



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI KUAT TARIK, GESER & SUSUT DARI BETON  
DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN DASAR PASIR SISA  
TAMBANG**

**SKRIPSI**

**DADANG M. YAHYA**

**0706197976**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK**

**2010**

155/FT.EKS.01/SKRIP/01/2010



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI KUAT TARIK, GESER & SUSUT DARI BETON  
DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN DASAR PASIR SISA  
TAMBANG**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

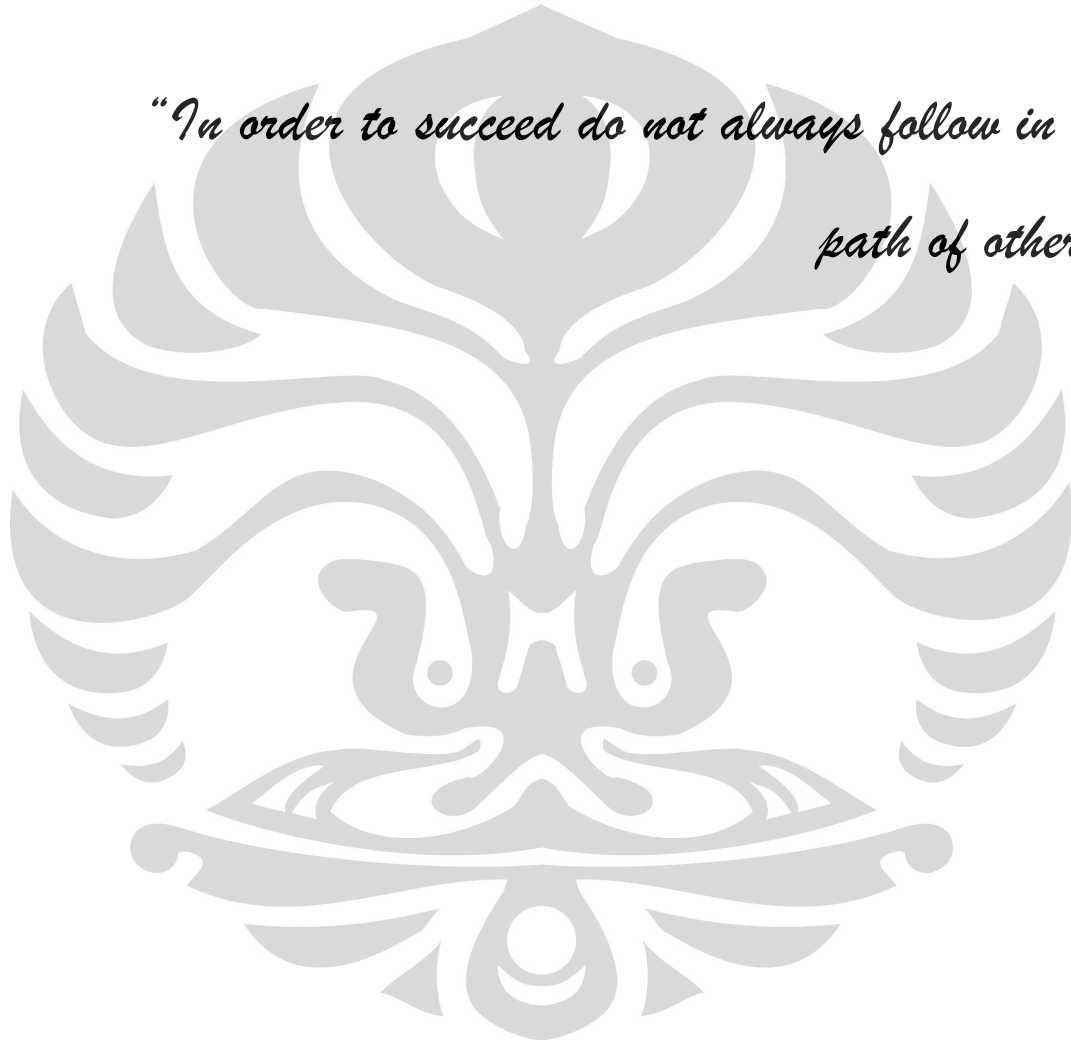
**DADANG M. YAHYA**

**0706197976**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
DEPOK  
JANUARI 2010**

***"KEEP MOVING FORWARD, OPENING UP NEW DOORS  
AND DOING NEW THINGS, BECAUSE WE ARE  
CURIOUS.. AND CURIOSITY KEEPS LEADING US DOWN  
NEW PATHS"***

*"In order to succeed do not always follow in the  
path of others"*



## **HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

### **STUDI KUAT TARIK, GESER & SUSUT DARI BETON DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN DASAR PASIR SISA TAMBANG**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan untuk menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di perguruan tinggi dan instansi manapun, kecuali yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 7 Januari 2010



Dadang Muhamad Yahya

(NPM : 07 06 197976)

## STATEMENT OF AUTHENTICITY

I hereby truthfully stated that the final assignment entitled :

### **STUDY OF TENSILE STRENGTH, SHEAR & SHRINKAGE OF CONCRETE USING RESIDUAL SAND MINE**

made to fulfill part of requirements needed to achieve Bachelor Degree of Engineering in Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering - University of Indonesia, as far as I am concerned is not a copy or duplication of a final assignment published earlier or has been used to achieve the Bachelor Degree in University of Indonesia or any other university or institutions, except for some parts with the source or information is stated before as it should.

Depok, 7<sup>th</sup> January 2010



Dadang Muhamad Yahya

(NPM : 07 06 197976)

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Dadang Muhamad Yahya  
NPM : 07 06 19 7976  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Studi Kuat Tarik, Geser & Susut Dari Beton Dengan Menggunakan Bahan Dasar Pasir Sisa Tambang

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 1 : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA.

(*Elly Tjahjono*)

Pembimbing 2 : Ir. Essy Ariyuni, M.Sc., Ph.D.

(*Essy Ariyuni*)

Penguji 1 : Ir. Madsuri, MT.

(*Madsuri*)

Penguji 2 : Dr. -Ing. Josia Irwan Rastandi, MT.

(*Josia Irwan Rastandi*)

Ditetapkan di Depok

Tanggal : 7 Januari 2010


## SHEET OF APPROVAL

This final assignment submitted by

Name : Dadang Muhamad Yahya  
NPM : 07 06 19 7976  
Title : Study of Tensile Strenght, Shear & Shrinkage of  
Concrete Using Residual Sand Mine

Have succeeded to be submitted in examiner board and accepted as partial fulfillment needed to obtain S1 Degree in Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Indonesia

### EXAMINER BOARD

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA. (  )

Pembimbing 2 : Ir. Essy Ariyuni, M.Sc, Ph.D. (  )

Penguji 1 : Ir. Madsuri, MT. (  )

Penguji 2 : Dr. -Ing. Josia Irwan Rastandi, MT. (  )

Approved in Depok

Date : 7<sup>th</sup> January 2010

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT telah memberikan nikmat dan karunia-Nya yang tak ternilai, akhirnya dengan segenap usaha dan kerja keras penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Kuat Tarik, Geser & Susut Dari Beton Dengan Menggunakan Bahan Dasar Pasir Sisa Tambang”.

Penyusunan Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Pendidikan Sarjana Ekstensi, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia (PPSE – DTS – FTUI).

Berbagai kendala dan masalah baik yang bersifat teknis maupun non teknis muncul dalam penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini. Tanpa bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak sulit kiranya penulis untuk menyelesaikan penelitian dan laporan skripsi ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Elly dan ibu Essy selaku pembimbing 1&2 skripsi di DTS – FTUI yang senantiasa membimbing penulis dengan penuh kesabaran, motivasi dan masukan yang luar biasa berarti bagi penulis.
2. Bapak Josia dan Bapak Madsuri sebagai Penguji 1&2 yang telah memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Irwan Katili selaku Kepala Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
4. Dosen-dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia (DTS – FTUI) yang banyak membantu dalam memberi ilmu yang sangat berarti, antara lain: Pak Sigit, Bu Ellen, Pak Yuskar, Bu Wiwik, Pak Hengki, Pak Damrizal, Pak El Khobar dan semua jajaran Dosen yang tidak dapat disebutkan satu per satu.



5. Asisten Lab Pengujian Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia (DTS – FTUI) : Pak Samin, Pak Yudi, Pak obet, Pak Idris, Pak Apri yang telah membantu selama proses penelitian beserta pengujiannya, dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
6. Administrasi dan Asisten Tenaga Ahli Lab yaitu Teh santi, Reggie, Mba Debby dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.
7. Tata Usaha Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia (DTS – FTUI) yang banyak membantu dalam seminar dan sidang, antara lain : Mas Jali, Mba Dian, Mba Fitri, Mas Hamid, dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
8. Teman satu perjuangan penelitian Geni Waseso Segoro, semangat gen!! pasti bisa!, kita harus bisa "unlocked" gen, kuncinya di yoppy, hehe..
9. Ibu yang senantiasa mendoakan, memberikan kasih sayang, memberikan dukungan baik moril maupun materil kepada penulis selama ini. You're the best mom ever in this world, I'm gonna make You Proud with being useful person for entire of my family, people around me, and for my country.
10. Nenek dan keluarga besar di Cianjur dan Banjarmasin yang telah terus menerus mendukung dan mendoakan.
11. Semua teman-teman sekelas Sipil Ekstensi 2007 FTUI yang satu perjuangan dan satu penderitaan terutama : Yoppy (Do ur best, don't be hopeless, I know U can my bro), Dicky (Young Enterpreneur kita), Kang Adhi Cirebon (Wargi dari cirebon), Eka (Politikus Lampung), Faat (Kenapa gw ngerantau dan harus ketemu lo at? Nyesel gw, hehe.. Orang paling bocor, tapi less experience.. But we have to admitt kita semua rindu kalo lo lama ga nongol, tapi jangan sering-sering juga), Kang Yudha (Mari kita jelajahi dunia migas dari Eropa, Amerika sampai Afrika kang!!), Diah (Thanks bgt diah, u were very helpfull), Andi Hakim (Kunyit !!), Wildi, Jali, Ocini, Iyan (Konsultan Hebat), Nanda, Wahyu, Mba Anik, Reka dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu. "Mudah-

mudahan di suatu waktu kita dipertemukan dalam kesuksesan kita masing-masing”, amien.

12. Amy, Wulan, Lia yang telah silih berganti, aku berterima kasih banyak sama kalian atas motivasi dan dukungan kalian di waktu lalu, eventhough ”made me down in the dump” but live must go on.. Rani yang lagi bertugas di luar negeri, thanks ya atas doa dan dukungannya, I hope we can spend many time together.
13. Semua teman-teman di UI, Cianjur, Bandung yaitu Inke Chuabby (FKMUI), Andy (Kimia), Rano (FEUI) Bayu Naruto, Frank Sadam (Chelsea man wanna be), hamdani hamtaro, Andrie (G01 Hiphop-er, semangat dulur), Wenda (Abdi engkin nyusul wen ka Jepang), Veri, Dede double, Enang Banjarmasin, lukman, widi, adhe (Mandiri).
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan penulis mengharapkan adanya kritikan dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan bagi khalayak secara umum dan mahasiswa jurusan teknik sipil pada khususnya.

Depok, Januari 2010

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Dadang Muhamad Yahya  
NPM : 07 06 19 7976  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

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

### **STUDI KUAT TARIK, GESER & SUSUT DARI BETON DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN DASAR PASIR SISA TAMBANG**

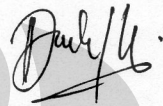
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

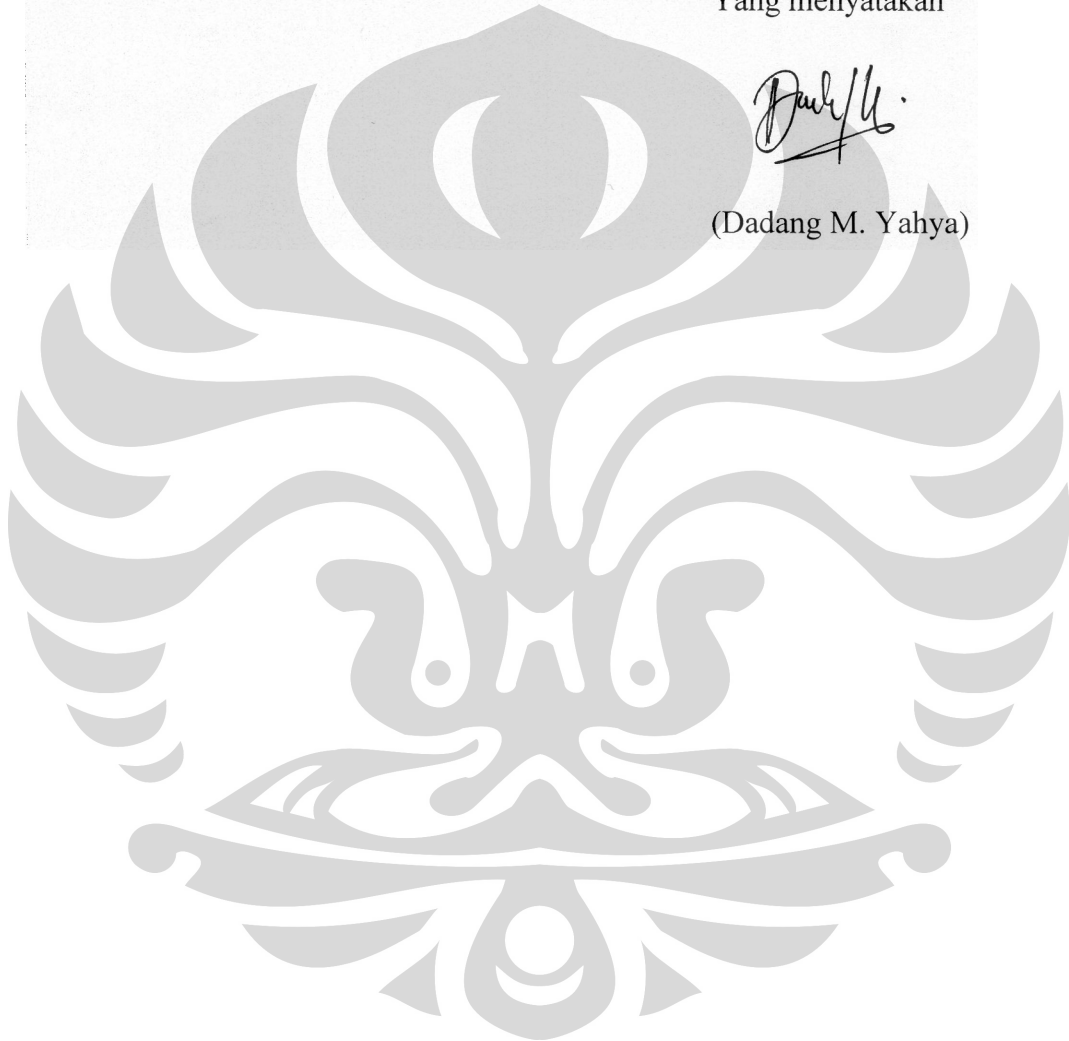
Dibuat di Depok

Pada tanggal :

Yang menyatakan



(Dadang M. Yahya)



Dadang Muhamad Yahya NPM : 0706197976 Departemen Teknik Sipil	Dosen Pembimbing <b>Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA</b> <b>Ir. Essy Ariyuni, M.Sc., Ph.D</b>
<b>STUDI KUAT TARIK, GESER &amp; SUSUT DARI BETON          DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN DASAR PASIR SISA TAMBANG</b>	
<p><b>ABSTRAK</b></p> <p>Pasir sisa tambang atau tailing adalah produk sampingan / limbah yang dihasilkan oleh industri pertambangan emas. Produksi limbah tambang PT. Freeport Indonesia mencapai 230 ribu ton setiap harinya. Seperti diketahui bahwa limbah ini merupakan permasalahan berat tersendiri bagi industri pertambangan yaitu jutaan m<sup>3</sup> limbah yang sudah menggunung dan memakan lahan, serta sorotan terkait isu lingkungan hidup. Hal ini menuntut para ilmuwan dan engineer untuk mencari cara untuk mengurangi dampak negatif yang terjadi dan memanfaatkan limbah pasir sisa tambang tersebut, misalnya dengan menjadikan pasir sisa tambang tersebut sebagai bahan / agregat pada beton.</p> <p>Beton tailing adalah beton yang terbentuk dari material pasir sisa tambang sebagai agregat utama pada beton dengan sistem pengikatan matriks secara khusus yaitu menggunakan matriks kombinasi semen – polimer. Penggunaan pasir sisa tambang sebagai bahan pembentuk beton merupakan salah satu upaya memanfaatkan limbah pertambangan yang tidak berguna menjadi termanfaatkan dan bahkan memiliki nilai jual ekonomis.</p> <p>Parameter yang akan diteliti adalah kuat tarik belah, kuat geser dari beton tailing serta perilaku susut beton tailing, kemudian membandingkan sifat mekanis yang dihasilkan dengan beton normal pembanding, dimana beton normal pembanding ini direncanakan memiliki kekuatan tekan rencana yang sama dengan beton tailing. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil bahwa nilai kuat tarik belah dan kuat geser beton tailing lebih kecil dibandingkan dengan beton normal, tetapi perilaku susut dari beton tailing lebih baik dibandingkan dengan susut beton normal pembanding.</p>	
<p><b>Kata kunci : Agregat tailing, Polimer, Beton tailing, Beton Normal, Kuat tarik, Kuat Geser, Susut.</b></p>	

Dadang Muhamad Yahya NPM : 0706197976 Civil Engineering Department	Supervising Lecturer <b>Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA</b> <b>Ir. Essy Ariyuni, M.Sc., Ph.D</b>
<b>STUDY OF TENSILE STRENGHT, SHEAR &amp; SHRINKAGE OF          CONCRETE USING RESIDUAL SAND MINE</b>	
<p><b>ABSTRACT</b></p> <p>Sand remaining mines or tailing is a byproduct / waste generated by the gold mining industry. Mine waste production of PT. Freeport Indonesia has reached 230 thousand tons per day. As it is known that this waste is its own heavy problem for the mining industry those are millions of m<sup>3</sup> of waste already piled and taking area, also highlighting issues related to the environment. This requires scientists and engineers to find ways to reduce the negative impact of what happened and use the remaining sand mining waste, such as by making the rest of the mine sand as material / aggregate in concrete.</p> <p>Tailing concrete is concrete that is formed from the material remaining sand mining as the main aggregate in the concrete matrix binding system is specifically using a combination of cement matrix - polymers. Use of the remaining sand mining as concrete-forming material is one effort to take advantage of mining waste that is not useful to be exploited and even has a economically value.</p> <p>Parameters to be examined is split tensile strength, shear strength of tailing concrete and tailing concrete shrinkage behavior, and then compare the resulting mechanical properties by comparison to normal concrete, normal concrete where the comparison is planned to have the compressive strenght and the same plan with tailing concrete. Based on available research results that the value of split tensile strength and shear strength of tailings concrete is smaller than the normal concrete, but the shrinkage behavior of tailing concrete better than normal concrete shrinkage comparison.</p>	
<p><b>Keywords: Tailing aggregate, Polymers, Tailing Concrete, Normal, Tensile strenght, Shear Strenght, Shrinkage.</b></p>	

# DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul .....	i
Halaman Motto .....	ii
Halaman Pernyataan Keaslian Skripsi .....	iii
Halaman Pengesahan .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Lembar Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah .....	viii
Abstrak .....	x
Daftar Isi .....	xiii
Daftar Gambar .....	xviii
Daftar Tabel .....	xix
Daftar Lampiran .....	xx
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Hipotesa Awal .....	3
1.6. Metode Penelitian .....	3
1.7. Sistematika Penulisan .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1. DASAR TEORI</b> .....	6
2.1.1. Pengertian Beton .....	6

2.1.2. Jenis-Jenis Beton .....	6
2.1.2.1. Beton Massa .....	6
2.1.2.2. Beton Ringan.....	6
2.1.2.3. Beton Non Pasir .....	7
2.1.2.4. Beton Hampa .....	7
2.1.2.5. Beton Siklop .....	7
2.1.2.6. Beton Fero semen .....	8
2.1.2.7. Beton Serat .....	8
2.1.3. Karakteristik Beton Normal .....	8
2.1.3.1. Kuat Tekan .....	8
2.1.3.2. Modulus Elastisitas .....	9
2.1.3.3. Poisson's Ratio .....	10
2.1.3.4. Kuat Tarik Belah .....	11
2.1.3.5. Kuat Geser .....	12
2.1.3.6. Rangkak ( <i>Creep</i> ) .....	13
2.1.3.7. Susut ( <i>Shrinkage</i> ) .....	15
2.1.4. Material Dasar Pembentuk Beton .....	18
2.1.4.1. Semen .....	18
2.1.4.2. Air .....	20
2.1.4.2.1. Pengaruh Air Terhadap Semen Portland .....	20
2.1.4.3. Agregat .....	21
2.1.4.4. Bahan Tambah ( <i>Admixtures</i> ) .....	22
2.1.4.4.1. Bahan Tambah Kimia .....	24
2.1.4.4.2. Bahan Tambah Mineral ( <i>Additive</i> ) ..	27
2.1.5. Tailing Agregat .....	30
2.1.6. Polimer .....	32



2.1.6.1. Pengertian .....	32
2.1.6.2. Proses Polimerisasi .....	32
2.1.6.3. Polimer-Polimer Industri .....	32
2.1.6.3.1. Plastik .....	33
2.1.6.3.2. Serat .....	33
2.1.6.3.3. Karet ( <i>Elastomer</i> ) .....	34
<b>2.2. HASIL /PENELITIAN YANG PERNAH</b>	
<b>DILAKUKAN .....</b>	<b>34</b>
2.2.1. Tailing Sebagai Bahan Pada Beton Untuk Jalan ....	34
2.2.2. <i>Tailing</i> Sebagai Bahan Lapis Pondasi .....	35
2.2.3. <i>Tailing</i> Sebagai Substitusi Agregat Dalam	
Campuran Lataston .....	36
2.2.4. <i>Tailing</i> Sebagai Substitusi Agregat Dalam	
Campuran Latasir .....	37
2.2.5. <i>Bitumen Expanded Tailing</i> .....	38
<b>III METODE PENELITIAN</b>	
<b>3.1. LANGKAH PENELITIAN .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2. STANDAR TEST DAN SPESIFIKASI BAHAN .....</b>	<b>41</b>
3.2.1. Metode Standar Test Untuk Agregat .....	41
3.2.2. Metode Standar Test Untuk Beton .....	42
3.2.3. Bahan Baku Penelitian .....	42
<b>3.3. ALAT-ALAT PERCOBAAN .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4. RENCANA CAMPURAN BETON.....</b>	<b>44</b>
3.4.1. Rencana Campuran Beton Tailing .....	44
3.4.2. Rencana Campuran Beton Normal .....	44
<b>3.5. PELAKSANAAN PENGUJIAN AGREGAT .....</b>	<b>46</b>

3.5.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus / Tailing .....	46
3.5.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Terhadap Agregat Kasar .....	47
3.5.3. Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat Halus dan Agregat Kasar .....	48
3.5.4. Pengujian Analisa Ayakan .....	51
3.5.5. Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm) .....	51
3.5.6. Pengujian Kotoran Organik Dalam Agregat Halus / Tailing .....	53
<b>3.6. PENGUJIAN BETON SEGAR .....</b>	<b>53</b>
3.6.1. Pengujian Slump .....	53
<b>3.7. PENGUJIAN BETON KERAS .....</b>	<b>54</b>
3.7.1. Pengujian Kuat Tarik Belah .....	54
3.7.2. Pengujian Kuat Geser .....	55
3.7.3. Pengujian Susut .....	57
<b>IV HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN</b>	
<b>4.1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2. PENGUJIAN MATERIAL TAILING .....</b>	<b>60</b>
4.2.1. Hasil Pengujian Properties Material Tailing .....	60
4.2.2. Pengujian Standar Material Tailing .....	62
<b>4.3. PENGUJIAN AGREGAT KASAR &amp; AGREGAT HALUS .....</b>	<b>64</b>
4.3.1. Pengujian Agregat Kasar .....	64
4.3.2. Pengujian Agregat Halus .....	65
<b>4.4. HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH .....</b>	<b>68</b>

<b>4.5. HASIL DAN ANALISA UJI SUSUT .....</b>	<b>71</b>
<b>4.6. HASIL DAN ANALISA UJI KUAT GESER .....</b>	<b>76</b>
<b>5.1. KESIMPULAN .....</b>	<b>80</b>
<b>5.2. SARAN .....</b>	<b>81</b>

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1.** Splitting Test untuk Uji Kuat Tarik Beton
- Gambar 2.2.** Idealisasi dari Konsep Gesekan Geser
- Gambar 2.3.** Hubungan Antara Waktu dengan Regangan Beton
- Gambar 2.4.** Hubungan Peningkatan Regangan Susut Terhadap Waktu
- Gambar 2.5.** Kandungan Agregat dan Rasio Air/Semen Terhadap Susut
- Gambar 2.6.** Pengaruh Penambahan Tailing pada Sifat-sifat Atterberg Limit LPA dan LPB (Neni et al., 2004)
- Gambar 2.7.** Pengaruh Penambahan Tailing pada Nilai CBR LPA dan LPB (Neni et al. 2004)
- Gambar 3.1.** Pengujian Kuat Tarik Belah
- Gambar 3.2.** Pengujian Kuat Geser
- Gambar 3.3.** Pengujian Susut
- Gambar 4.1.** Pengujian XRF Material Tailing
- Gambar 4.2.** Pengujian Kandungan Organik tailing
- Gambar 4.3.** Grafik Analisa Ayak Material Tailing
- Gambar 4.4.** Grafik Analisa Ayak Agregat Halus
- Gambar 4.5.** Pengujian Kandungan Organik Agregat Halus
- Gambar 4.6.** Cara Pengujian Kuat Tarik Belah Metode Splitting Test
- Gambar 4.7.** Grafik Susut Benda Uji Beton Tailing dengan Variasi 2 Polimer Terhadap Umur Beton
- Gambar 4.8.** Grafik Susut Benda Uji Beton Tailing dengan Variasi 2 Polimer Terhadap Umur Beton Ditinjau Sampai Dengan Umur 42 hari
- Gambar 4.9.** Grafik Susut Benda Uji Beton Tailing pada Umur 7,14, 21, 28, 56 hari
- Gambar 4.10.** Susut Beton tailing, Suhu dan Kelembaban Udara Terhadap Umur Beton

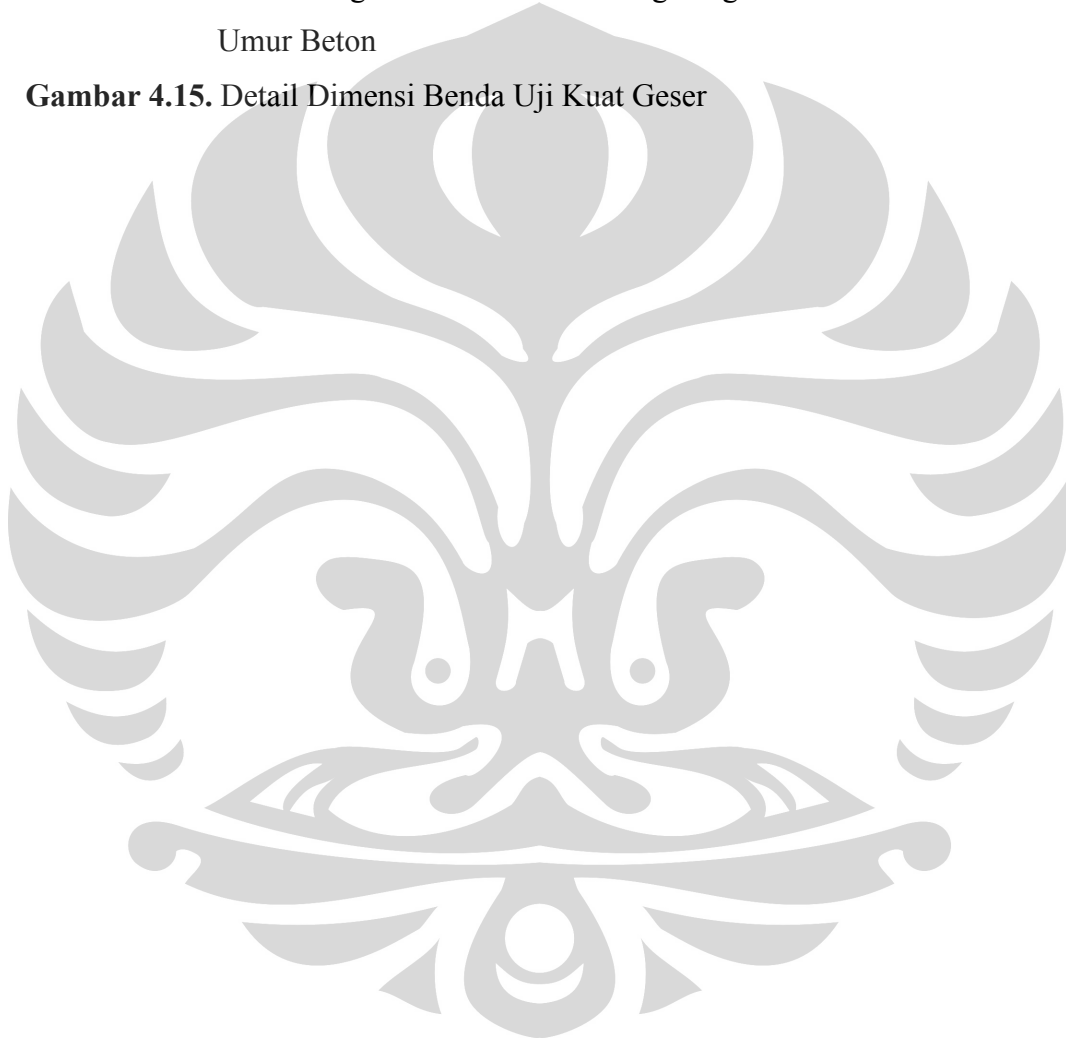
**Gambar 4.11.** Susut Beton Normal, Suhu dan Kelembaban Udara Terhadap Umur Beton

**Gambar 4.12.** Grafik Susut Benda Uji Beton Normal Terhadap Umur Beton

**Gambar 4.13.** Grafik Susut Benda Uji Beton Normal Terhadap Umur Beton Ditinjau Sampai dengan umur 42 hari

**Gambar 4.14.** Perbandingan Susut Beton Tailing dengan Beton Normal Terhadap Umur Beton

**Gambar 4.15.** Detail Dimensi Benda Uji Kuat Geser



## DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1.** Modulus Elastisitas Beton Semen (*Psi*)
- Tabel 2.2.** Perkiraan susunan oksida semen Portland
- Tabel 2.3.** Kandungan Kimia Abu Terbang
- Tabel 2.4.** Komposisi Kimia Silica Fume
- Tabel 2.5.** Tabel 2.5. Komposisi Kimia Tailing PT. Freeport
- Tabel 2.6.** Variasi Gradasi Tailing dari Beberapa Sumber
- Tabel 2.7.** Sifat-Sifat Campuran Latasir pada Variasi Persentase Tailing pada Kadar Aspal Optimumnya (Neni, 2005).
- Tabel 3.1.** Komposisi Rancangan Campuran Beton Tailing
- Tabel 3.2.** Komposisi Rancangan Campuran Beton Normal Pembanding
- Tabel 3.3.** Jumlah Benda Uji dan Umur Pengujian Beton Tailing
- Tabel 3.4.** Jumlah Benda Uji dan Umur Pengujian Beton Normal
- Tabel 4.1.** Hasil pengujian tailing dengan menggunakan XRF
- Tabel 4.2.** Hasil Pengujian Agregat Tailing
- Tabel 4.3.** Hasil Pengujian Agregat Kasar
- Tabel 4.4.** Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir Alam)
- Tabel 4.5.** Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Tailing dengan Dua Variasi Polimer Pada Umur 28 Hari
- Tabel 4.6.** Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Normal Pada Umur 28 Hari
- Tabel 4.7.** Tabel Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan dari Beton Tailing dan Beton Normal Terpilih
- Tabel 4.8.** Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Tailing dengan Dua Variasi Polimer Pada Umur 28 Hari
- Tabel 4.9.** Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Normal Pada Umur 28 Hari
- Tabel 4.10.** Tabel Hubungan Kuat Geser dengan Kuat Tekan dari Beton Tailing dan Beton Normal Terpilih.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Penggunaan beton sebagai bahan bangunan industri konstruksi telah lama dikenal di Indonesia. Beton banyak digunakan pada hampir semua jenis konstruksi, seperti konstruksi gedung, jembatan, pondasi, perkerasan jalan raya, lapangan terbang, pelabuhan, pipa minyak anjungan lepas pantai dan lain sebagainya. Hal ini antara lain disebabkan karena beton mudah dibentuk sesuai kebutuhan, perawatan yang murah, kemudahan untuk mendapatkan material pembentuknya, dan beton juga dapat dibuat dengan berbagai mutu dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi.

Seiring dengan pertumbuhan teknologi beton yang semakin berkembang, berbagai penelitian telah banyak dilakukan baik oleh kalangan praktisi maupun dari kalangan peneliti. Berbagai jenis teknologi beton telah diperkenalkan dan mulai digunakan seperti penggunaan pasir sisa tambang sebagai material agregat pembentuk beton.

Penggunaan pasir sisa tambang (*tailing*) sebagai material agregat beton memberikan manfaat yang signifikan pada perkembangan teknologi khususnya pada teknologi material beton, selain itu juga pemanfaatan tailing sebagai agregat beton ini merupakan keuntungan tersendiri bagi industri pertambangan penghasil tailing ini, dimana tailing merupakan permasalahan tersendiri yang cukup berat bagi industri pertambangan yaitu sorotan isu lingkungan hidup dan jutaan meter kubik tailing yang sudah menggunung dan memakan lahan, dapat dimanfaatkan. Seperti diketahui bahwa produksi tailing mencapai 230 ribu ton per hari nya.

Penggunaan bahan tailing sebagai campuran bahan utama beton memerlukan polimer sebagai pengikat antara semen dengan tailing, seperti diketahui dengan mempertimbangkan asal mula terbentuknya tailing serta hasil analisa fisik dan

kimianya maka tailing dikategorikan sebagai material *puzzolanic* berkadar SiO<sub>2</sub> dan CaO cukup tinggi, dimana material ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi sipil dalam bentuk komposit partikulat atau mortar dengan sistim pengikatan matriks secara khusus yaitu menggunakan matriks semen tipe V atau matriks kombinasi semen – polimer.<sup>1</sup>

Penggunaan beton tailing sebagai beton yang menanggung beban struktural masih terbatas pada penggunaan beton tailing sebagai beton pada perkerasan jalan kaku (*rigid pavement*), berbeda dengan beton normal dimana penggunaan sebagai beton struktural yang sudah sangat luas penggunaannya. Untuk dapat mengetahui apakah beton tailing dapat digunakan sebagai beton struktural lainnya, maka harus diketahui sifat dan karakteristik dari beton tailing dan membandingkannya dengan beton normal pada umumnya.

## **1.2. PERUMUSAN MASALAH**

Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- Se jauh mana pengaruh penggunaan pasir sisa tambang (tailing) dan polimer terhadap sifat-sifat mekanis beton yang dihasilkan?
- Jenis polimer mana yang menghasilkan sifat-sifat mekanis beton tailing yang terbaik?
- Perbandingan sifat-sifat mekanis beton yang dihasilkan antara beton tailing dan beton normal pada mutu yang direncanakan sama.

## **1.3. BATASAN MASALAH**

Dalam penulisan skripsi ini, batasan masalah yang diambil adalah :

- Menggunakan dua (2) jenis polimer untuk masing-masing campuran baik beton tailing maupun beton normal untuk masing-masing benda uji.

---

<sup>1</sup> Edi Dunaedi, R. Anwar Yamin, “Uji Coba Skala Penuh Pemanfaatan Tailing Untuk Bahan Jalan “ Puslitbang Dep. PU, 2008



- Pengujian sifat mekanis beton yang ditinjau yaitu uji kuat tarik belah dan kuat geser dari benda uji dilakukan pada umur 28 hari, sedangkan pengukuran susut dilakukan selama  $\pm 60$  hari.

#### **1.4. TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memperoleh data dan pengetahuan tentang karakteristik beton tailing yang dicampur dengan bahan polimer sehingga dapat diamati sifat-sifat mekanis yang dihasilkan oleh beton tersebut, serta mengetahui jenis polimer yang akan menghasilkan sifat mekanis terbaik pada beton dengan menggunakan dua (2) jenis polimer dan mengetahui perbandingan karakteristik beton tailing dan beton normal pada mutu rencana yang sama.

Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh suatu gambaran tentang perbandingan kuat tarik belah, kuat geser dan susut dari beton tailing dengan beton normal. Dan dapat disimpulkan apakah beton tailing cocok digunakan untuk struktural, serta jenis polimer yang menghasilkan sifat-sifat mekanis beton tailing terbaik.

#### **1.5. HIPOTESA AWAL**

Dengan percobaan ini, diharapkan akan dihasilkan kuat tarik belah dan kuat geser beton tailing yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton normal dengan mutu rencana yang sama.

#### **1.6. METODE PENELITIAN**

Adapun metode penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Penelusuran literatur yang menjadi dasar dan acuan penelitian.
2. Studi percobaan laboratorium, dimana dilakukan proses pengujian terhadap material tailing, pembuatan benda uji beton sesuai dengan jenis polimer yang digunakan dengan komposisi tailing, semen, air dan polimer yang telah

ditentukan. Sedangkan untuk beton normal dilakukan mix design terlebih dahulu setelah dilakukan pengujian material yang akan digunakan pada beton normal.

3. Pengujian terhadap beton yang dihasilkan.
4. Pengolahan data hasil penelitian.
5. Pembuatan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

## **1.7. SISTEMATIKA PENULISAN**

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini mencakup :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, hipotesa awal, metode penulisan, sistematika penulisan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan tentang tinjauan pustaka atau dasar teori yang dilengkapi dengan kutipan dari penelitian-penelitian terdahulu mengenai penggunaan tailing sebagai bahan campuran beton, campuran pada aspal beton dan lain-lain guna memperkuat laporan penelitian ini.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Berisikan tentang prosedur pengujian material tailing dan material pasir sera kerikil, penetapan komposisi campuran beton tailing berdasarkan persentase tailing, persentase polimer, persentase air dan semen, serta perancangan komposisi campuran beton normal, kemudian prosedur percobaan beton yang meliputi pembuatan benda uji beton dan pengujian beton.

### **BAB IV ANALISA DATA**

Berisikan hasil dan analisa yang meliputi analisa hasil pengujian material dasar pembentuk beton, hasil pengujian beton segar dan beton

keras serta analisa mengenai kuat tarik belah, kuat geser dan susut pada beton taling dan beton normal pembeding.

## BAB V KESIMPULAN

Berisikan kesimpulan serta saran-saran mengenai penelitian yang telah dilakukan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. DASAR TEORI**

##### **2.1.1. Pengertian Beton**

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip-batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (workability), durabilitas, dan waktu pengerasan<sup>2</sup>.

##### **2.1.2. Jenis-Jenis Beton**

###### **2.1.2.1. Beton Massa**

Beton massa adalah beton dalam volume yang besar, yang memerlukan pertimbangan khusus untuk menangani panas hidrasi dan suhu yang tinggi setelah pencetakan<sup>3</sup>. Biasanya beton massa memiliki ketebalan sama dengan atau lebih besar dari 1 m. Beton massa biasanya dibuat untuk pondasi besar, bendungan dan sebagainya.

Dengan adanya perbedaan temperatur, terjadi panas hidrasi yang mengakibatkan beton mengembang dan cenderung timbul retak-retak. Proses retak ini berlangsung bersamaan dengan proses pengerasan beton.

###### **2.1.2.2. Beton Ringan**

Beton umumnya mempunyai berat jenis  $2400 \text{ kg/m}^3$  dan menghantarkan panas. Untuk mengurangi beban mati suatu struktur beton atau mengurangi sifat penghantaran panasnya maka digunakan beton ringan.

---

<sup>2</sup> Jack C. McCormac, "*Desain Beton Bertulang Jilid I*", Erlangga, 2005

<sup>3</sup> Eng. Hussain Suhail Al-Ghamdi, "*Mass Concrete Course*", Google Search, 2009

Beton ringan mempunyai berat jenis kurang dari  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Pada dasarnya, beton ringan diperoleh dengan cara pemberian gelembung udara kedalam campuran betonnya. Oleh karena itu pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara :

- Menggunakan agregat ringan contohnya tanah liat bakar dan batu apung
- Membuat gelembung udara dalam adukan semen, sehingga terjadi banyak pori-pori udara didalam betonnya. Bubuk aluminium ditambahkan kedalam semen mengakibatkan timbul gelembung-gelembung udara.

#### **2.1.2.3. Beton Non Pasir**

Beton non pasir (*no fines concrete*) diperoleh dengan cara menghilangkan bagian agregat halus pada permukaan beton, sehingga didapatkan campuran yang menghasilkan suatu sistim berupa keseragaman rongga yang terdistribusi didalam massa beton, serta berkurangnya berat jenis beton. Rongga didalam beton mencapai 20 sampai 25 %. Keuntungan pemakaian beton non pasir ini adalah :

- Bobotnya ringan dan susutnya sedikit
- Bahan isolasi panas dan tidak terjadi segregasi
- Kebutuhan semen sedikit

#### **2.1.2.4. Beton Hampa**

Air yang telah tercampur di beton, kira-kira separuhnya dipakai untuk bereaksi semen, sisanya untuk mengencerkan adukan. Jenis beton ini diaduk, dituang dan dipadatkan sebagaimana beton biasa, namun setelah beton tercetak padat, kemudian air sisa reaksi disedot dengan alat khusus, disebut cara vakum (*Vacuum Method*). Dengan demikian air yang tertinggal hanya air yang dipakai untuk reaksi dengan semen sehingga beton yang diperoleh sangat kuat.

#### **2.1.2.5. Beton Siklop**

Beton jenis ini sama dengan beton biasa/normal, perbedaannya ialah pada beton ini digunakan ukuran agregat yang relatif besar-besar.

Ukuran agregat besar dapat sampai 20 cm, namun proporsi agregat yang lebih besar dari biasanya, ini sebaiknya tidak lebih dari 20 persen agregat seluruhnya. Beton ini digunakan pada pembuatan bendungan, pangkal jembatan dan lain sebagainya.

#### **2.1.2.6. Ferosemen**

Ferosemen (*Ferrocement*) ialah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan rangkaian tulangan yang berupa anyaman kawat baja terhadap mortar.

Mortar semen berfungsi sebagai massa dan kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktilitas. Secara teliti, ferosemen dapat diartikan sebagai beton bertulang dengan bentuk khusus, yaitu dengan tulangan lebih rapat daripada beton bertulang.

Keuntungan ferosemen ialah :

- Struktur yang dibuat dari ferosemen dapat tipis dan ringan
- Dapat dibuat pabrikasi (dicetak di pabrik)
- Cara pengerjaan sederhana
- Penghematan bahan cetakan

#### **2.1.2.7. Beton Serat**

Beton serat (*Fibre Concrete*) ialah beton komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat pada umumnya berupa batang dengan diameter antara 5 dan 500  $\mu\text{m}$  (mikrometer). Bahan serat dapat berupa serat asbeston, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu dan ijuk), potongan kawat baja dan lain-lain.

Dengan adanya serat dalam beton ini berguna untuk mencegah adanya retak-retak sehingga menjadikan beton serat lebih daktil daripada beton biasa.

### **2.1.3. Karakteristik Beton Normal**

#### **2.1.3.1. Kuat Tekan**

Pada perancangan komponen struktur beton bertulang biasanya diasumsikan bahwa beton hanya memikul beban tekan saja, sedangkan beban tarik akan dipikul oleh baja tulangan. Jadi beton memegang peranan utama dalam memikul tekan, dan oleh karena itu mutu beton selalu dikaitkan dengan kemampuan beton dalam memikul beban tekan. Sedangkan beban lainnya dinyatakan fungsi dari beban tekannya.

Kekuatan tekan beton adalah kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul penampang beton persatuan luas. Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) ditentukan dengan melakukan uji tekan terhadap silinder-silinder beton  $15\text{ cm} \times 30\text{ cm}$  yang berumur 28 hari pada tingkat pembebanan tertentu. Selama periode 28 hari ini silinder beton biasanya ditempatkan dalam air atau didalam sebuah ruangan dengan temperatur tetap.

Nilai-nilai kuat tekan beton seperti yang diperoleh dari hasil pengujian sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk dari elemen uji dan cara pembebanannya. Dibanyak negara, spesimen uji yang digunakan adalah kubus bersisi 200 mm.<sup>4</sup> Untuk beton-beton uji yang sama, pengujian terhadap silinder-silinder  $15\text{ cm} \times 30\text{ cm}$  menghasilkan kuat tekan yang besarnya hanya sekitar 80 % dari nilai yang diperoleh dari pengujian beton uji kubus.

### **2.1.3.2. Modulus Elastisitas**

Modulus elastisitas beton adalah nilai tegangan dibagi regangan beton dalam kondisi elastis dimana tegangan mencapai 40 % dari kuat tekan maksimum<sup>5</sup>.

Pengertian lain menyebutkan bahwa modulus elastisitas merupakan suatu ukuran dari kekakuan (*stiffness*) dari suatu bahan terhadap deformasi. Modulus elastisitas ditentukan dari perubahan beban terhadap regangan dalam batas elastisnya.

---

<sup>4</sup> Jack C. McCormac, "Desain Beton Bertulang Jilid I", Erlangga, 2005

<sup>5</sup> SNI 03-4169-1996 "Metode Pengujian modulus elastisitas statis dan rasio poisson beton dengan kompresometer".

ACI-code Bab 8 (8.5 – Modulus of Elasticity, pasal 8.5.1) merekomendasikan rumus umum untuk menghitung nilai modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) sebagai berikut :

$E_c = w_c^{1.5} \times 33\sqrt{f'_c}$  (dalam psi), sedangkan dalam satuan  $MPa$ , maka rumusan  $E_c$  yaitu :

$$E_c = w_c^{1.5} \times 0.043\sqrt{f'_c}$$

Dimana :

$E_c$  = Modulus Elastisitas Beton ( $MPa$ )

$w_c$  = Berat Isi Beton

$f'_c$  = Kuat Tekan Beton ( $MPa$ )

Nilai modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) yang didapat dengan menggunakan rumusan ini kurang akurat sehingga untuk memperoleh hasil yang lebih mendekati harus dilakukan tes di laboratorium berdasarkan ASTM C.469 atau SNI 03-4169-1996.

Tabel 2.1. Modulus Elastisitas Beton Semen ( $Psi$ )

Kuat Tekan Kubus 28 hari		Modulus Elastisitas Statis Rata-rata 28 hari ( $Psi$ )	Rentang Modulus Elastisitas Statis 28 Hari ( $Psi$ )
$MPa$	$Psi$		
20	3000	$3,5 \times 10^6$	$(2,6 - 4,3) \times 10^6$
25	3500	$3,6 \times 10^6$	$(2,7 - 4,5) \times 10^6$
30	4500	$3,8 \times 10^6$	$(2,9 - 4,6) \times 10^6$
40	6000	$4,1 \times 10^6$	$(3,2 - 4,9) \times 10^6$
50	7500	$4,3 \times 10^6$	$(3,5 - 5,2) \times 10^6$
60	8500	$3,5 \times 10^6$	$(3,8 - 5,5) \times 10^6$

Sumber : AM. Neville dan JJ. Brooks (1990), *Concrete Technology*.



### 2.1.3.3. Poisson's Ratio

Poisson's ratio (angka perbandingan Poisson) adalah perbandingan regangan lateral terhadap regangan aksial beton. Nilainya bervariasi dari 0,11 untuk beton mutu tinggi dan 0,21 untuk mutu beton rendah, dengan nilai rata-rata 0,16<sup>6</sup>.

### 2.1.3.4. Kuat Tarik Belah

Beton merupakan bahan yang getas dan tidak mampu menahan beban tarik yang tinggi, yang mana sangat penting artinya dalam peninjauan masalah retakan (*cracking*), geser (*shear*), dan torsi (*torsional*).

Kekuatan tarik beton sering kali diukur berdasarkan modulus tarik yaitu tegangan tarik lentur dari balok beton polos tanpa tulangan yang dibebani di titik-titik sepertiga bentang. Nilai yang didapatkan sedikit lebih besar dibandingkan kekuatan tarik sesungguhnya. Kuat tarik beton lebih bervariasi dibandingkan dengan kuat tekannya, dimana besarnya berkisar antara 10% - 15% dari kuat tekan. Tetapi saat ini lebih sering ditentukan oleh kekuatan belah silinder beton. Pendekatan penentuan nilai modulus tarik digunakan rumusan :

$$f_r = 7,5\sqrt{f'_c}$$

(untuk beton normal) dalam *Psi*

$$f_r = 0,6228\sqrt{f'_c}$$

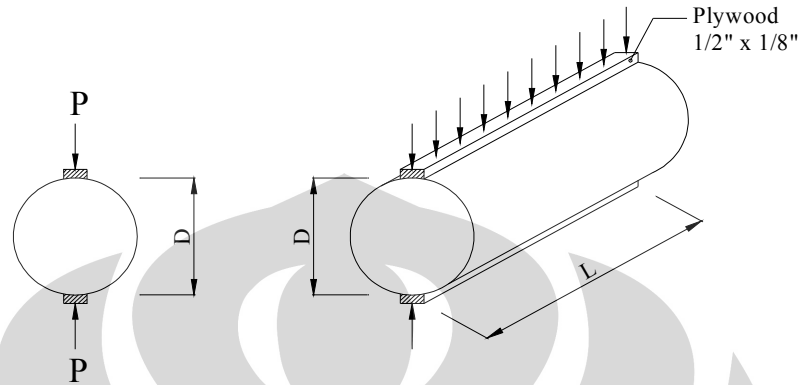
(untuk beton normal) dalam *MPa*

Dari berbagai percobaan yang telah dilakukan terlihat bahwa kekuatan tarik beton sangat kecil dibandingkan kekuatan tekannya, sehingga dalam analisis atau desain kekuatan tarik beton diabaikan dan beton dianggap hanya menahan gaya tekan saja. Pada umumnya untuk meninjau besarnya kuat tarik pada beton dilakukan uji tarik tak langsung, yaitu metode dari Fernando Carneiro (kebangsaan Brazil) yang

---

<sup>6</sup> Jack C. McCormac, "Desain Beton Bertulang Jilid I", Erlangga, 2005

umumnya dikenal sebagai “Brazilian Test” atau “Splitting Test”. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gbr 2.1. Splitting Test untuk Uji Kuat Tarik Beton

Pengujian *split silinder* memberikan hasil yang lebih baik dan lebih mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan 0,50-0,60 kali  $\sqrt{f'_c}$  sehingga untuk beton normal digunakan nilai  $0,57\sqrt{f'_c}$ . Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split silinder strength*, diperhitungkan sebagai berikut :

$$f_{ct} = \frac{2P}{LD}$$

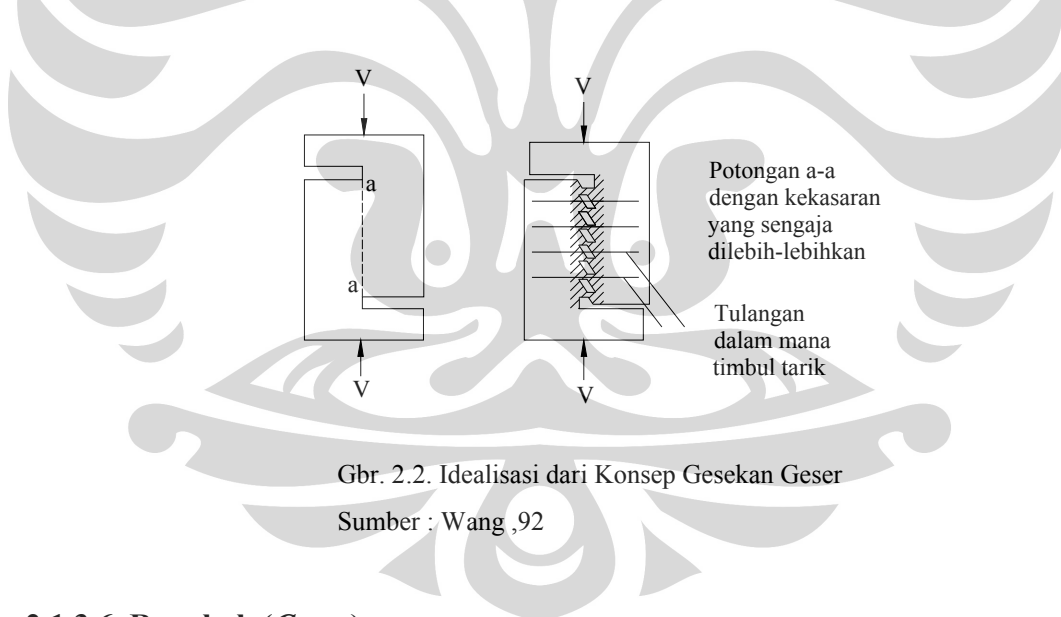
Di mana :

- $f_{ct}$  = kuat tarik belah ( $N/mm^2$  atau  $MPa$ )
- P = beban pada waktu belah ( $N$ )
- L = panjang benda uji silinder ( $mm$ )
- D = diameter benda uji silinder ( $mm$ )

#### 2.1.3.5. Kuat Geser

Kekuatan geser pada beton jarang ditemukan pada struktur beton. Hal ini disebabkan karena sulitnya dalam mengisolasi beban geser murni terhadap pembebanan yang lainnya. Gaya yang bekerja pada benda uji, bersifat kolinear terhadap bidang gesernya, sehingga terjadi retak dan slip di sepanjang permukaan bidang geser tersebut. Untuk itu harus diterapkan konsep gesekan geser di dalam transfer geser<sup>7</sup>.

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 13;7;1 tentang geser friksi, dinyatakan bahwa dipandang perlu untuk menyediakan metoda desain untuk kondisi dimana transfer geser harus diperhitungkan, misalnya bidang-kontak beton yang dicetak pada saat yang berbeda, bidang kontak antara beton dan baja dan situasi lainnya dimana layak untuk menginvestigasi transfer geser melalui bidang beton struktural. Bidang geser pada benda uji double L (pada gambar 2.2) dianggap memiliki potensi retak, sehingga perlu diterapkan konsep geser friksi.



Gbr. 2.2. Idealisasi dari Konsep Gesekan Geser

Sumber : Wang ,92

### 2.1.3.6. Rangkak (*Creep*)

<sup>7</sup> Wang, Chu-Kia; Salmon, Charles G, “Desain Beton Bertulang-Terjemahan”, Erlangga,1986

Rangkak didefinisikan sebagai penambahan regangan terhadap waktu akibat adanya beban yang bekerja<sup>8</sup>. Pada umumnya rangkak tidak mengakibatkan dampak langsung terhadap kekuatan struktur tetapi akan mengakibatkan timbulnya redistribusi tegangan pada beban yang bekerja dan kemudian mengakibatkan terjadinya peningkatan lendutan (*deflection*).

Besar rangkak yang terjadi sangat tergantung pada besarnya tegangan. Rangkak hampir berbanding lurus terhadap tegangan selama tegangan yang terjadi tidak lebih besar dari setengah  $f'_c$ . Diatas level ini, rangkak akan bertambah sangat cepat.

Beberapa hal lain yang mempengaruhi besar rangkak disebutkan dan dijelaskan seperti dibawah ini.

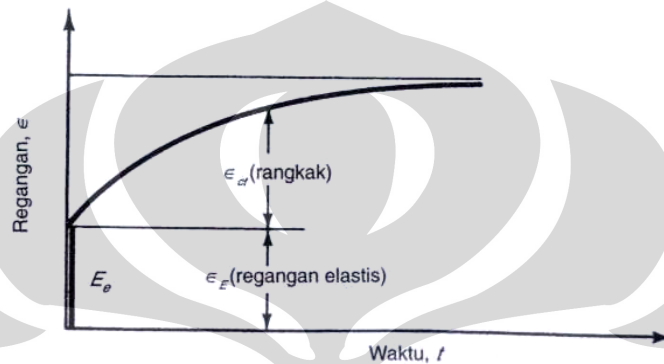
1. Semakin lama waktu perawatan beton sebelum beban diterapkan, semakin kecil rangkak yang akan terjadi. Perawatan dengan penguapan, yang akan mempercepat penguatan, juga akan mengurangi rangkak.
2. Beton mutu tinggi mengalami rangkak yang lebih sedikit dari pada beton mutu rendah pada tingkat tegangan yang sama. Meskipun demikian, tegangan yang diterapkan pada beton mutu tinggi hampir selalu lebih besar daripada tegangan yang diterapkan pada beton mutu rendah, dan kenyataan ini cenderung menyebabkan rangkak bertambah besar.
3. Rangkak bertambah pada temperatur yang lebih tinggi. Rangkak yang paling tinggi ketika beton berada pada suhu 150° sampai 160°F (66°C-71 °C).
4. Semakin tinggi kelembaban, akan sedikit air pori bebas yang dapat keluar dari beton. Besar rangkak pada tingkat kelembaban 50 % hampir dua kali lipat besar rangkak pada tingkat 100 %.

Seperti keterangan yang dijelaskan diatas, rangkak sangat berkaitan dengan susut, dan sebagai aturan umum beton yang menahan susut juga cenderung

---

<sup>8</sup> Nawy, Edward. G., “*Reinforced Concrete a Fundamental Approach-Terjemahan*”, Cetakan pertama, Bandung : Eresco, 1990

mengalami sedikit rangkak, karena kedua fenomena tersebut berkaitan dengan pasta semen yang terhidrasi. Dengan demikian, rangkak dipengaruhi oleh komposisi beton, kondisi lingkungan, dan ukuran benda uji, tetapi secara prinsip rangkak bergantung pada pembebanan sebagai fungsi waktu. Pada gambar 2.3 dapat dilihat hubungan antara waktu dengan regangan pada beton.



Gbr 2.3. Hubungan antara Waktu dengan Regangan Beton

Sumber : Nawy, Edward. G., Reinforce Concrete a Fundamental Approach, 1990

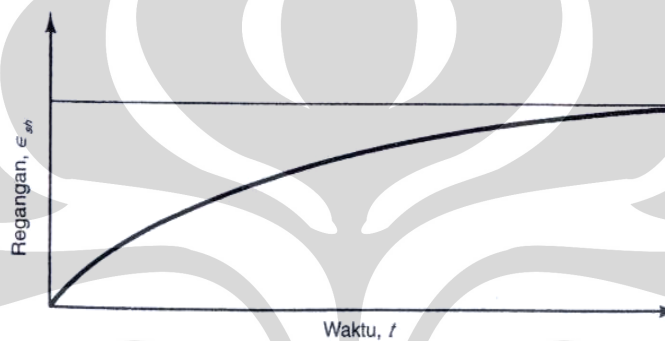
#### 2.1.3.7. Susut (*Shrinkage*)

Susut didefinisikan sebagai perubahan volume yang tidak berhubungan dengan beban.

Pada dasarnya terdapat dua jenis susut yaitu susut plastis dan susut pengeringan. *Susut plastis* terjadi selama beberapa jam pertama setelah beton segar dituangkan. Permukaan yang terbuka seperti pelat lantai akan lebih dipengaruhi oleh udara kering karena besarnya permukaan kontak. Dalam kasus seperti ini, kandungan air akan menguap lebih cepat pada permukaan beton dibandingkan dengan air yang mengalir pada lapisan-lapisan bagian bawah elemen beton. Sedangkan, *susut pengeringan*

terjadi setelah beton mengering dan sebagian besar proses hidrasi kimia di pasta semen telah terjadi.

Susut pengeringan adalah berkurangnya volume elemen beton jika terjadi kehilangan kandungan air akibat penguapan. Penyusutan bukan proses yang sepenuhnya dapat kembali ke keadaan semula. Apabila satu buah beton dijenuhkan dalam air sesudah susut penuh, maka beton tersebut tidak akan terekspansi ke volume semula.



Gbr 2.4. Hubungan Peningkatan Regangan Susut Terhadap Waktu

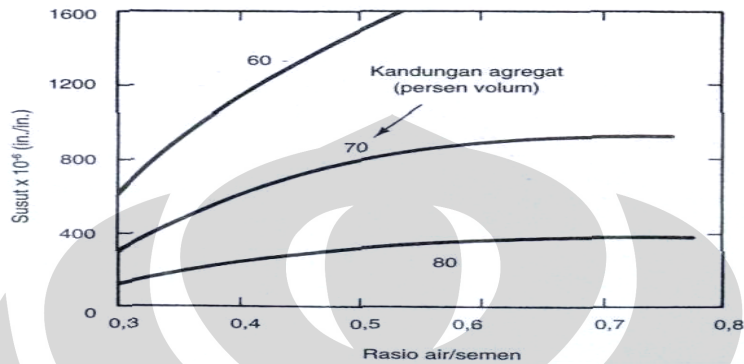
Sumber : Nawy, Edward. G., Reinforce Concrete a Fundamental Approach,1990

Laju susut berkurang terhadap waktu, karena beton yang lebih tua lebih tahan terhadap tegangan dan ini berarti beton tersebut mengalami lebih sedikit susut, sedemikian hingga regangan susut menjadi hampir *asimptotis* terhadap waktu.

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya susut pengeringan adalah :

1. *Agregat*. Agregat beraksi menahan susut pasta semen. Jadi, beton yang mengandung lebih banyak agregat akan lebih sedikit mengalami susut. Selain itu, derajat pengekanan suatu beton ditentukan oleh besaran agregat. Beton dengan modulus elastisitas tinggi atau dengan permukaan kasar lebih dapat menahan proses susut.

2. *Rasio air terhadap semen.* Semakin tinggi rasio air/semen, semakin tinggi pula efek susut. Pada gambar 2.5 dapat dilihat hubungan kandungan agregat dan rasio air/semen terhadap susut.



Gbr 2.5. Kandungan Agregat dan Rasio Air/Semen Terhadap Susut

Sumber : Nawy, Edward. G., Reinforce Concrete a Fundamental Approach, 1990

3. *Ukuran elemen beton.* Baik laju maupun besar total susut berkurang apabila volume elemen beton semakin besar. Namun, waktu susut akan lebih lama untuk komponen struktur yang lebih besar karena lebih banyak waktu yang dibutuhkan dalam pengeringan untuk mencapai daerah dalam. Mungkin saja satu tahun dibutuhkan untuk proses pengeringan pada kedalaman 10 in dari permukaan yang diekspos, dan sepuluh tahun untuk mulai pada 24 in di bawah permukaan yang diekspos.
4. *Kondisi kelembaban di sekitar.* Kelembaban relative pada lingkungan sekitar sangat mempengaruhi besarnya susut. Laju penyusutan lebih kecil pada kelembaban relatif yang lebih tinggi. Temperatur lingkungan juga merupakan faktor. Oleh karena itu susut menjadi stabil pada temperatur rendah.
5. *Banyaknya tulangan.* Beton bertulang menyusut lebih sedikit dibandingkan dengan beton polos. Perbedaan relatifnya merupakan fungsi dari persentase penulangan.
6. *Bahan tambahan.* Efek ini bervariasi bergantung pada jenis bahan tambahan. Akselerator seperti kalsium klorida, yang digunakan untuk mempercepat

pengerasan beton, memperbesar susut. Pozzolan juga dapat memperbesar susut pengeringan, sedangkan bahan-bahan pemerangkap udara hanya mempunyai sedikit pengaruh.

7. *Jenis semen.* Semen yang cepat mengering akan susut lebih banyak dibandingkan jenis-jenis lainnya, sedangkan semen penahan susut akan mengurangi atau mengeliminasi retak susut apabila digunakan bersama tulangan pengekang.
8. *Kehalusan semen.* Dalam campuran beton, semen mempunyai butiran yang lebih kecil daripada pasir (agregat halus). Seperti halnya bahan butiran (pasir dan kerikil), besar butir semen juga tidak seragam. Tetapi apabila butiran semen makin halus berarti makin banyak menyerap air, karena permukaan spesifiknya makin besar, di mana hal ini akan memperbesar susut.
9. *Kuantitas semen.* Susut makin besar apabila kuantitas semen makin besar. Hal ini mudah dimengerti karena semen dalam campuran beton merupakan bahan padat yang mempunyai butiran halus. Dengan demikian apabila jumlahnya makin besar maka jumlah air yang diserapnya akan makin banyak.
10. *Karbonasi.* Susut karbonasi disebabkan oleh reaksi antara karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang ada di atmosfer dan yang ada pada pasta semen. Banyaknya susut gabungan bergantung pada urutan proses karbonasi dan pengeringan. Apabila kedua fenomena tersebut terjadi secara simultan, maka susut yang terjadi akan lebih sedikit. Proses karbonasi dapat sangat tereduksi pada kelembaban relative di bawah 50%.

#### **2.1.4. MATERIAL DASAR PEMBENTUK BETON**

Beton pada umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama, yaitu semen, agregat dan air. Bilamana diperlukan, bahan tambah dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton. Berikut akan dijelaskan mengenai ketiga



bahan penyusun utama beton tersebut, maupun bahan tambahannya yang saat ini sering digunakan.

#### 2.1.4.1. Semen

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu masa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup. Untuk membuat struktur beton diperlukan bahan yang disebut semen hidrolis. Air diperlukan untuk berlangsungnya proses kimiawi (hidrasi), yang pada proses tersebut bubuk semen akan mengeras menjadi suatu masa yang padat. Semen portland merupakan bubuk yang sangat halus, material berwarna abu-abu yang terutama terdiri dari kalsium dan aluminium silikat. Bahan utama untuk membuat semen portland adalah batu kapur yang mengandung CaO dan tanah liat atau endapan batuan yang terdiri dari SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Material ini digiling, diaduk, dilebur hingga menjadi butiran dalam sebuah tanur, didinginkan dan kemudian digiling hingga mencapai kehalusan sesuai yang dibutuhkan<sup>9</sup>.

Untuk lebih jelasnya, di bawah ini adalah perkiraan susunan oksida semen Portland, yaitu sebagai berikut<sup>10</sup> :

Tabel 2.2. Perkiraan Susunan Oksida Semen Portland

OKSIDA	JUMLAH %
CaO	60 – 67
SiO <sub>2</sub>	17 – 25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 – 8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5 – 6
MgO	0.1 – 4
Alkali (K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O)	0.2 - 1.3

<sup>9</sup> George Winter, Arthur H. Nilson, Tim Editor dan Penerjemah ITB, "Perencanaan Struktur Beton Bertulang" Jakarta : Pradnya Paramita, 1993

<sup>10</sup> Luky Sugiarto, Ir, M.Eng. dan Sumadi K, Course Note Teknologi Bahan 2, 1987

$\text{SO}_3$	1 – 3
---------------	-------

Keempat oksida utama pada semen portland yaitu  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , bila setelah dicampur dan di bakar akan memiliki susunan material semen sebagai berikut:

- a. Trikalsium Silikat,  $3\text{CaO SiO}_2$ , ditulis singkat  $\text{C}_3\text{S}$ .
- b. Dikalsium silikat,  $2\text{CaO SiO}_2$ , ditulis singkat  $\text{C}_2\text{S}$  Jumlah kedua senyawa tersebut di dalam semen portland sekitar 70 sampai 80 %.
- c. Trikalsium aluminat,  $3 \text{CaOAl}_2 \text{O}_3$ , ditulis singkat  $\text{C}_3\text{A}$ , kurang lebih maksimum 18%.
- d. Tetrakalsium aluminoferrit,  $3 \text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ , ditulis singkat  $\text{C}_4 \text{AF}$ , 1-16%. Sisa lainnya merupakan oksida atau kotoran lain yang tidak berguna Senyawa  $\text{C}_3\text{S}$  dan  $\text{C}_2\text{S}$  merupakan senyawa dapat menjadikan semen portland sebagai bahan perekat hidrolis. Sedangkan senyawa  $\text{C}_3\text{A}$  dan  $\text{C}_4 \text{AF}$ , merupakan senyawa yang hanya diperlukan untuk menolong sewaktu pembakaran klinker.

Beberapa semen yang diproduksi di Indonesia, antara lain semen Portland tipe I, II, III, IV, dan V. Jenis struktur, cuaca dan kondisi lainnya merupakan faktor-faktor yang akan menentukan dalam memilih jenis semen yang akan dipakai. Adapun kelima jenis semen Portland tersebut yaitu :

- a. Semen Portland Tipe I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum tanpa syarat khusus.
- b. Semen Portland Tipe II, yaitu semen portland untuk digunakan bila ada gangguan sulfat yang sedang serta panas hidrasi sedang.
- c. Semen Portland Tipe III, yaitu semen portland yang pengembangan pengerasannya cepat / perkembangan kekuatan awal tinggi.

- d. Semen Portland Tipe IV, yaitu semen portland untuk penggunaan yang panas hidrasinya rendah.
- e. Semen Portland Tipe V, yaitu semen portland untuk digunakan bila ada gangguan sulfat tinggi/semen tahan sulfat.

#### **2.1.4.2. Air**

Air digunakan pada campuran beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumasi campuran agar mudah dalam pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan dapat menurunkan kekuatan beton dan juga dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Menurut ACI 318-89:2-2 mengenai syarat air dalam beton yaitu air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pra-tekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

##### **2.1.4.2.1. Pengaruh Air Terhadap Semen Portland<sup>11</sup>**

Semen portland merupakan semen hidrolis yang memerlukan air untuk proses kimiawi, maka air memegang peranan penting untuk memfungsikan semen sebagai perekat. Apabila butir semen bertemu air, maka butir semen akan melepaskan  $\text{Ca}^{++}$  dan akan membentuk kapur hidrat ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) dalam air disekitar butiran. Butiran tersebut kemudian berubah menjadi gel yang ternyata jika gel itu diperbesar, akan terlihat serabut. Butir satu dengan butir lainnya menyatu merupakan jaringan dari serabut-serabut tersebut. Diantara serabut-serabut tersebut terdapat kristal-kristal

---

<sup>11</sup> Luky Sugiarto, Ir,M.Eng. dan Sumadi K, *Course Note Teknologi Bahan 2*, 1987

kapur dan juga senyawa lain (hasil hidrasi  $C_3A$  dan  $C_4AF$ ). Untuk lebih jelasnya, reaksi yang terjadi antara semen dan air menghasilkan senyawa sebagai berikut : C - S - H gel +  $Ca(OH)_2$  + aluminates. Dimana colloid gel calsiium silikat hidrat ( C -- S - H gel ) merupakan komponen utama pembentuk kekuatan.

Di dalam jaringan serabut itu, yang berupa gel terkandung air pembentuk gel dan air bebas yang tersisip di antara jaringan itu. Jumlah air pembentuk gel tersebut tertentu jumlahnya, sedangkan jumlah air yang bebas tergantung kepada jumlah air yang dicampur pada semen. Apabila semen diberi air yang berlebih, mengakibatkan air bebas yang ada di dalam gel terlalu banyak dan apabila air tersebut menguap karena pengeringan, gel akan mengandung rongga yang besar yang dapat mengakibatkan:

- Gel menyusut, sehingga terjadi retakan.
- Kekuatan gel lebih rapuh, sehingga daya rekat semen rendah.

#### **2.1.4.3. Agregat**

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen atau adukan.<sup>12</sup>

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, komposisinya berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, namun karena komposisinya yang cukup besar, maka agregat menjadi penting.

Berdasarkan ukurannya, agregat ini dapat dibedakan menjadi :

1. Agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75 mm (ASTM C33, 1982) yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi :
  - a. Pasir halus :  $\varnothing$  0 -1 mm

---

<sup>12</sup> Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPBM Bandung, *SK SNI T-1991-03*

- b. Pasir kasar :  $\varnothing$  1-5 mm
2. Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm (SII.0052, 1980) atau 4,75 mm (ASTM C33, 1982), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari industri pemecah batu.

Agregat untuk beton harus memenuhi ketentuan dari mutu dan cara uji agregat beton dalam SII 0052-80 ataupun persyaratan dari ASTM C330 tentang *specification for concrete aggregate*.

Kekuatan beton dipengaruhi oleh kualitas agregat, proporsi campuran, serta kebersihan air dan agregatnya. Oleh karena itu, selain harus memiliki kekuatan dan daya tahan yang baik, butir agregat disyaratkan harus bersih dari lumpur atau material organik lainnya yang dapat mengurangi kekuatan beton.

#### **2.1.4.4. Bahan Tambah (*Admixtures*)**

Bahan tambah (*admixtures*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan tambah ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi sesuai untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.<sup>13</sup>

Penambahan bahan tambah dalam campuran beton tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan yang lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton yang akan dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah.

---

<sup>13</sup> Tri Mulyono, "Teknologi Beton", Yogyakarta: Andi, 2003

Di Indonesia bahan tambah telah banyak digunakan. Manfaat dari penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang akan digunakan di lapangan.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan bahan tambah, yaitu :

1. Tipe semen yang akan digunakan
2. Petunjuk umum dalam menggunakan bahan tambah
3. Banyaknya bahan tambah yang digunakan dalam campuran
4. Efek dari penggunaan bahan tambah

Beberapa tujuan yang penting dari penggunaan bahan tambah ini menurut *manual of concrete practice* dalam admixture and concrete (ACI.212.1R, Revised 1986), antara lain :

- a. Memodifikasi beton segar, mortar dan grouting
  - Menambah sifat kemudahan pekerjaan tanpa menambah kandungan air atau mengurangi kandungan air dengan sifat pengerjaan yang sama.
  - Menghambat atau mempercepat waktu pengikatan awal dari campuran beton
  - Mengurangi atau mencegah secara preventif penurunan atau perubahan volume beton
  - Mengurangi segregasi
  - Mengembangkan dan meningkatkan sifat penetrasi dan pemompaan beton segar
  - Mengurangi kehilangan nilai slump
- b. Memodifikasi beton keras, mortar dan grouting
  - Menghambat atau mengurangi ekolusi panas selama pengerasan awal (beton muda).
  - Mempercepat laju pengembangan kekuatan beton pada umur muda

- Menambah kekuatan beton (kuat tekan, lentur dan geser dari beton)
- Menambah sifat keawetan beton atau ketahanan dari gangguan luar termasuk serangan garam-garam sulfat.
- Mengurangi kapilaritas dari air
- Mengurangi sifat permeabilitas
- Mengontrol pengembangan yang disebabkan oleh reaksi dari alkali termasuk alkali dalam agregat
- Menghasilkan struktur beton yang baik
- Menambah kekuatan ikatan beton bertulang
- Mengembangkan ketahanan gaya impact (berulang) dan ketahanan abrasi
- Mencegah korosi yang terjadi pada baja
- Menghasilkan warna tertentu pada beton atau mortar

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi dan bahan tambah yang bersifat mineral. Selain itu terdapat juga bahan tambah jenis lainnya yang sering digunakan dalam campuran beton. Bahan tambah jenis kimia ditambahkan pada saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran sedangkan bahan tambah jenis mineral ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan.

Bahan tambah jenis kimia lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan, sedangkan yang berjenis mineral lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya.

Berikut akan dijelaskan mengenai kedua jenis bahan tambah itu maupun bahan tambah jenis lainnya, yaitu :

#### **2.1.4.4.1. Bahan Tambah Kimia**

Menurut ASTM C494 (1995:254) jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh macam, yaitu :

- Tipe A yaitu *water reducing admixtures*

Merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi pemakaian air pencampur yang diperlukan pada beton. Digunakan antara lain untuk dengan tidak mengurangi kadar semen dan nilai slump untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau rasio faktor air semen yang rendah. Atau dengan tidak mengubah kadar semen yang digunakan dengan faktor air semen yang tetap maka nilai slump yang dihasilkan dapat lebih tinggi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan bahan tambah jenis ini, yaitu :

- ❖ Air yang dibutuhkan
- ❖ Kandungan air
- ❖ Konsistensi
- ❖ Bleeding
- ❖ Kehilangan air pada saat beton segar
- ❖ Susut pada saat pengeringan
- ❖ Ketahanan terhadap perubahan volume

▪ Tipe B yaitu *retarding admixtures*

Merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk memperpanjang waktu pengikatan awal beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau untuk memperpanjang waktu pemadatan untuk menghindari *cold joints* dan juga untuk menghindari dampak penurunan pada saat beton segar dilakukan pengecoran.

▪ Tipe C yaitu *accelerating admixtures*

Merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat waktu pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan dan mempercepat pencapaian kekuatan pada beton.

Penggunaan bahan tambah jenis ini harus didasarkan atas pertimbangan ekonomi dengan membandingkan pada penggunaan bahan tambah lain seperti



penggunaan semen yang lebih banyak, penggunaan metode perawatan dan proteksi yang berbeda, penggunaan bahan air dan agregat yang panas. Pada umumnya kelompok jenis bahan tambah ini terbagi menjadi tiga, yaitu :

- ❖ Larutan garam organik
- ❖ Larutan campuran organik
- ❖ Material *miscellaneous*

▪ Tipe D yaitu *water reducing and retarding admixtures*

Merupakan bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan sekaligus juga untuk memperlambat waktu pengikatan awal beton. Bahan tambah jenis ini digunakan untuk menambah kekuatan beton dan juga akan mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air. Perbandingan antara mortar dengan agregat kasar tidak boleh berubah, sehingga bila terjadi perubahan pada kandungan air, atau udara maupun semen, harus diatasi dengan perubahan kandungan agregat halus sehingga volume tidak berubah.

▪ Tipe E yaitu *water reducing and accelerating admixtures*

Merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi pemakaian air sekaligus untuk mempercepat waktu pengikatan awal beton. Bahan ini juga digunakan untuk menambah kekuatan beton. Kondisi yang dikehendaki dari bahan tambah ini adalah kuat tekan beton yang tinggi namun kecepatan pengikatan yang diinginkan dapat lebih tinggi.

▪ Tipe F yaitu *Water Reducing, High Range Admixtures*

Merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk dapat menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih.

Kadar pengurangan air dalam bahan tambah ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit, namun tingkat kemudahan pekerjaan juga lebih tinggi. Dosis yang disarankan adalah 1% sampai 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kekuatan tekan beton. Jenis bahan tambah ini dapat berupa *superplasticizer*.

- Tipe G yaitu *water reducing, high range retarding admixtures*

Merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga berfungsi untuk menghambat pengikatan beton. Bahan tambah ini digunakan biasanya untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton karena terbatasnya sumber daya.

#### **2.1.4.4.2. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)**

Bahan tambah jenis ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton.

Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral diantaranya, yaitu :<sup>14</sup>

- Memperbaiki kinerja workability
- Mengurangi panas hidrasi
- Mengurangi biaya pekerjaan beton
- Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat
- Mempertinggi daya tahan terhadap serangan alkali-silika
- Mempertinggi usia beton
- Mempertinggi kekuatan tekan beton
- Mempertinggi keawetan beton

---

<sup>14</sup> Cain, Craig J, "Mineral Admixture, Significance of Test And Properties of Concrete and Concrete-Making Material-STP 169 C", Philadelphia, 1994

- Mengurangi penyusutan
- Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton

Adapun beberapa jenis yang termasuk dalam bahan tambah jenis ini, yaitu :

#### 1. Abu terbang batu bara

Menurut ASTM C.618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. Abu terbang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu abu terbang yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batu bara antrasit atau batu bara bitumius dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari batu bara jenis lignite atau subbitumeus. Kandungan kimia yang dibutuhkan dalam abu terbang dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.3. Kandungan Kimia Abu Terbang

Senyawa Kimia	Jenis F	Jenis C
Oksida Silika (SiO <sub>2</sub> ) + Oksida Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + Oksida Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), minimum %	70.0	50.0
Trioksida Sulfur (SO <sub>3</sub> ), maksimum %	5.0	5.0
Kadar Air, maksimum %	3.0	3.0
Kehilangan Panas, maksimum %	6.0	6.0

Sumber : ASTM C.618-95:305

#### 2. Slag

Menurut ASTM C.989 (ASTM, 1995:494) slag didefinisikan sebagai produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya dalam air.

Adapun beberapa keuntungan penggunaan slag dalam campuran beton adalah

.<sup>15</sup>

- Mempertinggi kekuatan tekan beton karena kecenderungan melambatnya kenaikan kekuatan tekan

<sup>15</sup> Tri Mulyono, "Teknologi Beton", Yogyakarta: Andi, 2003

- Menaikkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan beton
- Mengurangi variasi kekuatan tekan beton
- Mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut
- Mengurangi serangan alkali-silika
- Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu
- Memperbaiki keawetan karena pengaruh perubahan volume
- Mengurangi porositas dan serangan klorida

### 3. Silika fume

Menurut ASTM.C.1240, 1995:637-642) *silica fume* adalah material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi besi silikon.

Penggunaan bahan tambah ini dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi. Misalnya untuk struktur kolom, dinding geser, beton prategang dan lainnya. Penggunaannya berkisar antara 0 – 30% untuk memperbaiki karakteristik kekuatan dan keawetan beton dengan faktor air semen sebesar 0.34 dan 0.28 dengan atau tanpa bahan *superplasticizer* dan nilai slump 50 mm.

Tabel 2.4. Komposisi Kimia Silica Fume

Kimia	Berat dalam persen
SiO <sub>2</sub>	92 -94
Karbon	3 - 5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10 – 0.50
CaO	0.10 – 0.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20 – 0.30

MgO	0.10 – 0.20
MnO	0.008
K <sub>2</sub> O	0.10
Na <sub>2</sub> O	0.10
Fisika	Berat dalam persen
Berat Jenis	2.02
Rata-rata ukuran partikel, um	0.1
Lolos ayakan no.325 dalam %	99.00
Keasaman pH (10% air dalam slurry)	7.3

Sumber : Yogendran, ACI Material Journal, Maret/April,1987

#### 4. Penghalus Gradasi

Bahan ini berupa mineral yang digunakan untuk memperhalus perbedaan pada campuran beton dengan memberikan ukuran yang tidak ada atau kurang dalam agregat. Selain itu juga dapat digunakan untuk menaikkan mutu beton dan mengurangi permeabilitas maupun biaya produksi beton.

#### 2.1.5. TAILING AGREGAT

Pasir sisa tambang atau juga disebut sirsat atau *tailing* adalah sisa gerusan batuan alami (bijih) setelah mineral tembaga, emas dan perak diambil pada proses pengapungan di pabrik pengolahan dan jenis mineral utama dalam tailing adalah quartz, k-feldspar, plagioclase, biotite, magnetite, pyrite dan chalcopyrite berukuran seperti pasir. Bahan tailing ini mempunyai ketahanan terhadap cuaca yang baik dimana hasil uji dengan *Soundness* menunjukkan nilai sekitar 2% - 8% (batas maksimum 10%). Adapun komposisi tailing ialah kuarsit 75%, oksida besi 23%, serta mika dan feldspar 2% (Suraatmaja, et al., 1998).

Di Indonesia, tailing banyak terdapat di Timika-Papua. Tailing pada daerah ini dibuang ke aliran sungai Aghawagon dan Ajkwa. Tailing ini mempunyai ukuran butir maksimum sekitar 2,38 mm sampai butiran halus 0,149 mm, dan mempunyai sifat non plastis atau bersifat lepas yang tidak mempunyai ikatan antara butirannya sendiri. Komposisi kimianya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Komposisi Kimia Tailing PT. Freeport

Unsur Kimia	Hasil Pengujian	
	PUSTRANS	ITB
SiO <sub>2</sub>	65	60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11	15
CaO	8	5
Oksida Lain	16	20

Sumber : Edie Dunaedi, R. Anwar Yamin. Puslitbang Jalan Dan Jembatan Balitbang, Departemen PU. *Uji Skala Penuh Pemanfaatan Tailing Untuk Bahan Jalan*.2008

Apabila dibandingkan dengan spesifikasi bahan yang ada, tailing dapat digunakan untuk bahan konstruksi jalan maupun jembatan baik sebagai substitusi agregat maupun sebagai bahan pengisi (*filler*). Bila dilihat dari gradasi, maka ukuran tailing dapat dikategorikan atas, fraksi sedang (lolos saringan # 4 tertahan saringan # 8), dan fraksi halus (lolos # 8 dan tertahan saringan # 200). Dari hasil pengujian saringan dari beberapa contoh tailing yang diambil dari beberapa lokasi, gradasi dari tailing ini ditunjukkan pada Tabel 2.2 (Suraatmadja,dkk, 1998). Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, tailing mempunyai berat jenis jenuh kering permukaan berkisar antara 2,48 - 2,86 dengan kepadatan gembur berkisar 1,23 – 1,79 kg/lit (Affandi, dkk).

Dengan mempertimbangkan asal mula terbentuknya tailing serta hasil analisa fisik dan kimianya maka tailing dikategorikan sebagai material *puzzolanik* berkadar SiO<sub>2</sub> dan CaO cukup tinggi, dimana material ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi sipil dalam bentuk komposit partikulat atau mortar dengan sistim

pengikatan matriks secara khusus yaitu menggunakan matriks semen tipe V atau matriks kombinasi semen – polimer.

Tabel 2.6. Variasi Gradasi Tailing dari Beberapa Sumber

Gradasi Agregat	Ukuran Saringan	Persen Lolos
Sedang	# 4 (4,75 mm)	100
	# 8 (2,36 mm)	95 – 100
Halus	# 16 (1,19 mm)	90 – 98
	# 30 (0,595 mm)	75 – 95
	# 50 ( 0,279 mm)	22 – 60
	# 100 (0,149 mm)	15 - 39

Sumber : Edie Dunaedi, R. Anwar Yamin. Puslitbang Jalan Dan Jembatan Balitbang, Departemen PU. *Uji Skala Penuh Pemanfaatan Tailing Untuk Bahan Jalan*.2008

## 2.1.6. POLIMER

### 2.1.6.1. Pengertian

Polimer adalah molekul raksasa (*makromolekul*) yang tersusun dari satuan-satuan kimia sederhana yang disebut *monomer*. Sifat-sifat polimer tergantung pada struktur geometri dari polimer itu sendiri diantaranya, polimer dengan rantai kimia linier atau disebut polimer linier dan polimer dengan rantai kimia bercabang atau disebut polimer bercabang. Polimer linier memiliki sifat fisik (*makrostruktur*) yang cukup teratur sehingga polimer ini dapat bersifat kristal (mengalami kristalisasi) atau mengeras bila dipanaskan. Polimer linier biasanya berupa *termoplastik*, polimer yang termasuk dalam bahan termoplastik diantaranya Polyvinyl chloride (PVC),

Polypropylene, Polystyrene, Polymethylmethacrylate (PMMA), Polytetrafluoroethylene (PTFE), Polyethylene terephthalate (PET) .

#### **2.1.6.2. Proses Polimerisasi**

Secara tradisional polimer-polimer telah diklarifikasi menjadi dua kelompok utama, yaitu polimer adisi dan polimer kondensasi. Penggolongan ini pertama kali diusulkan oleh Carothers, yang didasarkan pada apakah unit ulang dari suatu polimer mengandung atom-atom yang sama seperti monomer. Suatu polimer adisi memiliki atom yang sama seperti monomer dalam unit ulangnya, sedangkan polimer kondensasi mengandung atom-atom yang lebih sedikit karena terbentuknya produk sampingan selama berlangsungnya proses polimerisasi.

#### **2.1.6.3. Polimer-Polimer Industri**

Ada tiga klasifikasi utama dari industri polimer yaitu plastik, serat, dan karet (atau elastomer). Perbedaan dan kegunaan produk akhir dari ketiga tipe polimer ini didasarkan pada tingkat yang besar dari sifat mekanik khusus polimer yang disebut modulus, yang dalam istilah lebih umum mempunyai arti kekakuan (*stiffness*). Serat mempunyai modulus tertinggi, sedangkan karet terendah.

##### **2.1.6.3.1. Plastik**

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ekonomis dan kegunaannya plastik dibagi menjadi dua klasifikasi utama yaitu plastik komoditi dan plastik teknik. Plastik-plastik komoditi dicirikan oleh volumenya yang tinggi dan harga yang murah, plastik ini bisa diperbandingkan dengan baja dan aluminium dalam industri logam. Plastik-plastik ini sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai-buang (*disposable*) seperti lapisan pengemas, namun ditemukan juga pemakaiannya dalam barang-barang yang tahan lama. Plastik teknik lebih mahal dan volumenya lebih rendah, tetapi memiliki sifat mekanis yang unggul dan daya tahan yang lebih baik.



Plastik komoditi pada prinsipnya terdiri dari empat jenis polimer utama yaitu polietilena, polipropilena, poli(vinil klorida), dan polistirena. Polietilena dibagi menjadi produk masa jenis rendah ( $< 0,94 \text{ g/cm}^3$ ) dan produk masa jenis tinggi ( $>0,94 \text{ g/cm}^3$ ). Plastik teknik banyak digunakan terutama di bidang transportasi (mobil, truk, pesawat udara), konstruksi (perumahan, instalasi pipa ledeng, perangkat keras), barang-barang listrik dan elektronik (mesin bisnis, komputer), mesin-mesin industri, dan barang-barang konsumsi. Sebagai contoh adalah Fenol-formaldehida untuk alat listrik dan elektronik) dan epoksi sebagai bahan pelapis protektif, bahan pengaspal jalan raya, bahan paduan (komposit).

#### **2.1.6.3.2. Serat**

Serat dicirikan oleh modulus dan kekuatannya yang tinggi, elongasi (daya rentang) yang baik (sebagai contoh, cukup untuk menambah panas setrika), spinabilitas (kemampuan untuk diubah menjadi filamen-filamen), dan sejumlah sifat-sifat lain yang bergantung pada penggunaannya. Suatu daftar parsial dari sifat-sifat serat mungkin memasukan juga daya celup (*dyeability*), resistensi bahan kimia, resistensi serangga dan jamur, resistensi kekusutan dan luster. Ada dua serat alami di alam yang utama yaitu kapas dan wol, yang awal merupakan selulosa polisakarida, dan yang belakangan merupakan suatu protein. Sedangkan untuk serat sintesis, diklasifikasi menjadi selulosa dan non selulosa.

#### **2.1.6.3.3. Karet (*Elastomer*)**

Karet atau elastomer merupakan polimer yang memperlihatkan resiliensi (daya pegas), atau kemampuan meregang dan kembali ke keadaan semula dengan cepat. Sebagian besar mempunyai struktur jaringan. Akhir-akhir ini, beberapa jenis elastomer bukan jaringan yang penting direferensikan sebagai elastomer termoplastik dan telah dikembangkan. Bahan-bahan ini yang sifat-sifat elastomeriknya ditimbulkan oleh adanya gaya-gaya ikatan ion atau sekunder. Contoh dari jenis karet sintesis yang paling terkenal adalah silikon.

## **2.2. HASIL / PENELITIAN YANG PERNAH DILAKUKAN**

### **2.2.1. Tailing Sebagai Bahan Pada Beton Untuk Jalan**

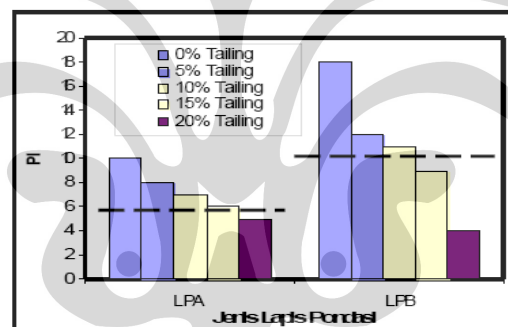
Pada awal penelitian beton tailing kerjasama antara PT. Free Port Indonesia dengan PTFI-LAPI ITB sejak tahun 1996, diperoleh hasil uji bahwa pengikatan semen portland menunjukkan perekatan kurang optimal, sedangkan hasil pengikatan dengan semen dan polimer menunjukkan morfologi interface yang lebih padat dan telah mendapatkan sertifikat pengujian yang dikeluarkan Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan KIMPRASWIL (2004). LAPI - ITB menyatakan sirsat PTFI itu sangat bagus dan kuat untuk digunakan sebagai bahan baku konstruksi.

Kemudian percobaan dilakukan kembali oleh Institut Teknologi Bandung bekerja sama dengan PT. Free Port Indonesia, dimana percobaan ini adalah percobaan lapangan di Timika dengan membuat jalan raya dan jembatan bentang sederhana dengan menggunakan campuran beton dengan *tailing*. Campuran beton yang dipergunakan baik untuk jalan raya maupun jembatan ialah campuran antara tailing, semen, polimer dan air dengan perbandingan 70%; 30%; 15% (berat polimer terhadap berat semen). Percobaan jalan dengan perkerasan beton menggunakan tailing ini telah dilakukan dengan panjang total jalan lebih kurang 525 meter dengan lebar 6 meter dan 9 meter dengan ketebalan pelat beton 15 cm dan 20 cm, yang dilaksanakan pada bulan Februari 2001. Lalu lintas jalan ini termasuk katagori lalu lintas berat yang banyak dilewati oleh truk pengangkut hasil tambang. Percobaan jembatan beton dengan menggunakan bahan tailing telah dilakukan pada jembatan sederhana (*simple span*) di sungai Kaoga pada bulan Maret 2001, juga di Timika dengan bentang 12 meter dan lebar 9 meter. Kedua konstruksi ini, menurut pengamatan yang telah dilakukan oleh tim Institut Teknologi Bandung pada bulan Juli 2003 masih dalam kondisi baik (LAPI-ITB, 2003).

### **2.2.2. Tailing Sebagai Bahan Lapis Pondasi**

Untuk melihat pengaruh dari tambahan *tailing* pada material batu pecah yang akan dipergunakan untuk LPB (Lapis Pondasi Bawah) maupun LPA (Lapis Pondasi

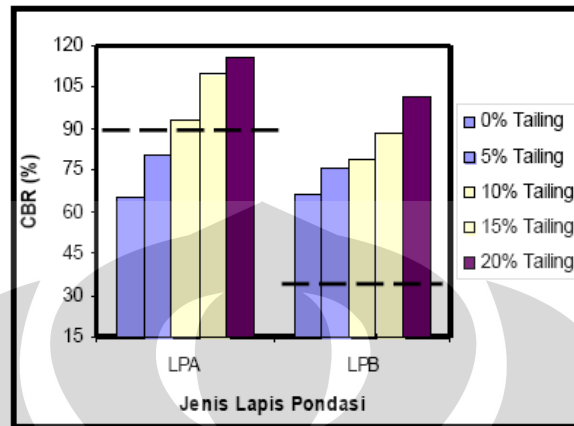
Atas), Neni et al. (2004) telah melakukan studi untuk melihat pengaruh penambahan *tailing* pada LPA dan LPB. Penambahan *tailing* yang dilakukannya adalah dengan berbagai variasi mulai dari 5% sampai 20%, dengan interval setiap 5%. Pembatasan penambahan *tailing* sebanyak 20% baik untuk LPB maupun untuk LPA dilakukan karena penambahan persentase yang melebihi dari 20% untuk LPB dan LPA akan menghasilkan gradasi campuran yang keluar dari batas-batas yang dipersyaratkan. Dari hasil studinya, Neni et al. (2004) menyimpulkan bahwa penambahan *tailing* akan menurunkan sifat plastisitas material. Penambahan *tailing* 20% akan menurunkan Plastisitas Index (PI) sebesar 50% untuk LPA dan 78% untuk LPB, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Material LPB dan LPA yang mempunyai sifat plastisitasnya lebih besar dari yang disyaratkan, bisa diturunkan dengan menambahkan bahan *tailing* tersebut.



Gambar 2.6. Pengaruh Penambahan *Tailing* pada Sifat-sifat Atterberg Limit LPA dan LPB (Neni et al., 2004)

Dari hasil pengujian kepadatan dan kadar air optimum dengan variasi penambahan *tailing* antara 5% sampai 20%, baik untuk campuran LPA maupun LPB, diketahui bahwa penambahan *tailing* relatif tidak berpengaruh banyak terhadap nilai kepadatan dan kadar air baik pada LPA maupun pada LPB. Tetapi nilai CBR LPA dan LPB akan meningkat seiring dengan bertambahnya penggunaan % *tailing* dalam campuran. Kenaikan yang terjadi antara campuran LPA yang menggunakan 20%

*tailing* dengan yang tidak sekitar 78,5%, untuk LPB sekitar 53%, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Pengaruh Penambahan *Tailing* pada Nilai CBR LPA dan LPB  
(Neni et al. 2004)

### 2.2.3. *Tailing* Sebagai Substitusi Agregat Dalam Campuran Lataston

Affandi (2004) telah melakukan studi pemanfaatan *tailing* dalam campuran Lataston. Dari hasil studinya disimpulkan bahwa penggunaan *tailing* dalam campuran akan menurunkan nilai stabilitas campuran Lataston, semakin besar persentase *tailing* yang digunakan nilai stabilitas campuran Lataston cenderung menurun. Peningkatan pemakaian *tailing* juga akan menyebabkan penurunan nilai stabilitas sisa dan ketahanan campuran terhadap alur jejak roda. Kontribusi pemakaian *tailing* relatif tidak memberikan pengaruh pada peningkatan nilai modulus kekakuan campuran. Menurutnya, kesemuanya ini menunjukkan bahwa penggunaan *tailing* sebagai substitusi agregat dalam campuran beraspal jenis Lataston relatif tidak menambah kekuatan campuran ini. Affandi (2004) juga telah melakukan studi pemanfaatan *tailing* dalam campuran AC-WC dan AC-BC. Campuran ini merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat, *tailing* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur di Unit Pencampur Aspal, dihampar dan dipadatkan pada temperatur tertentu. Campuran beraspal yang mengandung *tailing* ini selanjutnya disebut sebagai Campuran Panas *Tailing* Aspal (HMTA). Dari studinya

ini diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai stabilitas campuran AC-WC dan AC-BC sekitar 12,4% - 15,6% akibat substitusi agregat pembentuk campuran tersebut dengan 10% *tailing*, tetapi pada persentase pemakaian *tailing* ini terjadi penurunan nilai stabilitas sisa dan ketahanan campuran terhadap alur jejak roda. HMTA dapat digunakan untuk lapis permukaan (HMTA-WC) atau lapis pondasi (HMTA-BC) yang dihamparkan dan dipadatkan di atas lapis pondasi atau permukaan jalan yang ada.

#### 2.2.4. Tailing Sebagai Substitusi Agregat Dalam Campuran Latasir

Neni (2005) telah melakukan studi mengenai pemakaian *tailing* dalam campuran Latasir. Dalam studinya ini, persentase *tailing* yang dipakai bervariasi hingga 100%. Hasil pengujiannya seperti yang diberikan pada Tabel 2.3. Dari studinya ini, disimpulkan bahwa secara umum dari hasil pengujian sifat-sifat campuran beraspal jenis Latasir; pengujian rendaman Marshall, pengujian modulus kekakuan resilien dan pengujian ketahanan campuran terhadap alur, persentase penggunaan *tailing* maksimum dalam campuran Latasir yang masih memenuhi persyaratan campuran adalah 45%.

Tabel 2.7. Sifat-Sifat Campuran Latasir pada Variasi Persentase *Tailing* pada Kadar Aspal Optimumnya (Neni, 2005).

NO	Sifat Campuran	Campuran	Keterangan
----	----------------	----------	------------

		0% Tailing	45% Tailing	50% Tailing	55% Tailing	60% Tailing	100% Tailing	
1	Kadar Aspal Campuran (%)	10.80	10.15	10.65	10.80	10.40	14.40	*
2	Kepadatan (ton/m <sup>3</sup> )	2.238	2.245	2.233	2.234	2.214	2.112	*
3	VMA (%)	27.07	26.68	28.37	27.73	27.9	35.24	Min 20
4	VIM (%)	78.42	78.5	81.45	83.82	80.23	5.58	3.0 – 6.0
5	VFB (%)	5.84	5.79	5.26	4.49	5.58	82.8	Min 75
6	Stabilitas (Kg)	946.74	338.07	569.55	600.18	459.15	323	Min 200
7	Pelelehan (mm)	2.92	2.93	2.65	2.48	2.95	3.9	2 - 3
8	Mq (kg/mm)	314.71	220.45	209.03	227.22	159.13	83	Min 60
9	Stabilitas Sisa (%)	75	86	75	74	73	91	Min 75
10	Modulus pada 35° C (MPa)	210	304	248	344	411	*	-
11	Ketahanan Terhadap Air							
	Laju Deformasi (mm/mnt)	0.342	*	*	0.286	*	*	-
	Stabilitas Dinamis (lintasan/mm)	123	*	*	147	*	*	-

Catatan : \* Tidak Diuji

### 2.2.5. Bitumen Expanded Tailing

Yamin dkk (2005) telah melakukan penelitian dengan menambahkan *tailing* ke dalam aspal sehingga menghasilkan apa yang disebut dengan *Bitumen Expanded Tailing* (BET). Dari hasil penelitiannya disimpulkan bahwa penambahan 4% sampai 12% *tailing* ke dalam aspal minyak Pen 60 akan memberikan sifat yang positif pada titik leleh, titik nyala dan berat jenis aspal aspal tersebut, tetapi memberikan sifat negatif pada penetrasinya. Sifat mulur (*ductile*) aspal masih cukup baik (> 100 cm) bila persentase penambahan *tailing* ke dalam aspal lebih kecil dari 8%. Menurut Yamin dkk (2005), apabila BET ini digunakan sebagai binder pada campuran Lataston maka akan dihasilkan campuran dengan sifat-sifat yang lebih baik dibandingkan dengan campuran Lataston konvensional (menggunakan aspal Pen 60). Lataston yang dibuat dengan BET dengan kandungan *tailing* sampai dengan batas

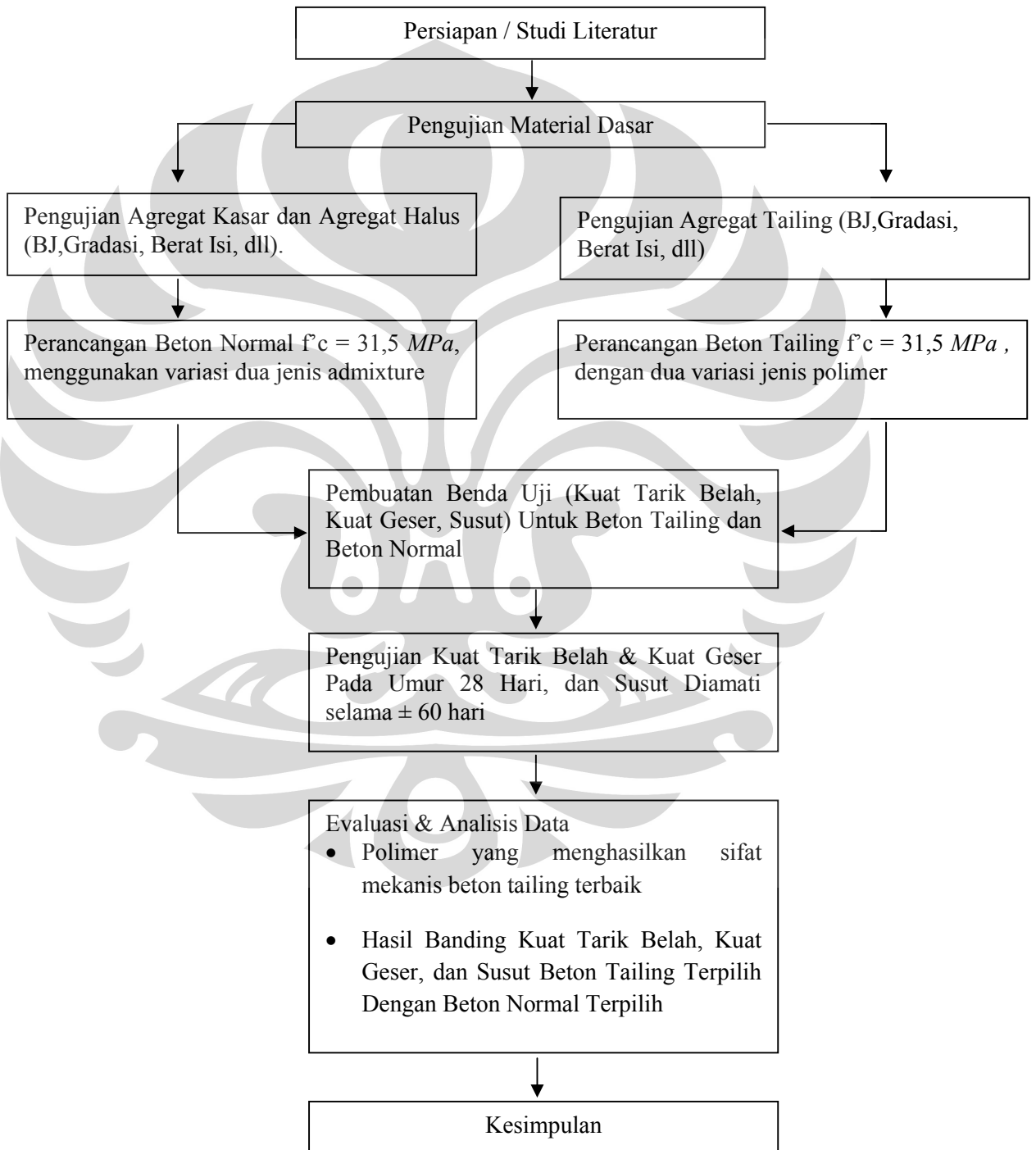
tertentu (8%) memberikan dampak yang positif pada durabilitas campuran lataston yang ditunjukkan dengan naiknya nilai stabilitas sisanya. Menurutnya tingginya kandungan silika oksida,  $\text{SiO}_2$  (65%) dalam *tailing* dan sifat *puzzolanic* dari material ini faktor utama yang menyebabkan naiknya nilai stabilitas dan MQ Lataston. Tetapi pemakaian *tailing* dalam BET dengan persentase yang lebih besar dari 8% akan menghasilkan campuran Lataston dengan durabilitas yang lebih rendah bahkan lebih rendah dari campuran Lataston konvensional.



# BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1. LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN





## **3.2. STANDAR TEST DAN SPESIFIKASI BAHAN**

### **3.2.1. Metode Standar Test Untuk Agregat**

Pada penelitian ini, agregat untuk beton tailing yang digunakan dalam campuran yaitu pasir sisa tambang atau tailing. Sedangkan untuk beton normal pembanding, digunakan agregat kasar dan agregat halus seperti pada beton umumnya. Pengujian dilakukan terhadap agregat tailing, agregat kasar dan halus, sedangkan terhadap semen, polimer dan air tidak dilakukan pengujian, sifat – sifat semen dan polimer yang digunakan diambil dari standar pabrik dan air yang digunakan sudah memenuhi standar air baku.

Pengujian dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus, adapun pengujian yang dilakukan terhadap agregat tailing sesuai dengan pengujian terhadap agregat halus, yang mengacu pada standar-standar antara lain :

ASTM C.128	Metode standar untuk menentukan specific gravity and penyerapan agregat halus
ASTM C.29	Metode standar untuk menentukan berat isi dan rongga dalam agregat
ASTM C.127	Metode standar untuk menentukan specific gravity dan absorpsi agregat kasar.
ASTM C.136	Metode standar untuk analisa saringan terhadap agregat kasar dan agregat halus
ASTM C.177	Metode standar test untuk bahan yang lolos saringan No. 200 dengan pencucian
ASTM C.40	Metode standar untuk test kotoran organik dalam agregat halus

### 3.2.2. Metode Standar Test Untuk Beton

ASTM C.496            Metode standar untuk test kuat tarik belah dari silinder beton

ASTM C.490            Metode standar untuk menentukan susut dari benda uji beton

### 3.2.3. Bahan Baku Penelitian

#### a. Semen

- Jenis                    : Semen type I (OPC)
- Merk                    : Semen Gresik
- Sumber                 : Toko Bangunan

#### b. Agregat Tailing

- Jenis                    : Pasir Sisa Tambang
- Asal                     : Timika, Papua
- Sumber                 : PT. Free Port Indonesia

#### c. Agregat Halus

- Jenis                    : Pasir Alam
- Asal                     : Cimangkok, Jawa Barat

#### d. Agregat Kasar

- Jenis                    : Batu Pecah (*Split*)
- Asal                     : Rumpin

#### e. Polimer

##### 1). BASF

- Jenis                    : Superplasticer
- Merk                    : Glenium C 317 (Polimer/Admixture A)
- Sumber                 : Distributor BASF Indonesia

## 2). BASF

- Jenis : Superplasticer
- Merk : Glenium C 311 (Polimer/Admixture B)
- Sumber : Distributor BASF Indonesia

## f. Air

- Jenis : Air PAM
- Sumber : Laboratorium Beton FT-UI Depok

### 3.3. ALAT-ALAT PERCOBAAN

Dalam rangka penelitian terhadap kuat tarik belah, kuat geser, dan susut pada beton yang menggunakan bahan dasar tailing ini, maka diperlukan alat-alat sebagai berikut :

- Cetakan silinder yang terbuat dari baja dengan ukuran garis tengah lingkaran 15 cm dan tinggi 30 cm. Cetakan silinder ini berfungsi untuk mencetak benda uji untuk pengujian terhadap kuat tarik belah dari beton tailing yang dibuat.
- Cetakan balok double L dengan ukuran  $20 \times 30 \times 7,5 \text{ cm}^3$  terbuat dari multiplek untuk pengujian kuat geser.
- Timbangan dengan tingkat kepekaan 1 gram untuk menimbang berat material yang digunakan dalam penelitian ini.
- Molen untuk mengaduk adonan untuk benda uji
- Alat tekan dengan kapasitas maksimum 180 ton
- Satu Set Alat Pengujian Susut

### 3.4. RENCANA CAMPURAN BETON

#### 3.4.1. Rencana Campuran Beton Tailing

Rancangan campuran yang direncanakan diambil berdasarkan rancangan campuran yang dibuat oleh PT. Freeport Indonesia dengan komposisi campuran sebagai berikut :

Tabel 3.1. Komposisi Rancangan Campuran Beton Tailing

Ingredient	Unit Volume (1m <sup>3</sup> )	Unit
Cement	625	kg/ m <sup>3</sup>
Water	100-130	Liter/ m <sup>3</sup>
Tailing	1475	kg/ m <sup>3</sup>
Polymer	6,25	Liter/ m <sup>3</sup>

Polimer yang digunakan dalam rancangan campuran digunakan dua jenis polimer yang berbeda untuk masing-masing campurannya, untuk kemudian benda uji yang dihasilkan dari penggunaan kedua jenis polimer ini diuji dan dilihat pengaruhnya terhadap sifat mekanis beton yang dihasilkan serta jenis polimer yang menghasilkan sifat mekanis terbaik pada beton tailing.

Adapun istilah yang akan digunakan pada beton tailing dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

- Beton Tailing Polimer A : Beton tailing yang menggunakan campuran dengan menggunakan polimer jenis A
- Beton Tailing Polimer B : Beton tailing yang menggunakan campuran dengan menggunakan polimer jenis B

#### 3.4.2. Rencana Campuran Beton Normal

Pada penelitian ini, pembuatan benda uji beton normal dimaksudkan sebagai pembandingan karakteristik beton tailing dengan karakteristik beton normal. Campuran beton normal yang akan dibuat mengacu pada metode rancangan pencampuran US Bureau. Sebelum melakukan perancangan campuran, data-data yang dibutuhkan

harus dicari terlebih dahulu. Jika data-data yang dibutuhkan tidak ada, maka data tersebut dapat diambil dari tabel-tabel yang ada pada metode perancangan ini. Berikut ini pada tabel 3.2. merupakan komposisi rancangan campuran beton normal pembanding.

Tabel 3.2. Komposisi Rancangan Campuran Beton Normal Pembanding

Ingredient	Unit Volume (1m <sup>3</sup> )	Unit
Cement	358,9880871	kg/ m <sup>3</sup>
Water	151,7475	
W/C	42,3	%
Air Content	4,8	%
Agg. Volume (1-C-W-A)	-	
S/A	38,275	%
Fine Aggregate	605,0588144	kg/ m <sup>3</sup>
Coarse Aggregate	1103,367149	kg/ m <sup>3</sup>
Admixture (WRA)	3,589880871	kg/ m <sup>3</sup>

Adapun istilah yang akan digunakan pada beton normal dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

- Beton Normal A : Beton normal yang menggunakan campuran dengan menggunakan admixture jenis A
- Beton Normal B : Beton normal yang menggunakan campuran dengan menggunakan admixture jenis B

### **3.5. PELAKSANAAN PENGUJIAN AGREGAT**

#### **3.5.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus / Tailing**

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis dan kadar penyerapan air dari agregat tailing, dimana pengujiannya sama dengan pengujian terhadap agregat halus biasa.

Proses pengujian :

1. 1000 gram agregat halus yang diperoleh dikeringkan sampai didapatkan keadaan yang kering merata dari kondisi jenuh air. Agregat halus tersebut disebut kering merata bila telah dapat tercurah.
2. Setelah kondisi tersebut didapat, sebagian dari benda uji dimasukkan pada metal sand cone mold. Benda uji yang telah dimasukkan tadi, dipadatkan dengan tongkat pemadat sampai 25 kali tumbukan. Kondisi yang diinginkan adalah kondisi SSD (*surface dry condition*) yaitu bila cetakan diangkat, maka agregat halus tersebut runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
3. Sebanyak 500 gram agregat halus yang telah mencapai kondisi SSD, dimasukkan dalam piknometer dan diisi sampai dengan 90% kapasitasnya. Gelembung-gelembung udara dibebaskan dengan cara menggoyang-goyangkan piknometer. Untuk mempercepat proses ini dapat dipergunakan pompa hampa udara tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
4. Rendam piknometer dalam air selama 1 hari dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C. Tentukan berat piknometer, benda uji dan air.
5. Pisahkan benda uji dari piknometer dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  selama 1 hari.
6. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam sampai tiga jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0.5 gram.
7. Tentukan berat piknometer yang telah terisi air sesuai kapasitas kalibrasi

8. Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{- Berat Jenis} &= \frac{A}{B + A - C} \\ \text{- Berat Jenis SSD} &= \frac{500}{B + 500 - C} \\ \text{- Penyerapan Air} &= \frac{500 - A}{A} \times 100\% \end{aligned}$$

### 3.5.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Terhadap Agregat Kasar

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C.127, yaitu metode standar untuk menentukan specific gravity dan absorpsi agregat kasar. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya berat jenis dan persentase air yang dapat diserap oleh agregat kasar yang akan digunakan dalam campuran beton.

Prosedur pengujian :

1. Benda uji direndam dalam air pada suhu kamar 25°C selama 24 jam.
2. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering), untuk butir yang besar pengeringan harus dilakukan satu persatu.
3. Timbang benda uji dalam keadaan jenuh permukaan kering (B).
4. Letakkan benda uji di dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan gelembung udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (C). Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu kamar 25°C.
5. Masukkan benda uji ke dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap.
6. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam sampai tiga jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0.5 gram (A).

7. Perhitungan :

$$\text{- Berat Jenis} = \frac{A}{A-C}$$

$$\text{- Berat Jenis SSD} = \frac{B}{B-C}$$

$$\text{- Penyerapan Air} = \frac{B-A}{A} \times 100\%$$

### 3.5.3. Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui berat isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat dapat dilakukan dalam dua kondisi, yaitu pada kondisi padat dan pada kondisi gembur.

Proses pengujian :

Kondisi padat dapat dilakukan dengan cara tusuk dan cara ketuk.

#### 1. Cara Tusuk

- Isi penakar 1/3 dari volume penuh dan ratakan dengan batang perata.
- Tusuk lapisan agregat dengan 25× tusukan batang penusuk.
- Isi lagi sampai volume menjadi 2/3 penuh kemudian ratakan dan tusuk sebanyak 25× dengan batang penusuk.
- Isi penakar sampai berlebih dan tusuk lagi.
- Ratakan permukaan agregat dengan batang perata.
- Tentukan berat penakar dan isinya ( $G$ ) dan berat penakar itu sendiri ( $T$ ).
- Catat beratnya sampai ketelitian 0.05 kg.
- Hitung berat isi agregat :  $M = \frac{(G-T)}{V}$



Dimana :

$M$  = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven,  $kg/m^3$ .

$G$  = Berat agregat dan penakar,  $kg$ .

$T$  = Berat penakar,  $kg$ .

$V$  = Volume penakar,  $kg$ .

- Hitung kadar rongga udara : Rongga Udara =  $\frac{[(s \times w) - M]}{(s \times w)} \times 100\%$

Dimana :

$M$  = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven,  $kg/m^3$ .

$s$  = Berat jenis agregat dalam kering oven.

$w$  = Kerapatan air.  $998 kg/m^3$ .

## 2. Cara Ketuk

- Isi penakar 1/3 dari volume penuh dan ratakan dengan batang perata.
- Padatkan lapisan dengan cara mengetuk-ngetukkan alas penakar secara bergantian di atas lantai yang rata sebanyak  $50 \times$ .
- Isi lagi sampai volume menjadi 2/3 penuh kemudian ratakan dan ketukkan kembali sebanyak  $50 \times$ .
- Isi penakar sampai berlebih dan ketuk lagi.
- Ratakan permukaan agregat dengan batang perata sampai rata.
- Tentukan berat penakar dan isinya ( $G$ ) dan berat penakar itu sendiri ( $T$ ).
- Catat beratnya sampai ketelitian  $0.05 kg$ .
- Hitung berat isi agregat :  $M = \frac{(G - T)}{V}$

Dimana :

$M$  = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven,  $kg/m^3$ .

$G$  = Berat agregat dan penakar,  $kg$ .

$T$  = Berat penakar,  $kg$ .

$V$  = Volume penakar,  $kg$ .

- Menghitung kadar rongga udara :  $\text{Rongga Udara} = \frac{[(s \times w) - M]}{(s \times w)} \times 100\%$

Dimana :

$M$  = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven,  $kg/m^3$ .

$s$  = Berat jenis agregat dalam kering oven.

$w$  = Kerapatan air.  $998 kg/m^3$ .

Proses pengujian :

Kondisi gembur dapat dilakukan dengan cara sekop atau sendok.

- Isi penakar dengan agregat memakai sekop atau sendok secara berlebihan dan hindarkan terjadinya pemisahan dari butir agregat.
- Ratakan permukaan dengan batang perata.
- Tentukan berat penakar dan isinya ( $G$ ) dan berat penakar itu sendiri ( $T$ ).
- Catat beratnya sampai ketelitian  $0.05 kg$ .

- Hitung berat isi agregat :  $M = \frac{(G - T)}{V}$

Dimana :

$M$  = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven,  $kg/m^3$ .

$G$  = Berat agregat dan penakar,  $kg$ .

$T$  = Berat penakar,  $kg$ .

$V$  = Volume penakar,  $kg$ .

- Menghitung kadar rongga udara :  $\text{Rongga Udara} = \frac{[(s \times w) - M]}{(s \times w)} \times 100\%$

Dimana :

$M$  = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven,  $kg/m^3$ .

$s$  = Berat jenis agregat dalam kering oven.

$w$  = Kerapatan air.  $998 kg/m^3$ .

#### **3.5.4. Pengujian Analisa Ayakan**

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat dengan menggunakan saringan.

Proses pengujian :

- Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap.
- Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan digoncang dengan tangan atau mesin penggoncang selama 15 menit.
- Timbang berat agregat kasar yang terdapat pada masing-masing ayakan.
- Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

#### **3.5.5. Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)**

Pengujian ini dimaksudkan untuk memperoleh persentase jumlah dalam bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm), yang dimaksud dengan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) adalah banyaknya bahan yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jernih.

Proses pengujian :

1. Timbang wadah tanpa benda uji
2. Timbang benda uji dan masukkan ke dalam wadah
3. Masukkan air pencuci yang sudah berisi sejumlah bahan pembersih ke dalam wadah, sehingga benda uji terendam
4. Aduk benda uji dalam wadah sehingga menghasilkan pemisahan yang sempurna antara butir-butir kasar dan bahan halus yang lolos saringan No.200 (0,075 mm).

Usahakan bahan halus tersebut menjadi melayang di dalam larutan pencuci sehingga mempermudah dalam pemisahannya.

5. Tuangkan air pencuci dengan segera di atas saringan No. 16 (1,18 mm) yang di bawahnya dipasang saringan No.200 (0,075 mm) pada waktu menuangkan air pencuci harus hati-hati supaya bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
6. Ulangi proses pengujian 3,4 dan 5, sehingga tuangan air pencuci terlihat jernih.
7. Kembalikan semua benda uji yang tertahan saringan No. 16 (1,18 mm) dan No. 200 (0,075 mm) ke dalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai mencapai berat tetap, dan timbang sampai ketelitian maksimum 0,1 % dari berat contoh
8. Hitung persen bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) :

- Berat kering benda uji awal

$$w_3 = w_1 - w_2$$

- Berat kering benda uji sesudah pencucian

$$w_5 = w_4 - w_2$$

- Bahan lolos saringan No. 200 ( 0,075 mm)

$$w_6 = \frac{w_3 - w_5}{w_3} \times 100\%$$

Dimana :

$w_1$  = berat kering benda uji + wadah (gram)

$w_2$  = berat wadah (gram)

$w_3$  = berat kering benda uji awal (gram)

$w_4$  = berat kering benda uji setelah pencucian + wadah (gram)

$w_5$  = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram)

$w_6$  = % bahan lolos saringan No. 200 (0,075 mm)

### **3.5.6. Pengujian Kotoran Organik Dalam Agregat Halus / Tailing**

Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan angka petunjuk larutan standar atau standar warna yang telah ditentukan terhadap larutan benda uji pasir dan pasir sisa tambang.

Proses pengujian :

1. Masukkan benda uji kedalam botol gelas sampai mencapai garis skala 130 ml
2. Tambahkan larutan (3 % NaOH + 97 % air) dan dikocok sampai volume mencapai 200 ml
3. Tutup botol, guncangkan secara kuat, kemudian diamkan selama 24 jam
4. Warna standar dapat menggunakan larutan standar atau organic plate No.3
5. Jika warna larutan benda uji lebih gelap dari warna larutan standar, lebih besar dari No.3, maka kemungkinan mengandung bahan organik yang tidak diizinkan untuk bahan campuran beton.

### **3.6. PENGUJIAN BETON SEGAR**

Pengujian beton segar tailing yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian pengujian slump dan berat isi beton segar.

#### **3.6.1. Pengujian Slump**

Uji ini dimaksudkan untuk mengukur kekentalan/konsistensi adukan beton yang dihasilkan pada setiap pengadukan. Kekentalan beton berpengaruh pada kemudahan pengerjaan (*workability*) dari beton. Adukan ini diambil langsung dari mesin pengaduk.

Proses pengujian :

- Sebelum alat-alat yang akan digunakan pada pengujian ini, dibasahi permukaannya untuk menghindari adanya penyerapan air dari campuran beton.
- Kerucut Abrams diletakkan di atas bidang alas yang rata sambil ditekan ke bawah pada penyokongnya.

- Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut dalam 3 lapis yang sama dan setiap lapis ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja.
- Setelah selesai, permukaan atasnya diratakan dan dibiarkan selama 30 detik.
- Kemudian kerucut ditarik vertikal perlahan-lahan ke atas dengan hati-hati.
- Segera setelah penurunan kerucut terhadap tinggi semula diukur.
- Hasil pengukuran disebut nilai slump.

### **3.7. PENGUJIAN BETON KERAS**

Pengujian beton taling keras yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian pengujian kuat tarik belah, pengujian kuat geser dan pengujian terhadap susut dari beton taling yang dibuat.

#### **3.7.1. Pengujian Kuat Tarik Belah**

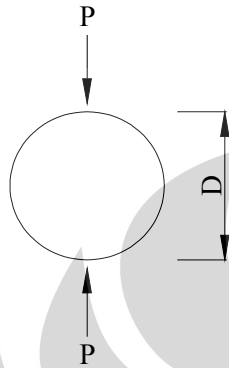
Benda uji yang digunakan yaitu berupa silinder. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dan untuk masing-masing proporsi campuran digunakan 5 buah benda uji.

Adapun proses pengujiannya yaitu sebagai berikut :

- Benda uji ditimbang beratnya.
- Setelah lapisan belerang mengeras benda uji diletakkan pada mesin/alat tekan dan posisinya berada tepat ditengan-tengah lapisan pelat tekan. Pada percobaan ini mesin tekan ditambahkan suatu lempengan pelat besi yang dapat berfungsi membagi beban merata pada panjang silinder. Sebatang kayu lapis sepanjang 25 mm dan tebal 3 mm disisipkan diantara silinder dengan muka atas dan bawah landasan mesin tekan
- Pembebanan dilakukan secara kontinu dengan pembebanan konstan dalam laju kecepatan pembebanan berkisar antara  $0,7 \text{ MPa}$ - $1,4 \text{ MPa}$ /menit sampai benda uji hancur

- Catat beban maksimum yang pada saat benda uji hancur, dan catat bentuk kehancuran yang terjadi pada benda uji.

Besarnya tegangan tarik belah beton dapat dihitung sebagai berikut :



$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL}$$

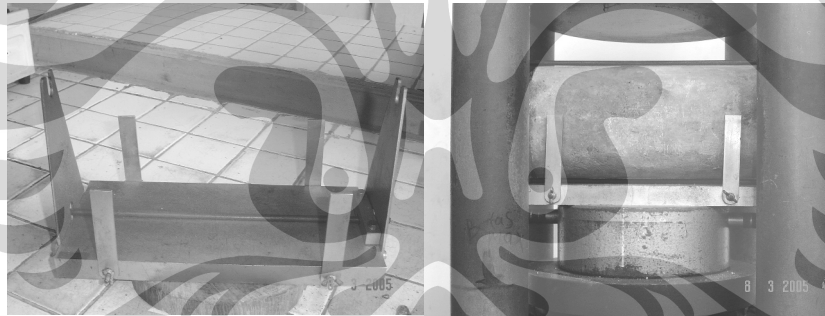
Dimana :

$f_{ct}$  = tegangan tarik belah ( $kg/cm^2$  atau  $MPa$ )

$P$  = beban maksimum yang diberikan ( $kg$  atau  $kN$ )

$L$  = panjang silinder beton ( $cm$  atau  $mm$ )

$D$  = diameter silinder beton ( $cm$  atau  $mm$ )



Gambar 3.1. Pengujian Kuat Tarik Belah

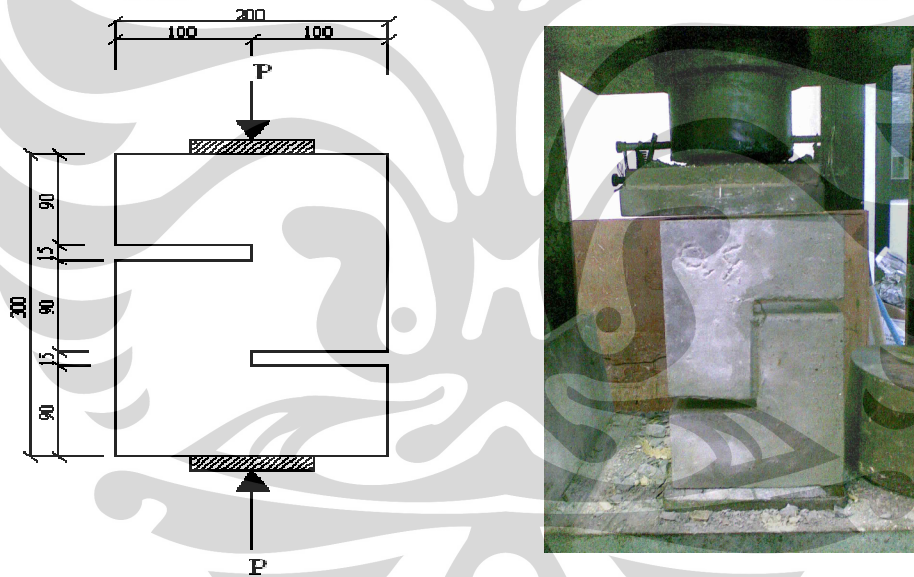
### 3.7.2. Pengujian Kuat Geser

Benda uji yang digunakan yaitu berupa sampel double L yang diberi besi tulangan sebagai reinforcement. Tulangan ini dimaksudkan untuk memperkuat sisi-sisi sampel double L yang tidak diharapkan hancur. Dengan demikian dapat dipastikan kehancuran akan terjadi pada daerah lemah sampel double L yaitu pada

garis sentris tegen sampel. Untuk tulangan dapat dipakai baja diameter 8 mm dan 6 mm untuk sengkangnya.

Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Sampel double L yang akan diuji diambil dari tempat perawatan satu hari sebelum pengujian dilakukan.
2. Kemudian permukaan benda uji yang akan diratakan, dibersihkan dari kotoran dengan amplas halus.
3. Mesin Press dijalankan secara manual dengan penambahan beban yang kontan dengan lendutan sekitar 1 mm per 450 detik.
4. Catat beban maksimum yang menghancurkan benda uji, kemudian dihitung tegangan geser yang terjadi.



Gambar 3.2. Pengujian Kuat Geser



### 3.7.3. Pengujian Susut

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perubahan panjang, peningkatan atau pengurangan dalam dimensi linier benda uji sepanjang sumbu longitudinal tanpa pemberian beban. Pengujian ini dilakukan selama 56 hari. Benda uji balok beton berukuran  $10 \times 10 \times 50$  cm.

Adapun langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Benda uji balok yang sudah mengalami proses perawatan diukur dimensinya. Pengukuran-pengukuran ini juga berguna untuk mengetahui persyaratan keseragaman sampel.
2. Tempatkan benda uji pada ruang yang dijaga kelembaban dan suhunya.
3. Ukur batang reference bar terlebih dahulu pada alat pembacaan comparator sebelum mengukur benda uji, kemudian baca pembacaan dial gage dan dicatat.
4. Ukur benda uji dengan letak yang sama dengan comparator pada alat uji, baca pembacaan dial gage dan catat suhu dan kelembabannya.
5. Setelah pembacaan, bersihkan pelat pada alat ukur untuk membersihkan dari air dan pasir
6. Letakan benda uji pada tempatnya dengan dilapisi kain yang telah dibasahi untuk menjaga kelembabannya.
7. Pembacaan dilakukan pada umur awal dengan comparator, kemudian diukur pada interval waktu yang tetap selama 56 hari.

#### Perhitungan perubahan panjang (susut)

$$L = \frac{(L_x - L_i)}{G} \times 100$$

Dimana :

$L$  = Perubahan panjang pada umur  $x$ , %

$L_x$  = Pembacaan comparator spesimen pada umur x dikurangi pembacaan komparator batang referensi pada umur x

$L_i$  = Pembacaan comparator awal spesimen dikurangi pembacaan comparator reference bar pada waktu yang sama

$G$  = Panjang nominal gage

Tabel 3.3. Jumlah Benda Uji dan Umur Pengujian Beton Tailing

No.	Jenis Campuran dan Pengujian	Jenis Polimer	Jumlah Benda Uji	Umur Pengujian
1	Kuat Tarik Belah	Polimer A	5	28 hari
		Polimer B	5	28 hari
2	Kuat Geser	Polimer A	5	28 hari
		Polimer B	5	28 hari
3	Uji Susut	Polimer A	3	± 0 s/d 60 hari
		Polimer B	3	± 0 s/d 60 hari

Tabel 3.4. Jumlah Benda Uji dan Umur Pengujian Beton Normal

No.	Jenis Campuran dan Pengujian	Jenis Polimer	Jumlah Benda Uji	Umur Pengujian
1	Kuat Tarik Belah	Polimer A	5	28 hari
		Polimer B	5	28 hari
2	Kuat Geser	Polimer A	5	28 hari
		Polimer B	5	28 hari
3	Uji Susut	Polimer A	3	$\pm 0$ s/d 60 hari
		Polimer B	3	$\pm 0$ s/d 60 hari



Gambar 3.3. Pengujian Susut

## **BAB IV**

### **HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN**

#### **4.1. PENDAHULUAN**

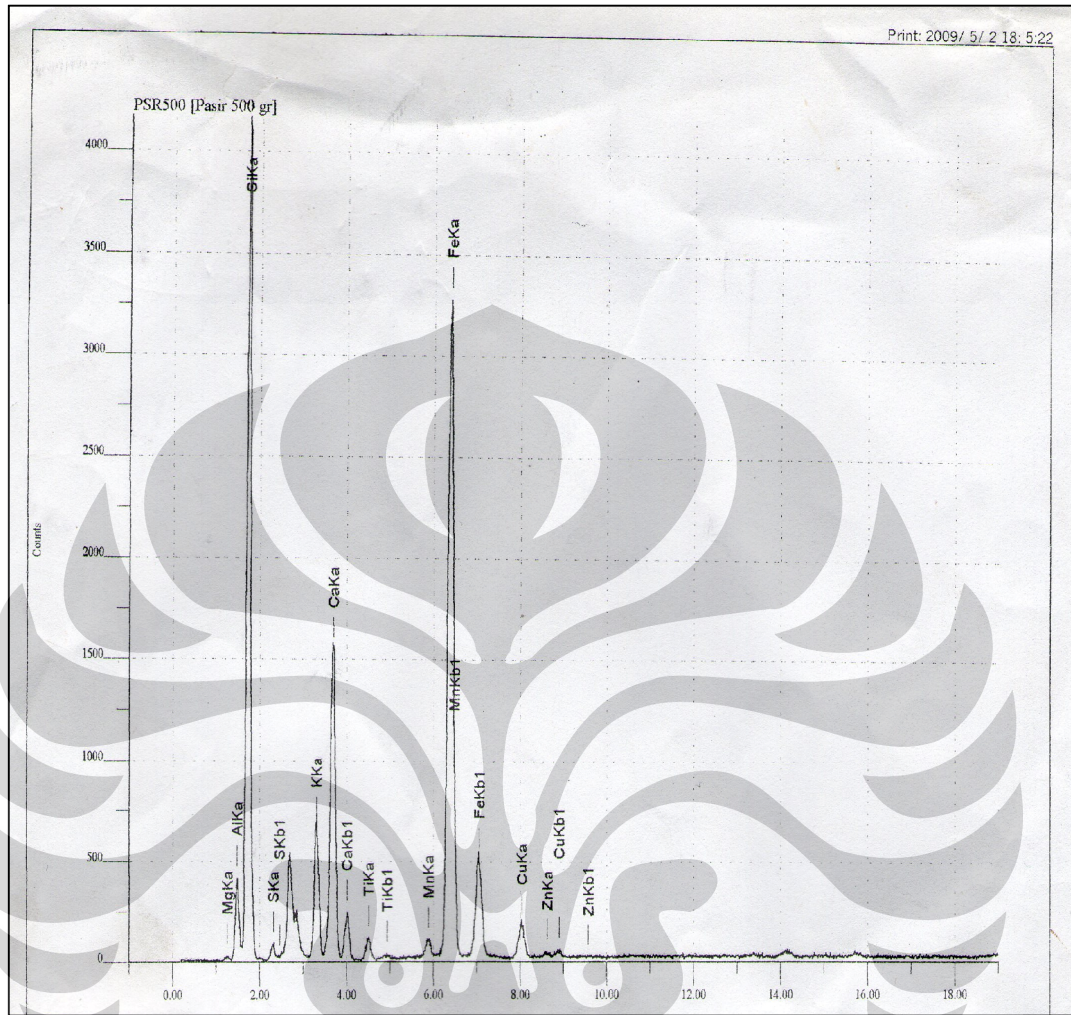
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian material dan benda uji yang kemudian akan dianalisa berdasarkan hasil pengujian. Pada penelitian ini akan dibandingkan beberapa sifat mekanis beton yaitu kuat tarik belah, kuat geser dan susut dari beton tailing terpilih dan beton normal pembanding terpilih, dimana kedua jenis beton tersebut memiliki kuat tekan rencana yang sama. Beton tailing yang terpilih adalah beton tailing dengan campuran polimer jenis tertentu yang menghasilkan sifat mekanis beton terbaik dari dua jenis polimer yang digunakan (polimer A dan polimer B) . Sedangkan beton normal terpilih yaitu beton normal dengan campuran jenis admixture tertentu yang menghasilkan sifat mekanis beton normal terbaik dari dua jenis admixture yang digunakan (admixture A dan admixture B).

#### **4.2. PENGUJIAN MATERIAL TAILING**

##### **4.2.1. Hasil Pengujian Properties Material Tailing**

Material tailing yang akan digunakan sebagai agregat utama pada beton tailing pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pengujian *X-Ray Fluoresence* (XRF) untuk mengetahui unsur kimia penyusun tailing tersebut.

Berikut merupakan hasil pengujian XRF :



Gambar 4.1. Pengujian XRF Material Tailing

Tabel 4.1. Hasil pengujian tailing dengan menggunakan XRF

No	Chem. Formula	wt(%)	at/mole(%)	K-Ratio	Integral Int.	Standard dev.
1	MgO	1.7474	2.7641	0.0060131	252	0.7211
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.6784	6.0529	0.0176393	3886	0.2678
3	SiO <sub>2</sub>	61.6752	65.4554	0.1728311	46729	0.1492
4	S	0.3245	0.6454	0.0015050	1056	0.0392

5	K <sub>2</sub> O	5.0081	3.3900	0.0341127	9415	0.0727
6	CaO	10.8280	12.3124	0.0602039	23217	0.0686
7	TiO <sub>2</sub>	0.6876	0.5488	0.0024998	1665	0.0669
8	MnO <sub>2</sub>	0.3146	0.2307	0.0016089	1409	0.0418
9	FeO	9.2685	8.2263	0.0606808	58843	0.0309
10	CuO	0.4199	0.3366	0.0032076	3259	0.0296
11	ZnO	0.0477	0.0374	0.0004100	415	0.0277

Analysis Element : Mg, Al, Si, S, K, C, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn

Berdasarkan hasil pengujian diatas, terlihat bahwa tailing memiliki kandungan SiO<sub>2</sub>, CaO yang tinggi sehingga material tailing dapat dikategorikan sebagai material yang bersifat *puzzolanic*.

#### 4.2.2. Pengujian Standar Material Tailing

Pengujian standar material atau agregat tailing dilakukan sama seperti pengujian terhadap agregat halus, yaitu dilakukan untuk mendapatkan nilai berat isi, specific gravity, modulus kehalusan (FM), kandungan lumpur dan kandungan organik yang dimiliki agregat tailing sesuai dengan ASTM C-128. Setelah dilakukan pengujian di laboratorium, diperoleh hasil pengujian berikut pada tabel 4.2 ;

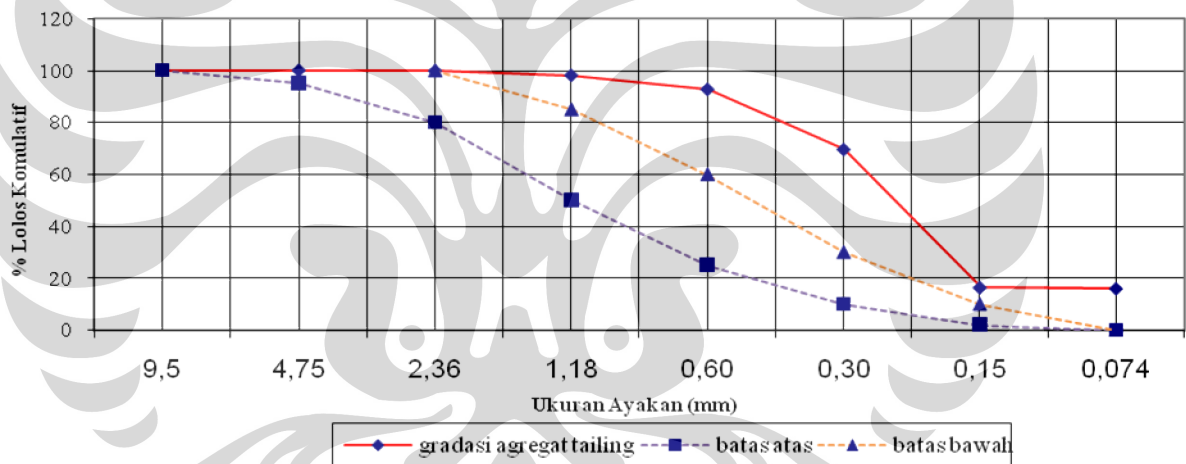
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Agregat Tailing

Pengujian	Hasil
Berat isi	1,544 kg/liter
Void	35,285 %
<i>Bulk Specific Gravity</i> (SSD)	2,502 ton/m <sup>3</sup>
Absorpsi	4,603 %
Fineness Modulus (FM)	2,070
Kadar lumpur	4,4 %
Kotoran Organik	No. 2



Gambar 4.2. Pengujian Kandungan Organik tailing

### GRADASI AGREGAT TAILING



Gambar 4.3. Grafik Analisa Ayak Material Tailing

Dari table 4.2 dan gambar 4.3. diatas dapat disimpulkan :

- Berat isi agregat halus adalah sebesar 1,544 kg/liter dengan void 35,285%. Nilai void memenuhi batasan 30-50%.
- Nilai Bulk specific gravity (SSD) yang didapatkan senilai 2,502 ton/m<sup>3</sup>. Nilai absorpsi agregat tailing yaitu 4,603 % yakni diatas 2%, sehingga

tidak memenuhi kriteria dari ASTM C-128, yaitu absorpsi yang baik nilainya dibawah 2%.

- Agregat tailing memiliki nilai FM 2,070. Berdasarkan ASTM 33-78 nilai FM yang baik adalah berkisar antara 2,2 – 3,1. Sehingga nilai FM yang diperoleh tidak memenuhi standar. Sedangkan untuk gradasi yang diperoleh melebihi batas bawah standar gradasi, dan gradasi agregat tailing berdasarkan SNI 03-2834-1992 tidak termasuk ke dalam zona manapun, tetapi mendekati ke dalam zona 4.
- Persentase kadar lumpur pada agregat tailing sebesar 4,4 %. Kandungan material halus yang diijinkan pada agregat halus adalah berkisar antara 0,2 – 6% (ASTM C-117). Sehingga nilai kadar lumpur yang diperoleh masih memenuhi. Keberadaan lumpur tidak dianjurkan karena sifatnya yang tidak dapat bereaksi dengan pasta semen sehingga melemahkan ikatan yang ada dan akhirnya akan menurunkan kekuatan beton.
- Melalui pengujian kadar organik pada agregat halus, didapatkan warna pengujian termasuk pada kategori warna standar (No.2). Sehingga agregat halus memiliki kadar organik yang rendah.

### **4.3. PENGUJIAN AGREGAT KASAR & AGREGAT HALUS**

#### **4.3.1. Pengujian Agregat Kasar**

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar untuk mengetahui berat isi dan specific gravity dari agregat kasar. Berat isi agregat diperoleh dengan cara penusukan sesuai dengan ASTM C-29 sementara specific gravity agregat dilakukan sesuai dengan ASTM C-127. Setelah dilakukan pengujian terhadap agregat kasar di laboratorium, diperoleh hasil pengujian berikut ini pada table 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

<b>Pengujian</b>	<b>Hasil</b>
Berat Isi Agregat	1,525 kg/liter



Void	41,111 %
Bulk Spesific Gravity (SSD)	2.594 ton/m <sup>3</sup>
Absorption	2,912 %

Dari tabel 4.3 diatas dapat disimpulkan :

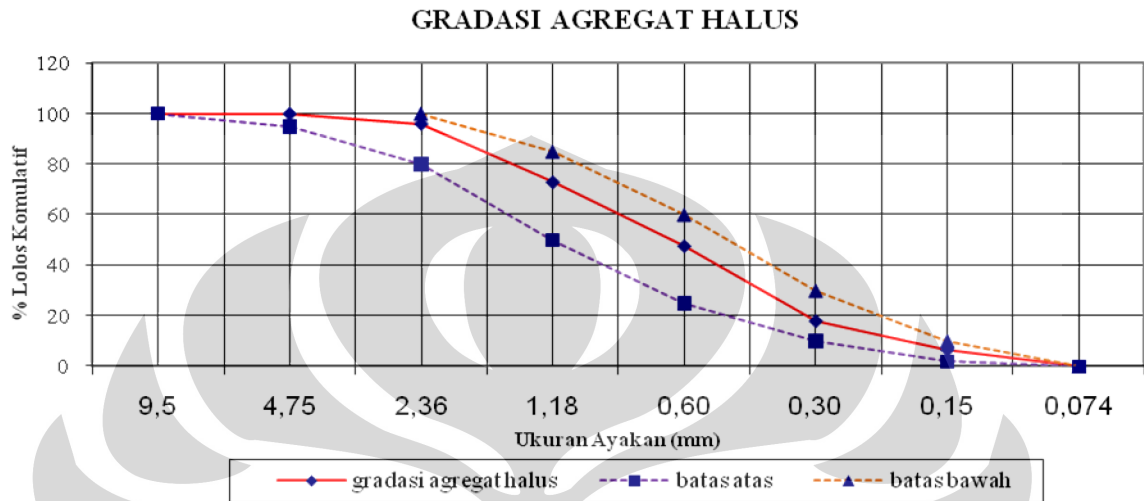
- Berat isi agregat kasar adalah 1,525 kg/liter dengan void sebesar 41,111 %. Nilai void masih memenuhi batas yaitu antara 30-50%
- Nilai Bulk Spesific Gravity (SSD) agregat kasar adalah 2,594 ton/m<sup>3</sup> yang akan digunakan dalam perhitungan rancang campur. Nilai absorpsi agregat kasar sebesar 2,912 %. Nilai ini memenuhi ASTM C-127 yang menyatakan nilai absorpsi yang baik untuk agregat kasar adalah dibawah 4%

#### 4.3.2. Pengujian Agregat Halus

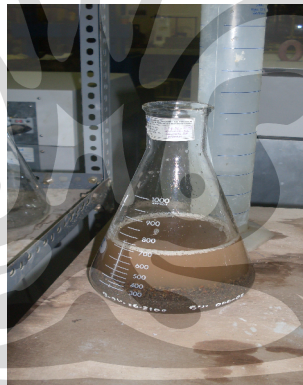
Pengujian agregat halus dilakukan untuk mendapatkan nilai berat isi, specific gravity, modulus kehalusan (FM), kandungan lumpur dan kandungan organik yang dimiliki agregat halus sesuai dengan ASTM C-128. Setelah dilakukan pengujian di laboratorium, diperoleh hasil pengujian berikut pada tabel 4.4;

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir Alam)

Pengujian	Hasil
Berat isi	1,361 kg/liter
Void	40,563 %
<i>Bulk Spesific Gravity</i> (SSD)	2,294 ton/m <sup>3</sup>
Absorpsi	9,770 %
Fineness Modulus (FM)	2,589
Kadar lumpur	3,20 %
Kotoran Organik	No. 3



Gambar 4.4. Grafik Analisa Ayak Agregat Halus



Gambar 4.5. Pengujian Kandungan Organik Agregat Halus

Dari tabel 4.4 diatas dapat disimpulkan :

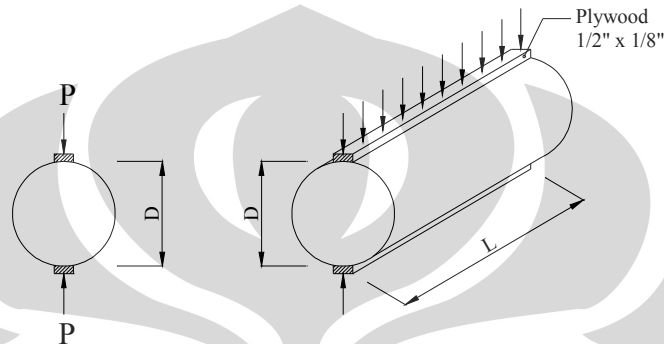
- Berat isi agregat halus adalah sebesar 1,361 kg/liter dengan void 40,563%. Nilai void memenuhi batasan 30-50%.
- Nilai Bulk specific gravity (SSD) yang didapatkan senilai 2,294 ton/m<sup>3</sup> yang kemudian akan digunakan dalam perhitungan rancang campur. Nilai

absorpsi agregat halus yaitu 9,770 % yakni diatas 2%, sehingga tidak memenuhi kriteria dari ASTM C-128, yaitu absorpsi yang baik nilainya dibawah 2%.

- Nilai FM Agregat halus yaitu 2,589. Berdasarkan ASTM 33-78 nilai FM yang baik adalah berkisar antara 2,2 – 3,1. Sehingga nilai FM yang diperoleh masih memenuhi standar. Untuk gradasi agregat halus yang diperoleh masih berada pada batas atas dan batas bawah standar gradasi.
- Persentase kadar lumpur pada agregat halus sebesar 3,20 %. Kandungan material halus yang diijinkan pada agregat halus adalah berkisar antara 0,2 – 6% (ASTM C-117). Sehingga nilai kadar lumpur yang diperoleh masih memenuhi. Keberadaan lumpur tidak dianjurkan karena sifatnya yang tidak dapat bereaksi dengan pasta semen sehingga melemahkan ikatan yang ada dan akhirnya akan menurunkan kekuatan beton.
- Melalui pengujian kadar organik pada agregat halus, didapatkan warna pengujian termasuk pada kategori warna no 3, lebih dari warna standar (No.2). Sehingga agregat halus dimungkinkan memiliki kadar organik yang cukup tinggi.

#### 4.4. HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH

Pengujian kuat tarik belah beton bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tarik belah yang dimiliki benda uji. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan cara uji tarik tak langsung, yang umumnya dikenal sebagai Splitting Test. Benda uji yang digunakan adalah silinder (15×30) cm, dengan cara pengujian seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.6. Cara Pengujian Kuat Tarik Belah Metode Splitting Test

Rumusan yang digunakan :

$$f_{ct} = \frac{2P}{LD}$$

Di mana :

$f_{ct}$  = kuat tarik belah ( $N/mm^2$  atau  $MPa$ )

P = beban pada waktu belah ( $N$ )

L = panjang benda uji silinder ( $mm$ )

D = diameter benda uji silinder ( $mm$ )

Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian kuat tarik belah pada beton tailing dengan variasi 2 (dua) jenis polimer yang digunakan :

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Tailing dengan Dua Variasi Polimer Pada Umur 28 Hari

Benda Uji	Polimer	Berat	Beban	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik Belah
		(kg)	(kg)	kg/cm <sup>2</sup>	MPa
1	A (C 317)	11.574	21500	30.432	3.043
2	A (C 317)	11.523	22000	31.139	3.114
3	A (C 317)	11.449	21000	29.724	2.972
4	A (C 317)	11.688	18000	25.478	2.548
5	A (C 317)	11.502	18500	26.185	2.619
Rata-rata				<b>28.592</b>	<b>2.859</b>
1	B (C 311)	11.575	19000	26.893	2.689
2	B (C 311)	11.757	19500	27.601	2.760
3	B (C 311)	11.649	24000	33.970	3.397
4	B (C 311)	11.528	21000	29.724	2.972
5	B (C 311)	11.498	19500	27.601	2.760
Rata-rata				<b>29.158</b>	<b>2.916</b>

Catatan : nilai g diambil = 10 m/sec<sup>2</sup>

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan polimer B pada beton tailing yang ditinjau menghasilkan nilai kuat tarik belah yang lebih besar dibandingkan dengan polimer A, tetapi nilai kuat tarik belah yang dihasilkan oleh kedua jenis polimer mempunyai selisih nilai yang relatif kecil yaitu dengan perbedaan 1,955 %. Adapun nilai coefficient of variation (cov) hasil pengujian kuat tarik belah beton tailing polimer A yaitu 9,027 % , sedangkan cov untuk beton tailing polimer B yaitu 9,919 %.

Kemudian nilai kuat tarik belah beton tailing terpilih dibandingkan dengan kuat tarik belah beton normal pembanding. Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian kuat tarik belah pada beton normal dengan variasi 2 (dua) jenis admixture yang digunakan :

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Normal Pada Umur 28 Hari

Benda Uji	Admixture	Berat	Beban	Kuat Tarik Belah	
		(kg)	(kg)	$kg/cm^2$	MPa
1	A	12.007	14000	19.816	1.982
2	A	11.964	16750	23.708	2.371
3	A	11.973	18250	25.832	2.583
4	A	11.878	13750	19.462	1.946
5	A	11.89	21000	29.724	2.972
		<b>Rata-rata</b>		<b>23.708</b>	<b>2.371</b>
		COV			18,127 %
1	B	11.883	24500	34.678	3.468
2	B	11.844	23500	33.263	3.326
3	B	11.762	27000	38.217	3.822
4	B	11.688	25000	35.386	3.539
5	B	11.722	23000	32.555	3.255
		<b>Rata-rata</b>		<b>34.820</b>	<b>3.482</b>
		COV			6.330 %

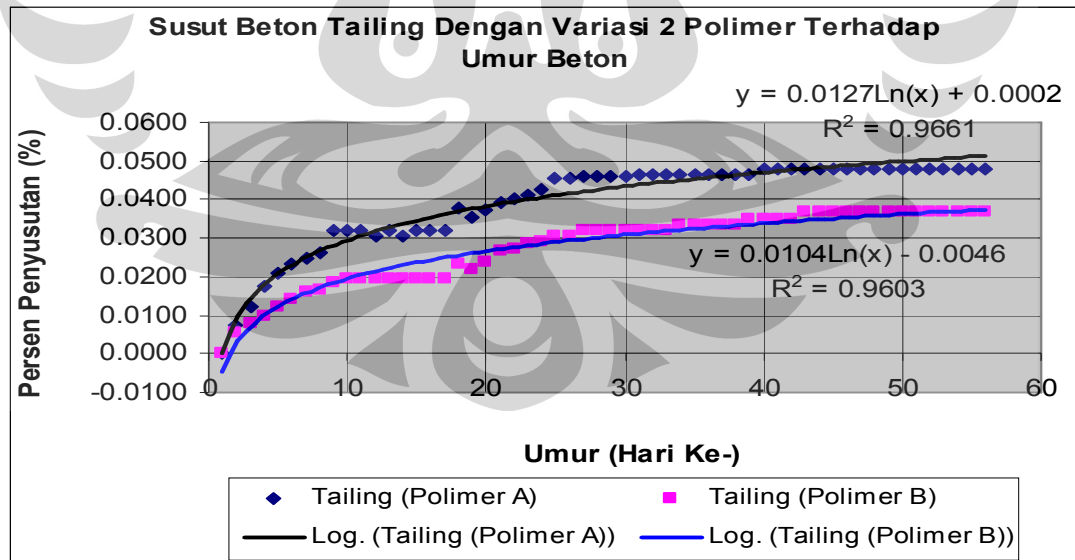
Dari hasil pengujian kuat tarik belah terhadap beton tailing terpilih dan beton normal terpilih dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik belah dari beton normal lebih besar 16,255 % daripada beton tailing, dengan selisih nilai  $5,662 kg/cm^2$  atau  $0,566 MPa$ . Nilai rata-rata kuat tarik belah beton tailing terpilih yaitu senilai  $2,916 MPa$  masih memenuhi pendekatan nilai kuat tarik belah  $0,50-0,60 \sqrt{f'_c}$ . Sedangkan nilai kuat tarik belah beton normal terpilih yaitu senilai  $3,482 MPa$  melebihi batasan pendekatan nilai kuat tarik belah  $0,50-0,60 \sqrt{f'_c}$ , yaitu senilai  $0,612 \sqrt{f'_c}$ . Dibawah ini merupakan tabel hubungan kuat tarik belah dengan kuat tekan :

Tabel 4.7. Tabel Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan dari Beton Tailing dan Beton Normal Terpilih

Beton Tailing		Hubungan	Nilai Pendekatan Kuat Tarik Belah
Kuat Tekan Umur 28 Hari (MPa)	Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari (MPa)		
31,783	2,916	$0,517 \sqrt{f'_c}$	$0,50-0,60 \sqrt{f'_c}$
Beton Normal		Hubungan	Nilai Pendekatan Kuat Tarik Belah
Kuat Tekan Umur 28 Hari (MPa)	Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari (MPa)		
32,343	3,482	$0,612 \sqrt{f'_c}$	$0,50-0,60 \sqrt{f'_c}$

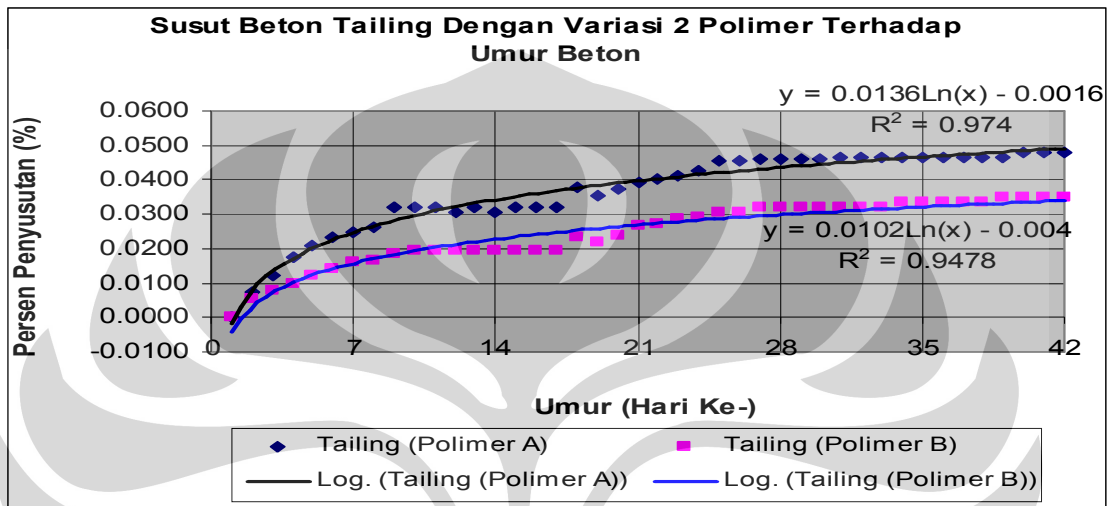
#### 4.5. HASIL DAN ANALISA UJI SUSUT

Pengujian susut beton dilakukan sesuai dengan ASTM C 490-04. Pengujian dilakukan selama 56 hari dengan tujuan untuk mengetahui perubahan panjang dari benda uji tanpa dilakukan pembebanan. Ukuran benda uji yang digunakan adalah (10×10×50) cm. Grafik berikut merupakan hasil pengujian susut beton tailing dengan variasi 2 jenis polimer :



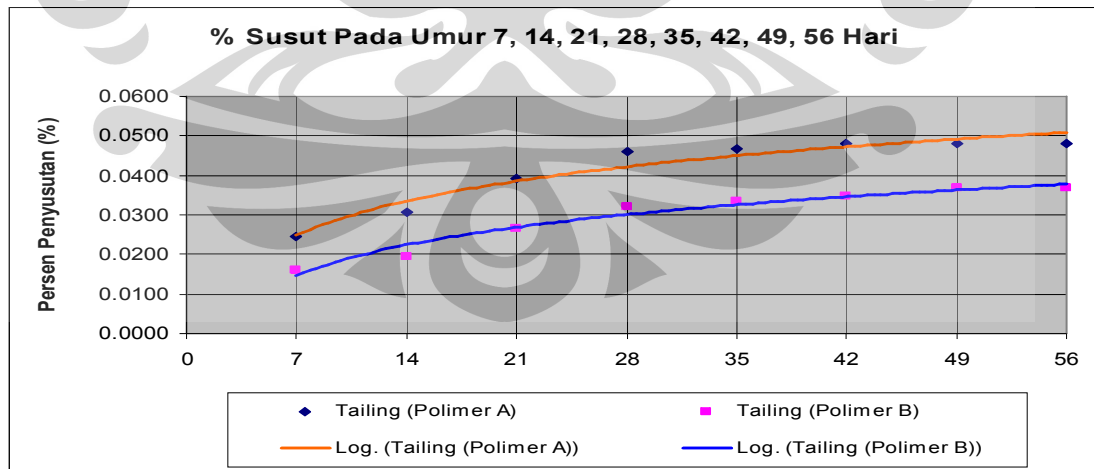
Gambar 4.7. Grafik Susut Benda Uji Beton Tailing dengan Variasi 2 Polimer Terhadap Umur Beton

Dari gambar grafik susut beton normal diatas, dapat dikatakan bahwa nilai susut tertinggi dimiliki oleh benda uji beton tailing dengan menggunakan polimer jenis A, selain itu juga dapat dilihat bahwa nilai susut beton tailing pada umur 42 hari cenderung asimptotis, berikut ini pada gambar 4.8. merupakan gambar grafik susut beton tailing yang ditinjau sampai dengan umur 42 hari :



Gambar 4.8. Grafik Susut Benda Uji Beton Tailing dengan Variasi 2 Polimer Terhadap Umur Beton Ditinjau Sampai Dengan Umur 42 hari

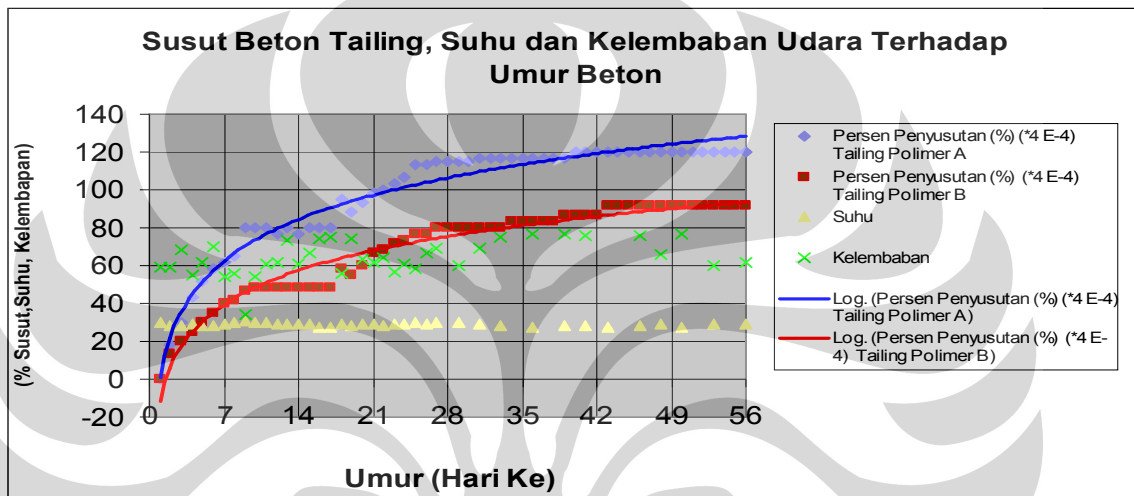
Penjelasan mengenai besarnya susut beton tailing yang ditinjau pada hari ke 7, 14, 21 dan 28 dan pada hari ke 56. ditunjukkan pada grafik dibawah :



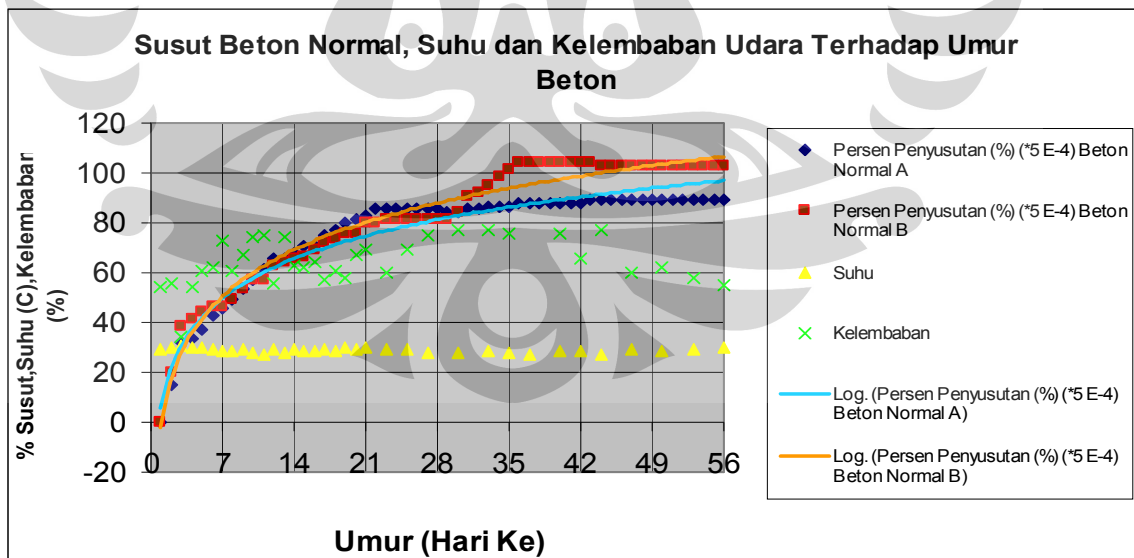
Gambar 4.9. Grafik Susut Benda Uji Beton Tailing pada Umur 7, 14, 21, 28, 56 hari



Dari gambar 4.9 diatas, terlihat bahwa peninjauan susut beton tailing perharinya menghasilkan bentuk grafik yang menunjukkan kenaikan yang tidak seragam. Ketidakteraturan bentuk grafik ini disebabkan oleh perbedaan suhu dan kelembaban ruangan tempat dilakukannya pembacaan pada hari yang berbeda sehingga mempengaruhi perilaku susut pada benda uji serta umur pengerasan beton. Semakin tinggi kelembaban, maka semakin lambat laju penyusutan yang dialami beton dan semakin tua umur beton maka laju penyusutan yang terjadi akan semakin kecil.

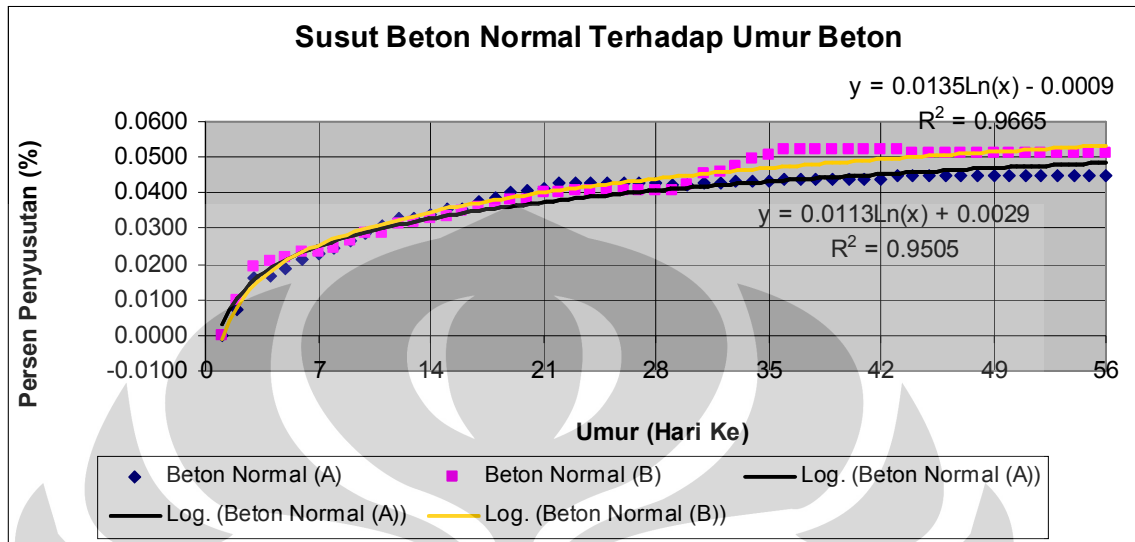


Gambar 4.10. Susut Beton Tailing, Suhu dan Kelembaban Udara Terhadap Umur Beton



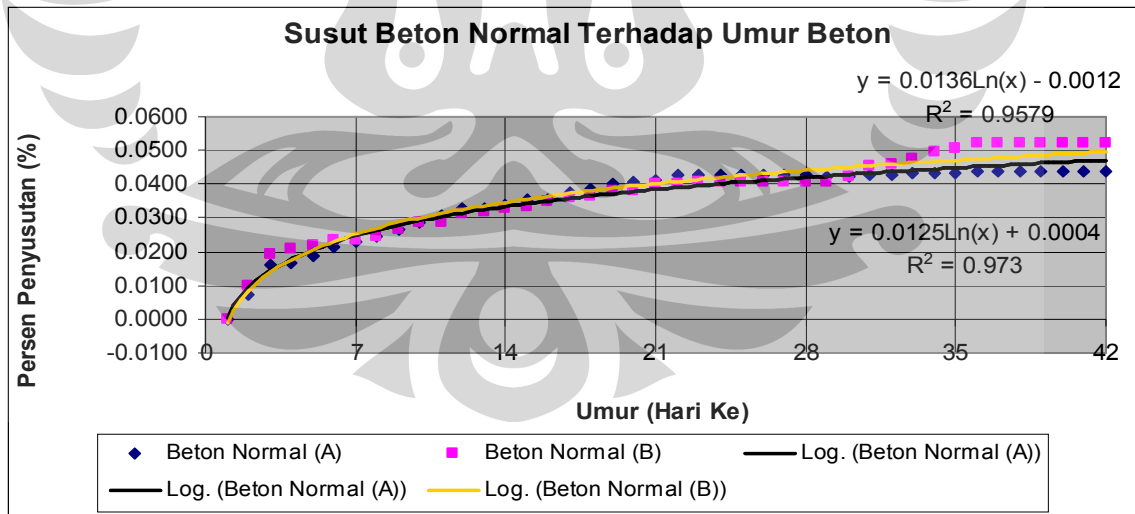
Gambar 4.11. Susut Beton Normal, Suhu dan Kelembaban Udara Terhadap Umur Beton

Sementara pada gambar 4.12. dibawah memaparkan perilaku susut beton normal pembeding :



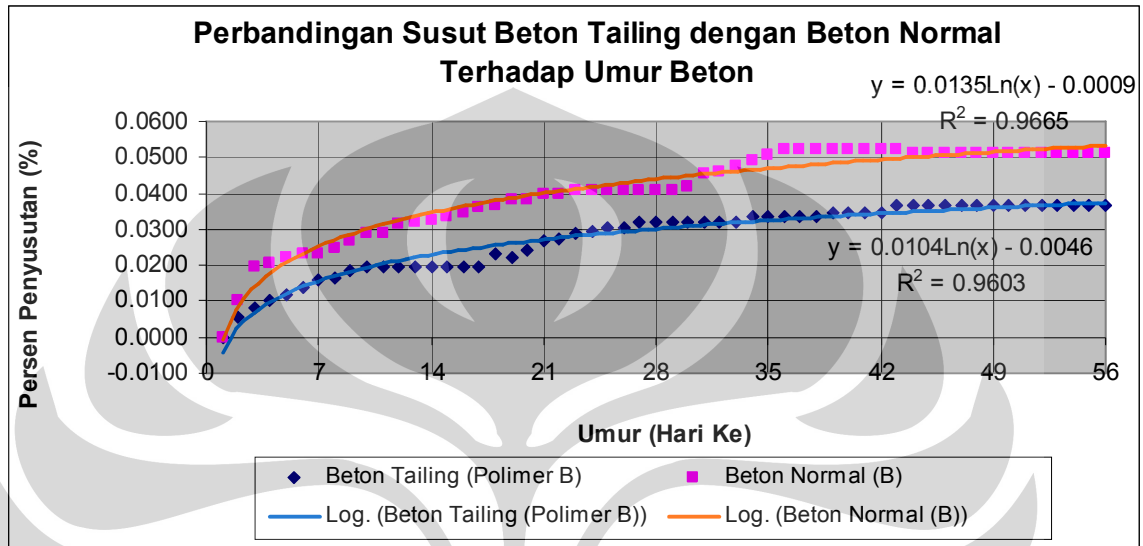
Gambar 4.12. Grafik Susut Benda Uji Beton Normal Terhadap Umur Beton

Dari gambar grafik susut beton normal diatas, dapat dilihat bahwa nilai susut beton normal pada umur 42 hari cenderung asimptotis, berikut ini pada gambar 4.13. merupakan gambar grafik susut yang ditinjau sampai dengan umur 42 hari :



Gambar 4.13. Grafik Susut Benda Uji Beton Normal Terhadap Umur Beton Ditinjau Sampai dengan umur 42 hari

Kemudian perilaku susut beton tailing terpilih dibandingkan dengan perilaku susut beton normal pembanding terpilih. Berikut dibawah ini (Gambar 4.14) merupakan grafik perbandingan perilaku susut beton tailing dan beton normal terpilih:



Gambar 4.14. Perbandingan Susut Beton Tailing dengan Beton Normal Terhadap Umur Beton

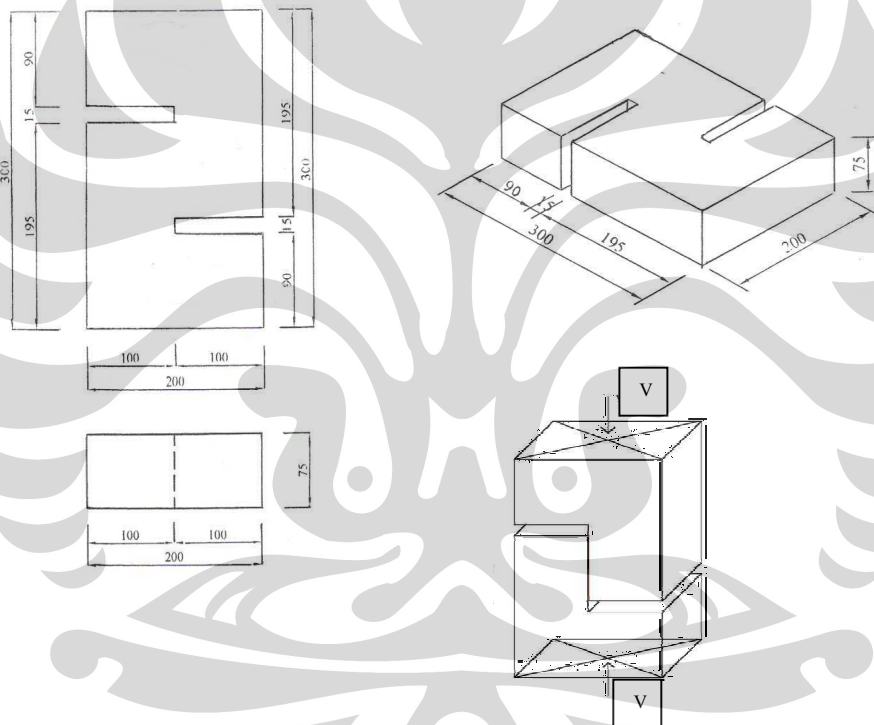
Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai susut pada beton normal lebih tinggi 28,594 % dibandingkan dengan beton tailing dimana untuk beton tailing susut yang terjadi senilai 0,0367 % sedangkan untuk beton normal 0,0514 %, berselisih 0,0153 %. Perbedaan nilai susut yang terjadi diakibatkan komposisi material yang berbeda antara beton tailing dan beton normal, hal ini dapat dimungkinkan karena agregat utama beton tailing yaitu tailing sendiri mempunyai kandungan  $\text{SiO}_2$  yang cukup besar. Menurut jurnal penelitian yang diterbitkan oleh FX. Supartono & I.Katili<sup>\*)</sup> disebutkan bahwa kandungan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi yang terdapat pada campuran beton ternyata akan dapat bereaksi dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  yang dihasilkan dari proses hidrasi semen, untuk menghasilkan gel CSH yang baru (gel CSH-2) yang membuat

<sup>\*)</sup> FX, Supartono, I.Katili, *Construction and Structural Engineering Studies Center, High Performance Concrete & Underwater Concreting*, CSSC Journal Maret 2001

pasta semen akan semakin kuat dan juga meningkatkan daya lekat pasta semen dengan agregat.

#### 4.6. HASIL DAN ANALISA UJI KUAT GESER

Pengujian kuat geser beton bertujuan untuk mengetahui nilai kuat geser yang dimiliki benda uji. Benda uji yang digunakan berupa sample double L yang diberikan besi tulangan sebagai reinforcement. Ukuran benda uji yang digunakan adalah  $(20 \times 30 \times 7,5)$  cm<sup>3</sup> dengan detail dimensi benda uji sebagai berikut pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.15. Detail Dimensi Benda Uji Kuat Geser

Rumusan yang digunakan :

$$v = \frac{V}{A} = \frac{V}{b \times h}$$

Dimana :

v = tegangan geser benda uji

V= gaya maksimum

A = Luas bidang geser benda uji

b = Lebar bidang geser benda uji (7,5 cm)

h = tinggi bidang geser benda uji (9 cm)

Berikut ini merupakan nilai hasil pengujian kuat geser pada beton tailing dengan variasi 2 (dua) jenis polimer yang digunakan yang ditunjukkan pada tabel 4.8 :

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Tailing dengan Dua Variasi Polimer Pada Umur 28 Hari

Benda Uji	Polimer	Berat	Beban	Luas Bidang Geser	Kuat Geser	
		(kg)	(kg)		kg/cm <sup>2</sup>	MPa
1	A (C 317)	9.965	2500	67.5	37.037	3.704
2	A (C 317)	10.032	2450	67.5	36.296	3.630
3	A (C 317)	9.997	2250	67.5	33.333	3.333
4	A (C 317)	10.054	2300	67.5	34.074	3.407
5	A (C 317)	10.041	2000	67.5	29.630	2.963
<b>Rata-rata</b>					<b>34.074</b>	<b>3.407</b>
1	B (C 311)	10.024	4000	67.5	59.259	5.926
2	B (C 311)	9.97	3525	67.5	52.222	5.222
3	B (C 311)	9.985	3450	67.5	51.111	5.111
4	B (C 311)	9.988	2500	67.5	37.037	3.704
5	B (C 311)	10.036	3725	67.5	55.185	5.519
<b>Rata-rata</b>					<b>50.963</b>	<b>5.096</b>

Catatan : nilai g diambil = 10 m/sec<sup>2</sup>

Dari tabel diatas, diperoleh bahwa nilai kuat geser yang paling tinggi ditemui pada benda uji beton tailing yang menggunakan polimer jenis B, dengan nilai rata-rata kuat geser sebesar 5,096 MPa, sedangkan nilai rata-rata kuat geser pada beton tailing yang menggunakan polimer jenis A yaitu sebesar 3,407 MPa, dengan persentase perbedaan nilai yaitu 33,142 %. Adapun nilai coefficient of variation (cov) hasil pengujian kuat geser beton tailing polimer A yaitu 8,559 % , sedangkan cov untuk beton tailing polimer B yaitu 16,481 %.

Kemudian nilai kuat geser beton tailing terpilih dibandingkan dengan kuat tarik belah beton normal pembanding. Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian kuat tarik belah pada beton normal dengan variasi 2 (dua) jenis admixture yang digunakan.

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Kuat Geser Beton Normal Pada Umur 28 Hari

Benda Uji	Admixture	Berat	Beban	Luas Bidang	Kuat Geser	
		(kg)	(kg)	Geser (cm <sup>2</sup> )	kg/cm <sup>2</sup>	MPa
1	A (C 317)	10,88	3425	67,5	50,741	5,074
2	A (C 317)	11,154	3100	67,5	45,926	4,593
3	A (C 317)	10,548	3625	67,5	53,704	5,370
4	A (C 317)	10,429	3200	67,5	47,407	4,741
5	A (C 317)	10,465	4675	67,5	69,259	6,926
	<b>Rata-rata</b>				<b>53,407</b>	<b>5,341</b>
	Coefficient of Variation					17.526 %
1	B (C 311)	10,42	3350	67,5	49,630	4,963
2	B (C 311)	10,478	4000	67,5	59,259	5,926
3	B (C 311)	10,535	3850	67,5	57,037	5,704
4	B (C 311)	10,686	3450	67,5	51,111	5,111
5	B (C 311)	10,558	3650	67,5	54,074	5,407
	<b>Rata-rata</b>				<b>54,222</b>	<b>5,422</b>
	Coefficient of Variation					7.382 %

Dari hasil pengujian kuat geser terhadap beton tailing terpilih dan beton normal terpilih dapat disimpulkan bahwa nilai kuat geser yang dimiliki oleh beton normal lebih tinggi 6,013 % dibandingkan dengan kuat geser beton dengan selisih nilai  $3,26 \text{ kg/cm}^2$  atau  $0,326 \text{ MPa}$ . Hal ini dapat dikarenakan oleh distribusi agregat kasar yang terdapat pada luasan geser benda uji beton normal yang memberikan sumbangan kekuatan geser pada benda uji, sedangkan pada benda uji beton tailing tidak terdapat agregat kasar.

Dibawah ini merupakan tabel hubungan kuat tekan dan kuat geser dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dimana hubungan kuat geser dinyatakan dalam persentase (%) terhadap kuat tekan:

Tabel 4.10. Tabel Hubungan Kuat Geser dengan Kuat Tekan dari Beton Tailing dan Beton Normal Terpilih

Beton Tailing		Hubungan Kuat Geser -Kuat Tekan	Keterangan
Kuat Tekan Umur 28 Hari ( <i>MPa</i> )	Kuat Geser Umur 28 Hari ( <i>MPa</i> )		
31,783	5,274	16,594 %	-
Beton Normal		Hubungan	Keterangan
Kuat Tekan Umur 28 Hari ( <i>MPa</i> )	Kuat Geser Umur 28 Hari ( <i>MPa</i> )		
32,343	5,422	16,764 %	-

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. KESIMPULAN**

Dari penelitian mengenai Studi Kuat Tarik, Geser & Susut dari Beton dengan Menggunakan Bahan Dasar Pasir Sisa Tambang, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Jenis Polimer yang menghasilkan sifat mekanis beton tailing yang terbaik yaitu polimer jenis B, dengan detail hasil pengujian sebagai berikut :

- Kuat Tarik Belah : Nilai kuat tarik belah rata-rata beton tailing yang menggunakan polimer jenis B (Beton Tailing Polimer B) yaitu sebesar 2,916 *MPa* lebih besar 1,955 % dari nilai rata-rata kuat tarik belah beton tailing yang menggunakan polimer jenis A (Beton Tailing Polimer A) yaitu sebesar 2,589 *MPa* dengan selisih nilai sebesar 0,057 *MPa*.
- Kuat Geser : Nilai kuat geser rata-rata beton tailing polimer B yaitu sebesar 5,096 *MPa* lebih besar 33,144 % dibandingkan dengan nilai rata-rata kuat geser beton tailing polimer A yaitu sebesar 3,407 *MPa* dengan selisih nilai sebesar 1,689 *MPa*.
- Susut : Nilai susut terbesar terjadi pada beton tailing polimer A senilai 0,0480 % dan terendah pada beton tailing polimer B sebesar 0,0367 % dengan perbedaan 23,598 %.

2. Hasil perbandingan sifat mekanis yang ditinjau yaitu kuat tarik belah, kuat geser dan susut dari beton tailing dan beton normal menunjukkan bahwa kuat tarik belah dan kuat geser beton normal lebih besar daripada beton tailing, sedangkan susut beton tailing lebih baik dibandingkan dengan beton normal. Adapun detail hasil pengujian yaitu sebagai berikut :



- Kuat Tarik Belah : Nilai kuat tarik belah rata-rata beton tailing yang menggunakan polimer jenis B (Beton Tailing Polimer B) yaitu sebesar 2,916 *MPa* lebih kecil 16,226 % dari nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal yaitu sebesar 3,482 *MPa* dengan nilai selisih 0,565 *MPa*
- Kuat Geser : Nilai kuat geser rata-rata beton tailing polimer B yaitu sebesar 5,096 *MPa* lebih kecil 6,013 % dibandingkan dengan nilai rata-rata kuat geser beton normal yaitu sebesar 5,422 *MPa*.
- Susut : Nilai susut pada beton normal senilai 0,05114 %, sedangkan pada beton tailing polimer B nilai susut yaitu sebesar 0,0367 %, dengan persentase perbedaan sebesar 28,594 %.

## 5.2. SARAN

Dari hasil penelitian Studi Kuat Tarik, Geser & Susut dari Beton dengan Menggunakan Bahan Dasar Pasir Sisa Tambang, maka dapat dikemukakan beberapa saran yaitu :

1. Untuk menghindari adanya kotoran-kotoran yang dapat mempengaruhi keakuratan pembacaan susut beton, maka permukaan beton dan alat uji harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pembacaan.
2. Perlakuan perawatan terhadap benda uji susut harus sama, dan perawatan benda uji dilakukan secara kontinyu setelah pembacaan susut selesai dilakukan.
3. Kelurusan cetakan benda uji geser perlu diperhatikan serta penempatan tulangan reinforcement yang tepat pada saat pengecoran harus diperhatikan untuk kesempurnaan benda uji.
4. Saat pengujian kuat geser benda uji diletakkan sentris terhadap beban yang bekerja.
5. Untuk keakuratan data yang lebih baik sesuai standar analisa secara statistik, maka penelitian selanjutnya jumlah benda uji perlu diperbanyak.

6. Perlu penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh polimer pada beton tailing dengan menggunakan jenis polimer yang berbeda dengan kuat tekan rencana yang lebih tinggi serta membandingkan sifat mekanisnya kembali dengan beton normal pembanding yang memiliki kuat tekan rencana yang sama dengan beton tailing yang diteliti.



## DAFTAR PUSTAKA

- Cain, Craig J, *"Mineral Admixture, Significance of Test And Properties of Concrete and Concrete-Making Material-STP 169 C"*, Philadelphia, 1994
- Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPBM Bandung, *SK SNI T-1991-03*
- Edi Dunaedi, R. Anwar Yamin, *"Uji Coba Skala Penuh Pemanfaatan Tailing Untuk Bahan Jalan"* Puslitbang Dep. PU, 2008
- Eng. Hussam Suhail Al-Ghamdi, *"Mass Concrete Course"*, Google Search, 2009
- FX, Supartono, I.Katili, *"Construction and Structural Engineering Studies Center, High Performance Concrete & Underwater Concreting"*, CSSC Journal Maret 2001
- George Winter, Arthur H. Nilson, Tim Editor dan Penerjemah ITB, *"Perencanaan Struktur Beton Bertulang"* Jakarta : Pradnya Paramita, 1993
- Gunawan.T, Margaret. S, *"Diktat Konstruksi Beton"*, Jakarta: Delta, 2005
- Jack C. McCormac, *"Desain Beton Bertulang Jilid 1"*, Erlangga, 2005
- L. Wahyudi, Syahril A. Rahim, *"Struktur Beton Bertulang"*, Jakarta : Gramedia, 1999
- Luky Sugiarto, Ir,M.Eng. dan Sumadi K, *"Course Note Teknologi Bahan 2"*, 1987
- Nawy, Edward. G., *"Reinforced Concrete a Fundamental Approach- Terjemahan"*, Cetakan pertama, Bandung : Eresco, 1990
- Neville, AM, JJ. Brooks. *"Concrete Technology"*. Longman Group Limited : 1990
- Neville, AM. *"Properties of Concrete"*. Longman Group Limited : 1995
- SNI 03-4169-1996 *"Metode Pengujian modulus elastisitas statis dan rasio poisson beton dengan kompresometer"*.

- Tri Mulyono, "*Teknologi Beton*", Yogyakarta: Andi, 2003
- Wang, Chu-Kia; Salmon, Charles G, "*Desain Beton Bertulang-Terjemahan*", Erlangga, 1986



# LAMPIRAN 1



TABEL- TABEL UNTUK PERANCANGAN  
CAMPURAN BETON DENGAN METODE US  
BUREAU OF RECLAMATION

Tabel 3.4.1. Ukuran agregat maksimum yang dianjurkan dipakai dalam bermacam-macam type konstruksi

Dimensi bagian Konstruksi (cm)	Ukuran agregat maximum (mm) untuk :		
	Dinding Balok ; Kolom Bertulang	Slab dengan Penulangan Maximum	Slab dengan Penulangan Minimum
12,5	-	20 - 40	20 - 40
15 - 30	20 - 40	40	40 - 80
30 - 75	40 - 80	80	80 - 150
75	40 - 80	80	150

Tabel 3.4.2. Ukuran agregat maximum yang dianjurkan dipakai dalam bermacam-macam type konstruksi

Jenis Konstruksi	Slump Maximum (cm)
1. Heavy Mass Concrete	5
2. Canal Lining dengan tabel > 8 cm	8
3. Slab dan Tunnel Invert	5
4. Walls, Pier, Parapet dan Curb	5
5. Side walls, Tunnel Lining	10
6. Konstruksi - konstruksi lainnya	8

Tabel 3.4.3. Ukuran agregat maximum yang dianjurkan dipakai dalam bermacam - macam type konstruksi

Diameter of Agregat (mm)	Percent coarse aggregate (%)	Concrete without AE ad.				Air entrained aggregate			
		Entrapped air (%)	Water Content (kg)	Sand percent S/A (%)	Air Content (%)	with good quality AE admixture		with good quality water reducing ad.	
						S/A (%)	w (kg)	S/A (%)	w (kg)
15	53	2,5	190	49	7	46	170	47	160
20	61	2	185	45	6	42	165	43	155
25	66	1,5	175	41	5	37	155	38	145
40	72	1,2	165	36	4,5	33	145	34	135
50	75	1	155	33	4	30	135	31	125
80	81	0,5	140	31	3,5	28	120	29	110

Tabel 3.4.4.

Charge in material or proportion	Correction on S/A and W	
	Sand percent S/A (%)	Water content w (kg)
1. Each 0.1 increase or decrease in FM of sand		
2. Each 1 cm increase or decrease in slump	± 0.5	no correction
3. Each 1% increase or decrease in air content	no correction	± 1.2%
4. Using crushed coarse aggregate	± 0.5 ~ 1	± 3%
5. Using crushed coarse sand	± 3 ~ 5	± 9 ~ 15%
6. Each 0.05 increase or decrease in water-cement ratio	± 2 ~ 3	± 6 ~ 9
	± 4	no correction
7. Each 1% increase or decrease in S/A	no correction	± 1.5

# LAMPIRAN 2



DATA DAN PERHITUNGAN  
PENGUJIAN AGREGAT TAILING



### 1. Tabel Hasil Pengujian Berat Isi dan Void Agregat Tailing

Sample	1	2
a) Berat Wadah (kg)	1055	1055
b) Berat Wadah + Air (kg)	3055	3055
c) Berat Wadah + sampel (kg)	4148	4139
d) Berat sampel (kg)	3093	3084
e) Volume Wadah (liter)	2000	2000
f) Berat Isi (kg/liter)	1.547	1.542
B) Rata-rata (kg/liter)	1.544	
A) Berat Jenis Agregat	2.391	
W) Berat Jenis Air (kg/liter)	0.998	
Void (%)	35.285	35.285
Rata-rata	35.285	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

## 2. Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Tailing

Sample	1	2
A) Berat Kering Oven	478	478
B) Berat Piknometer + Air	668	663
C) Berat Piknometer + Tailing + Air	973	958
Berat Jenis = $\frac{A}{B+500-C}$	2.451	2.332
Rata-rata	2.391	
Berat Jenis SSD = $\frac{500}{B+500-C}$	2.564	2.439
Rata-rata	2.502	
Berat Jenis Semu = $\frac{A}{B+A-C}$	2.763	2.612
Rata-rata	2.688	
Penyerapan Air (%) = $\frac{500-A}{A} \times 100\%$	4.603	4.603
Rata-rata (%)	4.603	

### 3. Tabel Hasil Pengujian Kadar Lumpur

Sample	1	2
B) Berat kering sample awal(gr)	500	500
C) Berat kering sample setelah pencucian (gr)	477	479
A) Persentase material yang lolos saringan No. 200, dengan pencucian (%)	4.6	4.2
Rata-rata (%)	4.4	
$A = \frac{B-C}{B} \times 100$		

#### 4. Tabel Pengujian Analisa Ayak

No. Ayakan	SAMPLE No. 1			SAMPLE No. 2			Rata-Rata		
	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Tertahan Kumulatif	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Tertahan Kumulatif	% Tertahan	% Tertahan Kumulatif	Persentase lolos (%)
4,75 (No 4)	0	0	0	0	0	0	0	0	100
2,36 (No 8)	1	0.2	0.2	1	0.2	0.2	0.2	0.2	99.8
1,18 (No.16)	8	1.6	1.8	9	1.8	2	1.7	1.9	98.1
0,60 (No.30)	27	5.4	7.2	27	5.4	7.4	5.4	7.3	92.7
0,30 (No.50)	115	23	30.2	116	23.2	30.6	23.1	30.4	69.6
0,15 (No.100)	265	53	83.2	266	53.2	83.8	53.1	83.5	16.5
0,074 (No.200)	2	0.4	83.6	2	0.4	84.2	0.4	83.9	16.1
PAN	82	16.4	100	79	15.8	100	16.1	100	0
FM	2.062			2.082			2.070		



# LAMPIRAN 3

DATA DAN PERHITUNGAN  
PENGUJIAN AGREGAT HALUS DAN  
AGREGAT KASAR

## AGREGAT HALUS

### 1. Tabel Pengujian Berat Isi dan Void Agregat Halus

Sample	1	2
a) Berat Wadah (kg)	1055	1055
b) Berat Wadah + Air (kg)	3055	3055
c) Berat Wadah +sampel (kg)	3789	3764
d) Berat sampel (kg)	2734	2709
e) Volume Wadah (liter)	2000	2000
f) Berat Isi (kg/liter)	1.3670	1.3545
B) Rata-rata (kg/liter)	1.361	
A) Berat Jenis Agregat	2.294	
W) Berat Jenis Air (kg/liter)	0.998	
Void (%)	40.563	40.563
Rata-rata	40.563	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

## 2. Tabel Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Sample	1	2
A) Berat Kering Oven	456	455
B) Berat Piknometer + Air	663	670
C) Berat Piknometer + Tailing + Air	945	952
Berat Jenis = $\frac{A}{B+500-C}$	2.092	2.087
Rata-rata	2.089	
Berat Jenis SSD = $\frac{500}{B+500-C}$	2.294	2.294
Rata-rata	2.294	
Berat Jenis Semu = $\frac{A}{B+A-C}$	2.621	2.630
Rata-rata	2.625	
Penyerapan Air (%) = $\frac{500-A}{A} \times 100\%$	9.649	9.890
Rata-rata (%)	9.770	

### 3. Tabel Pengujian Kandungan Lumpur

Sample	1	2
B) Berat kering sample awal(gr)	500	500
C) Berat kering sample setelah pencucian (gr)	485	483
A) Persentase material yang lolos saringan No. 200, dengan pencucian (%)	3	3.4
Rata-Rata (%)	3.20	
$A = \frac{B-C}{B} \times 100$		



#### 4. Tabel Pengujian Analisa Ayak Agregat Halus

No. Ayakan	SAMPLE No. 1			SAMPLE No. 2			Rata-Rata		
	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Tertahan Kumulatif	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Tertahan Kumulatif	% Tertahan	% Tertahan Kumulatif	Persentase lolos (%)
9,5	0	0	0	0	0	0	0	0	100
4,75 (No 4)	0	0	0	0	0	0	0	0	100
2,36 (No 8)	20	4	4	20	4	4	4	4	96
1,18 (No.16)	118	23.6	27.6	113	22.6	26.6	23.1	27.1	72.9
0,60 (No.30)	127	25.4	53	126	25.2	51.8	25.3	52.4	47.6
0,30 (No.50)	148	29.6	82.6	148	29.6	81.4	29.6	82	18
0,15 (No.100)	55	11	93.6	59	11.8	93.2	11.4	93.4	6.6
0,074 (No.200)					0				
PAN	32	6.4	100	34	6.8	6.8	6.6	100	0
FM	2.608			2.570			2.589		

## AGREGAT KASAR

### 1. Tabel Pengujian Berat Isi dan Void Agregat Kasar

Sample	1	2
a) Berat Wadah (kg)	5089	5089
b) Berat Wadah + Air (kg)	14361	14361
c) Berat Wadah +sampel (kg)	19229	19220
d) Berat sampel (kg)	14140	14131
e) Volume Wadah (liter)	9272	9272
f) Berat Isi (kg/liter)	1.5250	1.5241
B) Rata-rata (kg/liter)	1.525	
A) Berat Jenis Agregat	2.594	
W) Berat Jenis Air (kg/liter)	0.998	
Void (%)	41.111	41.111
Rata-rata	41.111	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

## 2. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Sample	1	2
A) Berat kering oven udara benda uji (gr)	4862	4855
B) Berat kering jenuh permukaan benda uji (gr)	5000	5000
C) Berat jenuh benda uji dalam air (gr)	3076	3069
Berat Jenis = $\frac{A}{B-C}$	2.527	2.514
Rata-rata	2.521	
Berat Jenis SSD = $\frac{B}{B-C}$	2.599	2.589
Rata-rata	2.594	
Berat Jenis Semu = $\frac{A}{A-C}$	2.722	2.718
Rata-rata	2.720	
Penyerapan Air = $\frac{B-A}{A} \times 100\%$	2.838	2.987
Rata-rata (%)	2.912	

# LAMPIRAN 4



DATA DAN PERHITUNGAN  
KUAT TARIK BELAH BETON TAILING DAN  
BETON NORMAL

### 1. Tabel Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Tailing

Benda Uji	Polimer	Kode	Berat	Tgl Pengecoran	Tgl Pengujian	Beban	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik Belah
			(kg)			(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
1	A (C 317)	KTB TC-A	11.574	15-Aug-09	12-Sep-09	21500	30.43170559	3.043170559
2	A (C 317)	KTB TC-A	11.523	15-Aug-09	12-Sep-09	22000	31.13941967	3.113941967
3	A (C 317)	KTB TC-A	11.449	15-Aug-09	12-Sep-09	21000	29.72399151	2.972399151
4	A (C 317)	KTB TC-A	11.688	15-Aug-09	12-Sep-09	18000	25.47770701	2.547770701
5	A (C 317)	KTB TC-A	11.502	15-Aug-09	12-Sep-09	18500	26.18542109	2.618542109
<b>Rata-rata</b>							<b>28.59164897</b>	<b>2.859164897</b>
1	B (C 311)	KTB TC-B	11.575	16-Aug-09	13-Sep-09	19000	26.89313517	2.689313517
2	B (C 311)	KTB TC-B	11.757	16-Aug-09	13-Sep-09	19500	27.60084926	2.760084926
3	B (C 311)	KTB TC-B	11.649	16-Aug-09	13-Sep-09	24000	33.97027601	3.397027601
4	B (C 311)	KTB TC-B	11.528	16-Aug-09	13-Sep-09	21000	29.72399151	2.972399151
5	B (C 311)	KTB TC-B	11.498	16-Aug-09	13-Sep-09	19500	27.60084926	2.760084926
<b>Rata-rata</b>							<b>29.15782024</b>	<b>2.915782024</b>

## 2. Tabel Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Normal

Benda Uji	Polimer	Kode	Berat	Tgl	Tgl	Beban	Kuat Tarik Belah	
			(kg)	Pengecoran	Pengujian	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
1	A (C 317)	KTB NC-A	12.007	01-Nov-09	29-Nov-09	14000	19.816	1.982
2	A (C 317)	KTB NC-A	11.964	01-Nov-09	29-Nov-09	16750	23.708	2.371
3	A (C 317)	KTB NC-A	11.973	01-Nov-09	29-Nov-09	18250	25.832	2.583
4	A (C 317)	KTB NC-A	11.878	01-Nov-09	29-Nov-09	13750	19.462	1.946
5	A (C 317)	KTB NC-A	11.89	01-Nov-09	29-Nov-09	21000	29.724	2.972
<b>Rata-rata</b>							<b>23.708</b>	<b>2.371</b>
1	B (C 311)	KTB NC-B	11.883	17-Oct-09	14-Nov-09	24500	34.678	3.468
2	B (C 311)	KTB NC-B	11.844	17-Oct-09	14-Nov-09	23500	33.263	3.326
3	B (C 311)	KTB NC-B	11.762	17-Oct-09	14-Nov-09	27000	38.217	3.822
4	B (C 311)	KTB NC-B	11.688	17-Oct-09	14-Nov-09	25000	35.386	3.539
5	B (C 311)	KTB NC-B	11.722	17-Oct-09	14-Nov-09	23000	32.555	3.255
<b>Rata-rata</b>							<b>34.820</b>	<b>3.482</b>

# LAMPIRAN 5



DATA DAN PERHITUNGAN  
KUAT GESER BETON TAILING DAN BETON  
NORMAL

### 1. Tabel Pengujian Kuat Geser Beton Tailing

Benda Uji	Polimer	Kode	Berat	Tanggal	Tanggal	Beban	Luas Bidang	Kuat Geser		
			(kg)	Pengecoran	Pengujian	(kg)	Geser	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	
1	A (C 317)	G TC-A	9,965	4-Sep-09	2-Oct-09	2500	67,5	37,037	3,704	
2	A (C 317)	G TC-A	10,032	4-Sep-09	2-Oct-09	2450	67,5	36,296	3,630	
3	A (C 317)	G TC-A	9,997	4-Sep-09	2-Oct-09	2250	67,5	33,333	3,333	
4	A (C 317)	G TC-A	10,054	7-Sep-09	5-Oct-09	2300	67,5	34,074	3,407	
5	A (C 317)	G TC-A	10,041	7-Sep-09	5-Oct-09	2350	67,5	34,815	3,481	
<b>Rata-rata</b>									<b>35,111</b>	<b>3,511</b>
1	B (C 311)	G TC-B	10,024	11-Oct-09	7-Nov-09	4000	67,5	59,259	5,926	
2	B (C 311)	G TC-B	9,97	11-Oct-09	7-Nov-09	3525	67,5	52,222	5,222	
3	B (C 311)	G TC-B	9,985	13-Oct-09	9-Nov-09	3450	67,5	51,111	5,111	
4	B (C 311)	G TC-B	9,988	13-Oct-09	9-Nov-09	3100	67,5	45,926	4,593	
5	B (C 311)	G TC-B	10,036	15-Oct-09	11-Nov-09	3725	67,5	55,185	5,519	
<b>Rata-rata</b>									<b>52,741</b>	<b>5,274</b>



## 2. Tabel Pengujian Kuat Geser Beton Normal

Benda Uji	Polimer	Kode	Berat	Tanggal	Tanggal	Beban	Luas Bidang	Kuat Geser	
			(kg)	Pengecoran	Pengujian	(kg)	Geser (cm <sup>2</sup> )	kg/cm <sup>2</sup>	MPa
1	A (C 317)	G NC-A	10,88	26-Oct-09	22-Nov-09	3425	67,5	50,741	5,074
2	A (C 317)	G NC-A	11,154	26-Oct-09	22-Nov-09	3100	67,5	45,926	4,593
3	A (C 317)	G NC-A	10,548	28-Oct-09	24-Nov-09	3625	67,5	53,704	5,370
4	A (C 317)	G NC-A	10,429	28-Oct-09	24-Nov-09	3200	67,5	47,407	4,741
5	A (C 317)	G NC-A	10,465	30-Oct-09	26-Nov-09	4675	67,5	69,259	6,926
<b>Rata-rata</b>								<b>53,407</b>	<b>5,341</b>
1	B (C 311)	G NC-B	10,42	17-Oct-09	13-Nov-09	3350	67,5	49,630	4,963
2	B (C 311)	G NC-B	10,478	17-Oct-09	13-Nov-09	4000	67,5	59,259	5,926
3	B (C 311)	G NC-B	10,535	20-Oct-09	16-Nov-09	3850	67,5	57,037	5,704
4	B (C 311)	G NC-B	10,686	20-Oct-09	16-Nov-09	3450	67,5	51,111	5,111
5	B (C 311)	G NC-B	10,558	22-Oct-09	18-Nov-09	3650	67,5	54,074	5,407
<b>Rata-rata</b>								<b>54,222</b>	<b>5,422</b>



# LAMPIRAN 6

## DATA DAN PERHITUNGAN SUSUT BETON TAILING DAN BETON NORMAL

## A. BETON TAILING

- SUSUT BETON TAILING POLIMER A

### 1. Tabel Pembacaan Susut Beton Tailing Polimer A

Tanggal	hari ke-	Benda Uji			Bacaan Batang Referensi	Kondisi	
		1	2	3		Suhu (°C)	Kelembaban (%)
12-Oct-09	1	16.36	16.2	16.3	16.28	29.7	59%
13-Oct-09	2	16.4	16.24	16.33	16.28	28.1	69%
14-Oct-09	3	16.43	16.26	16.35	16.28	28.6	68%
15-Oct-09	4	16.45	16.28	16.39	16.28	29.2	55%
16-Oct-09	5	16.46	16.29	16.42	16.28	28.3	62%
17-Oct-09	6	16.47	16.3	16.44	16.28	28.7	70%
18-Oct-09	7	16.48	16.3	16.45	16.28	29.1	54%
19-Oct-09	8	16.48	16.31	16.46	16.28	30.1	56%
20-Oct-09	9	16.51	16.33	16.5	16.28	31	34%
21-Oct-09	10	16.51	16.33	16.5	16.28	30	54%
22-Oct-09	11	16.51	16.33	16.5	16.28	30.1	61%
23-Oct-09	12	16.49	16.33	16.5	16.28	29.2	62%
24-Oct-09	13	16.49	16.33	16.52	16.28	28.9	73%
25-Oct-09	14	16.48	16.33	16.51	16.28	28.9	61%
26-Oct-09	15	16.49	16.33	16.52	16.28	29.1	67%
27-Oct-09	16	16.49	16.33	16.52	16.28	27.6	74%
28-Oct-09	17	16.49	16.33	16.52	16.28	27.4	75%
29-Oct-09	18	16.52	16.38	16.53	16.28	29.3	56%
30-Oct-09	19	16.54	16.38	16.47	16.28	28.2	74%
31-Oct-09	20	16.55	16.38	16.49	16.28	29	63%
01-Nov-09	21	16.56	16.38	16.51	16.28	28.9	62%
02-Nov-09	22	16.56	16.38	16.52	16.28	28.5	64%
03-Nov-09	23	16.57	16.38	16.53	16.28	29.4	57%
04-Nov-09	24	16.57	16.39	16.54	16.28	28.8	61%
05-Nov-09	25	16.58	16.39	16.57	16.28	30	58%
06-Nov-09	26	16.58	16.39	16.57	16.28	29.2	67%
07-Nov-09	27	16.58	16.4	16.57	16.28	29.7	69%
08-Nov-09	28	16.58	16.4	16.57	16.28		

09-Nov-09	29	16.58	16.4	16.57	16.28	29.6	60%
10-Nov-09	30	16.58	16.4	16.57	16.28		
11-Nov-09	31	16.58	16.4	16.58	16.28	29	69%
12-Nov-09	32	16.58	16.4	16.58	16.28		
13-Nov-09	33	16.58	16.4	16.58	16.28	28.2	75%
14-Nov-09	34	16.58	16.4	16.58	16.28		
15-Nov-09	35	16.58	16.4	16.58	16.28		
16-Nov-09	36	16.58	16.4	16.58	16.28	27.9	77%
17-Nov-09	37	16.58	16.4	16.58	16.28		
18-Nov-09	38	16.58	16.4	16.58	16.28		
19-Nov-09	39	16.58	16.4	16.58	16.28	28.4	74%
20-Nov-09	40	16.59	16.4	16.59	16.28		
21-Nov-09	41	16.59	16.4	16.59	16.28	28.2	76%
22-Nov-09	42	16.59	16.4	16.59	16.28		
23-Nov-09	43	16.59	16.4	16.59	16.28	27.3	76%
24-Nov-09	44	16.59	16.4	16.59	16.28		
25-Nov-09	45	16.59	16.4	16.59	16.28		
26-Nov-09	46	16.59	16.4	16.59	16.28	28.4	76%
27-Nov-09	47	16.59	16.4	16.59	16.28		
28-Nov-09	48	16.59	16.4	16.59	16.28	28.8	62%
29-Nov-09	49	16.59	16.4	16.59	16.28		
30-Nov-09	50	16.59	16.4	16.59	16.28	27.4	77%
01-Dec-09	51	16.59	16.4	16.59	16.28		
02-Dec-09	52	16.59	16.4	16.59	16.28		
03-Dec-09	53	16.59	16.4	16.59	16.28	29.4	60%
04-Dec-09	54	16.59	16.4	16.59	16.28		
05-Dec-09	55	16.59	16.4	16.59	16.28		
06-Dec-09	56	16.59	16.4	16.59	16.28	28.9	62%

## 2. Tabel Perhitungan Susut Beton Tailing Polimer A

Beton Tailing A							
delta			rata-rata delta	persen delta			Rata- Rata
sample 1	sample 2	sample 3		sample 1	sample 2	sample 3	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>
0.04	0.04	0.03	0.04	0.0080	0.0080	0.0060	<b>0.0073</b>
0.07	0.06	0.05	0.06	0.0140	0.0120	0.0100	<b>0.0120</b>
0.09	0.08	0.09	0.09	0.0180	0.0160	0.0180	<b>0.0173</b>
0.10	0.09	0.12	0.10	0.0200	0.0180	0.0240	<b>0.0207</b>
0.11	0.10	0.14	0.12	0.0220	0.0200	0.0280	<b>0.0233</b>
0.12	0.10	0.15	0.12	0.0240	0.0200	0.0300	<b>0.0247</b>
0.12	0.11	0.16	0.13	0.0240	0.0220	0.0320	<b>0.0260</b>
0.15	0.13	0.20	0.16	0.0300	0.0260	0.0400	<b>0.0320</b>
0.15	0.13	0.20	0.16	0.0300	0.0260	0.0400	<b>0.0320</b>
0.15	0.13	0.20	0.16	0.0300	0.0260	0.0400	<b>0.0320</b>
0.13	0.13	0.20	0.15	0.0260	0.0260	0.0400	<b>0.0307</b>
0.13	0.13	0.22	0.16	0.0260	0.0260	0.0440	<b>0.0320</b>
0.12	0.13	0.21	0.15	0.0240	0.0260	0.0420	<b>0.0307</b>
0.13	0.13	0.22	0.16	0.0260	0.0260	0.0440	<b>0.0320</b>
0.13	0.13	0.22	0.16	0.0260	0.0260	0.0440	<b>0.0320</b>
0.13	0.13	0.22	0.16	0.0260	0.0260	0.0440	<b>0.0320</b>
0.16	0.18	0.23	0.19	0.0320	0.0360	0.0460	<b>0.0380</b>
0.18	0.18	0.17	0.18	0.0360	0.0360	0.0340	<b>0.0353</b>
0.19	0.18	0.19	0.19	0.0380	0.0360	0.0380	<b>0.0373</b>
0.20	0.18	0.21	0.20	0.0400	0.0360	0.0420	<b>0.0393</b>
0.20	0.18	0.22	0.20	0.0400	0.0360	0.0440	<b>0.0400</b>
0.21	0.18	0.23	0.21	0.0420	0.0360	0.0460	<b>0.0413</b>
0.21	0.19	0.24	0.21	0.0420	0.0380	0.0480	<b>0.0427</b>
0.22	0.19	0.27	0.23	0.0440	0.0380	0.0540	<b>0.0453</b>
0.22	0.19	0.27	0.23	0.0440	0.0380	0.0540	<b>0.0453</b>
0.22	0.20	0.27	0.23	0.0440	0.0400	0.0540	<b>0.0460</b>
0.22	0.20	0.27	0.23	0.0440	0.0400	0.0540	<b>0.0460</b>
0.22	0.20	0.27	0.23	0.0440	0.0400	0.0540	<b>0.0460</b>

0.22	0.20	0.28	0.23	0.0440	0.0400	0.0560	<b>0.0467</b>
0.22	0.20	0.28	0.23	0.0440	0.0400	0.0560	<b>0.0467</b>
0.22	0.20	0.28	0.23	0.0440	0.0400	0.0560	<b>0.0467</b>
0.22	0.20	0.28	0.23	0.0440	0.0400	0.0560	<b>0.0467</b>
0.22	0.20	0.28	0.23	0.0440	0.0400	0.0560	<b>0.0467</b>
0.22	0.20	0.28	0.23	0.0440	0.0400	0.0560	<b>0.0467</b>
0.22	0.20	0.28	0.23	0.0440	0.0400	0.0560	<b>0.0467</b>
0.22	0.20	0.28	0.23	0.0440	0.0400	0.0560	<b>0.0467</b>
0.22	0.20	0.28	0.23	0.0440	0.0400	0.0560	<b>0.0467</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>
0.23	0.20	0.29	0.24	0.0460	0.0400	0.0580	<b>0.0480</b>

- **SUSUT BETON TAILING POLIMER B**

**1. Tabel Pembacaan Susut Beton Tailing Polimer B**

Tanggal	hari ke-	Benda Uji			Bacaan Batang Referensi	Kondisi	
		1	2	3		Suhu (°C)	Kelembaban (%)
13-Oct-09	1	16.35	16.3	16.46	16.28	28.1	69%
14-Oct-09	2	16.37	16.33	16.49	16.28	28.6	68%
15-Oct-09	3	16.37	16.35	16.51	16.28	29.2	55%
16-Oct-09	4	16.37	16.36	16.53	16.28	28.3	62%
17-Oct-09	5	16.38	16.37	16.54	16.28	28.7	70%
18-Oct-09	6	16.39	16.38	16.55	16.28	29.1	54%
19-Oct-09	7	16.4	16.39	16.56	16.28	30.1	56%
20-Oct-09	8	16.4	16.39	16.57	16.28	31	34%
21-Oct-09	9	16.41	16.4	16.58	16.28	30	54%
22-Oct-09	10	16.41	16.4	16.59	16.28	30.1	61%
23-Oct-09	11	16.41	16.4	16.59	16.28	29.2	62%
24-Oct-09	12	16.41	16.4	16.59	16.28	28.9	73%
25-Oct-09	13	16.41	16.4	16.59	16.28	28.9	61%
26-Oct-09	14	16.41	16.4	16.59	16.28	29.1	67%
27-Oct-09	15	16.41	16.4	16.59	16.28	27.6	74%
28-Oct-09	16	16.41	16.4	16.59	16.28	27.4	75%
29-Oct-09	17	16.41	16.4	16.59	16.28	29.3	56%
30-Oct-09	18	16.44	16.42	16.6	16.28	28.2	74%
31-Oct-09	19	16.42	16.42	16.6	16.28	29	63%
01-Nov-09	20	16.43	16.42	16.62	16.28	28.9	62%
02-Nov-09	21	16.45	16.43	16.63	16.28	28.5	64%
03-Nov-09	22	16.46	16.43	16.63	16.28	29.4	57%
04-Nov-09	23	16.47	16.43	16.64	16.28	28.8	61%
05-Nov-09	24	16.47	16.44	16.64	16.28	30	58%
06-Nov-09	25	16.48	16.44	16.65	16.28	29.2	67%
07-Nov-09	26	16.48	16.44	16.65	16.28	29.7	69%
08-Nov-09	27	16.48	16.45	16.66	16.28		
09-Nov-09	28	16.48	16.45	16.66	16.28	29.6	60%
10-Nov-09	29	16.48	16.45	16.66	16.28		

11-Nov-09	30	16.48	16.45	16.66	16.28	29	69%
12-Nov-09	31	16.48	16.45	16.66	16.28		
13-Nov-09	32	16.48	16.45	16.66	16.28	28.2	75%
14-Nov-09	33	16.48	16.45	16.66	16.28		
15-Nov-09	34	16.48	16.46	16.67	16.28		
16-Nov-09	35	16.48	16.46	16.67	16.28	27.9	77%
17-Nov-09	36	16.48	16.46	16.67	16.28		
18-Nov-09	37	16.48	16.46	16.67	16.28		
19-Nov-09	38	16.48	16.46	16.67	16.28	28.4	74%
20-Nov-09	39	16.48	16.47	16.68	16.28		
21-Nov-09	40	16.48	16.47	16.68	16.28	28.2	76%
22-Nov-09	41	16.48	16.47	16.68	16.28		
23-Nov-09	42	16.48	16.47	16.68	16.28	27.3	76%
24-Nov-09	43	16.49	16.48	16.69	16.28		
25-Nov-09	44	16.49	16.48	16.69	16.28		
26-Nov-09	45	16.49	16.48	16.69	16.28	28.4	76%
27-Nov-09	46	16.49	16.48	16.69	16.28		
28-Nov-09	47	16.49	16.48	16.69	16.28	28.8	62%
29-Nov-09	48	16.49	16.48	16.69	16.28		
30-Nov-09	49	16.49	16.48	16.69	16.28	27.4	77%
01-Dec-09	50	16.49	16.48	16.69	16.28		
02-Dec-09	51	16.49	16.48	16.69	16.28		
03-Dec-09	52	16.49	16.48	16.69	16.28	29.4	60%
04-Dec-09	53	16.49	16.48	16.69	16.28		
05-Dec-09	54	16.49	16.48	16.69	16.28		
06-Dec-09	55	16.49	16.48	16.69	16.28	28.9	62%
07-Dec-09	56	16.49	16.48	16.69	16.28		



## 2. Tabel Perhitungan Susut Beton Tailing Polimer B

beton Normal							
delta			average delta	persen delta			Rata-rata
sample 1	sample 2	sample 3		sample 1	sample 2	sample 3	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>
0.02	0.03	0.03	0.03	0.0040	0.0060	0.0060	<b>0.0053</b>
0.02	0.05	0.05	0.04	0.0040	0.0100	0.0100	<b>0.0080</b>
0.02	0.06	0.07	0.05	0.0040	0.0120	0.0140	<b>0.0100</b>
0.03	0.07	0.08	0.06	0.0060	0.0140	0.0160	<b>0.0120</b>
0.04	0.08	0.09	0.07	0.0080	0.0160	0.0180	<b>0.0140</b>
0.05	0.09	0.10	0.08	0.0100	0.0180	0.0200	<b>0.0160</b>
0.05	0.09	0.11	0.08	0.0100	0.0180	0.0220	<b>0.0167</b>
0.06	0.10	0.12	0.09	0.0120	0.0200	0.0240	<b>0.0187</b>
0.06	0.10	0.13	0.10	0.0120	0.0200	0.0260	<b>0.0193</b>
0.06	0.10	0.13	0.10	0.0120	0.0200	0.0260	<b>0.0193</b>
0.06	0.10	0.13	0.10	0.0120	0.0200	0.0260	<b>0.0193</b>
0.06	0.10	0.13	0.10	0.0120	0.0200	0.0260	<b>0.0193</b>
0.06	0.10	0.13	0.10	0.0120	0.0200	0.0260	<b>0.0193</b>
0.06	0.10	0.13	0.10	0.0120	0.0200	0.0260	<b>0.0193</b>
0.06	0.10	0.13	0.10	0.0120	0.0200	0.0260	<b>0.0193</b>
0.06	0.10	0.13	0.10	0.0120	0.0200	0.0260	<b>0.0193</b>
0.06	0.10	0.13	0.10	0.0120	0.0200	0.0260	<b>0.0193</b>
0.09	0.12	0.14	0.12	0.0180	0.0240	0.0280	<b>0.0233</b>
0.07	0.12	0.14	0.11	0.0140	0.0240	0.0280	<b>0.0220</b>
0.08	0.12	0.16	0.12	0.0160	0.0240	0.0320	<b>0.0240</b>
0.10	0.13	0.17	0.13	0.0200	0.0260	0.0340	<b>0.0267</b>
0.11	0.13	0.17	0.14	0.0220	0.0260	0.0340	<b>0.0273</b>
0.12	0.13	0.18	0.14	0.0240	0.0260	0.0360	<b>0.0287</b>
0.12	0.14	0.18	0.15	0.0240	0.0280	0.0360	<b>0.0293</b>
0.13	0.14	0.19	0.15	0.0260	0.0280	0.0380	<b>0.0307</b>
0.13	0.14	0.19	0.15	0.0260	0.0280	0.0380	<b>0.0307</b>
0.13	0.15	0.20	0.16	0.0260	0.0300	0.0400	<b>0.0320</b>
0.13	0.15	0.20	0.16	0.0260	0.0300	0.0400	<b>0.0320</b>
0.13	0.15	0.20	0.16	0.0260	0.0300	0.0400	<b>0.0320</b>
0.13	0.15	0.20	0.16	0.0260	0.0300	0.0400	<b>0.0320</b>
0.13	0.15	0.20	0.16	0.0260	0.0300	0.0400	<b>0.0320</b>
0.13	0.15	0.20	0.16	0.0260	0.0300	0.0400	<b>0.0320</b>

0.13	0.15	0.20	0.16	0.0260	0.0300	0.0400	<b>0.0320</b>
0.13	0.16	0.21	0.17	0.0260	0.0320	0.0420	<b>0.0333</b>
0.13	0.16	0.21	0.17	0.0260	0.0320	0.0420	<b>0.0333</b>
0.13	0.16	0.21	0.17	0.0260	0.0320	0.0420	<b>0.0333</b>
0.13	0.16	0.21	0.17	0.0260	0.0320	0.0420	<b>0.0333</b>
0.13	0.16	0.21	0.17	0.0260	0.0320	0.0420	<b>0.0333</b>
0.13	0.17	0.22	0.17	0.0260	0.0340	0.0440	<b>0.0347</b>
0.13	0.17	0.22	0.17	0.0260	0.0340	0.0440	<b>0.0347</b>
0.13	0.17	0.22	0.17	0.0260	0.0340	0.0440	<b>0.0347</b>
0.13	0.17	0.22	0.17	0.0260	0.0340	0.0440	<b>0.0347</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>
0.14	0.18	0.23	0.18	0.0280	0.0360	0.0460	<b>0.0367</b>

## A. BETON NORMAL

- **SUSUT BETON NORMAL A**

### 1. Tabel Pembacaan Susut Beton Normal A

Tanggal	Hari Ke-	Benda Uji			Bacaan Batang Referensi	Kondisi	
		1	2	3		Suhu (°C)	Kelembaban (%)
19-Oct-09	1	16.67	16.23	17.07	16.28	30.1	56%
20-Oct-09	2	16.7	16.27	17.11	16.28	31	34%
21-Oct-09	3	16.73	16.29	17.19	16.28	30	54%
22-Oct-09	4	16.73	16.3	17.19	16.28	30.1	61%
23-Oct-09	5	16.74	16.3	17.21	16.28	29.2	62%
24-Oct-09	6	16.75	16.31	17.23	16.28	28.9	73%
25-Oct-09	7	16.76	16.31	17.24	16.28	28.9	61%
26-Oct-09	8	16.77	16.32	17.25	16.28	29.1	67%
27-Oct-09	9	16.78	16.33	17.26	16.28	27.6	74%
28-Oct-09	10	16.79	16.34	17.27	16.28	27.4	75%
29-Oct-09	11	16.8	16.35	17.28	16.28	29.3	56%
30-Oct-09	12	16.8	16.37	17.29	16.28	28.2	74%
31-Oct-09	13	16.81	16.37	17.28	16.28	29	63%
01-Nov-09	14	16.82	16.37	17.29	16.28	28.9	62%
02-Nov-09	15	16.83	16.38	17.29	16.28	28.5	64%
03-Nov-09	16	16.84	16.37	17.29	16.28	29.4	57%
04-Nov-09	17	16.85	16.38	17.3	16.28	28.8	61%
05-Nov-09	18	16.86	16.39	17.3	16.28	30	58%
06-Nov-09	19	16.86	16.4	17.31	16.28	29.2	67%
07-Nov-09	20	16.86	16.4	17.32	16.28	29.7	69%
08-Nov-09	21	16.87	16.4	17.32	16.28		
09-Nov-09	22	16.88	16.4	17.33	16.28	29.6	60%
10-Nov-09	23	16.88	16.4	17.33	16.28		
11-Nov-09	24	16.88	16.4	17.33	16.28	29	69%
12-Nov-09	25	16.88	16.4	17.33	16.28		
13-Nov-09	26	16.88	16.4	17.33	16.28	28.2	75%
14-Nov-09	27	16.88	16.4	17.33	16.28		
15-Nov-09	28	16.88	16.4	17.33	16.28		
16-Nov-09	29	16.88	16.4	17.32	16.28	27.9	77%

17-Nov-09	30	16.88	16.4	17.32	16.28		
18-Nov-09	31	16.88	16.41	17.32	16.28		
19-Nov-09	32	16.88	16.41	17.32	16.28	28.4	77%
20-Nov-09	33	16.88	16.42	17.32	16.28		
21-Nov-09	34	16.88	16.42	17.32	16.28	28.2	76%
22-Nov-09	35	16.88	16.42	17.32	16.28		
23-Nov-09	36	16.88	16.43	17.32	16.28	27.3	
24-Nov-09	37	16.88	16.43	17.32	16.28		
25-Nov-09	38	16.88	16.43	17.32	16.28		
26-Nov-09	39	16.88	16.43	17.32	16.28	28.4	76%
27-Nov-09	40	16.88	16.43	17.32	16.28		
28-Nov-09	41	16.88	16.43	17.32	16.28	28.8	66%
29-Nov-09	42	16.88	16.43	17.32	16.28		
30-Nov-09	43	16.89	16.43	17.32	16.28	27.4	77%
01-Dec-09	44	16.89	16.43	17.32	16.28		
02-Dec-09	45	16.89	16.43	17.32	16.28		
03-Dec-09	46	16.89	16.43	17.32	16.28	29.4	60%
04-Dec-09	47	16.89	16.43	17.32	16.28		
05-Dec-09	48	16.89	16.43	17.32	16.28		
06-Dec-09	49	16.89	16.43	17.32	16.28	28.9	62%
07-Dec-09	50	16.89	16.43	17.32	16.28		
08-Dec-09	51	16.89	16.43	17.32	16.28		
09-Dec-09	52	16.89	16.43	17.32	16.28	29.6	58%
10-Dec-09	53	16.89	16.43	17.32	16.28		
11-Dec-09	54	16.89	16.43	17.32	16.28		
12-Dec-09	55	16.89	16.43	17.32	16.28	29.8	55%
13-Dec-09	56	16.89	16.43	17.32	16.28		

## 2. Tabel Perhitungan Susut Beton Normal A

Beton Normal A							
delta			Rata-rata delta	persen delta			Rata-rata
sample 1	sample 2	sample 3		sample 1	sample 2	sample 3	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>
0.03	0.04	0.04	0.04	0.0060	0.0080	0.0080	<b>0.0073</b>
0.06	0.06	0.12	0.08	0.0120	0.0120	0.0240	<b>0.0160</b>
0.06	0.07	0.12	0.08	0.0120	0.0140	0.0240	<b>0.0167</b>
0.07	0.07	0.14	0.09	0.0140	0.0140	0.0280	<b>0.0187</b>
0.08	0.08	0.16	0.11	0.0160	0.0160	0.0321	<b>0.0214</b>
0.09	0.08	0.17	0.11	0.0180	0.0160	0.0341	<b>0.0227</b>
0.10	0.09	0.18	0.12	0.0200	0.0180	0.0361	<b>0.0247</b>
0.11	0.10	0.19	0.13	0.0220	0.0200	0.0381	<b>0.0267</b>
0.12	0.11	0.20	0.14	0.0240	0.0220	0.0401	<b>0.0287</b>
0.13	0.12	0.21	0.15	0.0260	0.0240	0.0421	<b>0.0307</b>
0.13	0.14	0.22	0.16	0.0260	0.0280	0.0441	<b>0.0327</b>
0.14	0.14	0.21	0.16	0.0280	0.0280	0.0421	<b>0.0327</b>
0.15	0.14	0.22	0.17	0.0300	0.0280	0.0441	<b>0.0340</b>
0.16	0.15	0.22	0.18	0.0320	0.0300	0.0441	<b>0.0354</b>
0.17	0.14	0.22	0.18	0.0340	0.0280	0.0441	<b>0.0354</b>
0.18	0.15	0.23	0.19	0.0360	0.0300	0.0461	<b>0.0374</b>
0.19	0.16	0.23	0.19	0.0380	0.0320	0.0461	<b>0.0387</b>
0.19	0.17	0.24	0.20	0.0380	0.0340	0.0481	<b>0.0400</b>
0.19	0.17	0.25	0.20	0.0380	0.0340	0.0501	<b>0.0407</b>
0.20	0.17	0.25	0.21	0.0400	0.0340	0.0501	<b>0.0414</b>
0.21	0.17	0.26	0.21	0.0420	0.0340	0.0521	<b>0.0427</b>
0.21	0.17	0.26	0.21	0.0420	0.0340	0.0521	<b>0.0427</b>
0.21	0.17	0.26	0.21	0.0420	0.0340	0.0521	<b>0.0427</b>
0.21	0.17	0.26	0.21	0.0420	0.0340	0.0521	<b>0.0427</b>
0.21	0.17	0.26	0.21	0.0420	0.0340	0.0521	<b>0.0427</b>
0.21	0.17	0.26	0.21	0.0420	0.0340	0.0521	<b>0.0427</b>
0.21	0.17	0.26	0.21	0.0420	0.0340	0.0521	<b>0.0427</b>
0.21	0.17	0.25	0.21	0.0420	0.0340	0.0501	<b>0.0420</b>
0.21	0.17	0.25	0.21	0.0420	0.0340	0.0501	<b>0.0420</b>
0.21	0.18	0.25	0.21	0.0420	0.0360	0.0501	<b>0.0427</b>
0.21	0.18	0.25	0.21	0.0420	0.0360	0.0501	<b>0.0427</b>
0.21	0.19	0.25	0.22	0.0420	0.0380	0.0501	<b>0.0434</b>
0.21	0.19	0.25	0.22	0.0420	0.0380	0.0501	<b>0.0434</b>
0.21	0.19	0.25	0.22	0.0420	0.0380	0.0501	<b>0.0434</b>
0.21	0.20	0.25	0.22	0.0420	0.0400	0.0501	<b>0.0440</b>

0.21	0.20	0.25	0.22	0.0420	0.0400	0.0501	<b>0.0440</b>
0.21	0.20	0.25	0.22	0.0420	0.0400	0.0501	<b>0.0440</b>
0.21	0.20	0.25	0.22	0.0420	0.0400	0.0501	<b>0.0440</b>
0.21	0.20	0.25	0.22	0.0420	0.0400	0.0501	<b>0.0440</b>
0.21	0.20	0.25	0.22	0.0420	0.0400	0.0501	<b>0.0440</b>
0.21	0.20	0.25	0.22	0.0420	0.0400	0.0501	<b>0.0440</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>
0.22	0.20	0.25	0.22	0.0440	0.0400	0.0501	<b>0.0447</b>



- **SUSUT BETON NORMAL B**

**1. Tabel Pembacaan Susut Beton Normal B**

Tanggal	Hari Ke-	Benda Uji			Bacaan Batang Referensi	Kondisi	
		1	2	3		Suhu (°C)	Kelembaban (%)
18-Oct-09	1	16.6	16.2	16.79	16.28	29.1	54%
19-Oct-09	2	16.64	16.26	16.84	16.28	30.1	56%
20-Oct-09	3	16.7	16.29	16.89	16.28	31	34%
21-Oct-09	4	16.72	16.29	16.89	16.28	30	54%
22-Oct-09	5	16.73	16.3	16.89	16.28	30.1	61%
23-Oct-09	6	16.74	16.3	16.9	16.28	29.2	62%
24-Oct-09	7	16.75	16.29	16.9	16.28	28.9	73%
25-Oct-09	8	16.76	16.3	16.9	16.28	28.9	61%
26-Oct-09	9	16.78	16.3	16.91	16.28	29.1	67%
27-Oct-09	10	16.79	16.31	16.92	16.28	27.6	74%
28-Oct-09	11	16.79	16.31	16.92	16.28	27.4	75%
29-Oct-09	12	16.8	16.32	16.94	16.28	29.3	56%
30-Oct-09	13	16.8	16.33	16.94	16.28	28.2	74%
31-Oct-09	14	16.8	16.33	16.95	16.28	29	63%
01-Nov-09	15	16.8	16.34	16.95	16.28	28.9	62%
02-Nov-09	16	16.81	16.34	16.96	16.28	28.5	64%
03-Nov-09	17	16.81	16.35	16.97	16.28	29.4	57%
04-Nov-09	18	16.81	16.35	16.98	16.28	28.8	61%
05-Nov-09	19	16.81	16.36	16.99	16.28	30	58%
06-Nov-09	20	16.81	16.36	16.99	16.28	29.2	67%
07-Nov-09	21	16.82	16.38	16.99	16.28	29.7	69%
08-Nov-09	22	16.82	16.38	16.99	16.28		
09-Nov-09	23	16.82	16.39	16.99	16.28	29.6	60%
10-Nov-09	24	16.83	16.38	16.99	16.28		
11-Nov-09	25	16.83	16.38	16.99	16.28	29	69%
12-Nov-09	26	16.83	16.38	16.99	16.28		
13-Nov-09	27	16.83	16.38	16.99	16.28	28.2	75%
14-Nov-09	28	16.83	16.38	16.99	16.28		
15-Nov-09	29	16.83	16.38	16.99	16.28		
16-Nov-09	30	16.84	16.38	17	16.28	27.9	77%
17-Nov-09	31	16.86	16.39	17.02	16.28		
18-Nov-09	32	16.87	16.39	17.02	16.28		

19-Nov-09	33	16.88	16.39	17.03	16.28	28.4	77%
20-Nov-09	34	16.89	16.4	17.04	16.28		
21-Nov-09	35	16.89	16.42	17.04	16.28	28.2	76%
22-Nov-09	36	16.89	16.44	17.04	16.28		
23-Nov-09	37	16.89	16.44	17.04	16.28	27.3	
24-Nov-09	38	16.89	16.44	17.04	16.28		
25-Nov-09	39	16.89	16.44	17.04	16.28		
26-Nov-09	40	16.89	16.44	17.04	16.28	28.4	76%
27-Nov-09	41	16.89	16.44	17.04	16.28		
28-Nov-09	42	16.89	16.44	17.04	16.28	28.8	66%
29-Nov-09	43	16.89	16.44	17.04	16.28		
30-Nov-09	44	16.88	16.44	17.04	16.28	27.4	77%
01-Dec-09	45	16.88	16.44	17.04	16.28		
02-Dec-09	46	16.88	16.44	17.04	16.28		
03-Dec-09	47	16.88	16.44	17.04	16.28	29.4	60%
04-Dec-09	48	16.88	16.44	17.04	16.28		
05-Dec-09	49	16.88	16.44	17.04	16.28		
06-Dec-09	50	16.88	16.44	17.04	16.28	28.9	62%
07-Dec-09	51	16.88	16.44	17.04	16.28		
08-Dec-09	52	16.88	16.44	17.04	16.28		
09-Dec-09	53	16.88	16.44	17.04	16.28	29.6	58%
10-Dec-09	54	16.88	16.44	17.04	16.28		
11-Dec-09	55	16.88	16.44	17.04	16.28		
12-Dec-09	56	16.88	16.44	17.04	16.28	29.8	55%



## 2. Tabel Perhitungan Susut Beton Normal B

Beton Normal (C-311)							
delta			average delta	persen delta			Rata-rata
sample 1	sample 2	sample 3		sample 1	sample 2	sample 3	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>
0.04	0.06	0.05	0.05	0.0080	0.0120	0.0100	<b>0.0100</b>
0.10	0.09	0.10	0.10	0.0200	0.0180	0.0200	<b>0.0193</b>
0.12	0.09	0.10	0.10	0.0240	0.0180	0.0200	<b>0.0207</b>
0.13	0.10	0.10	0.11	0.0260	0.0200	0.0200	<b>0.0220</b>
0.14	0.10	0.11	0.12	0.0280	0.0200	0.0220	<b>0.0233</b>
0.15	0.09	0.11	0.12	0.0300	0.0180	0.0220	<b>0.0233</b>
0.16	0.10	0.11	0.12	0.0320	0.0200	0.0220	<b>0.0247</b>
0.18	0.10	0.12	0.13	0.0360	0.0200	0.0240	<b>0.0267</b>
0.19	0.11	0.13	0.14	0.0380	0.0220	0.0260	<b>0.0287</b>
0.19	0.11	0.13	0.14	0.0380	0.0220	0.0260	<b>0.0287</b>
0.20	0.12	0.15	0.16	0.0400	0.0240	0.0300	<b>0.0314</b>
0.20	0.13	0.15	0.16	0.0400	0.0260	0.0300	<b>0.0320</b>
0.20	0.13	0.16	0.16	0.0400	0.0260	0.0320	<b>0.0327</b>
0.20	0.14	0.16	0.17	0.0400	0.0280	0.0320	<b>0.0334</b>
0.21	0.14	0.17	0.17	0.0420	0.0280	0.0340	<b>0.0347</b>
0.21	0.15	0.18	0.18	0.0420	0.0300	0.0360	<b>0.0360</b>
0.21	0.15	0.19	0.18	0.0420	0.0300	0.0380	<b>0.0367</b>
0.21	0.16	0.20	0.19	0.0420	0.0320	0.0400	<b>0.0380</b>
0.21	0.16	0.20	0.19	0.0420	0.0320	0.0400	<b>0.0380</b>
0.22	0.18	0.20	0.20	0.0440	0.0360	0.0400	<b>0.0400</b>
0.22	0.18	0.20	0.20	0.0440	0.0360	0.0400	<b>0.0400</b>
0.22	0.19	0.20	0.20	0.0440	0.0380	0.0400	<b>0.0407</b>
0.23	0.18	0.20	0.20	0.0460	0.0360	0.0400	<b>0.0407</b>
0.23	0.18	0.20	0.20	0.0460	0.0360	0.0400	<b>0.0407</b>
0.23	0.18	0.20	0.20	0.0460	0.0360	0.0400	<b>0.0407</b>
0.23	0.18	0.20	0.20	0.0460	0.0360	0.0400	<b>0.0407</b>
0.23	0.18	0.20	0.20	0.0460	0.0360	0.0400	<b>0.0407</b>
0.23	0.18	0.20	0.20	0.0460	0.0360	0.0400	<b>0.0407</b>
0.24	0.18	0.21	0.21	0.0480	0.0360	0.0420	<b>0.0420</b>
0.26	0.19	0.23	0.23	0.0520	0.0380	0.0460	<b>0.0454</b>
0.27	0.19	0.23	0.23	0.0540	0.0380	0.0460	<b>0.0460</b>
0.28	0.19	0.24	0.24	0.0560	0.0380	0.0480	<b>0.0474</b>
0.29	0.20	0.25	0.25	0.0580	0.0400	0.0501	<b>0.0494</b>

0.29	0.22	0.25	0.25	0.0580	0.0440	0.0501	<b>0.0507</b>
0.29	0.24	0.25	0.26	0.0580	0.0480	0.0501	<b>0.0520</b>
0.29	0.24	0.25	0.26	0.0580	0.0480	0.0501	<b>0.0520</b>
0.29	0.24	0.25	0.26	0.0580	0.0480	0.0501	<b>0.0520</b>
0.29	0.24	0.25	0.26	0.0580	0.0480	0.0501	<b>0.0520</b>
0.29	0.24	0.25	0.26	0.0580	0.0480	0.0501	<b>0.0520</b>
0.29	0.24	0.25	0.26	0.0580	0.0480	0.0501	<b>0.0520</b>
0.29	0.24	0.25	0.26	0.0580	0.0480	0.0501	<b>0.0520</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>
0.28	0.24	0.25	0.26	0.0560	0.0480	0.0501	<b>0.0514</b>

# LAMPIRAN 7



DATA DAN PERHITUNGAN  
KUAT TEKAN BETON

## Kuat Tekan Beton Tailing

### 1. Kuat Tekan Umur 28 Hari Beton Tailing Polimer B

No.	Benda Uji	Berat BU	Beban	Luas Permukaan	Kuat Tekan	Konversi Kubus	Tipe Kehancuran
		(kg)	(kg)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	I	3.641	26000	78.5	331.2101911	399.048423	C
2	II	3.639	24500	78.5	312.1019108	376.0263986	C
3	III	3.591	24500	78.5	312.1019108	376.0263986	C
4	IV	3.615	24750	78.5	315.2866242	379.8634027	C
5	V	3.633	25000	78.5	318.4713376	383.7004067	C
	Average				<b>317.834395</b>	<b>382.9330059</b>	

### 2. Kuat Tekan Umur 28 Hari Beton Tailing Polimer A

No.	Benda Uji	Berat BU	Beban	Luas Permukaan	Kuat Tekan	Konversi Kubus	Tipe Kehancuran
		(kg)	(kg)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	I	3.652	20000	78.5	254.7770701	306.9603254	C
2	II	3.605	20000	78.5	254.7770701	306.9603254	C
3	III	3.597	16000	78.5	203.8216561	245.5682603	C
4	IV	3.619	18500	78.5	235.6687898	283.938301	C
5	V	3.64	19500	78.5	248.4076433	299.2863172	C
	Average				<b>239.490446</b>	<b>288.5427059</b>	

### Kuat Tekan Beton Normal Mix Design

No.	Benda Uji	Berat BU	Beban	Luas Permukaan	Kuat Tekan	Konversi Kubus	Tipe Kehancuran
		(kg)	(kg)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	I	12.00	62500	176.625	353.857042	426.3337852	C
2	II	11.83	54000	176.625	305.732484	368.3523905	C
3	III	12.09	61750	176.625	349.610757	421.2177798	C
4	IV	12.00	50250	176.625	284.501062	342.7723633	C
	Average				323.425336	389.6690797	

# LAMPIRAN 8

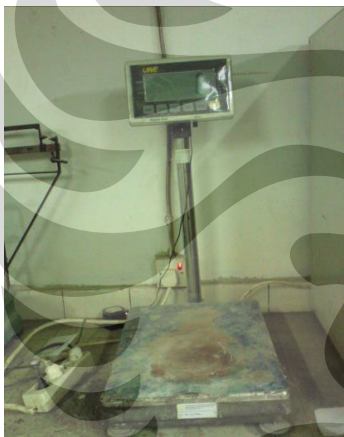




Gelas Ukur



Alat Pembaca Suhu dan Kelembaban



Timbangan



Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar



Mixer Pengaduk Beton



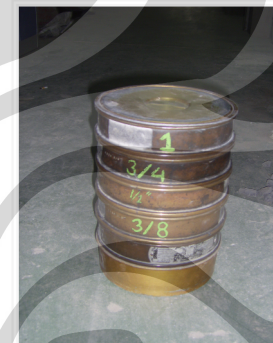
Kerucut Abram



Alat Uji Slump



Mesin Tekan  
Beton



Alat Sieve  
Analysis



Alat Capping



Cetakan Silinder





Cetakan Uji Geser dan Penulangannya



Piknometer



Cetakan Susut



Alat Pembacaan Susut



Pengujian  
Kandungan Organik



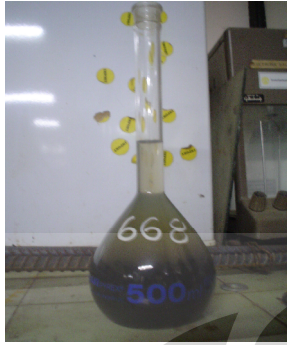
Agregat Kasar



Agregat Halus



Agregat Tailing



Pengujian Berat  
Jenis Agregat  
Halus



Pengujian Sieve  
Analysis



Pengadukan Beton  
Dalam Mixer



Pengujian Slump



Benda Uji Silinder



Perawatan Benda Uji



Benda Uji Kuat Tarik Belah



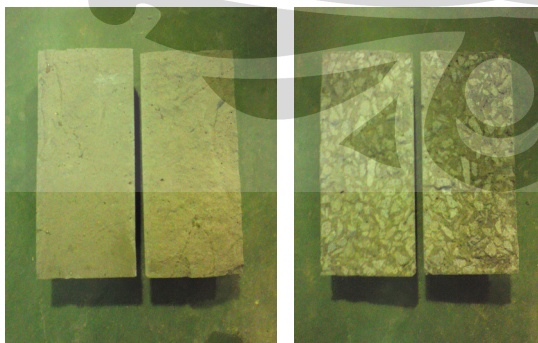
Benda Uji Kuat Geser



Pengujian Kuat Tarik Belah



Pengujian Kuat Geser



Benda Uji Kuat Tarik Belah Setelah Pengujian



Benda Uji Kuat Geser Setelah Pengujian



Pengujian Susut

# LAMPIRAN 9



DETAIL CETAKAN DAN PENULANGAN  
BENDA UJI KUAT GESER

