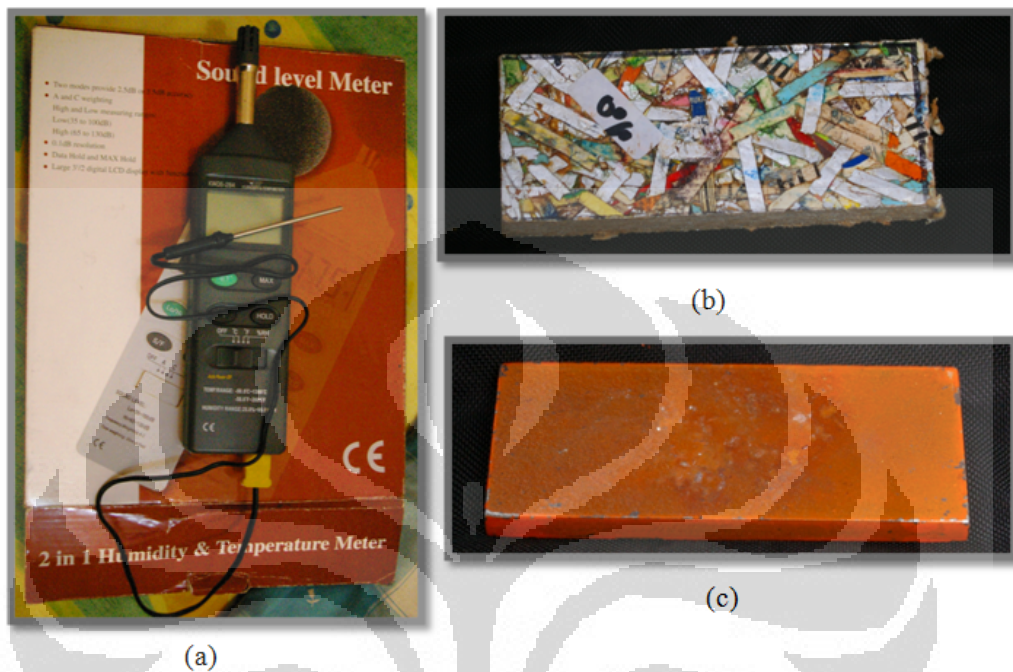
Alat dan bahan yang digunakan seperti pada gambar 3.19 :

- Menggunakan Plat Panas (Setrikaan)
- Plat baja (*Carbon Steel*) (120 mm x 50 mm x 9 mm)
- Benda uji Aseptik (120 mm x 50 mm x 10 mm)
- Temperatur Meter

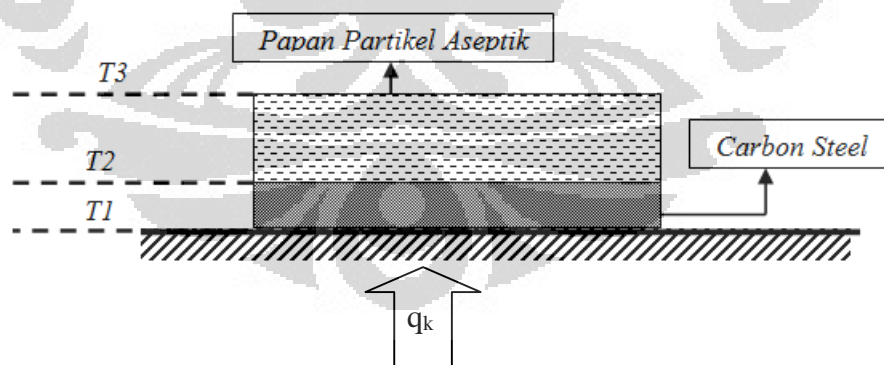
Prosedur :

- Siapkan Alat dan bahan

- Letakkan tersusun sesuai gambar 3.30 diatas plat panas
- Lalu diamkan 15 menit
- Ukur suhu T1 , T2 dan T3



Gambar 3.19 Alat dan bahan uji konduktifitas (a) *Temperatur meter* (b) Papan Komposit Aseptik (c) Plat baja



Gambar 3.20 Pengujian Konduktifitas

Nilai (k) dapat di hitung dengan rumus⁽²⁶⁾ :

$$\left(\frac{kA}{L}\right)_A (T_1 - T_2) = \left(\frac{kA}{L}\right)_B (T_2 - T_3)$$

Dimana :

k_{A_A} = Koefisien Konduktifitas Baja (*Carbon Steel* = 43 W/ m. K)

k_{A_B} = Koefisien Konduktifitas Papan *Aseptic*

L_A = Tebal dari baja

L_B = Tebal dari papan *Aseptic*

3.7 Kebutuhan Benda Uji

3.7.1 Pengujian Papan Partikel Cacah Aseptik

Berikut adalah tabel ukuran beserta jumlah benda uji yang akan dibuat dalam pengujian papan partikel;

Tabel 3.1 Jumlah benda uji papan komposit Aseptik

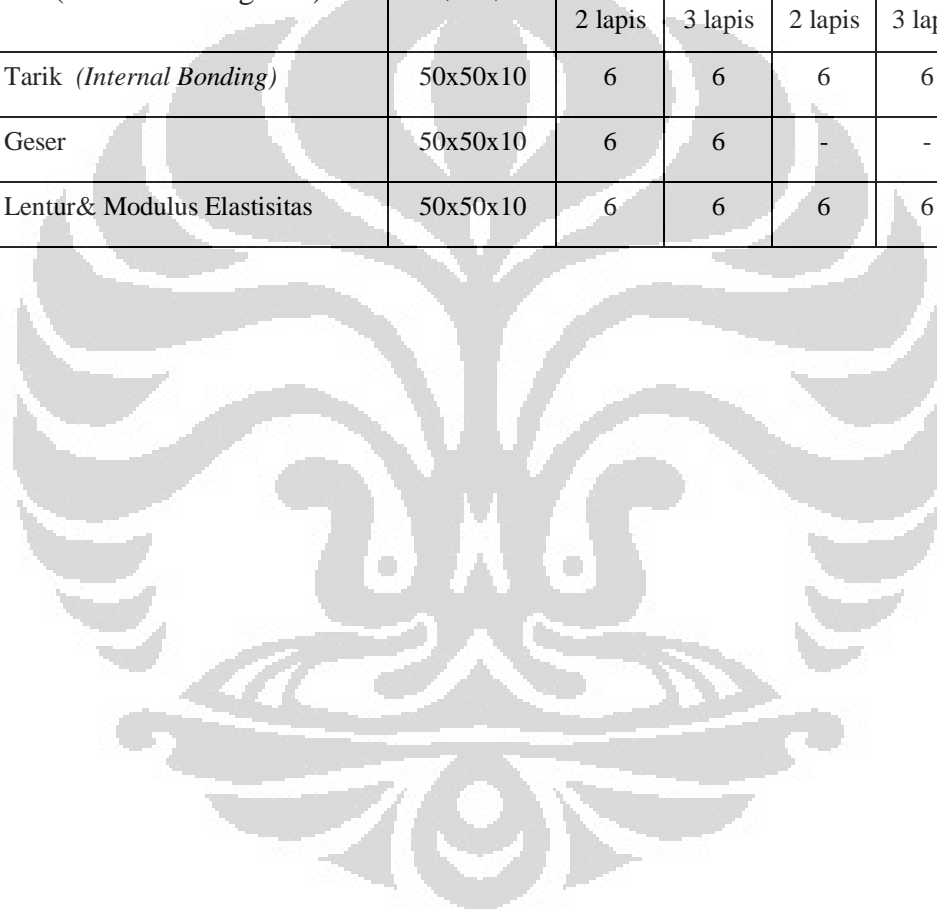
Pengujian (Tekanan 25 kg/cm ²)	Ukuran (mm)	Banyak Benda Uji Aseptik				Total
		Phenol 0%	Phenol 2,5%	Phenol 5%	Phenol 7.50%	
Uji Visual dan Mutu Penampilan	100x100x10	6	6	6	6	24
Kerapatan	100x100x10	6	6	6	6	24
Kadar Air	100x100x10	6	6	6	6	24
Daya Serap Air	50x50x10	6	6	6	6	24
Pengembangan Tebal	50x50x10	6	6	6	6	24
Tarik (Internal Bond)	50x50x10	6	6	6	6	24
Tekan	50x50x50	6	6	6	6	24
Lentur & Modulus Elastisitas	185x50x15	6	6	6	6	24

3.7.2 Pengujian Papan Laminasi

Pengujian Papan Laminasi diberikan dua variasi ketebalan perlapis dengan perekat panas ataupun dingin , dimana pada masing-masing papan diuji dengan jumlah benda uji tertera pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jumlah benda uji papan laminasi

Pengujian (Tekanan 25 kg/cm ²)	Ukuran (mm)	Banyak Benda Uji Aseptik				Total
		UF 2 lapis	UF 3 lapis	Epoksi 2 lapis	Epoksi 3 lapis	
Tarik (<i>Internal Bonding</i>)	50x50x10	6	6	6	6	24
Geser	50x50x10	6	6	-	-	12
Lentur & Modulus Elastisitas	50x50x10	6	6	6	6	24



BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Perancangan Campuran Papan Komposit

Komposisi masing-masing benda uji dihitung berdasarkan persentase berat masing-masing cacah aseptik dan *Phenol Formaldehyde* (PF).

4.1.1. Perhitungan Benda Uji Aseptik : Phenol Formaldehida = 100%

Aseptik

Berdasarkan JIS A 5908 : 2003⁽¹⁹⁾ kerapatan yang diijinkan 0,40 - 0,90 gr/cm³.

Diambil target kerapatan : 0,9 gr/cm³.

Untuk mendapatkan target kerapatan, maka dalam perhitung perencanaan menggunakan kerapatan 1.1 gr/cm³.

Dimensi papan partikel = 30 cm x 30 cm x 1 cm

Maka :

Volume Papan = 900 cm³

Total bahan yang dibutuhkan = 900 cm³ x 1.1 gr/cm³

= 990 gr

Cacah aseptik yang dibutuhkan = 990 gr

Cacah aseptik yang tercecet = 990 gr x 5%

= 49.5 gr

Total Cacah aseptik = 990 gr + 49.5 gr

= **1039.5 gr**

4.1.2. Perhitungan Benda Uji Aseptik : Phenol Formaldehida = 2.5% :

97.5%

Berdasarkan JIS A 5908 : 2003⁽¹⁹⁾ kerapatan yang diijinkan 0,40 - 0,90 gr/cm³.

Diambil target kerapatan : 0,9 gr/cm³. Untuk mendapatkan target kerapatan, maka dalam perhitung perencanaan menggunakan kerapatan 1.1 gr/cm³.

Dimensi papan partikel = 30 cm x 30 cm x 1 cm

Maka :

Volume Papan	= 900 cm ³
Total bahan yang dibutuhkan	= 900 cm ³ x 1.1 gr/cm ³ = 990 gr
Phenol Formaldehida yang dibutuhkan	= 990 gr x 2.5% = 24,75 gr
Phenol Formaldehida yang tercecer	= 24.75 gr x 8% (asumsi) = 1.98 gr
Total Phenol Formaldehida	= 24.75 gr + 1.98 gr = 26.73 gr
Cacah aseptik yang dibutuhkan	= 990 gr x 97.5% = 965.25 %
Cacah aseptik yang tercecer	= 965.25 gr x 5% = 48.26 gr
Total Cacah aseptik	= 965.25 gr + 48.26 gr = 1013.5 gr

4.1.3. Perhitungan Benda Uji Aseptik : Phenol Formaldehida = 5% : 95%

Berdasarkan JIS A 5908 : 2003⁽¹⁹⁾ kerapatan yang diijinkan 0,40 - 0,90 gr/cm³. Diambil target kerapatan : 0,9 gr/cm³. Untuk mendapatkan target kerapatan, maka dalam perhitung perencanaan menggunakan kerapatan 1.1 gr/cm³.

Dimensi papan partikel = 30 cm x 30 cm x 1 cm

Maka :

Volume Papan	= 900 cm ³
Total bahan yang dibutuhkan	= 900 cm ³ x 1.1 gr/cm ³ = 990 gr
Phenol Formaldehida yang dibutuhkan	= 990 gr x 5 % = 49.5 gr
Phenol Formaldehida yang tercecer	= 49.5 gr x 8% (asumsi) = 3.96 gr
Total Phenol Formaldehida	= 49.5 gr + 3.96 gr = 53.46 gr
Cacah aseptik yang dibutuhkan	= 990 gr x 95%

$$\begin{aligned}
 &= 940.5 \text{ gr} \\
 \text{Cacah aseptik yang tercecer} &= 940.5 \text{ gr} \times 5\% \\
 &= 47.025 \text{ gr} \\
 \text{Total Cacah aseptik} &= 940.5 \text{ gr} + 47.025 \text{ gr} \\
 &= \mathbf{987.5 \text{ gr}}
 \end{aligned}$$

4.1.4. Perhitungan Benda Uji Aseptik : Phenol Formaldehida = 7.5% :

92.5%

Berdasarkan JIS A 5908 : 2003⁽¹⁹⁾ kerapatan yang diijinkan 0,40 - 0,90 gr/cm³. Diambil target kerapatan : 0,9 gr/cm³. Untuk mendapatkan target kerapatan, maka dalam perhitung perencanaan menggunakan kerapatan 1.1 gr/cm³.

$$\text{Dimensi papan partikel} = 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$$

Maka :

$$\text{Volume Papan} = 900 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total bahan yang dibutuhkan} &= 900 \text{ cm}^3 \times 1.1 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 990 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Phenol Formaldehida yang dibutuhkan} &= 990 \text{ gr} \times 7.5 \% \\
 &= 74.25 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Phenol Formaldehida yang tercecer} &= 74.25 \text{ gr} \times 8\% \text{ (asumsi)} \\
 &= 5.94 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Phenol Formaldehida} &= 74.25 \text{ gr} + 5.94 \text{ gr} \\
 &= \mathbf{80.19 \text{ gr}}
 \end{aligned}$$

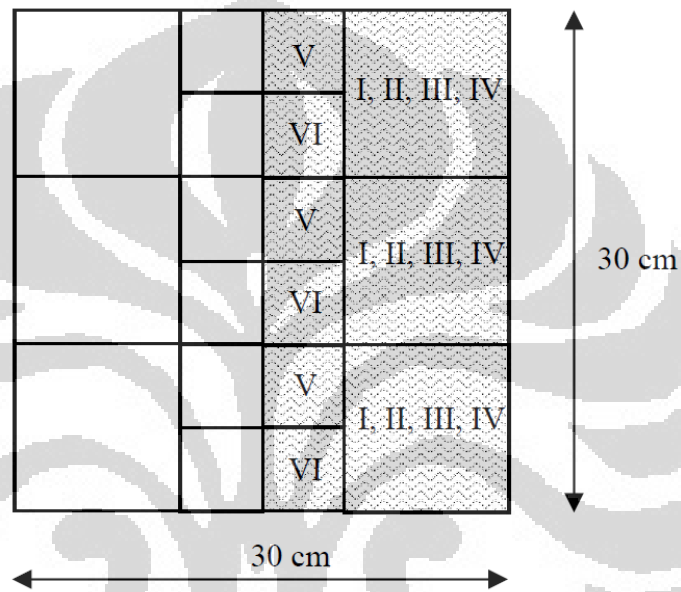
$$\begin{aligned}
 \text{Cacah aseptik yang dibutuhkan} &= 990 \text{ gr} \times 92.5\% \\
 &= 915.75 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cacah aseptik yang tercecer} &= 915.75 \text{ gr} \times 5\% \\
 &= 45.78 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Cacah aseptik} &= 915.75 \text{ gr} + 45.7 \text{ gr} \\
 &= \mathbf{961.5 \text{ gr}}
 \end{aligned}$$

4.2 Analisa Pemotongan dan Kebutuhan Benda Uji

Agar jumlah benda uji yang dihasilkan dapat secara optimal maka perlu dilakukan perencanaan pemotongan. Benda uji yang dihasilkan pada laboratorium biokomposit adalah ukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm untuk persentase aseptik 0%, 2.5%, 5%, 7.5%. Perencanaan pemotongan benda uji adalah sebagai berikut : Pemotongan benda ujinya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.1. sebagai berikut :



Gambar 4.1 Pola pemotongan papan untuk uji fisik

Keterangan :

- I, II, III, IV = Benda uji visual, uji mutu penampilan, uji kerapatan dan uji kadar air (100 mm x 100 mm)
- V = Benda uji daya serap air dan uji pengembangan tebal (50 mm x 50 mm)
- VI = Benda uji keteguhan tarik tegak lurus

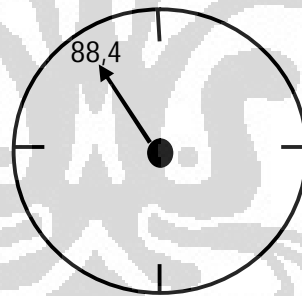
4.3 Analisa Pengaturan Tekanan dan Suhu

Suhu pengempaan pada perlakuan semua papan adalah sama yaitu 170°C. Pada tekanan Kempa mesin hidrolik harus di setting tekanan Kempa yang kita inginkan. Dial pada mesin Kempa tidak menunjukkan nilai tekanan, tetapi harus dikalibrasi dengan koefisien alat.

Perhitungan dial untuk papan 30 cm x 30 cm x 1cm tekanan 25 kg/cm² sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Volume papan} &= 900 \text{ cm}^3 \\ \text{Tekanan} &= 25 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Luas Piston} &= 54,34 \text{ cm}^2 \\ \text{Dial} &= (900 \text{ cm}^3 \times 25 \text{ kg/cm}^2) / 254,34 \text{ cm}^2 \\ &= 88.46 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Berikut Gambar 4.2. berikut menampilkan jarum dial pada alat hidrolik Kempa papan partikel untuk tekanan 25 kg/cm².



Gambar 4.2. Dial mesin ke MPa 25 kg/cm²

4.4 Analisa Sifat Fisik Papan Komposit Aseptik pada Berbagai Kadar Phenol Formaldehid

4.4.1. Analisa Uji Visual

Pengamatan terhadap pengukuran panjang, lebar, tebal dan kesikuan disajikan dalam Tabel 4.1. dan tabel 4.2 serta hasil ketidaksesuaian visual pada Tabel 4.5. berikut:

Tabel 4.1. Hasil pengamatan visual

Kadar PF	0,0%				2,5%				Toleransi			
No.	p (mm)	l (mm)	t (mm)	Kesikuan (mm)	p (mm)	l (mm)	t (mm)	Kesikuan (mm)	p (mm)	l (mm)	t (mm)	Kesikuan (mm)
1	101,0	100,0	10,3	0,010	102,0	101,0	10,3	0,010	3,0	3,0	1,0	0,1
2	103,2	103,1	10,5	0,001	103,0	103,0	9,9	0,000	3,0	3,0	1,0	0,1
3	102,9	102,4	10,3	0,006	102,5	102,5	9,8	0,000	3,0	3,0	1,0	0,1
4	102,7	102,2	10,1	0,005	102,5	101,0	9,5	0,015	3,0	3,0	1,0	0,1
5	100,5	99,7	10,3	0,008	101,0	100,5	10,5	0,005	3,0	3,0	1,0	0,1
6	101,0	99,5	9,9	0,015	100,0	99,8	10,0	0,002	3,0	3,0	1,0	0,1

Tabel 4.2. Hasil pengamatan visual lanjutan

Kadar PF	5,0%				7,5%				Toleransi			
No.	p (mm)	l (mm)	t (mm)	Kesikuan (mm)	p (mm)	l (mm)	t (mm)	Kesikuan (mm)	p (mm)	l (mm)	t (mm)	Kesikuan (mm)
1	101,0	100,0	10,3	0,010	101,0	101,0	10,2	0,000	3,0	3,0	1,0	0,1
2	100,6	100,5	10,5	0,001	101,0	100,3	10,5	0,007	3,0	3,0	1,0	0,1
3	100,1	100,0	9,2	0,001	101,3	101,3	10,1	0,000	3,0	3,0	1,0	0,1
4	99,9	99,1	9,4	0,008	101,5	101,0	9,5	0,005	3,0	3,0	1,0	0,1
5	99,9	99,1	10,0	0,008	100,0	99,7	10,0	0,003	3,0	3,0	1,0	0,1
6	99,3	99,0	9,9	0,003	100,0	97,6	10,5	0,024	3,0	3,0	1,0	0,1

Pada tabel 4.1 dan 4.2 pengukuran panjang berdasarkan Rerata-rata 2 kali pengukuran pada kedua sisi panjang benda uji menggunakan jangka sorong, untuk pengukuran lebar sama halnya dengan pengukuran panjang, untuk pengukuran tebal berdasarkan Rerata-rata 4 kali pengukuran pada ke empat sisi benda uji. Untuk kesikuan sama halnya dengan pengukuran tebal. Toleransi panjang dan lebar adalah $\pm 0,3$ cm, untuk ketebalan target 1 cm toleransi yang diberikan adalah ± 0.1 cm sedangkan untuk kesikuan adalah ± 0.2 cm. Untuk panjang dan lebar rata-rata memenuhi standar toleransi, terkecuali benda uji ke 2 dari kadar phenol 0% mempunyai perbedaan panjang dan lebar > 3 mm, dikarenakan pemotongan yang kurang teliti. Untuk ketebalan umumnya pada percobaan dengan target ketebalan 1 mm memenuhi toleransi. Untuk kesikuan yang terlihat dari Tabel 4.1 dan tabel 4.2 semua benda uji memenuhi toleransi, untuk persentase aseptik yang lebih besar cenderung memiliki tingkat kesikuan yang tinggi, seperti kadar phenol 7,5% benda uji ke 6 (enam) besar kesikuan 0,024. Pada pengukuran kesikuan dipengaruhi saat proses pemotongan dimana papan karena papan dengan persentase aseptik lebih besar cenderung lebih siku saat pemotongan. Dari beberapa pengukuran dimensi ini untuk panjang dan lebar sangat dipengaruhi pada proses penggambaran papan dan pemotongannya. Sedangkan untuk pengukuran tebal sangat dipengaruhi oleh proses penentuan persentase phenol formaldehida dan aseptik serta proses *hot pressing*.

4.4.2. Analisa Uji Mutu dan Penampilan

Pengamatan terhadap mutu dan penampilan serta adanya cacat yang mempengaruhi mutu penampilan disajikan pada Tabel 4.3. dan Tabel 4.4. berikut terlihat pada gambar4.3.

Tabel 4.3 Uji mutu dan penampilan

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	% Phenol	Visual	Partikel Kasar Permukaan Panel
Aseptik 100 mm x 100 mm	25 kg/cm ²	0%	Rapat	< 10 buah
		2.5%	Agak rapat	< 10 buah
		5%	Agak kropos	< 10 buah
		7.5%	Agak kropos	< 10 buah

Tabel 4.4 Uji mutu dan penampilan lanjutan

Ukuran Aseptik	Tekanan Hidrolik	Noda Serbuk	Noda Minyak	Noda Perekat	Rusak Tepi	Mutu
Aseptik 100 mm x 100 mm	25 kg/cm ²	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	A
		Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Ada	B
		Tidak ada	Tidak ada	Diameter <1cm cm 2 buah	Ada	C
		Tidak ada	Tidak ada	Diameter < 1 cm 2 buah	Ada	C



Gambar 4.3 Benda uji papan komposit aseptik

Dari Tabel 4.3 dan Tabel 4.4. di atas memperlihatkan bahwa papan komposit aseptik dengan berbagai kadar *Phenol Formaldehida* tidak ditemukan noda-noda serbuk dan minyak, karena papan ini tidak menggunakan bahan yang mengandung serbuk dan minyak. Secara visual tidak ada rongga-rongga pada benda uji diakibatkan agregat aseptik lebih banyak dibandingkan dengan perekat phenol sehingga sedikit ruang perekat yang harus diisi. Selain itu dengan suhu 170°C ternyata sudah dapat menekan ke segala arah. Sedangkan untuk noda perekat sudah jelas bahwa semakin banyak persentase perekatnya makin besar pula keberadaan noda perekatnya, umumnya noda perekat karena pengumpalan phenol formaldehida di satu titik akibat kurang ratanya penyebaran perekat saat proses pengadukan dengan *Rotary Blender*.

Pada beberapa benda uji papan komposit aseptik ini dijumpai rusak tepi. Untuk rusak bagian tepi hal ini disebabkan dalam proses pengempaan ada bagaian-

bagian tidak merata menyebar dengan tebal yang sudah direncanakan, dan bagian itu adalah bagian tepi. Begitu juga ada pergoyangan pada saat meletakkan aseptik yang sudah di susun untuk di Kempa, sehingga pada bagian tepi lebih tipis ataupun kropos. Pada pengujian visual ini papan komposit aseptik terbaik yakni dengan kadar *Phenol Formaldehida* 0% dengan tidak adanya bagian yang kropos pada sisi tepi ataupun yang lain. Selain itu tidak ada noda perekat yang terdapat pada permukaan papan komposit tersebut. Sehingga papan komposit dengan kadar PF 0% ini terlihat lebih bersih dibandingkan dengan yang lain.

Berdasarkan syarat umum dan syarat khusus JIS (Japanese Industrial Standard) A 5908 – 2003 : *Particleboard*⁽¹⁹⁾ dari penilaian visual, partikel kasar pada permukaan, noda serbuk, noda minyak dan rusak pada bagian tepi maka ditarik kesimpulan bahwa papan partikel dengan kandungan phenol formaldehida 0% dikategorikan pada mutu A, 2,5% di kategorikan pada mutu B, sedangkan pada papan partikel dengan kandungan phenol formaldehida 5%,7.5% dikategorikan pada mutu C.

4.4.3. Analisa Uji Daya Serap Air

Hasil pengujian daya serap air disajikan dalam Tabel 4.5. dan Tabel 4.6 untuk pengujian perendaman selama 2 (dua) jam sedangkan tabel 4.8 dan tabel 4.9 selama 24 jam, serta deviasi yang terjadi pada Tabel 4.7. dan Tabel 4.10. Dimana berat awal (BA) dan berat setelah perendaman (BB) dinyatakan dalam satuan gram, sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil perhitungan daya serap setelah 2 jam

Kadar PF	0%			2,5%		
	BA (gr)	BB (gr)	DayaSerap (%)	BA (gr)	BB (gr)	DayaSerap (%)
1	18,34	26,81	46,183	21,85	28,61	30,938
2	20,25	27,57	36,148	22,45	28,17	25,479
3	19,08	27,66	44,969	21,05	26,67	26,698
4	18,40	26,18	42,283	19,92	27,85	39,809
5	23,27	30,32	30,297	21,52	28,53	32,574
6	21,37	29,82	39,541	19,73	26,14	32,489

Tabel 4.6 Hasil perhitungan daya serap setelah 2 jam lanjutan

Kadar PF	5,0%			7,5%		
	Ba (gr)	Bk (gr)	DayaSerap (%)	Ba (gr)	Bk (gr)	DayaSerap (%)
1	21,28	26,17	22,979	25,43	29,56	16,241
2	21,62	26,97	24,746	23,98	29,24	21,935
3	21,24	26,71	25,753	24,38	30,35	24,487
4	21,64	27,40	26,617	21,27	26,54	24,777
5	21,15	27,36	29,362	25,50	30,29	18,784
6	20,18	26,67	32,161	22,16	29,48	33,032

Tabel 4.7 Deviasi hasil perhitungan daya serap setelah 2 jam

Kadar PF	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%
	DayaSerap (%)	DayaSerap (%)	DayaSerap (%)	DayaSerap (%)
1	46,183*	30,938	22,979*	16,241*
2	36,148	25,479*	24,746	21,935
3	44,969	26,698	25,753	24,487
4	42,283	39,809*	26,617	24,777
5	30,297*	32,574	29,362	18,784
6	39,541	32,489	32,161*	33,032*
Rata-rata (\bar{X})	39,903	31,331	26,936	23,209
Standar Deviasi (SD)	5,954	5,111	3,321	5,837
$\bar{X} + SD$	45,858	36,443	30,257	29,046
$\bar{X} - SD$	33,949	26,220	23,616	17,372
Rerata	40,66	31,1	26,61	23,13

Ket :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari semua angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Tabel 4.8 Hasil perhitungan daya serap setelah 24 jam

Kadar PF	0,0%			2,5%		
	Ba (gr)	Bk (gr)	Daya Serap (%)	Ba (gr)	Bk (gr)	Daya Serap (%)
1	18,34	29,12	58,779	21,85	30,92	41,510
2	20,25	30,21	49,185	22,45	30,23	34,655
3	19,08	29,73	55,818	21,05	29,29	39,145
4	18,40	28,89	57,011	19,92	29,89	50,050
5	23,27	32,71	40,567	21,52	31,26	45,260
6	21,37	31,91	49,321	19,73	29,18	47,897

Tabel 4.9 Hasil perhitungan daya serap setelah 24 jam lanjutan

Kadar PF	5,0%			7,5%		
	Ba (gr)	Bk (gr)	Daya Serap (%)	Ba (gr)	Bk (gr)	Daya Serap (%)
1	21,28	29,56	38,910	25,43	32,16	26,465
2	21,62	30,39	40,564	23,98	33,05	37,823
3	21,24	30,03	41,384	24,38	33,13	35,890
4	21,64	30,46	40,758	21,27	30,28	42,360
5	21,15	30,71	45,201	25,50	32,74	28,392
6	20,18	29,58	46,581	22,16	32,83	48,150

Tabel 4.10 Deviasi hasil perhitungan daya serap setelah 24 jam

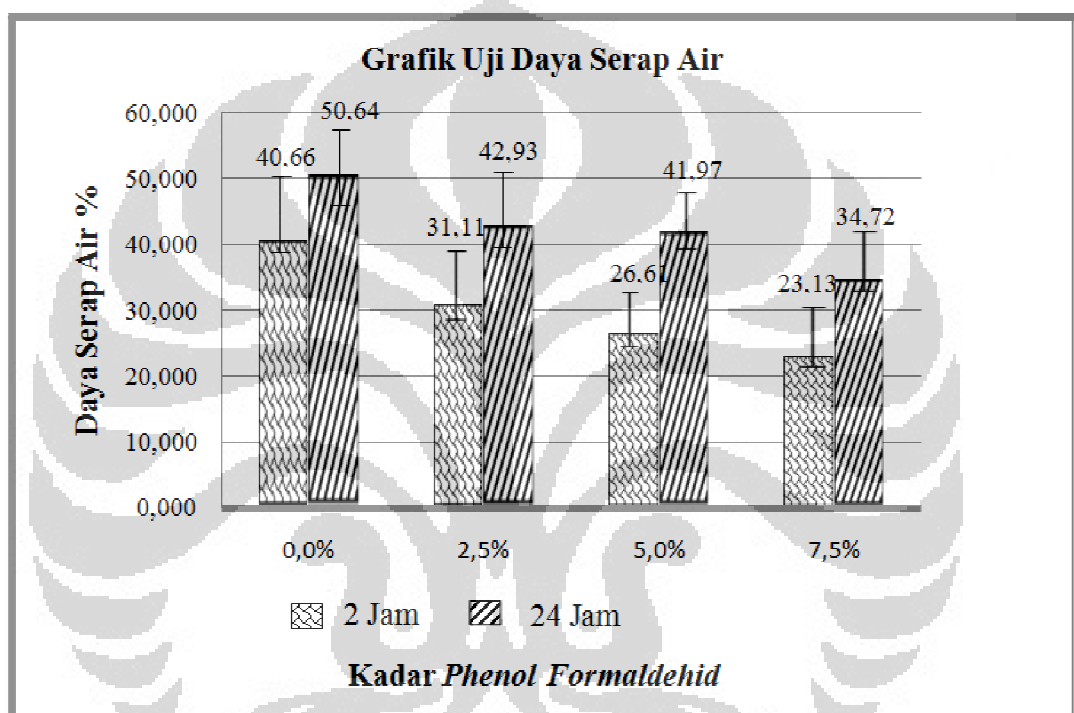
Kadar PF	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%
	DayaSerap (%)	DayaSerap (%)	DayaSerap (%)	DayaSerap (%)
1	58,779*	41,510*	38,910*	26,465
2	49,185	34,655	40,564	37,823*
3	55,818	39,145	41,384	35,890
4	57,011	50,050	40,758	42,360*
5	40,567	45,260*	45,201	28,392
6	49,321*	47,897	46,581*	48,150
Rata-rata (\bar{X})	51,780	43,086	42,233	36,513
Standar Deviasi (SD)	6,799	5,753	2,981	8,230

$\bar{X} + SD$	58,579	48,839	45,214	44,743
$\bar{X} - SD$	44,981	37,333	39,252	28,284
Rerata	50,64	42,29	41,97	34,72

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Grafik 4.1 Grafik uji daya serap air



Pada JIS (Japanese Industrial Standard) A 5908 – 2003: *Particleboard*⁽¹⁹⁾ tidak ada syarat nominal daya serap papan partikel. Nilai daya serap ini hanya sebagai informasi yang menggambarkan tentang bagaimana kemampuan papan untuk menyerap air. Berdasarkan hasil pengujian Dari Grafik 4.1. setelah perendaman 2 jam maupun 24 jam memperlihatkan bahwa jenis kadar PF berpengaruh nyata terhadap daya serap air papan. Dimana daya serap air tertinggi selama perendaman 2 jam maupun 24 jam terjadi pada papan kadar PF 0% sebesar 40,66% dan 50,64%. Sementara papan komposit aseptik kadar PF 7,5% mempunyai daya serap paling rendah dibandingkan dengan papan lainnya. Hal ini disebabkan papan komposit dengan PF 0% mempunyai kualitas rekatan yang

paling rendah dibandingkan dengan papan komposit lainnya, mengakibatkan partikel yang tidak ada perekatan atau tidak tertutup perekat dapat mengikat air selama perendaman. Hal ini diduga akibat partikel kertas pada aseptik yang mudah menyerap air sehingga kadar air yang dihasilkan pun cukup besar. Pada perhitungan komposisi di awal, papan partikel dengan persentase phenol formaldehida 0 % mempunyai massa aseptik total 990 gram atau lebih tinggi daripada papan partikel dengan persentase phenol formaldehida 7.5% yang memiliki massa aseptik total 915.75 gram sehingga persentase kertas yang dimiliki oleh papan partikel dengan persentase phenol formaldehida 0% ketebalan 10 mm lebih tinggi pula.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa papan dengan perekat lebih rendah mempunyai daya serap yang tinggi, begitu juga sebaliknya. Rendahnya jumlah perekat yang digunakan berimplikasi pada kurang terdistribusinya perekat pada seluruh permukaan partikel sehingga mengurangi area kontak antar partikel, area yang tidak dapat terisi ini dapat terisi oleh air pada saat perendaman.

4.4.4. Analisa Uji Kadar Air

Hasil pengujian kadar air disajikan dalam Tabel 4.11. dan 4.12 serta deviasi yang terjadi pada Tabel 4.13. Dimana berat awal (BA) dan berat kering (BK) dinyatakan dalam satuan gram, sebagai berikut:

Tabel 4.11 Hasil perhitungan kadar air

Kadar PF	0,0%			2,5%		
	BA (gram)	BK (gram)	Kadar Air (%)	BA (gram)	BK (gram)	Kadar Air (%)
Benda Uji						
1	91,54	88,95	2,829	99,12	95,96	3,188
2	101,47	97,96	3,459	95,00	91,81	3,358
3	98,05	95,18	2,927	89,49	86,10	3,788
4	93,92	91,65	2,417	90,10	89,30	0,888
5	99,60	97,45	2,159	92,59	91,72	0,940
6	87,03	81,72	6,101	83,17	81,73	1,731

Tabel 4.12 Hasil perhitungan kadar air lanjutan

Kadar PF	5,0%			7,5%		
	BA (gram)	BK (gram)	Kadar Air (%)	BA (gram)	BK (gram)	Kadar Air (%)
1	96,97	93,24	3,847	93,78	89,67	4,383
2	96,14	92,54	3,745	94,65	90,53	4,353
3	83,61	80,36	3,887	92,96	88,85	4,421
4	81,59	79,71	2,304	87,05	86,36	0,793
5	85,40	83,89	1,768	90,79	90,06	0,804
6	85,48	83,69	2,094	84,29	83,14	1,364

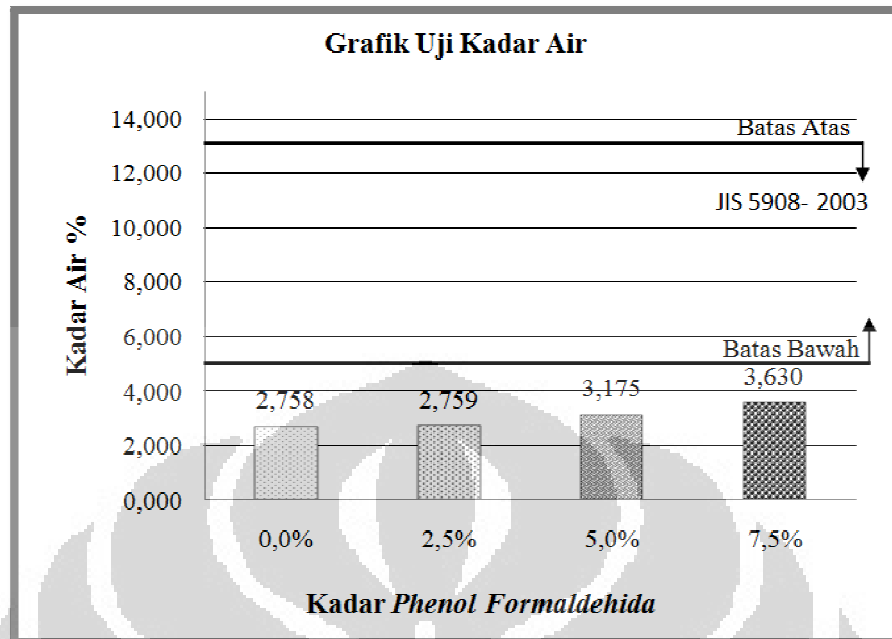
Tabel 4.13 Deviasi hasil perhitungan kadar air

Kadar PF	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%
Benda Uji	Kadar Air (%)	Kadar Air (%)	Kadar Air (%)	Kadar Air (%)
1	2,829	3,188	3,847	4,383
2	3,459	3,358	3,745	4,353
3	2,927	3,788*	3,887	4,421
4	2,417	0,888*	2,304	0,793*
5	2,159	0,940*	1,768*	0,804*
6	6,101*	1,731	2,094	1,364
Rata-rata (\bar{X})	3,315	2,316	2,941	2,686
Standar Deviasi (SD)	1,436	1,288	0,986	1,873
$\bar{X} + SD$	4,752	3,603	3,927	4,559
$\bar{X} - SD$	1,879	1,028	1,955	0,813
Rerata	2,75	2,76	3,175	3,63

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Grafik 4.2 Hasil uji kadar air



Hasil perhitungan kadar air menunjukkan kadar air papan komposit aseptik dengan kadar PF berbeda, berkisar dari 2,7%-3,6%, seperti terlihat pada Grafik 4.2. menunjukkan dengan jenis kadar perekat PF yang terbilang sangat rendah tidak terlalu berpengaruh terhadap kadar air papan. Hal ini disebabkan kadar air pada partikel aseptik yang digunakan relatif sama untuk semua jenis. Selain itu dalam proses perekatan antara partikel aseptik dengan perekat PF, tidak menggunakan air sebagai bahan pelarut perekat sehingga kadar perekat tidak berpengaruh terhadap kadar air papan komposit.

Berdasarkan syarat umum dan syarat khusus JIS (Japanese Industrial Standard) A 5908 – 2003 : *Particleboard*⁽¹⁹⁾ kadar air yang diijinkan adalah 5% - 13 %. Kandungan kadar air yang berada di dalam semua benda uji adalah dibawah batas minimum dari persyaratan JIS.

4.4.5. Analisa Uji Kerapatan

Hasil pengujian kerapatan serta deviasi yang terjadi disajikan dalam Tabel 4.14.dan 4.15, dimana volume dalam satuan cm^3 dan Berat benda uji (gram),diapaprkan sebagai berikut :

Tabel 4.14. Hasil perhitungan kerapatan papan komposit

Kadar PF	0%						2,5%						
	Benda Uji	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Volume (cm ³)	B (gram)	Kerapatan (gram/cm ³)	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Volume (cm ³)	B (gram)	Kerapatan (gram/cm ³)
	1	10,10	10,02	1,03	104,04	91,54	0,880	10,2	10,1	1,03	106,111	99,12	0,934
	2	10,25	10,22	1,05	110,31	101,47	0,920	10,3	10,3	0,988	104,817	95	0,906
	3	10,19	10,17	1,03	106,53	98,05	0,920	10,25	10,25	0,975	102,436	92,54	0,903
	4	10,17	10,15	1,01	104,46	93,92	0,899	10,25	10,1	0,95	98,349	90,1	0,916
	5	10,05	9,97	1,03	103,20	99,60	0,965	10,05	10,1	1,05	106,580	92,59	0,869
	6	10,00	9,97	0,99	98,70	87,03	0,882	10	9,98	1	99,800	83,17	0,833

Tabel 4.15. Hasil perhitungan kerapatan papan komposit lanjutan

Kadar PF	5,0%						7,5%						
	Benda Uji	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Volume (cm ³)	B (gram)	Kerapatan (gram/cm ³)	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Volume (cm ³)	B (gram)	Kerapatan (gram/cm ³)
	1	10,10	10,00	1,03	103,83	96,97	0,934	10,1	10,1	1,018	103,846	90,78	0,87
	2	10,06	10,05	1,05	106,46	96,14	0,903	10,03	10,1	1,045	105,862	93,65	0,88
	3	10,01	10,00	0,92	92,09	83,61	0,908	10,13	10,13	1,01	103,643	92,96	0,90
	4	9,99	9,91	0,94	93,36	81,59	0,874	10,15	10,1	0,95	97,389	87,05	0,89
	5	9,99	9,91	1,00	99,00	85,40	0,863	10	9,97	1	99,700	90,79	0,91
	6	9,93	9,90	0,99	97,32	85,48	0,878	10	9,76	1,05	102,480	84,29	0,82

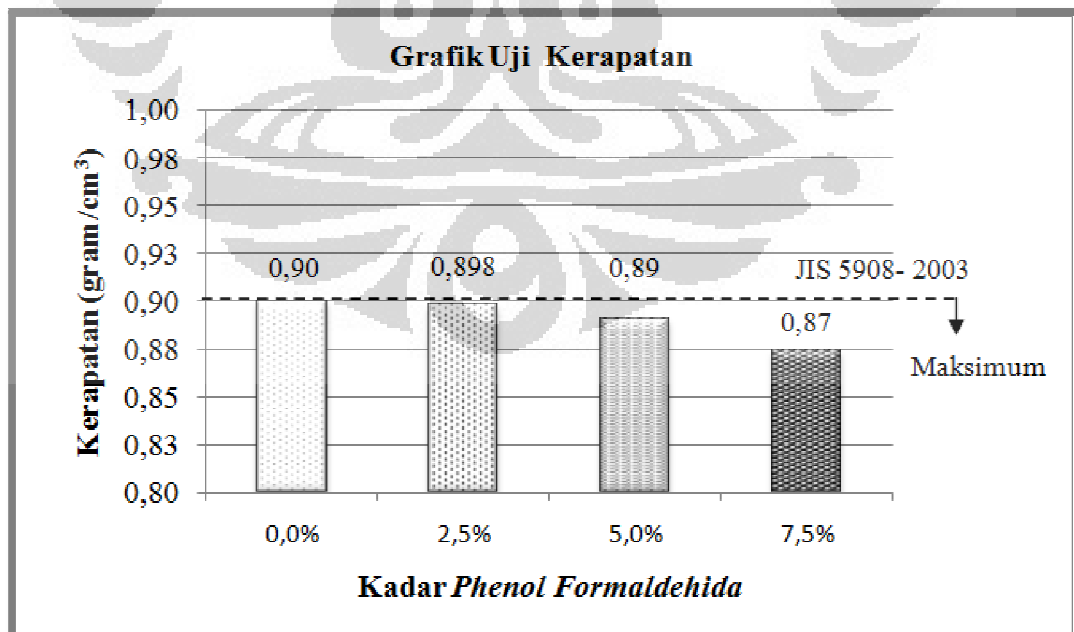
Tabel 4.16. Deviasi perhitungan kerapatan papan komposit

Kadar PF	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%
	Kerapatan (gram/cm ³)	Kerapatan (gram/cm ³)	Kerapatan (gram/cm ³)	Kerapatan (gram/cm ³)
1	0,880	0,934*	0,934*	0,874
2	0,920	0,906	0,903	0,885
3	0,920	0,903	0,908	0,897
4	0,899	0,916	0,874	0,894
5	0,965*	0,869	0,863*	0,911
6	0,882	0,833*	0,878	0,823*
Rata-rata (\bar{X})	0,911	0,894	0,893	0,880
Standar Deviasi (SD)	0,032	0,036	0,026	0,031
$\bar{X} + SD$	0,943	0,930	0,920	0,911
$\bar{X} - SD$	0,879	0,857	0,867	0,850
Rerata	0,90	0,898	0,89	0,87

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Grafik 4.3 . Perhitungan kerapatan



Hasil perhitungan kerapatan papan komposit aseptik memperlihatkan nilai kerapatan berkisar 0,87-0,9 gr/cm³ seperti terlihat pada Grafik 4.3. hasil tersebut memperlihatkan bahwa kerapatan papan semakin tinggi dengan berkurangnya kadar phenol yang digunakan. Nilai kerapatan yang terendah pada papan komposit aseptik dengan kadar PF 7,5% dan tertinggi pada papan komposit dengan kadar PF 0%, nilai tersebut masih memenuhi kerapatan sasaran yakni 0,9 gr/cm³.

Berdasarkan syarat umum dan syarat khusus JIS (Japanese Industrial Standard) A 5908 – 2003 : *Particleboard*(19) kerapatan yang diijinkan adalah 0,4 gr/cm³ - 0,9 gr/cm³. Dari semua benda uji yang ada adalah memenuhi syarat. Dari Grafik 4.3. di atas dapat dilihat pola bahwa semakin besar persentase phenol maka semakin besar kerapatan yang didapat. Bila dilihat pada nilai massa jenis masing-masing phenol formaldehida memiliki massa jenis yang lebih besar ketimbang massa jenis aseptik. Phenol formaldehida dengan berat jenis (1,1 gram/cm³) dan aseptik dengan berat jenis (0,62 gram/cm³). Hal ini dimungkinkan karena massa jenis aseptik berfifat padat sehingga pada proses pengempaan panas massa aseptik lebih stabil ketimbang phenol formaldehida yang bersifat cair sehingga berpotensi menguap pada proses pengempaan panas sehingga terjadi penurunan massa. Sehingga benda uji dengan persentase aseptik yang lebih banyak memiliki nilai kerapatan yang tinggi.

Dari semua nilai kerapatan pada masing-masing benda uji rata-rata sesuai dengan target perencanaan pembuatan benda uji, yaitu 0,9 gram/cm³, dikarenakan sebagian massa phenol formaldehida yang bersifat cair menguap sehingga terjadi penurunan massa yang berdampak pada turunya nilai kerapatan.

4.4.6. Analisa Uji Pengembangan Tebal

Hasil pengujian pengembangan tebal disajikan dalam Tabel 4.17. dan Tabel 4.18. serta deviasi yang terjadi pada Tabel 4.19 dan Tabel 4.20, dimana Tebal Awal (T1) dan Tebal setelah perendaman (T2) dengan satuan (cm),dipaparkan sebagai berikut

Tabel 4.17. Hasil perhitungan pengembangan tebal setelah 2 jam

Kadar PF	0,0%			2,5%			5,0%			7,5%		
	T1 (cm)	T2 (cm)	Swelling (%)	T1 (cm)	T2 (cm)	Swelling (%)	T1 (cm)	T2 (cm)	Swelling (%)	T1 (cm)	T2 (cm)	Swelling (%)
1	0,97	1,02	5,15	0,98	1,05	7,14	0,9	0,98	8,88	0,97	1,05	8,25
2	1	1,08	8,00	0,96	1,1	14,58	0,95	1,09	14,73	1	1,18	18,00
3	0,97	1,04	7,22	1	1,05	5,00	0,95	1,04	9,47	0,9	0,98	8,89
4	0,95	1,05	10,53	0,96	1,08	12,50	0,95	1	5,26	0,95	1	5,26
5	0,96	1,05	9,38	1,06	1,16	9,43	0,95	1,03	8,42	1	1,05	5,00
6	0,97	1,1	13,40	1,06	1,12	5,66	0,96	1,03	7,29	0,9	1,05	16,67

Tabel 4.18. Hasil perhitungan pengembangan tebal setelah 24 jam

Kadar PF	0,0%			2,5%			5,0%			7,5%		
	T1 (cm)	T2 (cm)	Swelling (%)	T1 (cm)	T2 (cm)	Swelling (%)	T1 (cm)	T2 (cm)	Swelling (%)	T1 (cm)	T2 (cm)	Swelling (%)
1	0,97	1,2	23,71	0,98	1,23	25,51	0,9	1,05	16,66	0,97	1,1	13,40
2	1	1,22	22,00	0,96	1,12	16,67	0,95	1,12	17,89	1	1,15	15,00
3	0,97	1,13	16,49	1	1,18	18,00	0,95	1,15	21,05	0,9	1	11,11
4	0,95	1,12	17,89	0,96	1,15	19,79	0,95	1,11	16,84	0,95	1,12	17,89
5	0,96	1,18	22,92	1,06	1,2	13,21	0,95	1,1	15,78	1	1,08	8,00
6	0,97	1,24	27,84	1,06	1,18	11,32	0,96	1,12	16,66	0,9	1,05	16,67

Tabel 4.19. Deviasi perhitungan pengembangan tebal setelah 2 jam

Kadar PF	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%
Benda Uji	Swelling (%)	Swelling (%)	Swelling (%)	Swelling (%)
1	5,15*	7,14	8,89	8,25
2	8,00	14,58*	14,74*	18,00*
3	7,22	5,00*	9,47	8,89
4	10,53	12,50	5,26*	5,26
5	9,38	9,43	8,42	5,00
6	13,40*	5,66	7,29	16,67*
Rata-rata (\bar{X})	8,95	9,05	9,01	10,34
Standar Deviasi (SD)	2,857	3,852	3,174	5,648
$\bar{X} + SD$	11,80	12,91	12,19	15,99
$\bar{X} - SD$	6,089	5,201	5,839	4,697
Rerata	8,779	8,684	8,518	6,849

Keterangan :

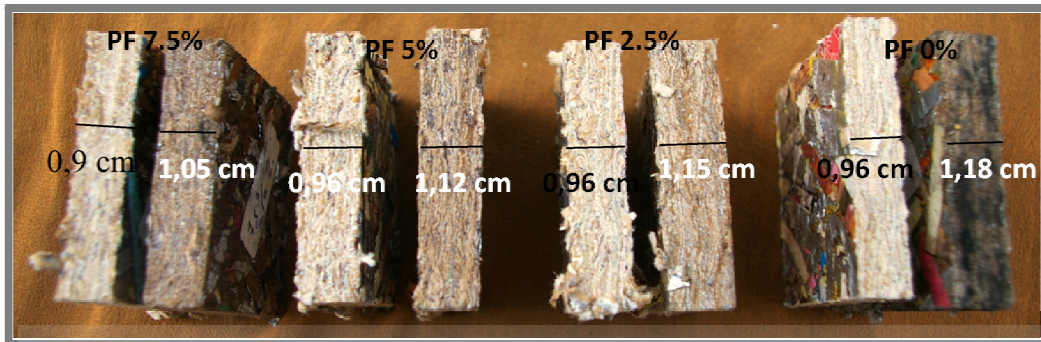
- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Tabel 4.20 Deviasi perhitungan pengembangan tebal setelah 24 jam

Kadar PF	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%
Benda Uji	Swelling (%)	Swelling (%)	Swelling (%)	Swelling (%)
1	23,71	25,51*	16,67	13,40
2	22,00	16,67	17,89	15,00
3	16,49*	18,00	21,05*	11,11
4	17,89	19,79	16,84	17,89*
5	22,92	13,21	15,79	8,00*
6	27,84*	11,32*	16,67	16,67
Rata-rata (\bar{X})	21,81	17,42	17,49	13,68
Standar Deviasi (SD)	4,117	5,038	1,872	3,671
$\bar{X} + SD$	25,93	22,45	19,36	17,35
$\bar{X} - SD$	17,692	12,378	15,613	10,009
Rerata	21,630686	16,91647	16,77193	14,04496

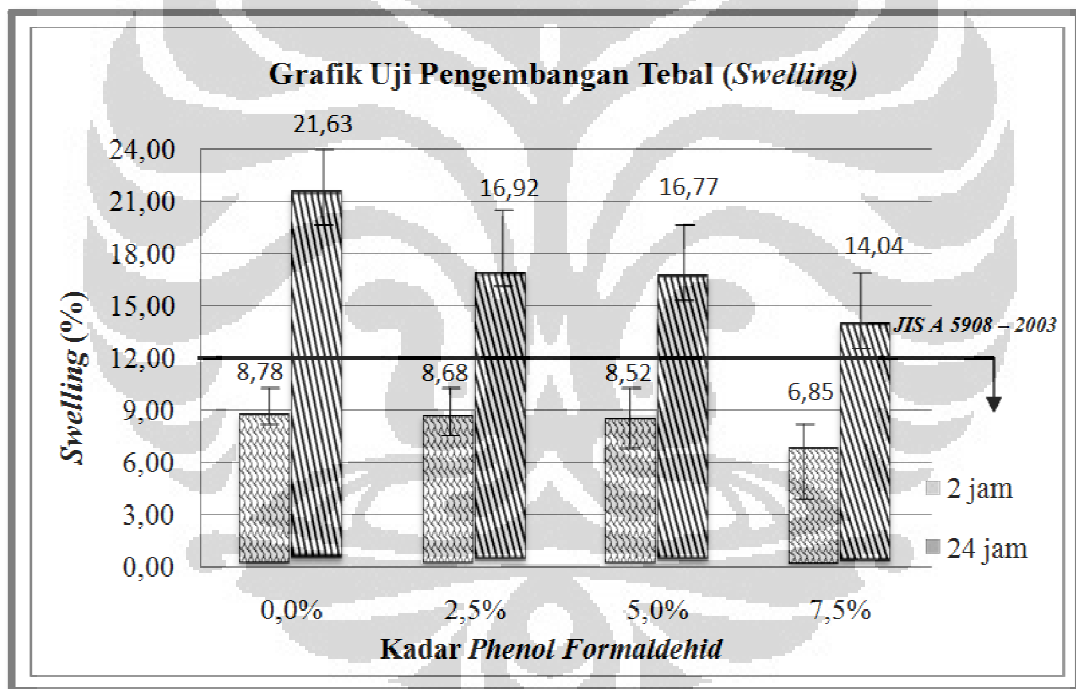
Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi



Gambar 4.4 Benda uji hasil tes *Swelling* 24 jam

Grafik 4.4 . Hasil perhitungan uji pengembangan tebal



Pengembangan tebal papan setelah perendaman 2 dan 24 jam dapat dilihat pada Gambar 4.4 ataupun Grafik 4.4. gambar dan grafik tersebut memperlihatkan bahwa pengembangan tebal papan semakin menurun dengan bertambahnya kadar perekat PF yang digunakan. Nilai pengembangan tebal appan tertinggi terjadi pada papan komposit aseptik dengan kadar PF 0% dan pengembangan tebal setelah 24 jam terendah pada papan dengan kadar PF 7,5%.

Pada pengujian ini, menunjukkan pengembangan tebal dipengaruhi oleh kadar perekat PF. Pada pengujian selama perendaman 24 jam, papan dengan kadar PF 0% sangat berbeda nyata dengan papan lainnya sementara papan dengan perekat 2,5%, 5% dan 7,5% tidak terlalu jauh. Rendahnya kadar perekat mengakibatkan partikel yang tidak tertutup oleh perekat dapat mengikat air pada saat perendaman berlangsung. Hasil penelitian Erniwati (2008) Papan Komposit kayu dengan menggunakan perekat poliuretan, menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar perekat, pengembangan tebal papan semakin kecil.

Berdasarkan syarat dan ketentuan (Japanese Industrial Standard) A 5908 – 2003: *Particleboard*(19) pengembangan tebal yang diijinkan adalah tidak lebih dari 12% dari tebal awal. Dari Grafik 4.4. daya serap baik setelah proses perendaman 2 jam maupun 24 jam di atas didapat suatu pola sifat papan partikel, yaitu semakin besar kandungan aseptik suatu papan maka semakin besar juga pengembangan papan tersebut dan hal ini diduga akibat partikel kertas pada aseptik yang mudah menyerap air sehingga kadar air yang dihasilkan pun cukup besar. Proses perendaman selama 2 jam semua papan aseptik masih dalam batas ijin pengembangan tebal yaitu tidak melebihi 12%, melainkan setelah 24 jam papan komposit aseptik ini semua tebalnya melebihi dari batas ijin dari JIS.

Tingginya nilai pengembangan tebal ini juga dikarenakan tidak menggunakan parafin sebagai pelindung terhadap air. Menurut Haygreen dan Bowyer (1993), parafin sekitar 0,25%-2% ditambahkan untuk memberikan sifat tahan air pada papan.

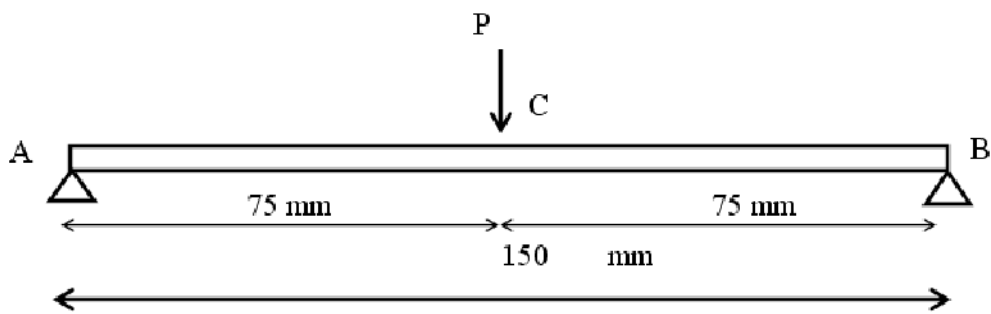
4.5 Analisa Sifat Mekanik Papan Komposit Aseptik pada Berbagai Kadar *Phenol Formaldehid*

4.5.1. Uji Modulus Elastisitas

Contoh perhitungan kuat lentur dan modulus elastisitas untuk benda uji cacah aseptik : phenol formaldehida = 92,5% : 7,5% dengan tekanan pembuatan sebesar 25 kg/cm^2 sebagai berikut :

1. Akibat Beban P

Posisi beban terpusat tepat pada tengah bentang dengan perletakan sendi rol sesuai pada Gambar 4.5. berikut :



Gambar 4.5. Tumpuan sendi rol akibat beban P

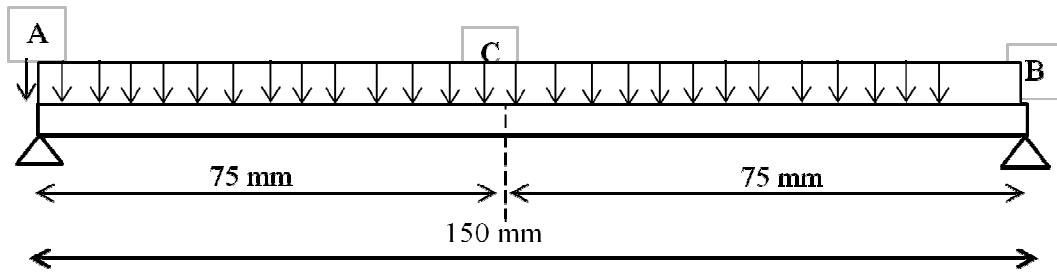
Kemudian dari alat *universal testing machine* di dapat data beban vs lendutan seperti pada Tabel 4.21:

Tabel 4.21 Beban vs Lendutan

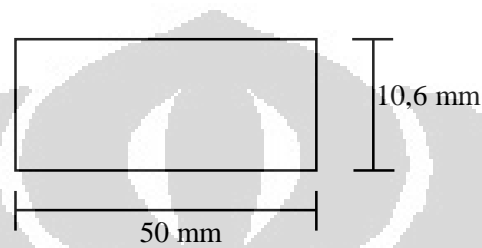
NO	Phenol	Beban (N)	ΔL (mm)
1	7,5%	0,00	0,00
2	7,5%	27,705	1,217
3	7,5%	80,215	2,117
4	7,5%	106,094	2,517
5	7,5%	147,520	3,183
6	7,5%	217,807	4,600
7	7,5%	247,203	5,350
8	7,5%	279,054	6,350
9	7,5%	309,630	7,683
10	7,5%	330,002	9,833

2. Akibat Beban Sendiri

Berikut pada Gambar 4.6. model pembebanan akibat beban sendiri serta properti penampang benda uji pada Gambar 4.7.



Gambar 4.6. Tumpuan sendi rol akibat beban sendiri



Gambar 4.7. Penampang Benda Uji

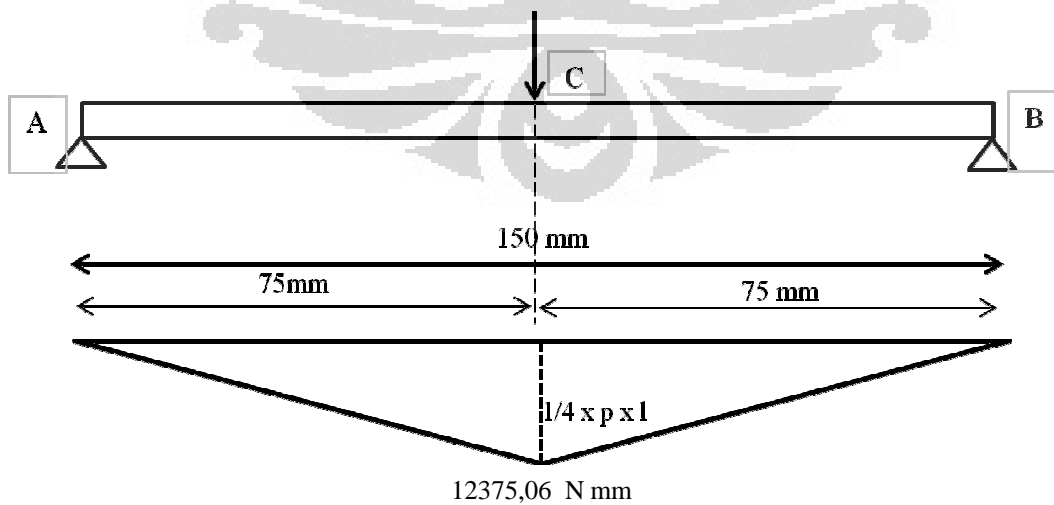
Properti Penampang

$$I_y = \frac{1}{12} b h^3 = 4962,57 \text{ mm}^4$$

$$A = b \cdot h = 530 \text{ mm}^2$$

3. Momen dan Diagram Momen Akibat Beban P

Pada Gambar 4.8. dibawah ini di tampilkan bidang momen akibat beban P. Serta persamaan dan nilai momen yang disajikan pada Tabel 4.26



Gambar 4.8. Bidang momen akibat beban P

Reaksi Perletakan

$$V_A = V_B = \frac{P}{2} = \frac{330}{2} = 165 \text{ N}$$

Tabel 4.22. Persamaan momen akibat beban P

No	Interval	P (N)	Persamaan Momen	x (mm)	Momen (Nmm)
1	$0 < x < 75$	330,00	$165 x$	75	12375
2	$0 < x < 75$	330,00	$165 x$	75	12375

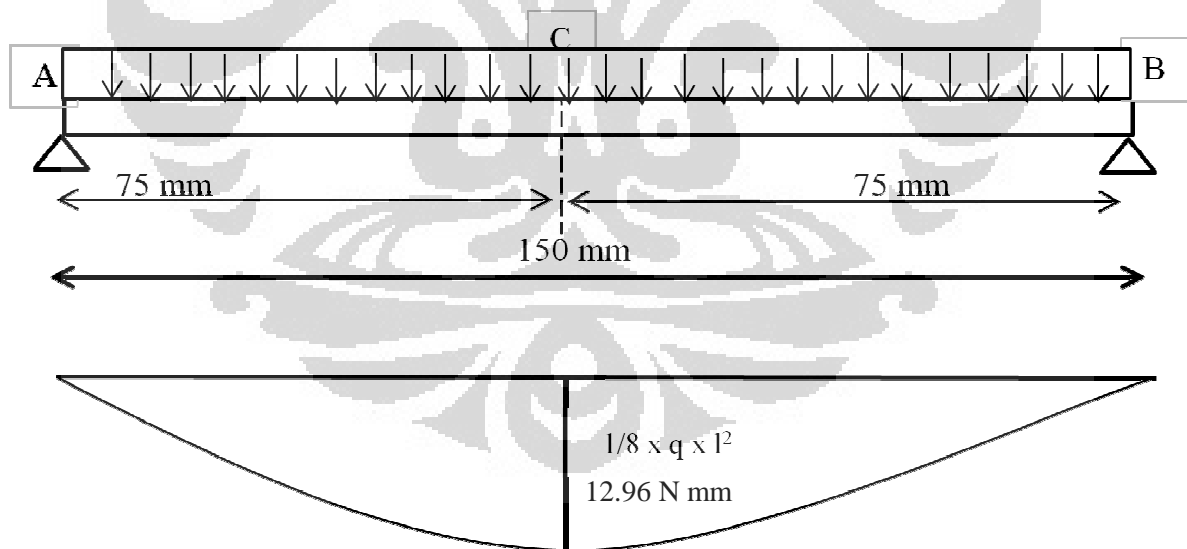
4. Momen dan Diagram Momen Akibat Beban Sendiri

Pada Gambar 4.9. berikut di tampilkan bidang momen akibat beban sendiri.

Kerapatan = $0,87 \text{ gr/cm}^3$

$$q = 0,045 \frac{\text{N}}{\text{cm}} = 0,0045 \text{ N/mm}$$

$L = 150 \text{ mm}$



Gambar 4.9. Bidang momen akibat beban merata

Reaksi Perletakan

$$V_A = V_B = \frac{q \cdot L}{2} = 0,337 \text{ N}$$

5. Total Momen

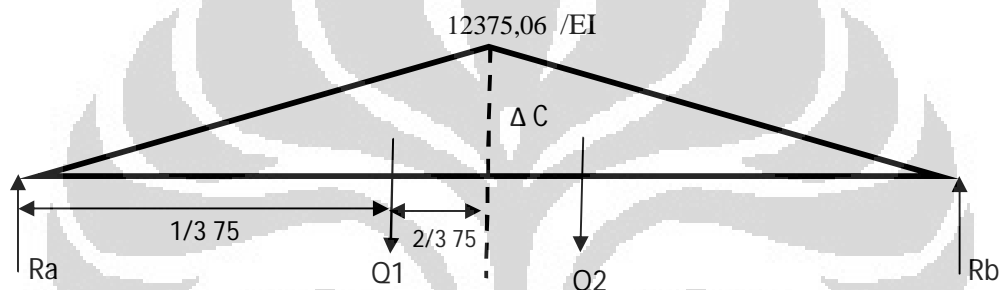
Tabel 4.23. berikut menampilkan total momen akibat beban sendiri dan P sendiri :

Tabel 4.23. Total momen akibat beban P dan beban sendiri

No	Interval	Persamaan Momen	x (mm)	Momen (Nmm)
1	$0 < x < 75$	$(0,337+165)x - 0,5qX^2$	75	12387.96

6. Lendutan Di Titik C Akibat Beban P

Momen Area akibat beban P terlihat pada Gambar 4.10



Gambar 4.10. Momen area akibat beban terpusat

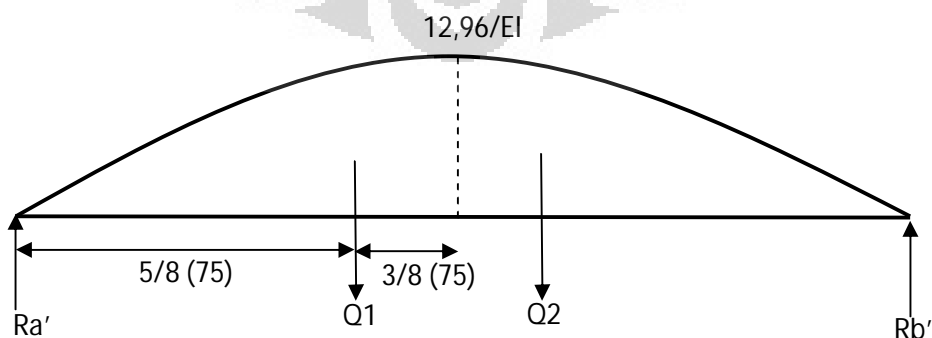
$$Q1 = Q2 = \frac{1}{2} \cdot 75 \cdot 12375,06/EI = 464065/EI$$

$$Ra = Rb = \frac{1}{2} \cdot 75 \cdot 12375,06/EI = 464065/EI$$

$$\Delta C = MC = (Ra \cdot 75) - \left(\frac{1}{3} \cdot Q1 \cdot 75\right) = \frac{23203245,94}{EI}$$

7. Lendutan Di Titik C Akibat Beban Sendiri

Momen Area akibat beban P terlihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Momen area akibat beban sendiri

$$Q1 = Q2 = \frac{2}{3} \cdot Mc \cdot 1/2L$$

$$Q1 = Q2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{12,96}{EI} \cdot 75 = 647,87/EI$$

$$Ra' = Rb' = 647,87/EI$$

$$\Delta C = MC = (Ra' \cdot 75) - \left(\frac{3}{8} \cdot Q1 \cdot 75 \right) = 30968,92/EI$$

8. Total Lendutan Di Titik C

$$\Delta C = MC = \frac{(MCp + MCbs)}{EI} = \frac{(23203245,94 + 30968,92)}{EI} = 23234214,86/EI$$

Lendutan maksimal yang terjadi saat pengujian

$$\Delta C = 9,83 \text{ mm}$$

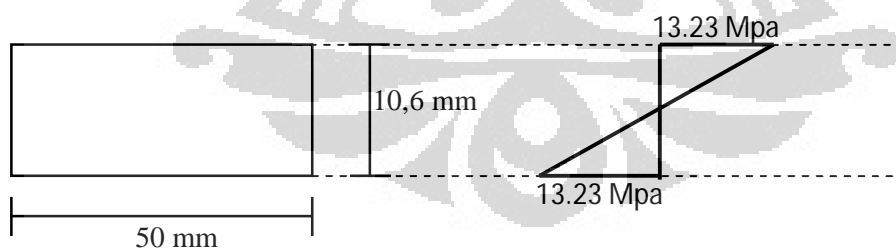
$$\Delta C = \frac{23234214,86}{EI}$$

$$9,83 = \frac{23234214,86}{E \times 4962,57}, \text{ didapatkan nilai E metode JIS;}$$

$$E = \frac{23234214,86}{9,83 \times 4962,57} = 476,28 \text{ N/mm}^2$$

9. Tegangan Akibat Momen Lentur / Kuat Lentur

Khusus untuk kuat lentur tegangan hanya diambil ketika P maksimum. Diagram tegangan seperti terlihat pada Gambar 4.12 berikut :



Gambar 4.12. Diagram tegangan

$$\text{Tegangan Lentur} = \frac{M \cdot Y}{I}$$

Sehingga :

$$\text{Tegangan Max} = \frac{(12375,06) \cdot 10,6/2}{4962,57} = 13,22 \text{ MPa}$$

Tegangan Min = -13.22 MPa

10. Regangan

Hubungan Kurva Elastis Maka :

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{\varepsilon}{Y}$$

Dimana,

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$$

$$\frac{M}{EI} = \frac{12375.065}{476.28 \times 4962.57}$$

$$\frac{1}{\rho} = 5.244 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon = 5.244 \times 10^{-3} \times 10.6/2$$

$$\varepsilon = 0.0277957 \text{ mm}$$

11. Digram Regangan dan Tegangan

Langkah di atas dilakukan pada semua beban P yang ada dan ditampilkan dalam sebuah tabel, sehingga dari digram beban vs lendutan bisa di konversi menjadi diagram regangan vs tegangan seperti yang disajikan pada Tabel 4.27.

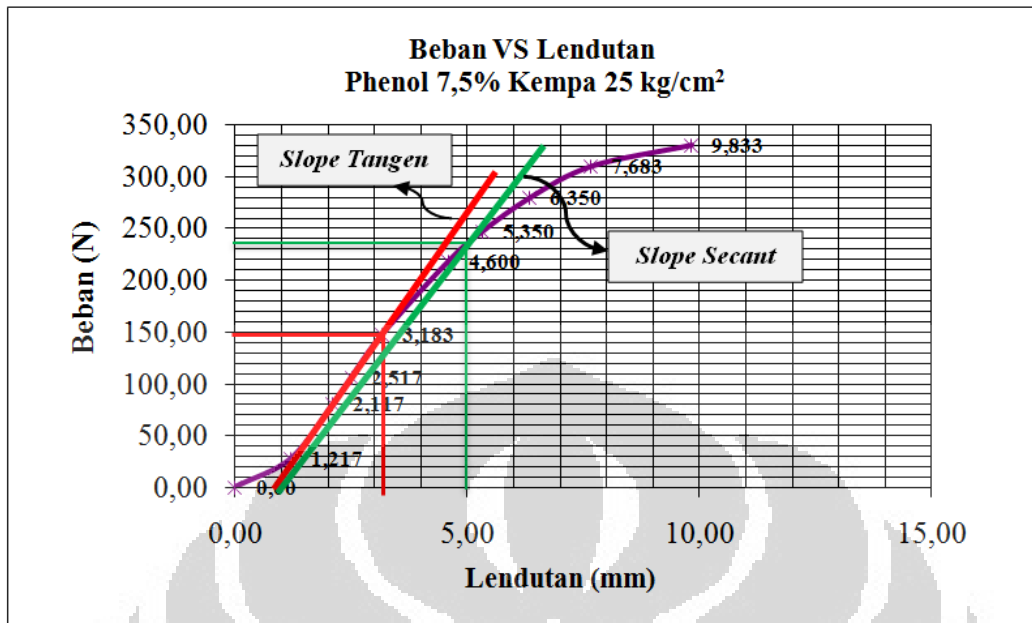
Tabel 4.24. Tegangan vs Regangan

Tegangan (MPa)		E	
P	P+BS	P	P + BS
0	0	0	0
1,110	1,124	0,00344	0,00342
3,213	3,227	0,00598	0,00597
4,249	4,263	0,00711	0,00710
5,908	5,922	0,00900	0,00899
8,723	8,737	0,01300	0,01299
9,900	9,914	0,01512	0,01511
11,176	11,190	0,01795	0,01794
12,401	12,415	0,02172	0,02171
13,217	13,231	0,02780	0,02778

Dari Tabel 4.21. diatas di dapat grafik beban vs lendutan seperti Grafik 4.5. dibawah ini

:

Grafik 4.5. Beban Vs Lendutan Papan Partikel Aseptik Phenol 7,5%



Dari Tabel 4.24. diatas di dapat grafik tegangan vs regangan seperti Grafik 4.6. dibawah ini :

Grafik 4.6. Tegangan vs Regangan Papan Partikel Aseptik 7,5%

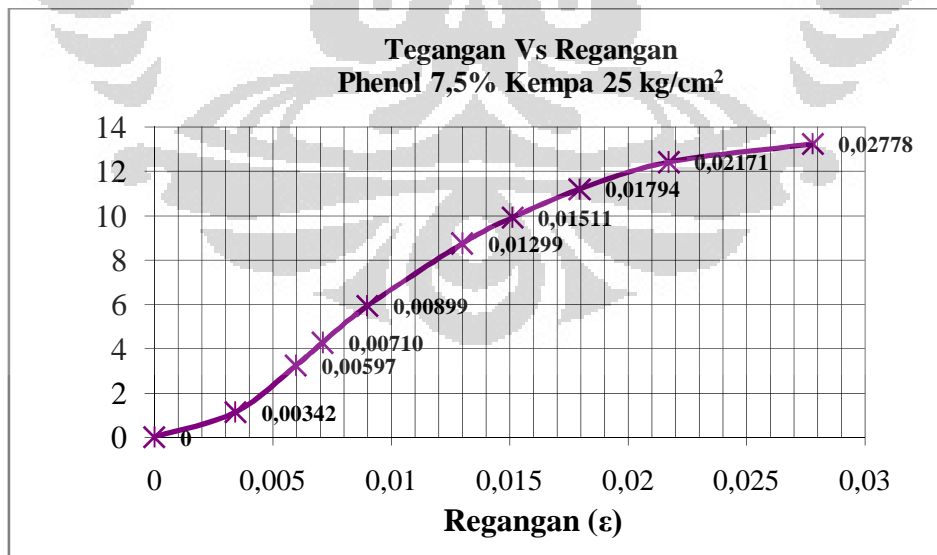


Diagram beban vs lendutan yang dihasilkan pada uji modulus elastisitas ternyata sama dengan digram tegangan vs regangan yang didapat melalui hasil perhitungan.

12. Menentukan Nilai Modulus Elastisitas Metode Pendekatan

a) Metode Pendekatan

Hubungan Kurva Elastis Maka :

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{\varepsilon}{Y}$$

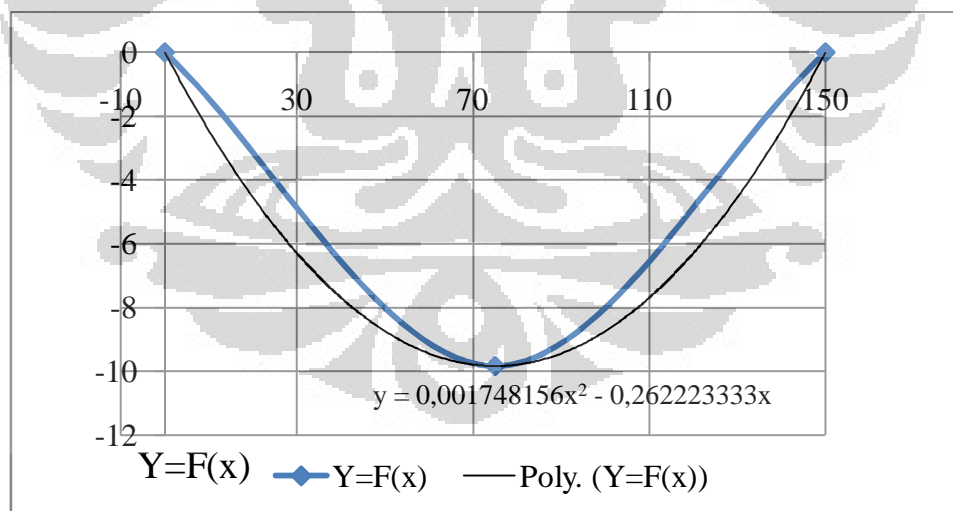
Dimana,

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2y/dx^2}{\left[1 + \left(dy/dx\right)^2\right]^{3/2}}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$$

Tabel 4.25. Fungsi lendutan f(x)

X	Y
0	0
1/2 (150)	-9,83
150	0



Grafik 4.7.Lendutan f(x)

Tabel 4.25 dan Grafik 4.7 di atas menampilkan fungsi lendutan atau kelengkungan akibat beban P.

Dengan Persamaan Lendutan

$$y = 0,001748156x^2 - 0,262223333x$$

$$\frac{dy}{dx} = 0.00349x - 0,26$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0.00349$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{0.00349}{[1 + (0.00349x - 0,26)^2]^{3/2}}$$

$$\rho = \frac{[1 + (0.00349x - 0,26)^2]^{3/2}}{0.00349}$$

x = jarak bentang

Tabel 4.26 Modulus elastisitas metode pendekatan

jarak (x) mm	ρ	M (N.mm)	E (N/mm ²)
0	316,07	0	0
¼ x 150	293,7261	6196,97344	367,038
½ x 150	286,53	12374,9625	714,518

Pada tabel 4.26 dijabarkan nilai modulus elastisitas metode pendekatan yang terjadi di setengah bentang 714,518 MPa

b) Metode ASTM

Untuk metode ASTM dibagi menjadi dua cara *Tangent* dan *Secant* menggunakan rumus yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya :

$$MOE = \frac{ML^3}{4BD^3}$$

Dimana:

L adalah jarak sangga (cm).

B adalah lebar (cm).

D adalah tebal (cm).

M adalah kemiringan garis linier ($\Delta P / \Delta Y$)

Dari 2 metode diatas di dapat nilai regangan seperti pada tabel 4.27 ;

Tabel 4.27. Perhitungan Modulus Elastisitas Berdasarkan ASTM dan JIS

NO	L (mm)	Slope		M2 (N/mm)	B (mm)	D (mm)	Modulus Elastisitas (Mpa)		
		Beban (N)	Lendutan (mm)				Tangen	Secan	JIS
1	150	147,52	3,18	46	50	11	656,608	663,8041	665,4
2	150	230,35	4,92	47	50	11			
3	7,9382		0,0167						

Regangan	E (Mpa)
0,01299	672,5
0,01389 →	665,5
0,01511	656,0

Interpolasi E (Modulus Elastisitas) dari hasil pengujian berdasarkan JIS

Berikut disajikan hasil pengujian modulus elastisitas berurutan dari metode tangen, secan, JIS dan metode pendekatan, pada Tabel 4.28 sampai dengan Tabel 4.31 .

Tabel 4.28. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode ASTM (*Tangent*)

Tekanan Hidrolik	Benda Uji	Modulus Of Elastiscity (MPa)			
		0%	2,50%	5%	7,50%
		Tangent	Tangent	Tangent	Tangent
25 kg/cm ²	1	248,41*	566,56	363,68	656,61
	2	1066,40*	574,71	649,30	263,83*
	3	607,24	748,225	1352,96*	479,17
	4	443,02	828,54*	650,58	450,69
	5	826,55	247,79*	466,85	788,493*
	6	399,61	645,22	428,64	418,14
Rata-rata (\bar{X})		598,54	601,84	652,00	509,49
Standar Deviasi (SD)		302,429	201,017	362,946	185,773
$\bar{X} + SD$		900,97	802,86	1014,95	695,26
$\bar{X} - SD$		296,111	400,824	289,056	323,715
Rerata		569,11	556,50	511,81	501,15

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Tabel 4.29. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode ASTM (*Secant*)

Tekanan Hidrolik	Benda Uji	Modulus Of Elastiscity (MPa)			
		0%	2,50%	5%	7,50%
		Secant	Secant	Secant	Secant
25 kg/cm ²	1	248,886*	515,525	341,239*	663,804*
	2	994,392*	566,007	634,085	362,402*
	3	775,206	693,856	960,228	476,730
	4	420,144	803,496	765,697	440,850
	5	809,948	307,763*	331,496*	592,805
	6	579,74	896,813*	554,125	421,622
Rata-rata (\bar{X})		638,05	630,58	597,81	493,04
Standar Deviasi (SD)		274,835	212,792	244,748	113,375
$\bar{X} + SD$		912,89	843,37	842,56	606,41
$\bar{X} - SD$		363,218	417,785	353,063	379,660
Rerata		668,43	644,72	651,30	483,00

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Tabel 4.30. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode JIS

Tekanan Hidrolik	Benda Uji	Modulus Of Elastiscity (MPa)			
		0%	2,50%	5%	7,50%
		JIS	JIS	JIS	JIS
25 kg/cm ²	1	249,29*	519,23	342,74*	665,43
	2	1067,35*	566,69	635,53	363,57*
	3	776,70	695,37	962,63*	477,94
	4	421,45	806,27	767,69	442,30
	5	811,19	301,68*	454,91	771,87*
	6	584,58	898,01*	555,38	423,64
Rata-rata (\bar{X})		651,76	631,21	619,81	524,12
Standar Deviasi (SD)		294,374	215,051	222,598	158,778
$\bar{X} + SD$		946,13	846,26	842,41	682,90
$\bar{X} - SD$		357,385	416,157	397,213	365,347
Rerata		648,48	646,89	603,37	502,33

Keterangan :

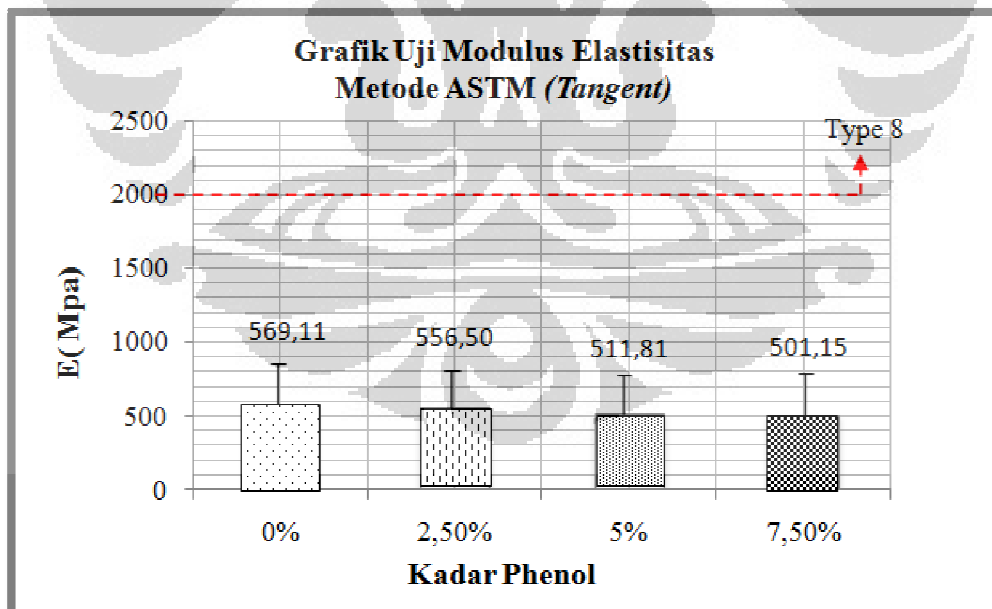
- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

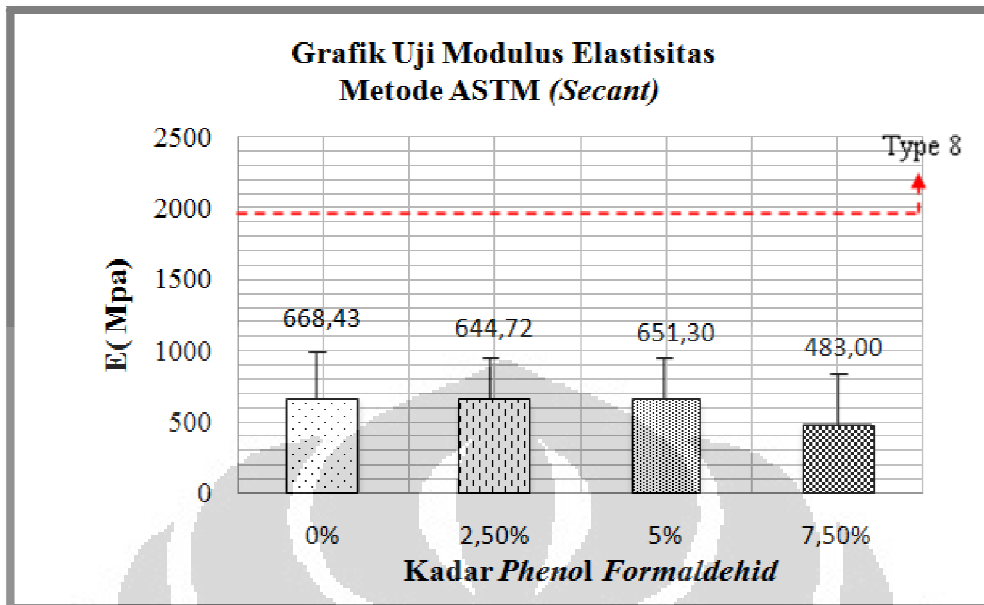
Tabel 4.31. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode pendekatan

Tekanan Hidrolik	Legend	Modulus Of Elastiscity (MPa)			
		0%	2.50%	5%	7.50%
		Pendekatan	Pendekatan	Pendekatan	Pendekatan
25 kg/cm ²	1	715.737	555.190	349.622*	714.518
	2	1026.297*	685.593	723.187	444.925
	3	774.980	697.308	1021.259*	533.621
	4	422.686*	851.096	838.594	467.791
	5	831.095	327.423*	527.620	867.206*
	6	603.516	1110.370*	634.443	444.453
Rata-rata		729.05	704.50	682.45	578.75
Standar Deviasi		205.267	264.994	235.747	174.318
X + SD		934.32	969.49	918.20	753.07
X – SD		523.785	439.503	446.707	404.435
Rerata		731.33	697.30	680.96	521.06

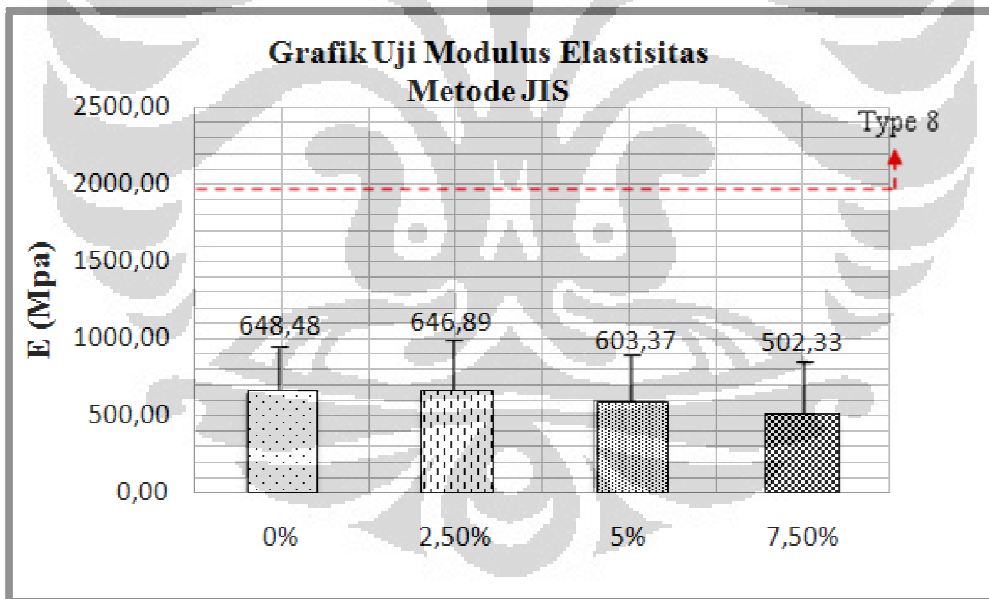
Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

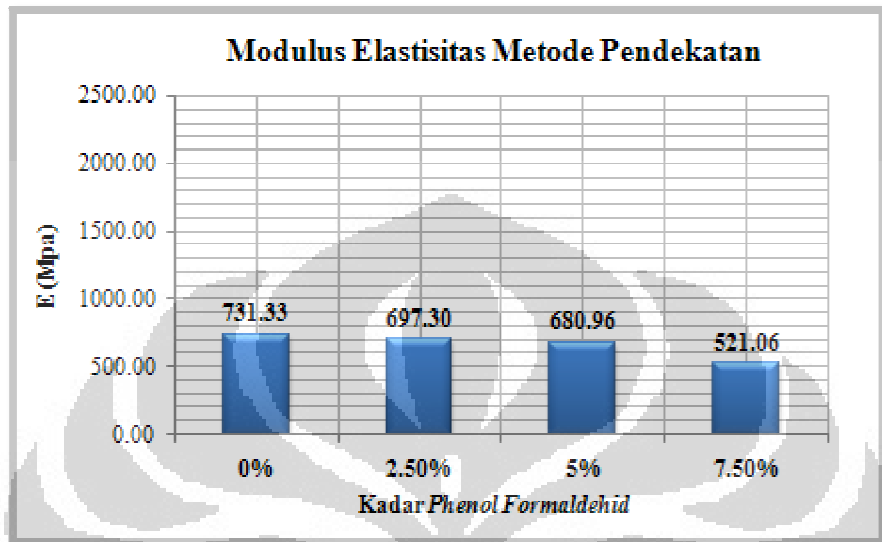
Grafik 4.8. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode ASTM (*Tangent*)

Grafik 4.9. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode ASTM (*Secant*)

Grafik 4.10. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode JIS



Grafik 4.11. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode pendekatan



Dari Grafik 4.8. sampai dengan Grafik 4.11. modulus elastisitas yang dihasilkan dapat dilihat pola bahwa semakin besar persentase aseptik maka semakin besar kerapatan yang didapat. Baik hasil dari metode tangent, secant, actual, maupun offset semua menunjukkan pola yang sama. Hal ini menunjukkan persentase aseptik sangat mempengaruhi terhadap nilai modulus benda uji dibanding persentase perekat phenol formaldehida sehingga benda uji dengan persentase aseptik yang lebih banyak mempunyai nilai modulus elastisitas yang lebih baik dari pada benda uji yang lebih sedikit persentase aseptiknya.

Walaupun demikian nilai modulus elastis yang dihasilkan dari papan partikel masih dari standar papan biasa tipe 18 yang menurut JIS (Japanese Industrial Standard) A 5908 – 2003: Particleboard harus memenuhi nilai 3000 MPa. Bahkan untuk mencapai papan biasa tipe 8 dengan nilai minimum harus memenuhi 2000 MPa masih jauh untuk menjangkaunya. Sedangkan untuk mencapai papan partikel struktural yang harus mencapai nilai modulus elastisitas minimum 3000 MPa.

4.5.2. Analisa Uji Keteguhan Patah (MOR)

Berikut ditampilkan hasil pengujian uji keteguhan patah pada Tabel 4.30 dibawah ini :

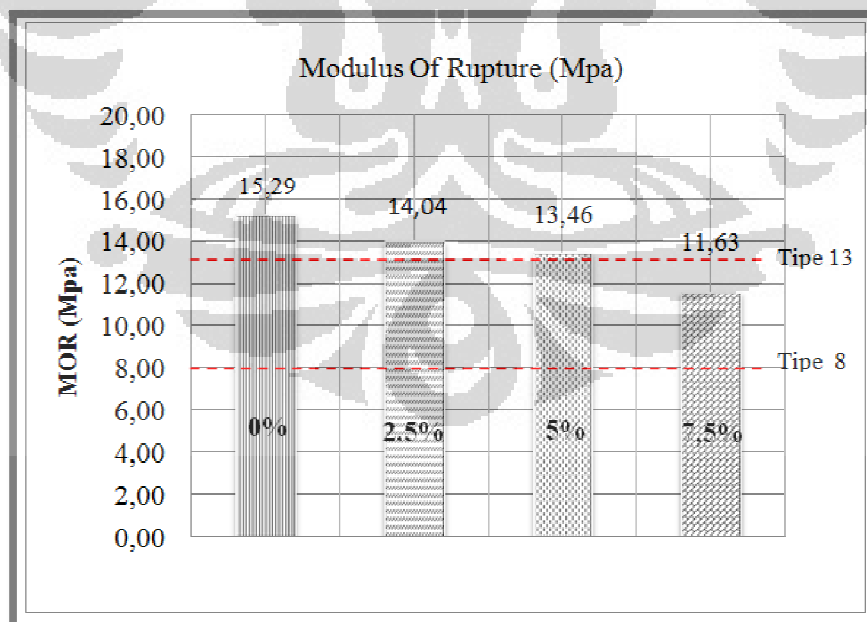
Tabel 4.32. Hasil Perhitungan Uji Keteguhan Patah

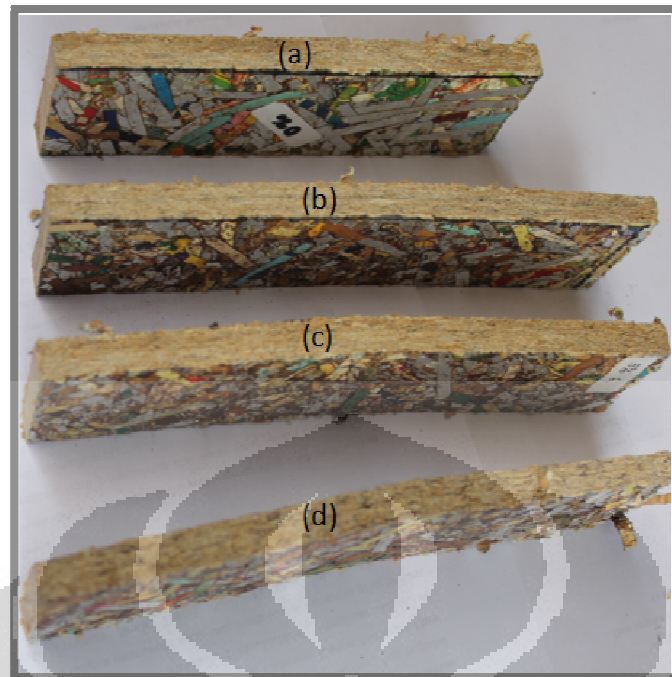
Tekanan Hidrolik	Legend	Modulus Of Rupture (MPa)			
		0%	2,50%	5%	7,50%
25 kg/cm ²	1	55,84*	12,78	8,43*	13,23
	2	17,34	11,36	14,880	9,10*
	3	16,64	14,99	18,94*	11,84
	4	12,33	17,05	15,26	12,12
	5	17,04	7,95*	11,42	16,35*
	6	13,08	18,33*	12,29	9,34
Rata-rata (\bar{X})		22,04	13,74	13,53	12,00
Standar Deviasi (SD)		16,692	3,837	3,635	2,683
$\bar{X} + SD$		38,74	17,58	17,17	14,68
$\bar{X} - SD$		5,352	9,906	9,900	9,313
Rerata		15,29	14,04	13,46	11,63

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Grafik 4.12. Hasil Perhitungan Uji Keteguhan Patah





Gambar 4.13 Kondisi Papan Partikel Setelah Uji Lentur (a) kadar PF 0%, (b) kadar PF 2,5%, (c) Kadar PF 5% dan (d) kadar PF 7,5%

Dari Grafik 4.13 uji kuat lentur yang dihasilkan tertinggi terdapat pada papan partikel dengan kadar PF 0% sebesar $15,29 \text{ N/mm}^2$, sedangkan nilai kuat lentur yang terendah terdapat pada papan partikel dengan kadar phenol 7,5% sebesar $11,63 \text{ N/mm}^2$. Dari grafik 4.13 dapat dilihat pola bahwa semakin kecil persentase dari perekat Phenol maka semakin besar nilai kuat lentur. Hal ini menunjukkan kuantitas aseptik sangat mempengaruhi terhadap nilai kuat lentur benda uji. Faktor yang mempengaruhi hal tersebut setelah dianalisis adalah kerapatan papan partikel, di benda uji kadar phenol 0%, mempunyai kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain. Hal ini disebabkan dari pengaruh phenol disaat pengempaan, phenol menguap sehingga membuat rongga pada papan partikel yang mempengaruhi secara langsung terhadap kekuatan lenturnya. Dapat dilihat gambar 4.13 kondisi benda uji setelah mengalami uji lentur, terlihat pada kada PF 0% lebih kaku setelah mengalami lentur.

Bagaimanapun juga nilai uji kuat lentur yang dihasilkan dari papan partikel masih memenuhi dari standar papan biasa paling rendah tipe 8 yang menurut JIS (Japanese Industrial Standard) A 5908 – 2003: Particleboard harus memenuhi nilai 8 MPa. Dari

semua benda uji yang ada semua memenuhi papan biasa tipe 8. Begitu juga pada tipe 13 menurut JIS nilai minimum kekuatan lentur adalah 13 MPa, dari pengujian ini untuk Papan Partikel kadar PF 0%,2,5% dan 5% ke tiganya memenuhi dari tipe 13.

Dalam pengujian sifat mekanis diatas yakni modulus elastisitas dan kuat lentur maka dapat ditentukan papan partikel dengan kadar phenol terbaik yakni papan partikel aseptik dengan kadar PF 0% dengan 100% aseptik, dimana akan digunakan sebagai panel untuk papan laminasi.

4.5.3. Analisa Uji Keteguhan Tarik (*Internal Bonding*)

Hasil pengujian uji keteguhan tarik serta deviasi yang terjadi pada papan komposit dengan berbagai kadar PF, dimana sisi yang lebih panjang (b1) dan sisi pendek (b2) dalam satuan mm, *Internal Bonding* (IB) dalam satuan (N/mm²), dipaparkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.33. Hasil perhitungan uji *Internal Bonding* papan komposit

Kadar PF	0,0%				2,5%				
	Benda Uji	b1 (mm)	b2 (mm)	P (N)	IB (N/mm ²)	b1 (mm)	b2 (mm)	P (N)	IB (N/mm ²)
	1	51,70	51,00	401,70	0,152	51,60	51,30	462,93	0,175
	2	50,90	50,55	436,64	0,170	53,35	51,30	403,17	0,147
	3	50,90	49,75	438,72	0,173	53,00	51,55	413,61	0,151
	4	55,15	51,90	409,02	0,143	51,20	51,00	418,24	0,160
	5	51,70	51,25	411,46	0,155	51,70	51,35	353,34	0,133
	6	51,35	51,20	379,73	0,144	52,70	51,70	370,06	0,136

Tabel 4.34. Hasil perhitungan uji *Internal Bonding* papan komposit lanjutan

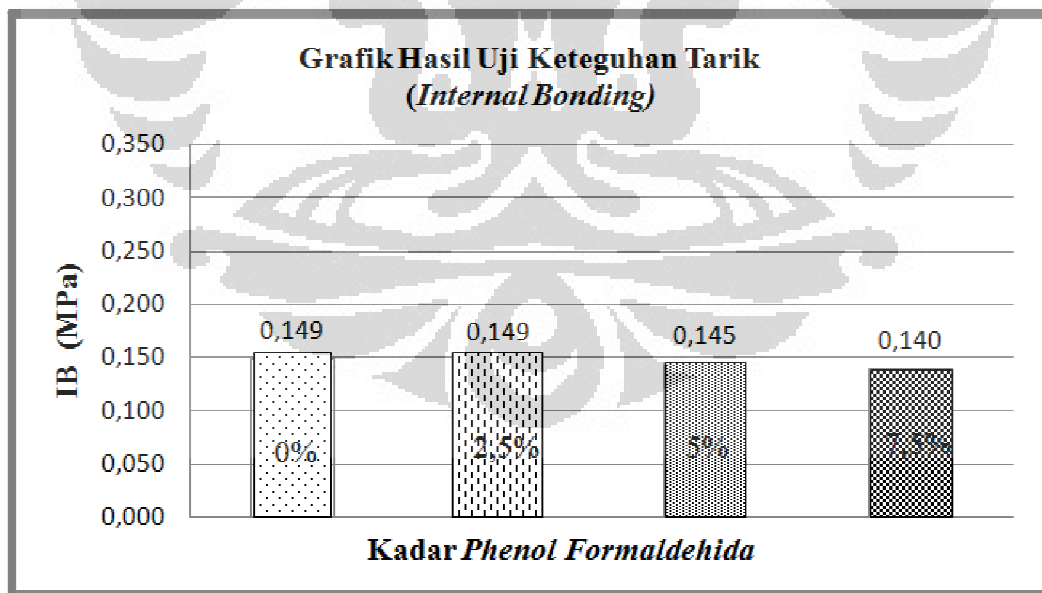
Kadar PF	5,0%				7,5%				
	Benda Uji	b1 (mm)	b2 (mm)	P (N)	IB (N/mm ²)	b1 (mm)	b2 (mm)	P (N)	IB (N/mm ²)
	1	51,50	51,30	389,31	0,147	54,50	52,60	445,20	0,155
	2	51,10	51,10	449,98	0,172	53,75	51,20	383,08	0,139
	3	52,80	51,60	345,41	0,127	51,75	51,40	356,84	0,134
	4	52,25	50,70	378,23	0,143	51,50	50,40	378,37	0,146
	5	51,30	51,00	391,21	0,150	50,85	50,40	406,10	0,158
	6	51,70	50,90	371,62	0,141	54,00	51,90	363,77	0,130

Tabel 4.35. Deviasi perhitungan uji *Internal Bonding* papan komposit

Kadar PF	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%
Benda Uji	IB (N/mm ²)	IB (N/mm ²)	IB (N/mm ²)	IB (N/mm ²)
1	0,1523	0,1749*	0,1474	0,1553*
2	0,1697*	0,1473	0,1723*	0,1392
3	0,1733*	0,1514	0,1268*	0,1342
4	0,1429	0,1602	0,1428	0,1458
5	0,1553	0,1331*	0,1495	0,1585*
6	0,1444	0,1358	0,1412	0,1298*
Rata-rata (\bar{X})	0,1563	0,1504	0,1467	0,1438
Standar Deviasi (SD)	0,0127	0,0156	0,0149	0,0115
$\bar{X} + SD$	0,1690	0,1660	0,1615	0,1553
$\bar{X} - SD$	0,1436	0,1348	0,1318	0,1323
Rerata	0,149	0,149	0,145	0,140

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Grafik 4.13. Hasil uji *Internal Bonding* papan komposit

Hasil pengujian keteguhan tarik menunjukkan nilai teguhan tarik tertinggi pada papan komposit kadar PF 0% sebesar 0,149 MPa. Sedangkan nilai keteguhan tarik terendah

pada papan komposit aseptik kadar PF 7,5% dengan nilai 0,14 MPa, seperti terlihat pada Grafik 4.13.

Hasil dari perhitungan Tabel 4.35 menunjukkan nilai keteguhan tarik di berbagai kadar perekat mempunyai perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Dari hasil pengujian Riko Febrian (2011) dikatakan papan komposit aseptik dengan kadar PF 10% menghasilkan nilai keteguhan tarik sebesar 0,2 MPa. Dimana pada penelitian ini kadar 7,5% mendapatkan hasil lebih rendah. Hal ini disebabkan kurangnya lem epoxy dalam proses merekatkan benda uji kepada balok kayu/besi. Sehingga kerekatan pada benda uji dengan alat tidak kuat.

Berdasarkan syarat umum dan syarat khusus JIS (Japanese Industrial Standard) A 5908 – 2003 : *Particleboard*(19) nilai *Internal Bonding* untuk tipe 18 : minimum 0,3 MPa ; tipe 13 : minimum 0,2 MPa ; tipe 8 : minimum 0,15 MPa untuk papan biasa. Dari Grafik 4.12. benda uji papan komposit ini semua tidak memenuhi memenuhi syarat.

4.6 Analisa Sifat Mekanik Papan Laminasi Aseptik Dengan Perekat Biji Plastik (*Polypropylene*)

Pada tahap ini pengujian sifat mekanik papan laminasi berupa, keteguhan tarik (*internal Bonding*) , keteguhan tekan, , MOE, MOR. dan konduktifitas

4.6.1. Analisa Pengujian Keteguhan Tarik (*Internal Bonding*)

Hasil pengujian uji keteguhan tarik serta deviasi yang terjadi papan laminasi baik 2 lapis maupun 3 lapis – disajikan dalam Tabel 4.36, Tabel 4.37, serta batasan standar deviasinya pada tabel 4.38 dan tabel 4.39. Dimana sisi yang lebih panjang (b1) dan sisi pendek (b2) dalam satuan mm, *Internal Bonding* (IB) dalam satuan (N/mm²) sebagai berikut :

Tabel 4.36. Hasil perhitungan uji *Internal Bonding* papan laminasi 2 lapis

No.	Bijih Plastik				Epoxy			
	p (mm)	l (mm)	P (N)	IB (N/mm ²)	p (mm)	l (mm)	P (N)	IB (N/mm ²)
1	52,70	52,60	790,37	0,285	51,80	50,35	1095,98	0,420
2	54,50	51,20	1231,87	0,441	51,80	49,00	1078,89	0,425
3	52,60	51,40	647,38	0,239	52,10	51,10	899,88	0,338
4	51,20	50,40	889,88	0,345	50,40	50,35	1024,91	0,404
5	53,75	50,40	923,04	0,341	50,85	49,00	1001,23	0,402
6	54,00	51,90	820,10	0,293	51,90	51,10	855,34	0,323

Tabel 4.37. Hasil perhitungan uji *Internal Bonding* papan laminasi 3 lapis

No.	Bijih Plastik				Epoxy			
	p (mm)	l (mm)	P (N)	IB (N/mm ²)	p (mm)	l (mm)	P (N)	IB (N/mm ²)
1	51,55	51,30	867,75	0,328	53,00	51,80	675,44	0,246
2	53,00	51,20	1074,32	0,396	51,80	50,00	396,42	0,153
3	51,00	51,40	716,35	0,273	53,50	52,10	701,79	0,252
4	51,20	52,60	886,14	0,329	51,80	50,35	591,21	0,227
5	51,35	51,20	892,27	0,339	51,80	49,00	563,14	0,222
6	51,70	51,40	861,59	0,324	52,10	51,10	618,71	0,232

Tabel 4.38. Deviasi perhitungan uji *Internal Bonding* papan laminasi 2 lapis

No. Benda Uji	Bijih Plastik	Epoksi
	IB 2 Lapis	IB 2 Lapis
1	0,285	0,420
2	0,441*	0,425
3	0,239*	0,338*
4	0,345	0,404
5	0,341	0,402
6	0,293	0,323*
Rata-rata (\bar{X})	0,324	0,385
Standar Deviasi (SD)	0,070	0,044
$\bar{X} + SD$	0,394	0,429
$\bar{X} - SD$	0,255	0,341
Rerata	0,316	0,413

Keterangan :

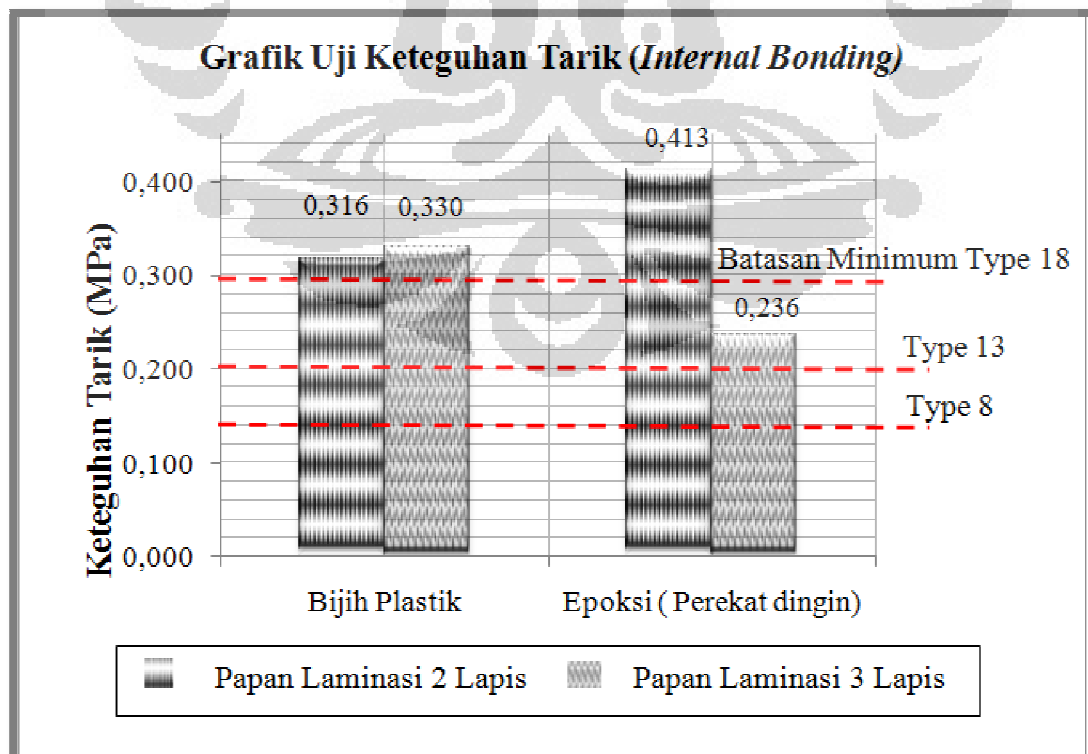
- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

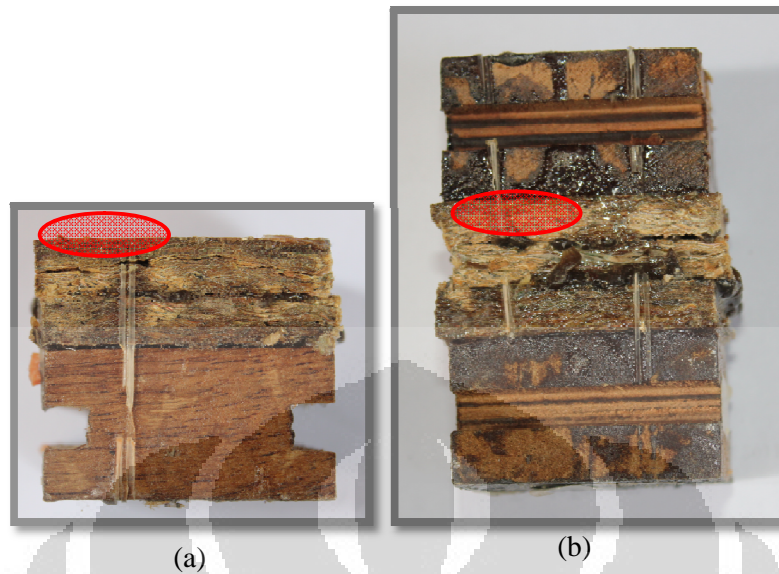
Tabel 4.39. Deviasi perhitungan uji *Internal Bonding* papan laminasi 3 lapis

Jenis Perekat	Bijih Plastik	Epoksi
No. Benda Uji	IB 3 Lapis	IB 3 Lapis
1	0,328	0,246
2	0,396*	0,153*
3	0,273*	0,252
4	0,329	0,227
5	0,339	0,222
6	0,324	0,232
Rata-rata (\bar{X})	0,332	0,222
Standar Deviasi (SD)	0,039	0,036
$\bar{X} + SD$	0,371	0,258
$\bar{X} - SD$	0,292	0,186
Rerata	0,330	0,236

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Grafik 4.14. Hasil uji *Internal Bonding* papan laminasi



Gambar 4.14 (a) Hasil uji *Internal Bonding* 2 lapis (b) 3 lapis

Hasil pengujian keteguhan tarik pada papan laminasi dengan perekat bijih plastik (panas) pada Gambar 4.14 memperlihatkan setelah pengujian keteguhan rekat terjadi keretakan di bagian papan panel aseptik akibat tarik pada dua lapis maupun 3 lapis. Melainkan pada lapisan perekat (*Polypropylene*) masih tetap merekat kuat. Dapat disimpulkan bahwa bahan aseptik bereaksi atau rekat dengan baik dengan bijih plastik. Berdasarkan syarat umum dan syarat khusus JIS (Japanese Industrial Standard) A 5908 – 2003 : *Particleboard*⁽¹⁹⁾ Uji *Internal Bonding* untuk tipe 18 : minimum 0,3 MPa ; tipe 13 : minimum 0,2 MPa ; tipe 8 : minimum 0,15 MPa untuk papan biasa. Dari Grafik 4.14. kedua jenis benda uji memenuhi syarat, kecuali pada perekat dingin dengan laminasi 3 lapis kurang dari batas minimum tipe 18 yakni kurang dari 0,3 MPa. Kekuatan tarik papan laminasi perekat biji plastik (panas) dengan 3 lapis lebih besar dibanding dengan 2 lapis. Sebaliknya untuk perekat dingin 3 lapis lebih rendah dibanding 2 lapis. Penurunan kekuatan tarik yang sangat jauh di perekat dingin dari 2 lapis ke 3 lapis ini , dapat diduga bahwa kurang ratanya penyebaran perekat dingin ke setiap permukaan lapisan papan, sehingga adanya rongga ataupun membuat ketidakrekatan antar lapisan.

4.6.2. Analisa Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan ini mengacu pada SNI 03-6825-2002, dimana benda uji dibentuk dimensi kubus. Pengujian kuat tekan papan laminasi hanya dilakukan pada perekat dingin (*Epoxy*), dikarenakan keterbatasan alat bantu Kempa panas yang ada di laboratorium IPB. Alat bantu disini adalah *stick* besi yang berfungsi sebagai pencetak ketebalan rencana benda uji yang akan diKempa. Pengujian tekan dilakukan terhadap sejajar serat dan tegak lurus serat. Dalam hal ini sisi panjang (a), sisi pendek (b) dalam satuan (mm), dijabarkan pada Tabel 4.40 dan 4.41 sebagai berikut :

Tabel 4.40 Hasil perhitungan pengujian kuat tekan

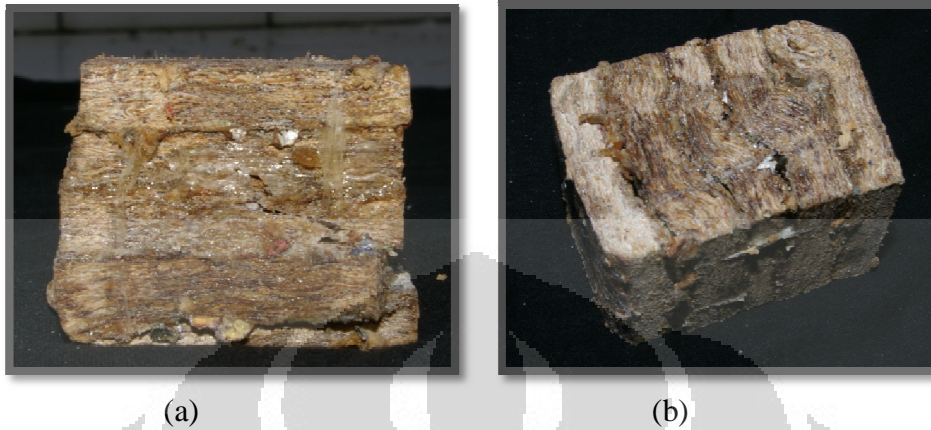
No Benda Uji	Tegak Lurus Serat				Sejajar Serat			
	a (mm)	b (mm)	P (N)	Tekan (N/mm ²)	a (mm)	b (mm)	P (N)	Tekan (N/mm ²)
1	50,40	50,20	127500	50,394	50,30	50,20	19000	7,525
2	50,65	50,35	100000	39,212	50,65	50,40	20000	7,835
3	50,35	50,15	102500	40,593	50,90	50,75	17500	6,775
4	50,85	50,15	70000	27,450	50,90	50,75	22500	8,710
5	51,70	51,25	95000	35,854	51,70	51,35	18000	6,780
6	51,35	51,20	100000	38,036	52,70	51,70	19000	6,974

Tabel 4.41 Deviasi perhitungan pengujian kuat tekan

No. Benda Uji	Tegak lurus Serat	Sejajar Serat
	Tekan (N/mm ²)	Tekan (N/mm ²)
1	50,3937*	7,5246
2	39,2122	7,8347
3	40,5932	6,7746
4	27,4496*	8,7102*
5	35,8541	6,7802
6	38,0355	6,9735
Rata-rata (\bar{X})	38,5897	7,4330
Standar Deviasi (SD)	7,4247	0,7579
$\bar{X} + SD$	46,0144	8,1908
$\bar{X} - SD$	31,1651	6,6751
Rerata	38,424	7,178

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi



Gambar 4.15 Benda uji hasil uji tekan ; (a) tegak lurus serat (b) searah serat

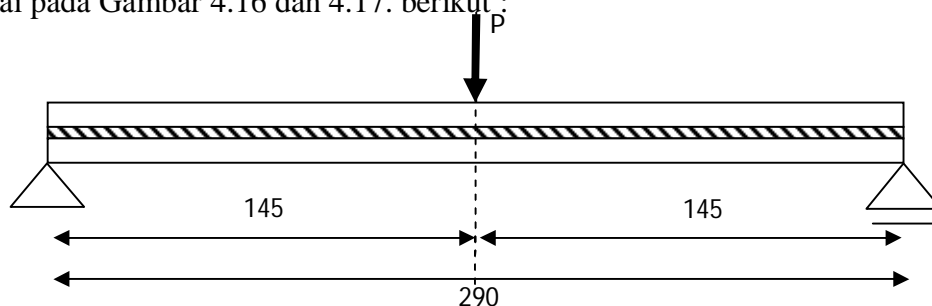
Hasil dari uji tekan, menunjukkan hasil maksimum pada pengujian lurus pada serat papan yakni dengan kuat tekan sebesar $38,424 \text{ (N/mm}^2\text{)}$, sedangkan pada sejajar serat mempunyai nilai yang rendah yakni $7,178 \text{ (N/mm}^2\text{)}$. Hal ini menunjukkan bahwa dalam arah sejajar serat, perekat laminasi kurang mampu menahan beban. Selain itu dapat dilihat pada Gambar 4.15 (b), terlihat bahwa retak terjadi pada setiap lapisan perekat. Disimpulkan bahwa perekat dingin yang digunakan (Epoxy) tidak mampu menahan beban searah serat.

4.6.3. Analisa Pengujian Modulus Elastisitas Papan Laminasi

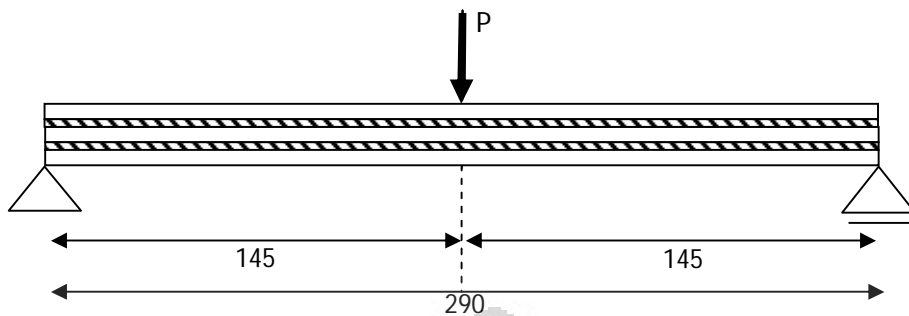
Contoh perhitungan kuat lentur dan modulus elastisitas untuk benda uji Papan Laminasi 2 lapis kadar aseptik 100% dengan bijih plastik sebagai perekat panas antar lapisan, dengan tekanan pembuatan sebesar 25 kg/cm^2 :

1. Akibat Beban P

Posisi beban terpusat tepat pada tengah bentang dengan perletakan sendi rol sesuai pada Gambar 4.16 dan 4.17. berikut :



Gambar 4.16. Tumpuan sendi rol akibat beban P pada papan laminasi 2 lapis



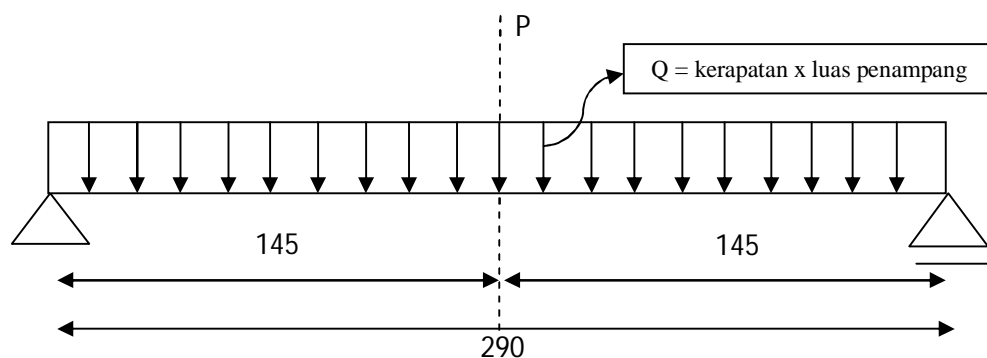
Gambar 4.17. Tumpuan sendi rol akibat beban P pada papan laminasi 3 lapis

Tabel 4.42. Beban vs Lendutan Laminasi Biji Plastik 2 dan 3 lapis

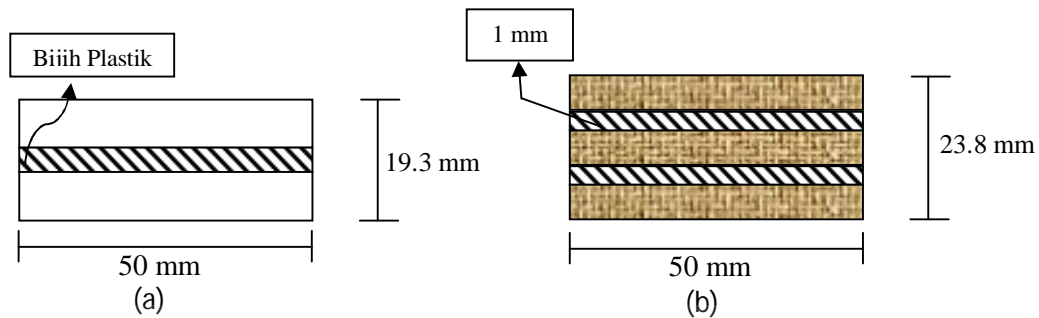
2 Lapis		3 Lapis	
Beban (N)	ΔL (mm)	Beban (N)	ΔL (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00
181	2,83	68	1,32
270	4,03	254	2,42
487	7,97	433	3,60
547	9,47	589	4,78
580	10,47	725	5,97
609	11,38	842	7,15
659	13,47	942	8,33
690	15,38	1.024	9,52
701	17,55	1.216	14,90

2. Akibat Beban Sendiri

Berikut pada Gambar 4.18. model pembebanan akibat beban sendiri serta properti penampang benda uji pada Gambar 4.19.



Gambar 4.18. Tumpuan sendi rol akibat beban sendiri papan laminasi



Gambar 4.19 Papan laminasi (a) dua lapis (b) tiga lapis

3. Diagram Regangan dan Tegangan

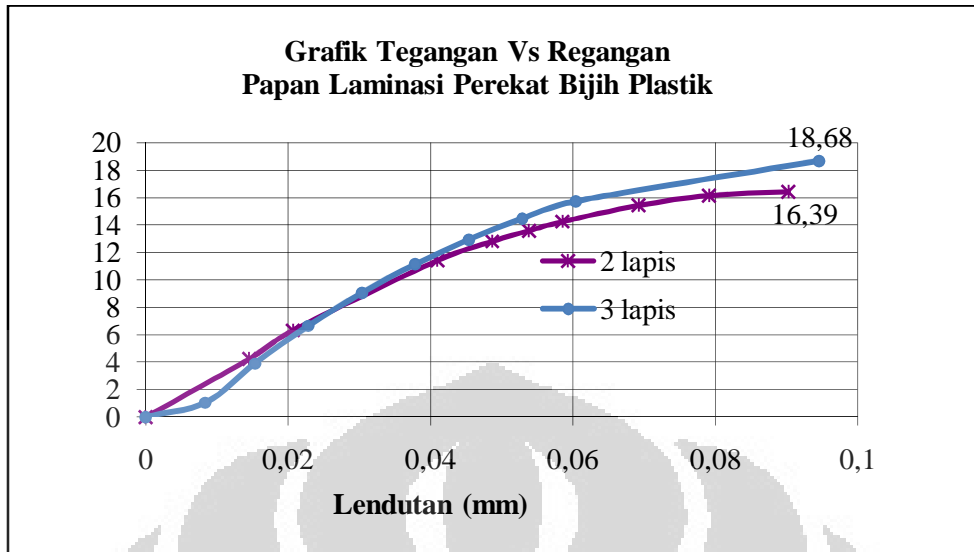
Metode maupun Perhitungan regangan dan tegangan papan laminasi sama halnya dengan papan partikel yakni menggunakan standard ASTM-C 580-02 dilakukan pada semua beban P yang ada dan ditampilkan dalam sebuah tabel, sehingga dari diagram beban vs lendutan bisa di konversi menjadi diagram regangan vs tegangan seperti yang disajikan pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43. Tegangan Vs Regangan

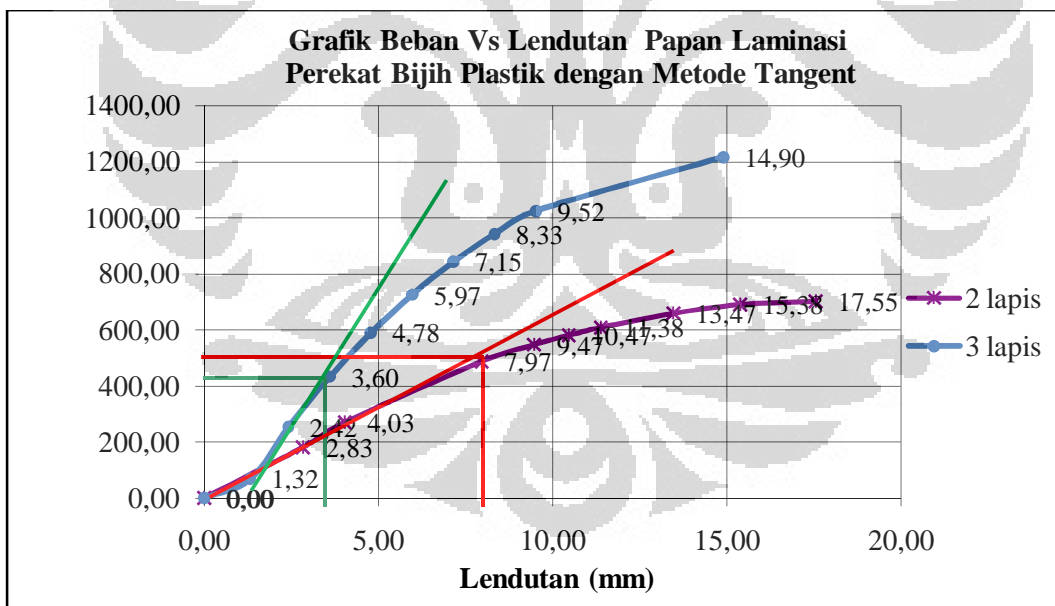
Dua Lapis				Tiga Lapis			
Tegangan (MPa)		Regangan		Tegangan (MPa)		Regangan	
P	P+BS	P	P + BS	P	P+BS	P	P + BS
0	0	0	0	0	0	0	0
4,225	4,234	0,0145821	0,014539	1,05	1,06	0,008355	0,008401
6,303	6,312	0,0207572	0,020716	3,90	3,91	0,015336	0,015359
11,377	11,386	0,0410012	0,040957	6,65	6,66	0,022847	0,022867
12,774	12,783	0,0487216	0,048674	9,05	9,06	0,030357	0,030376
13,556	13,564	0,0538676	0,053818	11,14	11,15	0,037869	0,037888
14,213	14,222	0,0585861	0,058535	12,94	12,94	0,045378	0,045398
15,388	15,397	0,0693082	0,069252	14,47	14,47	0,052888	0,052909
16,108	16,117	0,0791728	0,079112	15,73	15,73	0,060398	0,060421
16,382	16,391	0,0903237	0,090255	18,67	18,68	0,094565	0,094594

Dari Tabel 4.43. diatas di dapat grafik tegangan vs regangan seperti Grafik 4.15. sedangkan tabel 4.42 digambarkan pada grafik 4.16 dan 4.17 untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas pada standard AST, seperti dibawah ini :

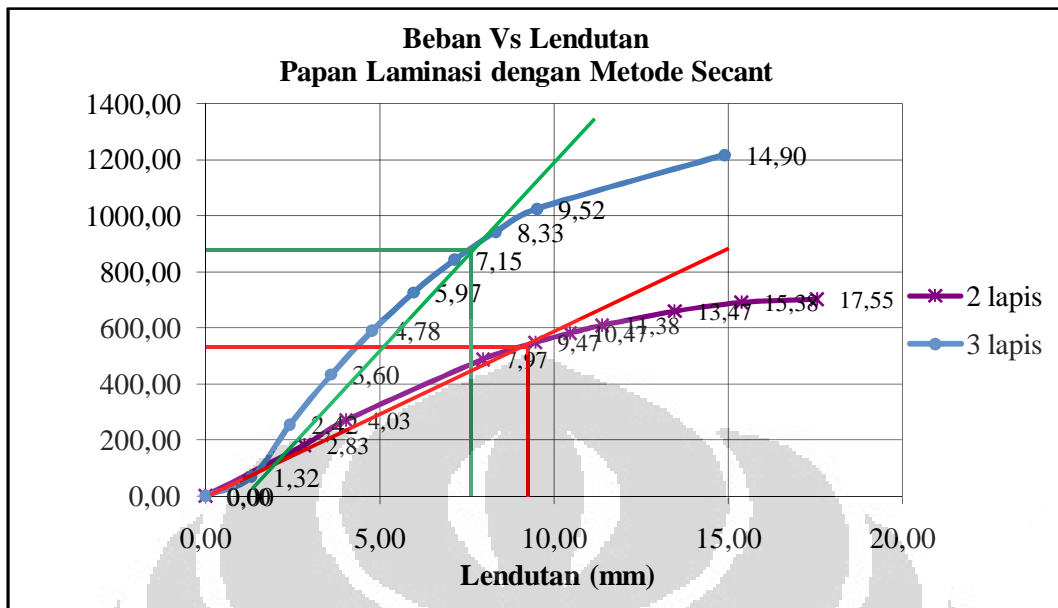
Grafik 4.15. Tegangan Vs Regangan Papan Laminasi Perekat Bijih Plastik



Grafik 4.16. Beban vs lendutan Papan Laminasi Perekat Bijih Plastik Metode Tangent



Grafik 4.17. Beban vs lendutan Papan Laminasi Perkat Biji Plastik Metode Secant



Dari Grafik 4.16 dan 4.17 dapat menentukan nilai Modulus Elastisitas metode Tangent dan Secant sesuai dengan rumus yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada umumnya semua metode yang dilakukan di papan laminasi sama halnya dengan papan partikel dalam mencari modulus elastisitas. Berikut disajikan hasil pengujian modulus elastisitas berurutan dari metode tangent, secant, JIS dan Pendekatan pada Tabel 4.44 sampai dengan Tabel 4.47

Tabel 4.44. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode tangen

Tekanan Hidrolik	Legend	Modulus Of Elastiscity (MPa)			
		Biji Plastik		Epoxy	
		2 lapis	3 Lapis	2 lapis	3 Lapis
25 kg/cm ²	1	1037,19	1088,50	894,45	475,13
	2	1244,69	684,69	860,97	673,72*
	3	1193,37	803,96763	881,25	375,01*
	4	996,46*	556,31*	654,842	570,80
	5	1075,41	803,146873	154,14*	492,62
	6	1288,77*	1340,65*	1015,66	430,74
Rata-rata (\bar{X})		1139,32	879,54	743,55	503,00
Standar Deviasi (SD)		119,401	286,454	311,397	106,048
$\bar{X} + SD$		1258,72	1166,00	1054,95	609,05
$\bar{X} - SD$		1019,914	593,091	432,155	396,956
Rerata		1109,42	845,07	861,43	492,32

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Tabel 4.45. Hasil perhitungan modulus elastisitas arah panjang metode secan

Tekanan Hidrolik	Legend	Modulus Of Elastiscity (MPa)			
		Bijih Plastik		Epoxy	
		2 lapis	3 Lapis	2 lapis	3 Lapis
25 kg/cm ²	1	1003,919	1053,467	841,688	461,290
	2	1196,983	1152,877	790,267	656,014*
	3	1193,367	803,96763	895,557	339,720*
	4	996,461	556,314*	704,553*	553,975
	5	1075,411	803,1468	135,171*	483,105
	6	778,151*	1337,985	851,603	416,584
Rata-rata (\bar{X})		1040,72	951,29	703,14	485,12
Standar Deviasi (SD)		155,678	282,937	285,812	109,869
$\bar{X} + SD$		1196,39	1234,23	988,95	594,98
$\bar{X} - SD$		885,037	668,356	417,328	375,246
Rerata		1093,23	1030,29	844,78	478,74

Keterangan :

- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Tabel 4.46. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode JIS

Tekanan Hidrolik	Legend	Modulus Of Elastiscity (MPa)			
		Bijih Plastik		Epoxy	
		2 lapis	3 Lapis	2 lapis	3 Lapis
25 kg/cm ²	1	1010	1057,18	581,80	465,67
	2	1492,49*	1436,48	569,17	659,03*
	3	1193,37	803,97	713,35*	342,70*
	4	996,46	556,31*	434,34*	556,94
	5	1075,41	803,14	491,54	485,12
	6	782,31*	1353,02*	552,60	519,85
Rata-rata (\bar{X})		1091,62	1001,69	557,14	504,89
Standar Deviasi (SD)		237,802	344,218	94,400	104,813
$\bar{X} + SD$		1329,43	1345,90	651,54	609,70
$\bar{X} - SD$		853,822	657,468	462,739	400,077
Rerata		1068,74	1025,19	548,78	506,90

Keterangan :

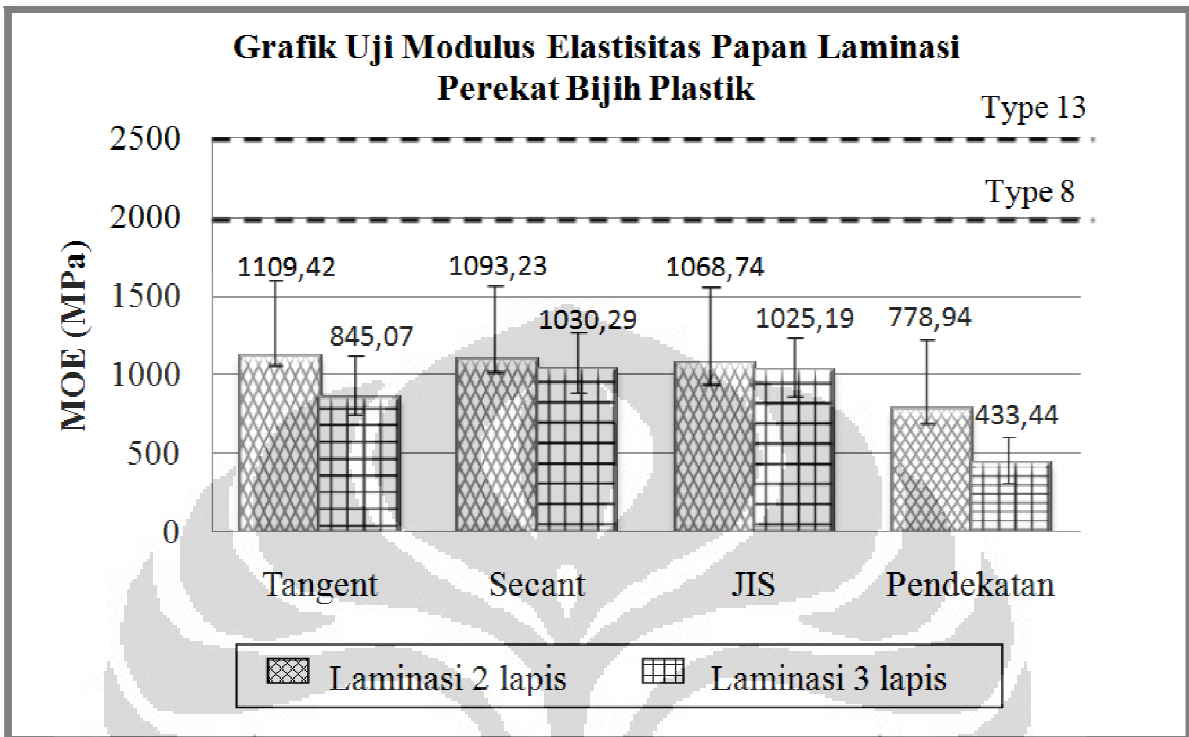
- * Hasil kadar air yang tidak masuk dari persyaratan batas atas dan batas bawah dari deviasi
- Rerata adalah rata-rata dari angka hasil uji yang masuk batasan deviasi

Tabel 4.47. Hasil perhitungan modulus elastisitas metode pendekatan

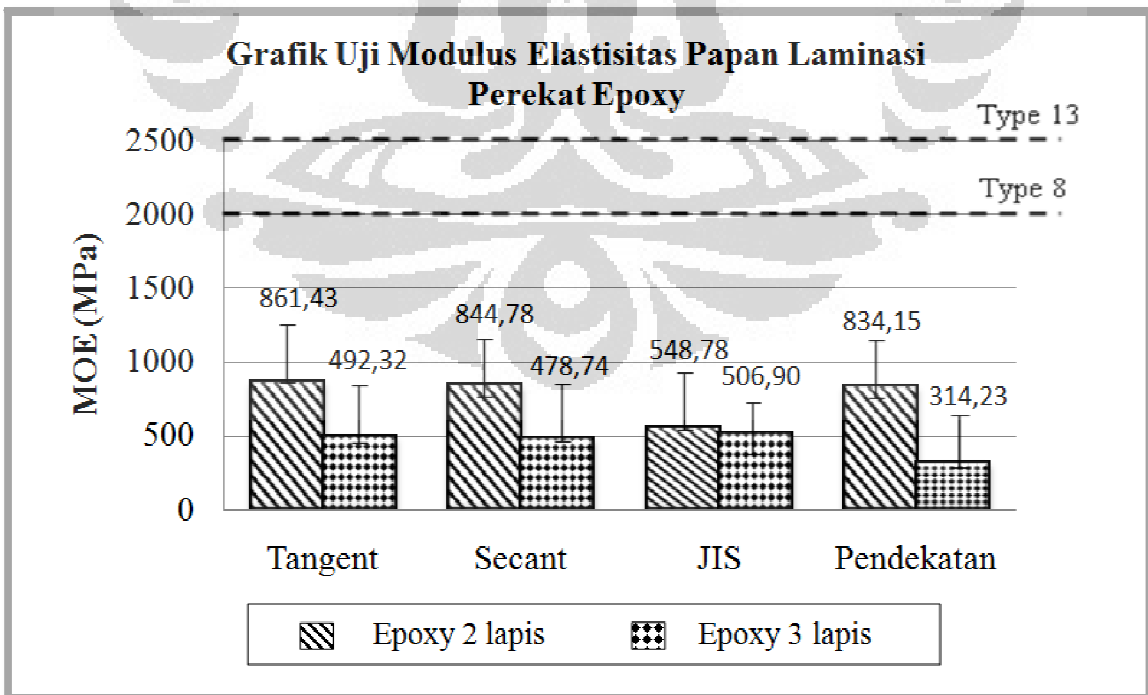
Tekanan Hidrolik	Legend	Modulus Of Elastiscity (MPa)			
		Bijih Plastik		Epoxy	
		2 lapis	3 Lapis	2 lapis	3 Lapis
25 kg/cm ²	1	536.79	913.86	459.52	297.62
	2	856.57	1153.40*	449.55	496.85*
	3	942.55*	634.99	563.42	228.92*
	4	787.03	439.39*	343.06*	365.82
	5	849.38	634.34	388.24	285.71
	6	398.88*	877.06	436.46	307.76
Rata-rata		728.53	775.51	440.04	330.45
Standar Deviasi		212.442	254.913	74.559	92.564
X + SD		940.97	1030.42	514.60	423.01
X - SD		516.091	520.593	365.481	237.882
Rerata		778.94	834.15	433.44	314.23

Nilai hasil keteguhan lentur tertinggi dari papan laminasi aseptik dengan perekat bijih plastik terdapat pada papan laminasi metode tangent dengan perlakuan 2 lapis dengan nilai keteguhan lentur sebesar 1109,42 N/mm², sedangkan nilai keteguhan lentur papan laminasi dengan perlakuan 3 lapis metode tangent mempunyai nilai keteguhan lentur sebesar 845, 07 N/mm². Sedangkan nilai terendah dihasilkan dari metode JIS dengan nilai rata-rata keteguhan lentur sebesar 884,04 N/mm² pada laminasi 3 lapis, sedangkan pada laminasi dua lapis mempunyai hasil keteguhan lentur sebesar 549,88 N/mm². Rata-rata nilai keteguhan lentur dapat dilihat dalam Grafik 4.18 sampai dengan Grafik 4.20. Dapat dilihat pada metode pendektan mempunyai nilai yang sangat jauh dibandingkan dengan metode lain. Hal ini disebabkan asumsi persamaan yang digunakan pada lendutan adalah parabola.

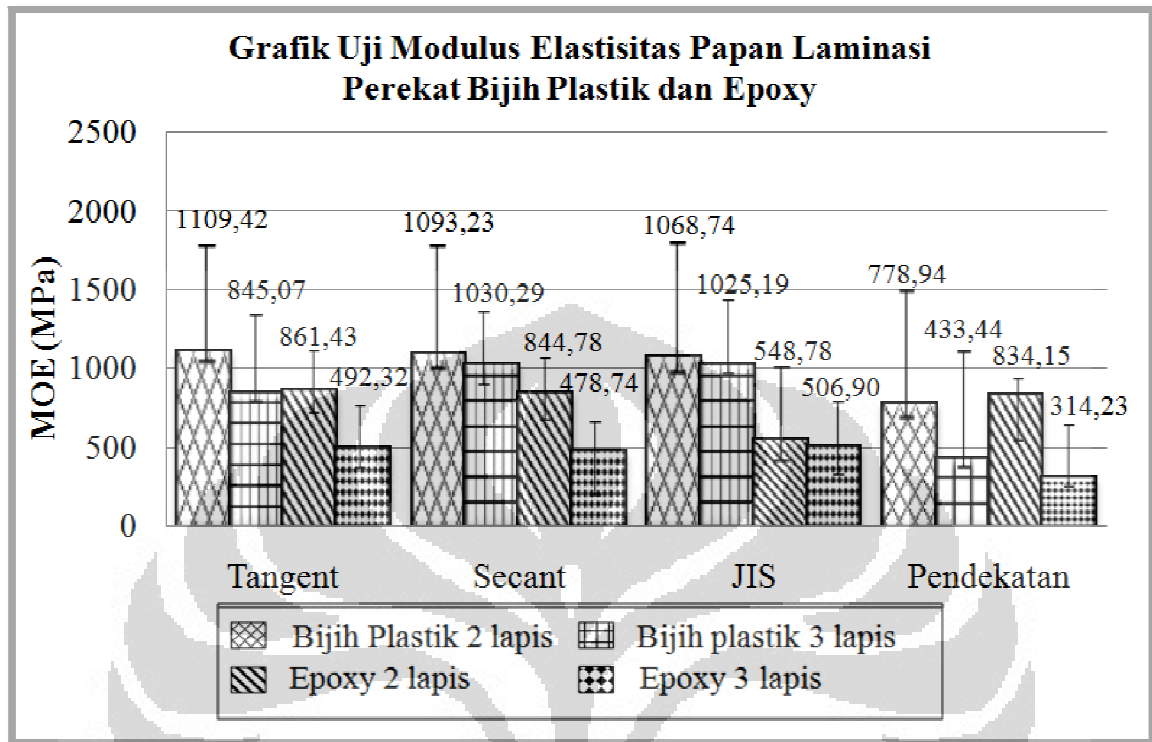
Grafik 4.18 Uji modulus elastisitas papan laminasi perekat bijih plastik



Grafik 4.19 Uji modulus elastisitas papan laminasi perekat epoxy



Grafik 4.20 Hasil uji modulus elastisitas papan laminasi dengan perekat bijih plastik dan epoxy



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.20 Kondisi Papan Laminasi setelah Uji Lentur (a) Papan Laminasi Biji Plastik 3 dan 2 lapis (b) Papan Laminasi Perekat 2 lapis Biji Plastik dan Epoxy (c) Papan Laminasi 3 lapis Biji plastik dan Perekat Epoxy

Berdasarkan JIS A 5908 : 2003 yang mensyaratkan keteguhan lentur papan partikel tipe 13 minimal 2500 N/mm^2 sedangkan untuk papan type 8 batas minimal sebesar 2000 N/mm^2 , maka dalam penelitian semua perlakuan tidak memenuhi standar keteguhan minimum. Pada gambar 4.20 dimana terlihat adanya perbedaan dimensi pada papan laminasi aseptik dan epoxy. Dimana pada lapisan perekat biji plastik mempunyai tebal yang lebih besar dibandingkan dengan *epox*.

Didalam grafik di semua metode perhitungan menunjukkan hal yang sama yakni penurunan keteguhan lentur pada perlakuan papan laminasi 3 lapis. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah lapisan laminasi mempengaruhi nilai modulus elastis pada papan laminasi. Ini disebabkan papan laminasi 2 lapis mempunyai kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan laminasi dengan kerapatan 3 lapis. Faktor yang mempengaruhi kerapatan dalam hal ini yakni, perekat laminasi yaitu bijih plastik yang tidak merekat dengan baik keseluruhan permukaan lapisan papan aseptik di setiap lapisan. Kerekatan ini dipengaruhi dalam proses pengempaan yang kurang sempurna, yakni dari segi waktu, suhu, dan penekanan yang digunakan. Dalam pengujian ini ada beberapa benda uji yang mana perekat bijih plastik pada laminasi 3 lapis, tidak mencair ataupun meleleh pada waktu 15 menit dengan suhu 175°C. Menurut Haygreen dan Bowyer (1989), semakin tinggi kerapatan papan partikel dan keteguhan rekat internalnya maka MOR dan MOE papan juga semakin tinggi.

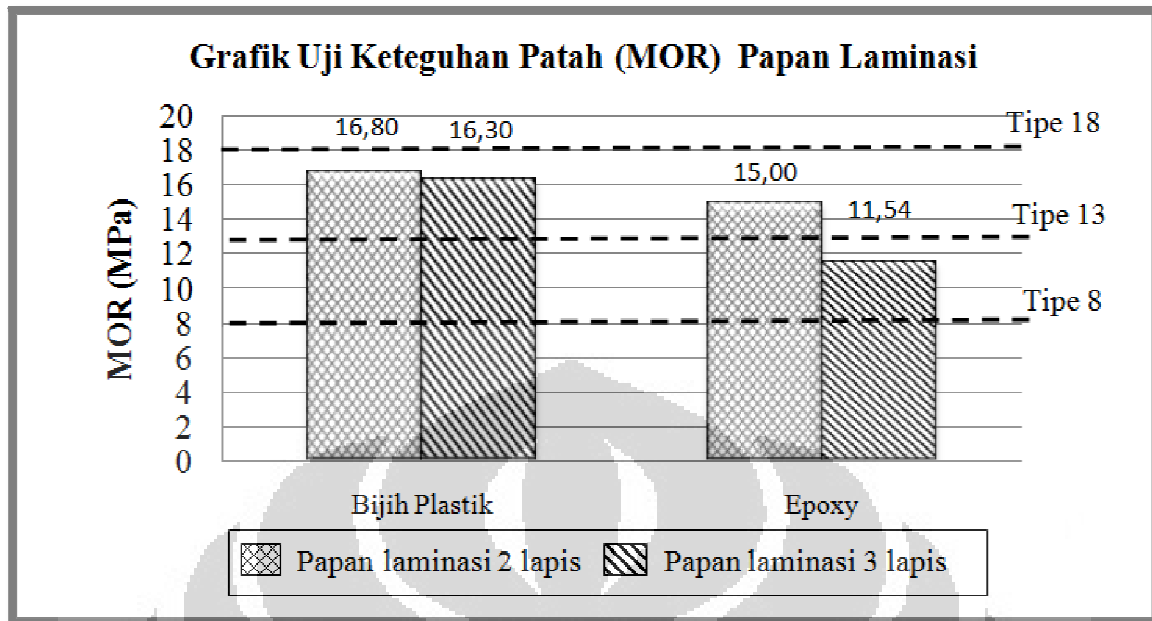
4.6.4. Analisa Keteguhan Patah Papan Laminasi (*Modulus Of Rupture*)

Berikut ditampilkan hasil pengujian uji Keteguhan Patah pada Tabel 4.38 dibawah ini :

Tabel 4.48 Keteguhan Patah Papan Laminasi

Tekanan Hidrolik	Legend	Modulus Of Rupture (MPa)			
		Bijih Plastik		Epoxy	
		2 lapis	3 Lapis	2 lapis	3 Lapis
25 kg/cm ²	1	16,415	18,70	8,426*	13,230*
	2	17,19	18,74	14,88	9,101*
	3	17,26	13,76	18,94*	11,838
	4	17,92*	12,36*	15,259	12,12
	5	16,31	13,99	13,85	11,025
	6	15,11*	21,88*	16,010	11,166
Rata-rata (\bar{X})		16,70	16,57	14,56	11,41
Standar Deviasi (SD)		0,979	3,735	3,463	1,381
$\bar{X} + SD$		17,68	20,31	18,02	12,79
$\bar{X} - SD$		15,723	12,835	11,096	10,032
Rerata		16,80	16,30	15,00	11,54

Grafik 4. 21 Uji Keteguhan Patah Papan Laminasi



Berdasarkan standar JIS A 5908 : 2003 yang mensyaratkan keteguhan patah papan partikel tipe 8 minimal adalah 8 N/mm^2 , untuk tipe 13 minimal 13 maka sebagian besar papan laminasi hasil penelitian telah memenuhi standar. Nilai keteguhan patah tertinggi terdapat pada papan laminasi dengan perekat biji plastik (panas) dengan perlakuan 2 lapis sebesar $16,8 \text{ N/mm}^2$, sedangkan nilai keteguhan patah terendah terdapat di papan laminasi perekat Epoxy (dingin) pada papan perlakuan 3 lapis sebesar $11,54 \text{ N/mm}^2$. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa perekat biji plastik masih lebih unggul dibandingkan dengan perekat epoksi (dingin) dalam uji keteguhan patah. Dapat dijelaskan bahwa pada papan laminasi dengan perekat biji plastik mempunyai ikatan yang sangat kuat antar lapisan panel dibandingkan dengan epoksi, ikatan tersebut tercipta dari proses pengempaan. Terbukti dengan pengempaan yang sempurna biji plastik akan mencair dan menciptakan ikatan yang kuat antara partikel.

Sedangkan papan laminasi dengan perlakuan 3 lapis memperlihatkan penurunan baik perekat epoxy (dingin) maupun perekat biji plastik (panas). Ini membuktikan bahwa jumlah lapisan laminasi mempengaruhi nilai keteguhan patah pada papan laminasi. Pada laminasi 3 lapis dengan perekat biji plastik (panas) diduga penyebaran panas pada proses pengempaan pada biji plastik kurang sempurna, sehingga terjadinya penurunan

keteguhan patah. Ini disebabkan pertambahan tebal dari beda uji, sehingga mempengaruhi proses penyebaran panas yang kurang merata.

4.6.5. Analisa Geser Papan Laminasi

Pengujian keteguhan geser rekat dilakukan terhadap bidang geser antara dua jenis papan partikel aseptic dengan perekat bijih plastik dan perekat epoxy sebagai pembanding.



Gambar 4.21 Benda Uji Geser Papan Laminasi

Hasil pengujian uji geser serta deviasi yang terjadi disajikan dalam Tabel 4.45. dan Tabel 4.46, dimana sisi terpanjang (a) dan sisi pendek (b) dalam satuan (mm), dijabarkan sebagai berikut :

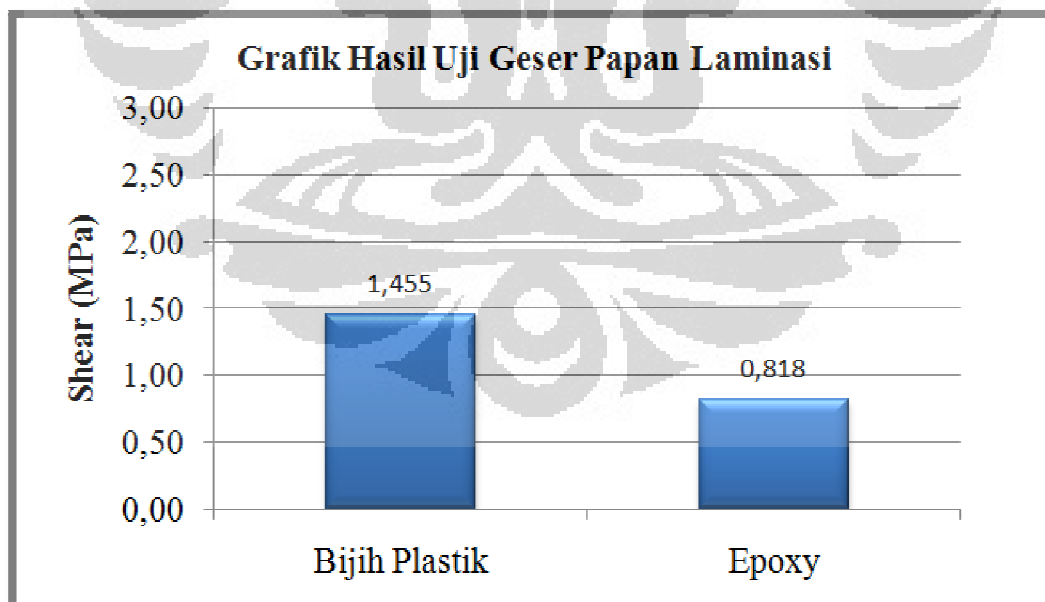
Tabel 4.49. Hasil Perhitungan Uji Geser

No. Benda Uji	Bijih Plastik				Epoxy			
	a (mm)	b (mm)	P (N)	Shear (N/mm ²)	a (mm)	b (mm)	P (N)	Shear (N/mm ²)
1	52,70	52,60	4276,37	1,543	51,80	50,35	1600,02	0,613
2	54,50	51,20	3918,25	1,404	51,80	49,00	3189,51	1,257
3	52,60	51,40	3894,28	1,440	52,10	51,10	1270,44	0,477
4	53,00	51,80	4029,63	1,468	50,90	50,85	2819,99	1,090
5	51,80	50,00	4177,39	1,613	50,40	49,75	2159,98	0,861
6	53,50	52,10	3957,10	1,420	50,90	50,40	1816,80	0,708

Tabel 4.50. Deviasi Hasil Perhitungan Uji Geser

No. Benda Uji	Bijih Plastik	Epoxy
	Geser 2 Lapis	Geser 2 Lapis
1	1,543	0,613
2	1,404	1,257*
3	1,440	0,477*
4	1,468	1,090
5	1,613*	0,861
6	1,420	0,708
Rata-rata (\bar{X})	1,481	0,834
Standar Deviasi (SD)	0,081	0,295
$\bar{X} + SD$	1,562	1,130
$\bar{X} - SD$	1,400	0,539
Rerata	1,455	0,818

Grafik 4. 22 Grafik Uji Geser Papan Laminasi



Dari hasil pengujian dilihat dari grafik 4.21 keteguhan geser rekat antar lapisan papan aseptik tertinggi terdapat di perekat panas yakni bijih plastik. Hal ini menunjukkan bahwa

ikatan antar aseptik dengan bijih plastik dengan cara panas lebih kuat dibandingkan dengan perekat epoxy (dingin), karena ikatan bijih plastik dengan proses pengempaan memudahkan terbentuknya ikatan adhesi spesifik. Berdasarkan syarat umum dan syarat khusus JAS (Japanese Agricultural Standard) pengujian geser memiliki nilai minimum sebesar 5,4 MPa. Nilai hasil dari pengujian menggunakan perekat panas tidak memenuhi standar, akan tetapi kekuatan geser laminasi bijih plastik (panas) masih lebih baik dibandingkan dengan laminasi epoxy (dingin).

4.6.6. Analisa Konduktifitas

✓ Pengujian I

Bertujuan untuk mengetahui *Thermal Conductivity* pada material aseptik

Material A = Baja (12 x 5 x 0.9) cm

Material B = Papan Aseptik (kadar PF 0%) (12 x 5 x 1) cm

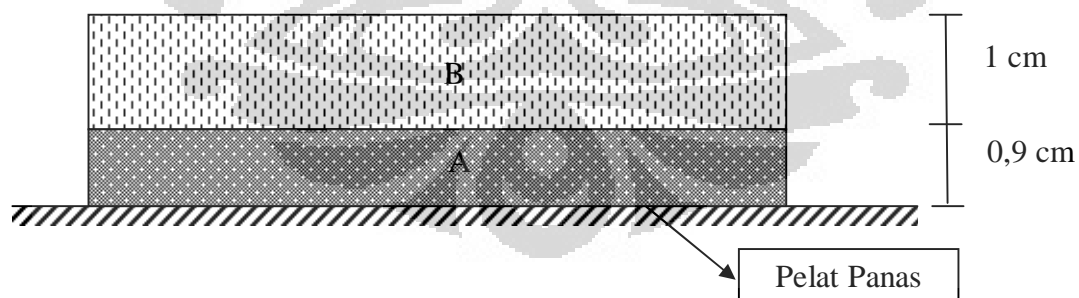
Hasi pengujian :

$$T_1 = 128^{\circ}\text{C} = 401.15^{\circ}\text{K}$$

$$T_2 = 121^{\circ}\text{C} = 394.15^{\circ}\text{K}$$

$$T_3 = 66^{\circ}\text{C} = 339,15^{\circ}\text{K}$$

Thermal Conductivity (kA) Material Baja = 43 W/m K ⁽²⁶⁾



Gambar 4.22 Pengujian konduktifitas tahap 1

Perhitungan pada pengujian tahap satu :

$$\left(\frac{kA}{L}\right)_A (T_1 - T_2) = \left(\frac{kA}{L}\right)_B (T_2 - T_3)$$

$$\left(\frac{43}{0,009}\right)_A (401,15 - 394,15) = \left(\frac{kA}{0,01}\right)_B (394,15 - 339,15)$$

$$k_{A_B} = 6.08 \text{ W/m.K}$$

Thermal Conductivity (k_A) pada aseptik adalah 6.08 W/m.K



Gambar 4.23 Pengujian Konduktifitas

✓ Pengujian II

Bertujuan untuk mengetahui suhu yang terjadi pada perekat diwaktu saat pengempaan.

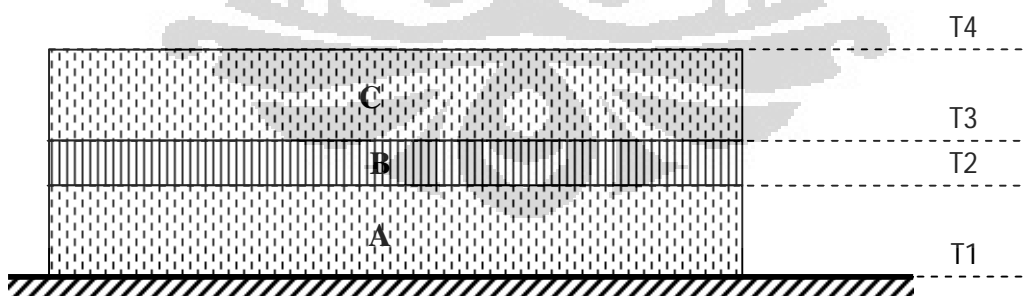
Material A dan C = Papan Aseptik

Material B = Perekat Biji Plastik (*Polypropylene*)

k_A *Polypropylene* = $0,22 \text{ W/m K}$

k_A Aseptik = 6.08 W/m K

Suhu pada saat 15 menit



Gambar 4.24 Ilustrasi Pengujian tahap II

Hasil Pengujian :

$$L_b = 0,2 \text{ cm} = 0,002$$

$$T_1 = 90^\circ\text{C} = 363.15^\circ\text{K}$$

$$T_4 = 46^\circ\text{C} = 319.15^\circ\text{K}$$

$$q_k = \frac{T_1 - T_4}{\left(\frac{L}{kA}\right)_A + \left(\frac{L}{kA}\right)_B + \left(\frac{L}{kA}\right)_C} = \frac{363.15 - 319.15}{\left(\frac{0.01}{6.08}\right)_A + \left(\frac{0.002}{0.22}\right)_B + \left(\frac{0.01}{6.08}\right)_C} = 3554$$

$$R_1 = \left(\frac{L}{kA}\right)_A = \left(\frac{0.01}{6.08}\right) = 1,64 \cdot 10^{-3}$$

$$q_k = \frac{(T_1 - T_2)}{R_1}$$

$$3554 = \frac{(363.15 - T_2)}{1,162 \cdot 10^{-4}}$$

$$T_2 = 357.3 = 84.15^\circ\text{C}$$

Sedangkan suhu T3 yakni :

$$R_2 = \left(\frac{L}{kA}\right)_B = \left(\frac{0.002}{0.22}\right) = 9.09 \cdot 10^{-3}$$

$$q_k = \frac{(T_2 - T_3)}{R_2}$$

$$3554 = \frac{(362.6 - T_3)}{9.09 \cdot 10^{-3}}$$

$$T_3 = 330.3 = 57.15^\circ\text{C}$$

Pada pengujian ini didapatkan nilai *Thermal Conductivity* pada papan komposit aseptik kadar phenol 0% sebesar 6.08 W/m K, ini menunjukkan bahwa sifat konduktifitas pada papan aseptik lebih besar dibandingkan dengan *Thermal Conductivity* pada cardboard yakni sebesar 2,44 W/m K. Hal ini disebabkan adanya lapisan aluminium pada aseptik.

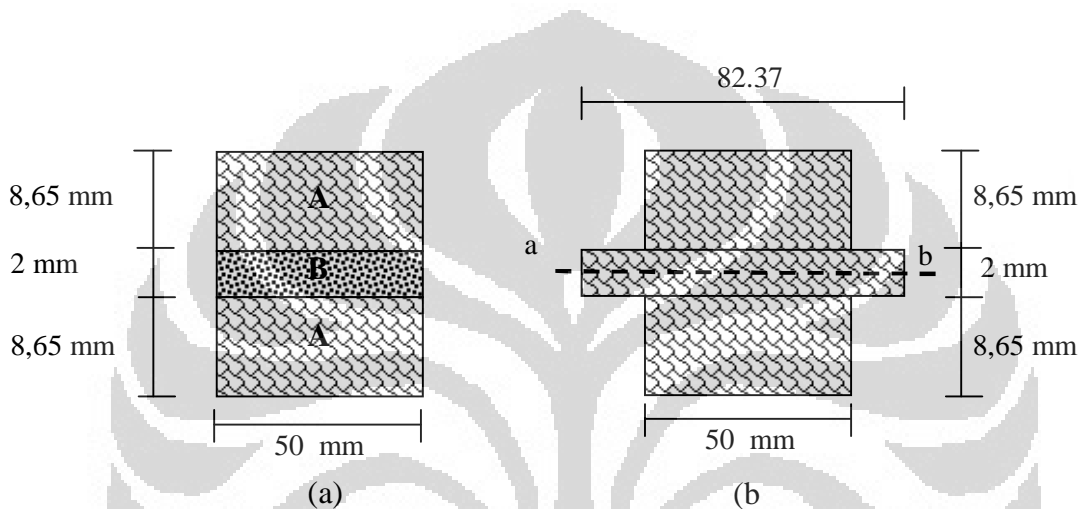
Pada pengujian ke II, didapatkan suhu yang terjadi pada papan laminasi dengan perekat bijih plastik, yakni suhu pada lapisan perekat T2 ataupun T3 yang besarnya 84,15°C dan 57,15°C. Dalam hal ini titik leleh perekat bijih plastik yakni 170°C, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada waktu 15 menit, perekat bijih plastik belum melebur sempurna.

4.7 Analisa Pengaruh Perekat Terhadap Sifat Mekanis dan Berat

4.7.1. Analisa Pengaruh Perekat Terhadap Kuat Lentur

Secara analitis pengaruh perekat terhadap kuat lentur diphitungkan dengan membandingkan kuat lentur yang terjadi antar perekat bijih plastik dan epoxy, perhitungan tersebut akan dijabarkan sebagai berikut ;

1) Pengaruh Perekat Polypropylene



Gambar 4.25 (a) Penampang papan laminasi bijih plastik normal (b) Penampang yang di transform ke material A

Seperti pada gambar 4.25 penampang Papan Laminasi 2 (dua) Lapis, mengalami perubahan dimensi setelah mengalami transform material B ke A, dengan perhitungan sebagai berikut ;

Material A = Lapisan Aseptik

Material B = Bijih Plastik

B aseptik = 5 mm

$E_{\text{aseptik}} (PF 0\%) = 668,4 \text{ MPa}$

$E_{\text{polypropylene}} = 1100 \text{ MPa}^{(27)}$

$E_{\text{polypropylene}} > E_{\text{aseptik}}$

$$\text{Transformation Factor } (n) = \frac{E_A}{E_p} = \frac{668,4}{1100} = 0,607$$

$$n = \frac{BA}{B_p}$$

$$B_p = \frac{BA}{n} = \frac{50}{0,607} = 82.37 \text{ mm}$$

Titik Berat

$$y = \frac{[4.325 \times (50 \times 8.65)] + [9.65 \times (82.37 \times 2)] + [14.975 \times (50 \times 8.65)]}{(50 \times 8.65) + (82.37 \times 2) + (50 \times 8.65)}$$

$$y = 9.65 \text{ mm}$$

Momen maksimum akibat beban sendiri dan P

$$\begin{aligned} I_{ab} &= \frac{1}{12} \times 50 \times 8,65^3 + (50 \times 8,65)(9,65 - 4,325)^2 + \frac{1}{12} \times 82,37 \times 2^3 \\ &= + \frac{1}{12} \times 50 \times 8,65^3 + (50 \times 8,65)(9,65 - 4,325)^2 = 29975,98 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$M_x = 352,11 x - 0,00968 x^2 \cdot 0,5$$

$$X = 145 = 50954.28 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{B'} = \sigma_{C'} = \frac{M \times y}{I}$$

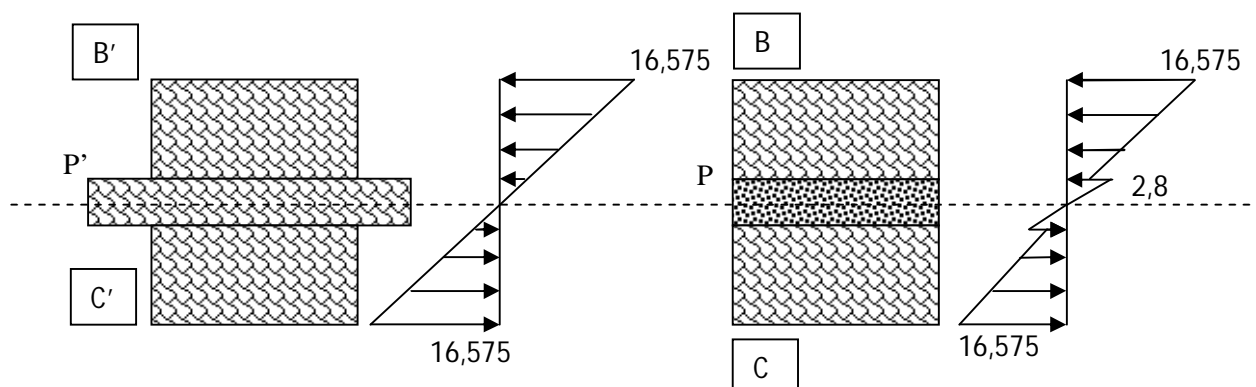
$$\sigma_{B'} = \sigma_{C'} = \frac{50954.28 \times (9.65)}{29975,98} = 16.40 \text{ MPa}$$

Tegangan yang terjadi pada lapisan Biji Plastik (*Polypropylene*) akan digambarkan pada gambar 4.26 dengan perhitungan sebagai berikut ;

$$\frac{9,65}{1} = \frac{16,40}{\sigma_{p'}}$$

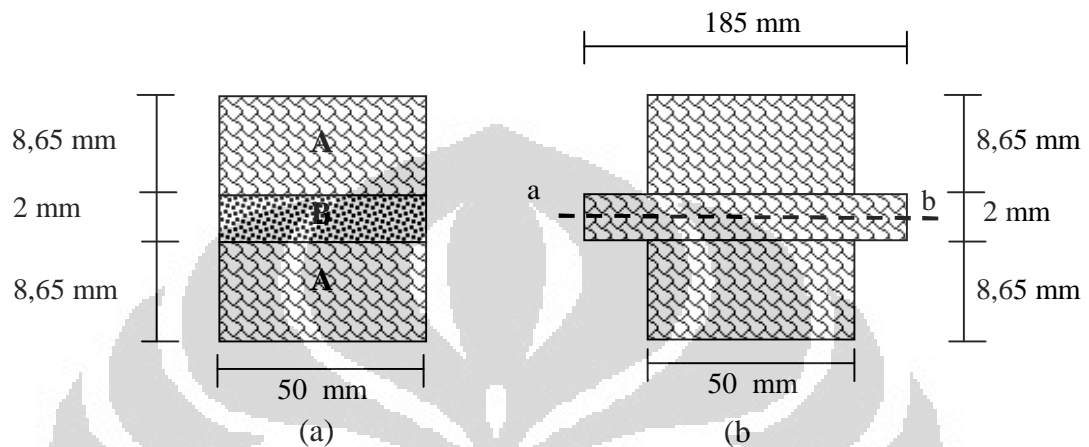
$$\sigma_{p'} = 1,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p = \frac{1,71}{n} = 2,8 \text{ MPa}$$



Gambar 4.26 Tegangan lentur pada penampang

2) Pengaruh Perekat Epoxy Terhadap Kekuatan Lentur



Gambar 4.27 (a) Penampang papan laminasi epoxy normal (b) Penampang yang di transform ke material A

Papan Laminasi 2 (dua) Lapis ;

Material A = Lapisan Aseptik

Material B = Epoxy

$E_{\text{aseptik}} (PF 0\%) = 668,4 \text{ MPa}$

$E_{\text{epoxy}} = 2400 \text{ MPa}$

$E_{\text{epoxy}} > E_{\text{aseptik}}$

$$n = \frac{E_A}{E_p} = \frac{668,4}{2400} = 0,27$$

$$n = \frac{BA}{B_p}$$

$$B_p = \frac{BA}{n} = \frac{50}{0,27} = 185 \text{ mm}$$

Titik Berat

$$y = \frac{[4.325 \times (50 \times 8.65)] + [9.65 \times (185 \times 2)] + [14.975 \times (50 \times 8.65)]}{(50 \times 8.65) + (185 \times 2) + (50 \times 8.65)}$$

$$y = 9.65 \text{ mm}$$

Momen maksimum akibat beban sendiri dan P

$$I_{ab} = \frac{1}{12} \times 50 \times 8,65^3 + (50 \times 8,65)(9,65 - 4,325)^2 + \frac{1}{12} \times 185 \times 2^3$$

$$= + \frac{1}{12} \times 50 \times 8,65^3 + (50 \times 8,65)(9,65 - 4,325)^2 = 30044,4 \text{ mm}^4$$

$$M_x = 352,11 x - 0,00968 x^2 \cdot 0,5$$

$$X = 145, M = 50954,28 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{B'} = \sigma_{C'} = \frac{M \times y}{I}$$

$$\sigma_{B'} = \sigma_{C'} = \frac{50954,28 \times (9,65)}{30044,4} = 16,3 \text{ MPa}$$

Tegangan yang terjadi pada lapisan Biji Plastik (*Polypropylene*)

$$\frac{9,65}{1} = \frac{16,3}{\sigma_{p'}}$$

$$\sigma_{p'} = 1,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p = \frac{1,68}{n} = 6,2 \text{ MPa}$$

Jika dibandingkan dengan prekat polypropylene, secara analitis tegangan yang terjadi pada perekat epoxy lebih besar yakni 6,2 MPa sedangkan pada papan laminasi propylene 2,8 MPa

4.7.2. Analisa Pengaruh Perekat Terhadap Kuat Tekan

Secara analitis pengaruh perekat terhadap kuat tekan diperhitungkan dengan membandingkan kekakuan perekat epoxy terhadap kekakuan benda uji. Dalam hal ini benda uji yang dianalisis yakni mengacu pada benda uji kuat tekan no 2 pada tabel 4.40 ;

1) Papan Laminasi dengan Perekat Polypropylene

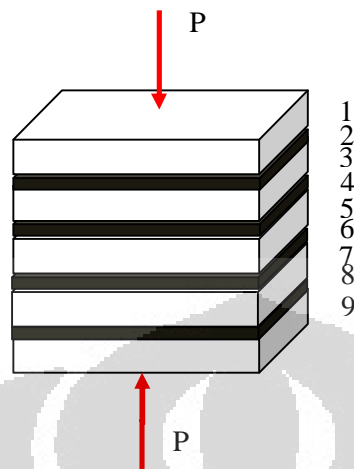
✓ Diketahui Data dari pengujian ;

$$E_{\text{aseptik}} (\text{PF } 0\%) = 668,4 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{epoxy}} = 2400 \text{ MPa}$$

$$\Delta L = 16,7 \text{ mm}$$

(a) Beban Tegak Lurus Serat



Gambar 4.28 sketsa lapisan pada benda uji kuat tekan tegak lurus serat
Menghitung kekakuan tiap lapisan dengan rumus ;

$$K_n = \frac{E_n \times A_n}{L_n}$$

Dimana ;

K_n = Kekakuan setiap lapisan (N/mm)

E = Modulus elastisitas lapisan (MPa)

A = Luas penampang lapisan (mm^2)

L_n = Tebal lapisan (mm)

B = Lebar lapisan

Selanjutnya hasil analitis dijabarkan pada tabel 4.48 ;

Tabel 4.51 Hasil analitis kekakuan papan laminasi tegak lurus serat

No lapisan	L (mm)	B (mm)	A (mm^2)	E (MPa)	K (N/mm)
1	6,3	50,5	318,15	668,4	31310
2	0,2	50	10	2400	120000
3	6,5	52	338	668,4	32240
4	0,2	50	10	2400	120000

5	6,9	53	365,7	668,4	32860
6	0,2	50	10	2400	120000
7	6,5	51	331,5	668,4	31620
8	0,2	50	10	2400	120000
9	6,3	53	333,9	668,4	32860

$$\checkmark \frac{1}{K_{gab1}} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5} + \frac{1}{K_6} + \frac{1}{K_7} + \frac{1}{K_8} + \frac{1}{K_9}$$

$$\checkmark \frac{1}{K_{gab1}} = \frac{1}{31310} + \frac{1}{120000} + \frac{1}{32240} + \frac{1}{120000} + \frac{1}{32860} + \frac{1}{120000} +$$

$$\checkmark \frac{1}{31620} + \frac{1}{120000} + \frac{1}{32860}$$

$$\checkmark \frac{1}{K_{gab}} = 1,887 \times 10^{-4}$$

$$\checkmark \frac{1}{K_{aseptik}} = \frac{1}{31310} + \frac{1}{32240} + \frac{1}{32860} + \frac{1}{31620} + \frac{1}{32860}$$

$$K_{aseptik} = 6433,11 \text{ N/mm}$$

$$\checkmark \frac{1}{K_{epoksi}} = \frac{1}{120000} + \frac{1}{120000} + \frac{1}{120000} + \frac{1}{120000}$$

$$\frac{1}{K_{epoksi}} = 3,3 \times 10^{-5} \text{ N/mm}$$

$$\text{Persentase pengaruh Epoksi} = \frac{3,33 \times 10^{-5}}{1,88 \times 10^{-4}} \times 100\% = 17,64 \%$$

Dengan data kekakuan gabungan dari epoxy dan aseptik didapatkan Gaya yang terjadi secara analitis yakni;

$$\checkmark \frac{P}{K_{gab}} = \Delta L \quad ; P = \Delta L \times K_{gabungan1}$$

$$P = \Delta L \times K_{gab}$$

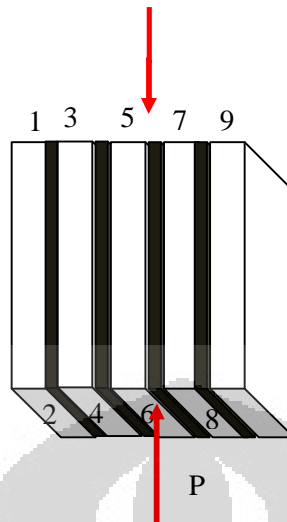
$$P = 16,7 \times 5297,19$$

$$P = 88463,073 \text{ N}$$

Prosentase perbedaan gaya yang terjadi antara analitis dengan praktikum :

$$\text{Persentase} = \frac{100000 - 88463,073}{100000} \times 100\% = 11,5\%$$

(b) Beban Searah Serat



Gambar 4.29 sketsa lapisan pada benda uji kuat tekan searah serat

Tabel 4.52 Hasil analisis kekakuan papan laminasi sejajar serat

No lapisan	H (mm)	B (mm)	A (mm ²)	E	K (N/mm)
1	50,5	10,5	318,15	668,4	4210,92
2	50	0,5	10	2400	480
3	52	10,6	338	668,4	4344,6
4	50	0,5	10	2400	480
5	53	10,7	365,7	668,4	4611,96
6	50	0,5	10	2400	480
7	51	10,6	331,5	668,4	4344,6
8	50	0,5	10	2400	480
9	53	10,41	333,9	668,4	4210,92

$$\Delta H = 0,7 \text{ mm}$$

- ✓ $K_{gab} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 + K_8 + K_9$
 $= 4210,9 + 480 + 4344,6 + 480 + 4611,9 + 480 + 4344,6 + 480$
 $+ 4210,9 = 23643 \text{ N/mm}$
- ✓ $K_{aseptik} = 6510 + 6572 + 6634 + 6572 + 6454,2$
 $= 21723 \text{ N/mm}$
- ✓ $K_{epoksi} = 480 + 480 + 480 + 480$
 $= 1920 \text{ N/mm}$

$$\text{Persentase pengaruh Epoksi} = \frac{1920}{23643} \times 100\% = 8,12 \%$$

Dengan data kekakuan gabungan dari epoxy dan aseptik didapatkan kuat tekan searah serat yang terjadi secara analitis yakni;

$$\checkmark \frac{P}{K_{gab}} = \Delta H \quad ; P = \Delta H \times K_{gabungan}$$

$$P = \Delta H \times K_{gab}$$

$$P = 0,7 \times 23643$$

$$P = 16550 \text{ N}$$

Prosentase perbedaan gaya yang terjadi antara analitis dengan praktikum :

$$\text{Persentase} = \frac{20000 - 16550}{20000} \times 100\% = 17,25\%$$

Secara analitis, pengaruh perekat epoxy terhadap kekuatan tekan yakni 17,64 % pada beban tegak lurus serat, sedangkan pada searah serat hanya 8,12 %, hal ini membuktikan bahwa perekat epoxy lebih kuat jika dalam pembebanan tegak lurus serat. Sedangkan prosentase perbedaan antara nilai gaya secara analitis dengan yang terjadi pada praktikum, khususnya untuk benda uji no 2 tabel 4.38 adalah sebesar 11,5% pada beban tegak lurus serat dan 17,25 % untuk searah serat.

2) Papan Laminasi dengan Full Aseptik

Perekat epoxy digantikan dengan papan panel aseptik , diasumsikan dimensi sama dengan perekat epoxy pada papan laminasi, ;

(a) Beban Tegak Lurus Serat

Tabel 4.53 Hasil analitis kekakuan papan laminasi Full aseptik Tegak Lurus

No lapisan	L (mm)	B (mm)	A (mm ²)	E (MPa)	K (N/mm)
1	6,3	50,5	318,15	2400	121200
2	0,2	50	10	2400	120000
3	6,5	52	338	2400	124800
4	0,2	50	10	2400	120000
5	6,9	53	365,7	2400	127200

6	0,2	50	10	2400	120000
7	6,5	51	331,5	2400	122400
8	0,2	50	10	2400	120000
9	6,3	53	333,9	2400	127200

$$\checkmark \frac{1}{K_{gab}} = \frac{1}{121200} + \frac{1}{120000} + \frac{1}{124800} + \frac{1}{120000} + \frac{1}{127200} + \frac{1}{120000} +$$

$$\checkmark \frac{1}{122400} + \frac{1}{120000} + \frac{1}{127200} = 7,349 \times 10^{-5}$$

$$K \text{ gabungan 2} = 13607,29 \text{ N/mm}$$

Dengan data kekakuan gabungan dari aseptik didapatkan perbandingan kekakuan yang terjadi secara analitis yakni;

$$\checkmark \frac{K_{gab1}}{K_{gab2}} = \frac{5297,19}{13607,29} = \frac{1}{2,6}$$

$$K \text{ gabungan 2} = 2,6 \times K \text{ gabungan 1}$$

Secara analitis didapatkan kekakuan pada papan pejal aseptik lebih besar 2,6 kali dari kekakuan papan laminasi epoxy. Hal ini membuktikan kekuatan tekan yang dihasilkan pada papan pejal aseptik lebih kuat 2,6 kali dari kuat tekan papan laminasi.

(b) Beban Searah Serat

Sama halnya pada analisis beban tegak lurus serat, untuk mengasumsikan papan laminasi ini menjadi suatu papan pejal aseptik maka, dimensi pada lapisan perekat epoxy digantikan dengan papan panel aseptik, dimana tidak ada perubahan pada dimensi pada setiap lapisnya, berikut analitis yang akan dijabarkan pada tabel 4. 51 ;

Tabel 4.54 Hasil analisis kekakuan papan laminasi Full Aseptik Sejajar Serat

No lapisan	H (mm)	B (mm)	A (mm ²)	E	K (N/mm)
1	50,5	10,5	318,15	2400	15120
2	50	0,5	10	2400	480
3	52	10,6	338	2400	15600
4	50	0,5	10	2400	480
5	53	10,7	365,7	2400	16560
6	50	0,5	10	2400	480
7	51	10,6	331,5	2400	15600
8	50	0,5	10	2400	480
9	53	10,41	333,9	2400	15120

$$\Delta H = 0,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \checkmark K_{gab} &= K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 + K_8 + K_9 \\ &= 15120 + 480 + 15600 + 480 + 16560 + 480 + 15600 + 480 \\ &\quad + 15120 = 79920 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Dengan data kekakuan gabungan dari epoxy dan aseptik didapatkan kuat tekan searah serat yang terjadi secara analitis yakni;

$$\checkmark \frac{P}{K_{gab}} = \Delta H$$

$$\Delta H = 20000 / 79920$$

$$\Delta H = 0,25 \text{ mm}$$

Secara analitis didapatkan lendutan ΔH terhadap beban searah lurus serat pada papan pejal aseptik dengan dimensi 50 mm x 50 mm x 50 mm sebesar 0,25 mm, hal ini menunjukkan bahwa lendutan pada papan laminasi perekat epoxy yakni 0,7 mm, lebih besar dibandingkan dengan papan pejal aseptik.

4.7.3. Analisa Pengaruh Perekat Terhadap Berat Papan Laminasi

Dalam analisis ini membandingkan berat papan laminasi aseptik dua lapis perekat bijih plastik dengan berat papan partikel 0% 2 lapis tanpa perekat. Dalam hal ini kami menggunakan benda uji internal bonding yakni (50 mm x 50 mm), .

Tabel 4.55 Hasil analisis pengaruh perekat terhadap berat

No benda uji	B1 (gram)	B2 (gram)	B3 (gram)	Penambahan %
1	50,86	52,634	1,774	3,4%
2	47,96	52,983	5,023	9,5%
3	48,76	51,336	2,576	5,0%
4	42,54	48,997	6,457	13,2%
5	51	51,438	0,438	0,9%
6	44,32	53,215	8,895	16,7%

Dimana :

B1 = Berat Papan Partikel 2 lapis tanpa perekat (gram)

B2 = Berat Papan Laminasi Biji Plastik 2 lapis (gram)

B3 = B2 – B1

Pada analisis ini, ternyata perekat biji plastik sangat berpengaruh nyata terhadap berat papan laminasi. Dengan adanya proses laminasi, maka berat benda uji menjadi bertambah, dalam hal ini pertambahan berat tertinggi sebesar 16,7% pada benda uji no 6. Hal ini mungkin disebabkan adanya pemberian perekat biji plastik yang terlalu banyak.

4.7.4. Analisa Pengaruh Kempa Terhadap Berat Papan Partikel

Analisa pengaruh Kempa terhadap berat papan partikel 0% akan dijabarkan dalam tabel 4.53, dimana Berat sebelum diKempa dinyatakan dalam gram (B1) dan Berat setelah Kempa (b2) dalam gram.

Tabel 4.56 Hasil analisa pengaruh perekat terhadap berat

Pengujian (Tekanan 25 kg/cm ²)	Phenol 0% (gram)		Presentase Kehilangan Berat %
	B1	B2	
Uji Visual, Mutu Penampilan, Kerapatan, dan Kadar Air	693	540	22%
Daya Serap Air & Pengembangan Tebal	173,25	145	16%
(<i>Internal Bond</i>)	173,25	148	15%
Lentur & Modulus Elastisitas	641,025	500	22,00%

Terlihat dalam tabel 4.53 bahwasannya terjadi kehilangan berat aseptik maksimal sebesar 22% setelah mengalami pengempaan. Hal ini disebabkan adanya penguapan polietilen yang terdapat pada aseptik.

4.7.5. Analisa Kebutuhan Cacah Aseptik

1. Kebutuhan Cacah Aseptik Pengujian Papan Komposit

Tabel 4.57. Tabel Kebutuhan Cacah Aseptik

Kebutuhan Cacah Aseptik (gram)					
Pengujian	Phenol	Phenol	Phenol	Phenol	Jumlah
	0%	2,50%	5%	7.50%	
Uji Visual dan Mutu Penampilan	519,5	532,8	546,8	561,6	-
Kerapatan dan Kadar Air	519,5	532,8	546,8	561,6	2160,7
Daya Serap Air dan Pengembangan Tebal	129,9	133,2	136,7	140,4	540,2
Modulus Elastisitas	480,5	492,8	505,8	519,5	1998,7
<i>Internal Bonding</i>	129,9	133,2	136,7	140,4	540,2
TOTAL					5239,8

Keterangan : Benda uji Visual digunakan untuk pengujian kerapatan

2. Kebutuhan Cacah Aseptik Pengujian Papan Laminasi

Tabel 4.58. Tabel Kebutuhan cacah aseptik papan laminasi 2 lapis

Kebutuhan Cacah Aseptik Papan Laminasi 2 Lapis				
Pengujian	Volume	Vol cm ³	Volume 2 lapis (cm ³)	Total Cacah (gram)
Modulus Elastisitas	30 x 5 x 1	150	259,740	1558,442
<i>Internal Bonding</i> , uji tekan	5 x 5 x 1	25	43,290	649,351
Heat Transfer, Geser	10 x 5 x 1	50	86,580	519,481
Total 2 lapis				2727,273

Tabel 4.59. Tabel Kebutuhan cacah aseptik papan laminasi 3 lapis

Kebutuhan Cacah Aseptik Papan Laminasi 3 Lapis				
Pengujian	Volume	Vol cm ³	Volume 3 lapis (cm ³)	Total Cacah (gram)
Modulus Elastisitas	30 x 5 x 0.8	120	253,968	1523,810
<i>Internal Bonding</i> , uji tekan	5 x 5 x 0.8	20	42,328	253,968
Heat Transfer, Geser	10 x 5 x 0.8	40	84,656	507,937
Total 2 lapis				2285,714

Sehingga total cacah aseptik yang diperlukan papan laminasi 2 dan 3 lapis untuk 1 perekat, yakni $2727,273 + 2285,714 = 5013$ gram, dalam hal ini menggunakan 2 perekat sehingga total 10025 gram atau 10 kg.

Sehingga total cacah aseptik pada pengujian ini 15 kg

4.7.6. Analisa Kebutuhan Bijih Plastik

Asumsi yang digunakan pada 1 (satu) papan (30 cm x 30 cm) menggunakan 300 gram bijih plastik.

Tabel 4.60. Tabel Kebutuhan bijih plastik papan laminasi 2 lapis

Kebutuhan Cacah Aseptik Papan Laminasi 2 Lapis				
Pengujian	Ukuran benda uji	Bijih Plastik (gram)	Jumlah benda uji	Total Cacah (gram)
Modulus Elastisitas	30 x 5 x 1	50	6	300
<i>Internal Bonding</i> , uji tekan	5 x 5 x 1	15	6	90
Heat Transfer, Geser	10 x 5 x 1	25	6	150
Total 2 lapis				540

Tabel 4.61. Tabel Kebutuhan bijih plastik papan laminasi 3 lapis

Kebutuhan Cacah Aseptik Papan Laminasi 3 Lapis				
Pengujian	Ukuran benda uji	Bijih Plastik (gram)	Jumlah benda uji	Total Cacah (gram)
Modulus Elastisitas	30 x 5 x 0.8	50	6	600
<i>Internal Bonding</i> , uji tekan	5 x 5 x 0.8	25	6	180
Total 3 lapis				780

Total kebutuhan benda uji papan laminasi $(540 + 780) = 1320$ gram = **1,32 kg**

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Hasil penelitian yang dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Berdasarkan parameter sifat mekanis, maka papan komposit dengan kadar *phenol formaldehid* 0% adalah papan komposit yang terbaik dibandingkan dengan kadar Phenol lainnya. Dibuktikan dengan nilai-nilai pengujian mekanis, yakni :
 - Nilai MOE papan partikel aseptik kadar *phenol formaldehid* (PF) 0% dengan metode JIS sebesar 648,48 Mpa, lebih tinggi $\pm 6\%$ dibandingkan dengan nilai MOE kadar phenol 2,5% & 5%. Sedangkan pada 7,5% lebih tinggi hingga 22%
 - Nilai MOR papan partikel kadar PF 0% sebesar 15,29 Mpa, lebih tinggi 8% dibandingkan dengan nilai MOR papan partikel kadar phenol 2,5%, 5% dan 7,5%.
 - Papan komposit 0%, 2,5% dan 5% dengan nilai MOR > 13 Mpa maka dikategorikan jenis tipe 13 pada standard JIS. Sedangkan 7,5% merupakan tipe 8.
2. Berdasarkan parameter sifat mekanis papan laminasi perekat panas (Bijih Plastik) mempunyai nilai lebih baik dibandingkan dengan papan laminasi dengan perekat dingin (Epoxy). Nilai-nilai sifat mekanis yang terjadi yakni :
 - Nilai uji keteguhan tarik (IB) pada papan laminasi perekat bijih plastik $> 0,3$ Mpa memenuhi batas minimum pada JIS untuk papan tipe 18. Sedangkan pada papan laminasi 2 lapis perekat epoxy (dingin) mempunyai nilai keteguhan tarik lebih tinggi dibandingkan perekat bijih plastik .
 - Papan Laminasi 2 lapis mempunyai nilai MOE dengan metode ASTM (*tangent*) sebesar 1109,42 MPa, sedangkan 3 lapis sebesar 845 MPa. Sedangkan pada JIS 2 lapis sebesar 1068,7 MPa, dan untuk 3 lapis

sebesar 1025 MPa. Untuk semua metode lapisan 2 lapis lebih tinggi dibandingkan dengan papan laminasi 3 lapis, kecuali pada metode pendekatan.

- Hasil uji geser yang dilakukan pada papan laminasi perekat bijih plastik (1,45 Mpa) mempunyai nilai lebih tinggi dibandingkan dengan perekat epoxy (dingin) yakni 0,818 Mpa.
- 3. Pada proses pengempaan papan laminasi perekat bijih plastik selama 15 menit, dinyatakan belum lebur sempurna.
- 4. Angka *Thermal Conductivity* (kA) pada papan komposit aseptik adalah 6.08 W/m K lebih besar dengan angka kA pada *cardboard* yakni 2,4 W/m K.

5.2 Saran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan yang dihasilkan belum memenuhi semua parameter yang ditetapkan JIS A 5908 : 2003, terutama pada pengembangan tebal yang masih berada pada titik kritis. Sehingga disarankan menggunakan veneer, agar mengurangi pengembangan tebal yang terjadi.

Dalam proses pembuatan papan laminasi menggunakan perekat bijih plastik, lebih rumit dibanding yang lain. Untuk itu disarankan dalam proses pemotongan hendaknya, dipotong setelah pengempaan atau tanpa pemotongan.

Dalam proses pengempaan disarankan waktu pengempaan pada papan laminasi bijih plastik ini untuk lebih lama yakni 25 mnt. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai suhu optimum dan lamanya waktu pengempaan untuk papan laminasi dengan perekat bijih plastik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nor Intang Setyo H. *Papan Kayu Laminasi*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unsoed Purwokerto
2. Tito Sucipto. *Kayu laminasi*. 2009
3. Produk Glulam. 2009. <http://www.cwc.ca/Products/Glulam/>
4. Kusnandar. *Kayu Laminasi*. 1980
5. Manik. *Sejarah Papan Kayu Laminasi*. 1997
6. Falk & Colling. 1995. Blass *et al.* 1995 dalam Fakhri 2003
7. Widya. (1987, Maret). *Majalah Ilmiah* vol. 4 no. 21. hal 47
8. *Development in brief*. 2008. <http://tetra pak.com>.
9. Pramono, Agus. *Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan*
10. *Kertas*. (2010, Januari). <http://wikipedia.com>.
11. *Aluminium*. (2010, Januari). <http://wikipedia.com>
12. Ahvenainen, Raija (2003). *Modern Plastics Handbook*, (2010, February).
13. *Recycling and recovery*. 2008. <http://tetra pak.com>
14. *Recycling technologies*. 2008. <http://tetra pak.com>
15. SNI 03-2105-2006. Papan Partikel. Badan Standardisasi Nasional.
16. [http:// mutucertification.com](http://mutucertification.com)
17. JIS (*Japanese Industrial Standard*) A 5908 – 2003: *Particleboards*
18. Ureaformaldehida (en.wikipedia.org/wiki/Urea-formaldehyde)
19. *Plastik*. 2008. <http://pranaindonesia.wordpress.com/pemanasan-global/plastik-5-pp/>
20. *Pembuatan Plastik*. 2008. <http://www.docstoc.com/docs/25118658/Proses-Pembuatan-Plastik>
21. *Melamin formaldehida*. (www.scribd.com/doc/51163305/bagianRESIN-MELAMIN)
22. Purnomo, Heru. *Mechanical Properties of Mortar Containing Shredded Aseptic Containers*. 2009. India
23. Genre dan Timoshenko. *Mekanika Bahan* edisi ke dua Versi S1 Jilid 1
24. Purwantana, Bambang. *Tegangan dalam balok*.
(www.bambangpurwantana.staff.ugm.ac.id/KekuatanBahan/BAB8.)
25. Daniel L. Schodek. *Structure second editon*. 1992. Prentice-Hall, New Jersey
26. Kreith, Frank. *Principles of Heat Transfer fourth edition*.

27. http://www.maropolymeronline.com/properties/modulus_value.asp#1000to2000MPa
28. ASTM-C 580-02. *Modulus Elastisitas Mortar*.
29. JAS (*Japanese Agriculture Standard For Glued Laminated Timber*)
30. SNI 03-6825-2002. *Kuat Geser*

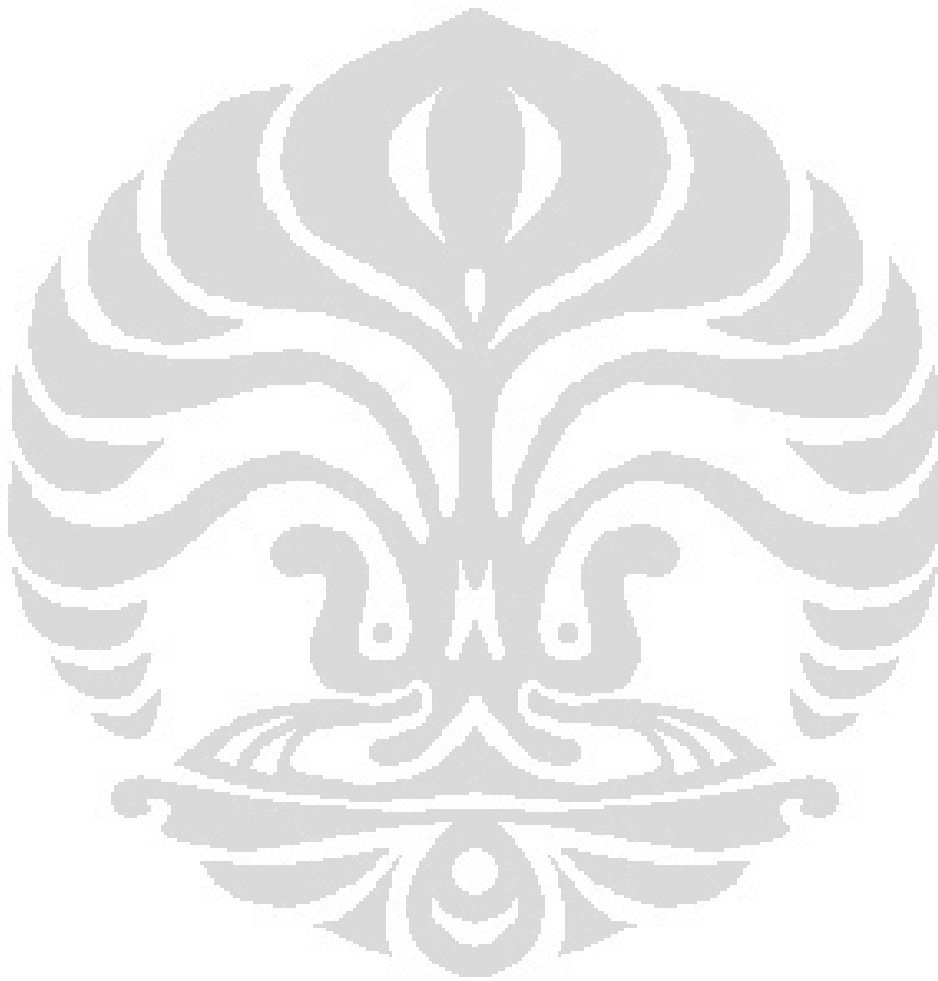


TABLE 10 ALLOYS

		Properties at 293 K or 20°C or 68°F			
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg K)	k (W/m K)	$\alpha \times 10^5$ (m ² /s)
Metal	Composition (%)	$\times 6.243 \times 10^{-2}$ = (lb _m /ft ³)	$\times 2.388 \times 10^{-4}$ = (Btu/lb _m °F)	$\times 0.5777$ = (Btu/h ft °F)	$\times 3.874 \times 10^4$ = (ft ² /h)
Aluminum					
Duralumin	94-96 Al, 3-5 Cu, trace Mg	2787	833	164	6.676
Silumin	87 Al, 13Si	2659	871	164	7.099
Copper					
Aluminum	95 Cu, 5 Al	8666	410	83	2.330
Bronze					
Bronze	75 Cu, 25 Sn	8666	343	26	0.859
Red brass	85 Cu, 9 Sn, 6 Zn	8714	385	61	1.804
Brass	70 Cu, 30 Zn	8522	385	111	3.412
German silver	62 Cu, 15 Ni, 22 Zn	8618	394	24.9	0.733
Constantan	60 Cu, 40 Ni	8922	410	22.7	0.612
Iron					
Cast iron	≈ 4 C	7272	420	52	1.702
Wrought iron	0.5 CH	7849	460	59	1.626
Steel	1 C	7801	473	43	1.172
Carbon steel	1.5 C	7753	486	36	0.970
	1 Cr	7865	460	61	1.665
Chrome steel	5 Cr	7833	460	40	1.110
	10 Cr	7785	460	31	0.867
	15 Cr, 10 Ni	7865	460	19	0.526
Chrome nickel	20 Cr, 15 Ni	7833	460	15.1	0.415
steel	10 Ni	7945	460	26	0.720
Nickel steel	20 Ni	7993	460	19	0.526
	40 Ni	8169	460	10	0.279
	60 Ni	8378	460	19	0.493
	80 Ni, 15 C	8522	460	17	0.444
Nickel chrome	40 Ni, 15 C	8073	460	11.6	0.305
steel	1 Mn	7865	460	50	1.388
Manganese steel	5 Mn	7849	460	22	0.637
	1 Si	7769	460	42	1.164
Silicon steel	5 Si	7417	460	19	0.555
	Type 304	7817	461	14.4	0.387
Stainless steel	Type 347	7817	461	14.3	0.387
	1 W	7913	448	66	1.858
Tungsten steel	5 W	8073	435	54	1.525

Source: E. R. G. Eckert and R. M. Drake, *Analysis of Heat and Mass Transfer*, McGraw-Hill, New York, 1972.

TABLE 11 INSULATIONS AND BUILDING MATERIALS

Material	Properties at 293 K or 20 C or 68 F			
	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kg K)	k (W/m K)	$\alpha \times 10^5$ (m ² /s)
	$\times 6.243 \times 10^{-2}$ = (lb _m /ft ³)	$\times 2.388 \times 10^{-4}$ = (Btu/lb _m · F)	$\times 0.5777$ = (Btu/h ft · F)	$\times 3.874 \times 10^4$ = (ft ² /h)
Asbestos	383	816	0.113	0.036
Asphalt	2120		0.698	
Bakelite	1270		0.233	
Brick				
Common	1800	840	0.38–0.52	0.028–0.034
Carborundum (50% SiC)	2200		5.82	
Magnesite (50% MgO)	2000		2.68	
Masonry	1700	837	0.658	0.046
Silica (95% SiO ₂)	1900		1.07	
Zircon (62% ZrO ₂)	3600		2.44	
Cardboard			0.14–0.35	
Cement, hard			1.047	
Clay (48.7% moisture)	1545	880	1.26	0.101
Coal, anthracite	1370	1260	0.238	0.013–0.015
Concrete, dry	500	837	0.128	0.049
Cork, boards	150	1880	0.042	0.015–0.044
Cork, expanded	120		0.036	
Diatomaceous earth	466	879	0.126	0.031
Glass fiber	220		0.035	
Glass, window	2800	800	0.81	0.034
Glass, wool	50		0.037	
	100		0.036	
	200	670	0.040	0.028
Granite	2750		3.0	
Ice (0 C)	913	1830	2.22	0.124
Kapok	25		0.035	
Linoleum	535		0.081	
Mica	2900		0.523	
Pine bark	342		0.080	
Plaster	1800		0.814	
Plexiglas	1180		0.195	
Plywood	590		0.109	
Polystyrene	1050		0.157	
Rubber, Buna	1250		0.465	
Hard (ebonite)	1150	2009	0.163	0.0062
Spongy	224		0.055	

(continued)