

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH INDUSTRI BAJA TERHADAP
TEGANGAN TEKAN BETON**

Tugas Akhir

Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Untuk Memperoleh
Derajat Sarjana (S-1)



Disusun Oleh

AWAL SAPUTRA UTE
45 12 041 208



**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA "45" MAKASSAR
2015**



UNIVERSITAS "45"

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4
Telp. 452901 – 452789
MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir :

" Pengaruh Penggunaan limbah Industri Baja Terhadap Tegangan Tekan Beton "

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : Awal Saputra Ute

No. Stambuk : 45 12 041 208

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil/Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

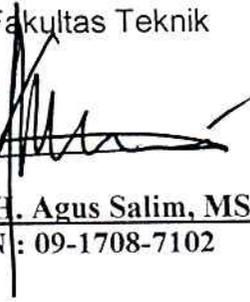
Pembimbing I : Prof. DR. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng (.....)

Pembimbing II : Ir. Syahrul Sariman. MT (.....)

Pembimbing III : Ir. Paulus Lebang, MT (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


DR. Ir. H. Agus Salim, MSi
NIDN : 09-1708-7102

Ketua Jurusan Sipil


Ir. Tamrin Mallawangeng, MT
NIDN : 09-1711-6602



UNIVERSITAS "45"

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4
Telp. 452901 – 452789
MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas 45 Makassar No.A.105/SK/FT.U-45/III/2015 tanggal 03 bulan Maret Tahun Dua Ribu Lima Belas perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka :

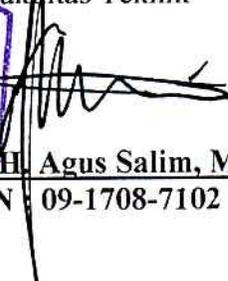
Pada hari/tanggal : Sabtu / 07 Maret 2015
N a m a : Awal Saputra Ute
No.Stambuk : 45 12 041 208
Judul : Pengaruh Penggunaan limbah Industri Baja Terhadap Tegangan Tekan Beton

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas 45 Makassar setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas 45 Makassar.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua	: Ir. H. Abd. Madjid Akkas, MT	(.....)
Sekretaris	: Eka Yuniarto, ST, MT	(.....)
Anggota	: Ir. Husni Marica, MT	(.....)
	Ir. A. Rumpang Yusuf, MT	(.....)
	Arman Setiawan, MT	(.....)
Pembimbing:	Prof. DR. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng	(.....)
	Ir. H. Syahrul Sariman, MT	(.....)
	Ir. Paulus Lebang, MT	(.....)

Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik


DR. Ir. H. Agus Salim, MSi
NIDN : 09-1708-7102


Ketua Jurusan Sipil
Ir. Tamrin Mallawangeng, MT
NIDN : 09-1711-6602

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai Salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa "45" Makassar. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Beton Jurusan Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Penulisan tugas akhir ini berjudul :

"Pengaruh Penggunaan Limbah Industri Baja Terhadap Tegangan Lentur Beton"

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pemikiran kepada pembaca dan terutama kepada penulis, khususnya dalam memahami pengaruh penambahan *Iron Slag* terhadap beton. Namun karena keterbatasan penulis, mungkin tugas akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan-masukan dan saran yang bersifat positif dan membangun dari berbagai pihak demi optimalisasi dan kesempurnaan dari tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

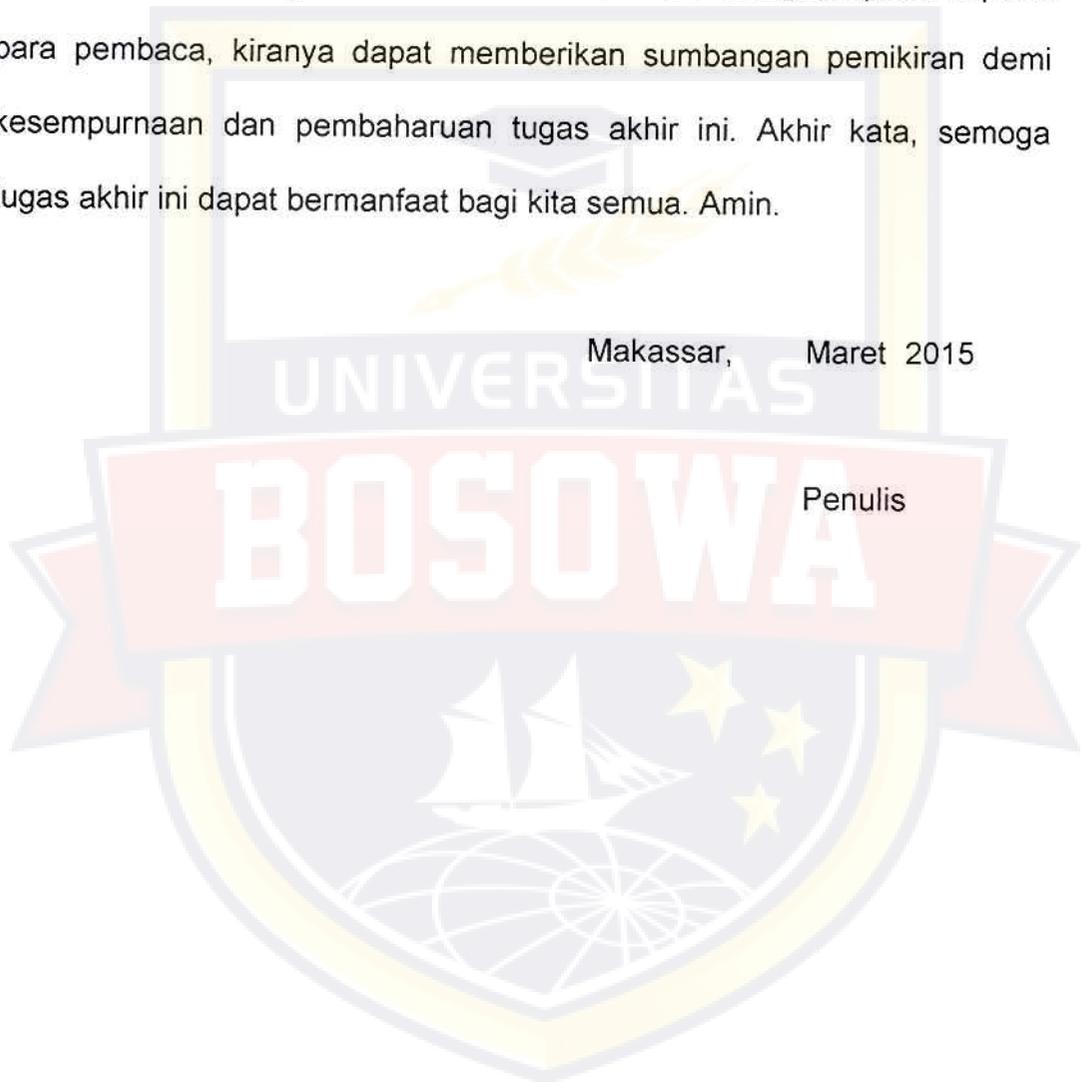
1. Bapak Prof. DR. Ir. Muh. Saleh Pallu, M.Eng selaku Rektor Universitas "45" Makassar.
2. Bapak DR. Ir. H. Agus Salim, MSi selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.
3. Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas "45" Makassar.
4. Bapak Prof. DR. M. Wihardi Tjaronge, S.T, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman, MT selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Paulus Lebang, ST,MT selaku Dosen Pembimbing III atas bimbingannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Eka Yuniarto ST selaku Kepala Laboratorium Universitas Bosowa '45' Makassar.
8. Bapak Imran selaku teknisi yang telah banyak memberikan bantuan dan masukan dalam pelaksanaan uji hasil Kuat Tekan dan uji hasil Kuat Lentur penelitian di laboratorium 'Politeknik Ujung Pandang'
9. Seluruh dosen dan Asisten serta seluruh staf pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa "45" Makassar.
10. Sembah sujud dan bakti penulis persembahkan kepada kedua orang tua serta seluruh keluarga atas dukungan, doa yang tak henti-hentinya dan bantuannya baik berupa moril maupun materil selama penulis menempuh pendidikan dibangku kuliah

11.Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Universitas Bosowa “45” Makassar yang turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tulisan ini tidak luput dari kekurangan-kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kepada para pembaca, kiranya dapat memberikan sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Makassar, Maret 2015

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB. I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Maksud dan Tujuan Penulisan.....	I-3
1.2.1. Maksud Penulisan.....	I-3
1.2.2. Tujuan Penulisan.....	I-4
1.3. Ruang Lingkup dan Batas Masalah	I-4
1.3.1. Ruang Lingkup	I-4
1.3.2. Batasan Masalah.....	I-4
1.4. Gambaran Umum Penulisan.....	I-5
1.5. Sistematika Penulisan	I-5

BAB. II TINJAUAN PUSTAKA

2.1.	Umum	II-1
2.1.1.	Pengertian Beton	II-1
2.1.2.	Sifat-Sifat Beton	II-2
2.2.	Bahan Pembentuk Beton	II-3
2.2.1.	Semen	II-3
2.2.1.1.	Semen Portland (SNI 15-2049-2004)	II-4
2.2.1.2.	Semen Portland Komposit (SNI 15-7064-2004)	II-9
2.2.1.3.	Semen Portland Pozzolan (SNI 15-0302-2004)	II-9
2.2.2.	Air	II-10
2.2.3.	Agregat	II-11
2.3.	Kuat Tekan	II-15
2.4.	Kuat Lentur	II-17
2.5.	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton	II-20
2.6.	Limbah	II-22
2.6.1.	Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).....	II-22
2.6.2.	Slag Baja (<i>Iron Slag</i>)	II-23
2.7.	Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan	II-24

BAB. III METODE PENELITIAN

3.1.	Skema Penelitian	III-1
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian.....	III-2
3.2.1.	Alat yang Digunakan.....	III-2
3.2.2.	Bahan yang Dibutuhkan.....	III-2

3.3.	Prosedur Penelitian.....	III-3
3.4.	Metode Analisis Data.....	III-6

BAB. IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Pemeriksaan Sifat Karakteristik Agregat	IV-1
4.1.1.	Pemeriksaan Awal Agregat Halus (Pasir).....	IV-1
4.1.2.	Pemeriksaan Awal Agregat Kasar (Batu Pecah).....	IV-1
4.1.3.	Pemeriksaan Awal Agregat Halus (<i>Iron Slag</i>).....	IV-1
4.1.4.	Penggabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus.....	IV-2
4.2.	Mix Design.....	IV-4
4.3.	Pembahasan Hasil Pengujian.....	IV-6
4.3.1.	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	IV-6
4.3.2.	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	IV-10
4.3.3.	Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton.....	IV-12

BAB. IV KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan.....	V-1
5.2.	Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.1. Jenis dan Jumlah Limbah yang dihasilkan PT. Barawaja.....	I - 2
Tabel 2.1. Syarat Kimia Utama (SNI 15-2049-2004)	II - 5
Tabel 2.2. Syarat Kimia Tambahan (SNI 15-2049-2004)	II - 7
Tabel 2.3. Sifat Fisik Semen Portland Jenis 1	II - 8
Tabel 2.4. Komposisi Kimia Semen Portland Jenis 1.....	II - 8
Tabel 2.5. Spesifikasi Karakteristik Agregat Halus (Pasir).....	II - 12
Tabel 2.6. Gradasi Pasir.....	II - 12
Tabel 2.7. Spesifikasi Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)...	II - 14
Tabel 2.8. Gradasi Batu Pecah.....	II - 14
Tabel 2.9. Persen Butiran yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat Dengan Butir Maksimum 20 mm.....	II - 14
Tabel 2.10. Batas Gradasi Agregat Kasar.....	II - 15
Tabel 2.11. Daftar Beberapa Sifat Fisis Iron Slag.....	II - 23
Tabel 2.12. Daftar Beberapa Sifat Mekanis Iron Slag.....	II - 23
Tabel 3.1. Rancangan Campuran Beton	III - 3
Tabel 3.2. Label Sampel Benda Uji Kuat Tekan dan Uji Kuat Lentur	III - 6
Tabel 3.3. Prosedur Penelitian	III - 6
Tabel 4.1. Data Hasil Penelitian Agregat Halus (Pasir).....	IV - 1
Tabel 4.2. Data Hasil Penelitian Agregat Halus (Batu Pecah)	IV - 1

Tabel 4.3.	Data Hasil Penelitian Agregat Halus (Iron Slag)	IV - 2
Tabel 4.4.	Hasil Pemeriksaan Awal Gradasi Agregat Kasar dan Halus	IV - 2
Tabel 4.5	Penggabungan Agregat.....	IV - 3
Tabel 4.6.	Kebutuhan Bahan Campuran Beton per m ³	IV - 4
Tabel 4.7.	Kebutuhan Bahan Campuran Beton Normal.....	IV - 5
Tabel 4.8.	Kebutuhan Bahan Campuran Beton Kombinasi 25% - 75 % (Iron Slag)	IV - 5
Tabel 4.9.	Kebutuhan Bahan Campuran Beton Kombinasi 50% - 50 % (Iron Slag)	IV - 5
Tabel 4.10.	Kebutuhan Bahan Campuran Beton Kombinasi 75% - 25 % (Iron Slag)	IV - 6
Tabel 4.11.	Kebutuhan Bahan Campuran Beton Kombinasi 100 % (Iron Slag).....	IV - 6
Tabel 4.12.	Hasil Pengujian Uji Kuat Tekan Beton	IV - 8
Tabel 4.13.	Bentuk Patahan Balok Pada Saat Uji Kuat Lentur	IV -10
Tabel 4.14.	Hasil Pengujian Uji Kuat Lentur Beton	IV -15
Tabel 4.15.	Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton	IV -17

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Berbagai Kuat Tekan Benda Uji Beton	II - 16
Gambar 2.2. Benda Uji, Perletakan dan Pembebanan	II - 19
Gambar 2.3. Garis-Garis Pembebanan dan Perletakan	II - 19
Gambar 2.4. Patah Pada Pusat 1/3 Bentang L (rumus 1).....	II - 19
Gambar 2.5. Patah Diluar Pusat1/3 Bentang L dan Garis Patah < 5 % dari Bentang (rumus 2).....	II - 20
Gambar 2.6. Patah Diluar Pusat1/3 Bentang L dan Garis Patah > 5 % dari Bentang	II - 20
Gambar 3.1. Skema Penelitian.....	III - 1
Gambar 4.1. Grafik Penggabungan Agregat	IV - 3
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Normal dan Masing-Masing Kombinasi Iron Slag.....	IV - 9
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Kuat Lentur Beton Normal dan Masing-Masing Kombinasi Iron Slag.....	IV -12
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton .	IV -13

DAFTAR NOTASI

- f_c : Tegangan Tekan Beton, (kg/cm^2 , MPa)
- P : Beban Tekan Maksimum, (kg, N)
- A : Luas Penampang Silinder, (cm^2, mm^2)
- D : Diameter Silinder Benda Uji, (cm, mm)
- σ_1 : Kuat Lentur Benda Uji, (MPa)
- P : Beban Tertinggi Yang Dilanjutkan Oleh Mesin Uji (Pembacaan Dalam Ton)
- l : Jarak (Bentang) Antara Dua Garis Perletakan, (mm)
- b : Lebar Tampang Lintang Patah Arah Horizontal, (mm)
- h : Lebar Tampang Lintang Patah Arah Vertikal, (mm)
- a : Jarak Rata-Rata Antara Tampang Lintang Patah Dan Tumpuan Luar Yang Terdekat, Diukur Pada 4 Tempat Pada Sisi Titik Dari Bentang, (m)
- f_{cr} : Kuat Tekan Rata-Rata Benda Uji, (kg/cm^2 , MPa)
- S_r : Standar Deviasi
- M : Nilai Tambah/Margin
- k : Koefisien umur beton
- n : Jumlah benda uji
- f_{lt} : kuat lentur dalam MPa
- P : beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji, dalam newton

- l : panjang bentang diantara kedua balok tumpuan, dalam mm
- b : lebar balok rata-rata pada penampang runtuh, dalam mm
- d : tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh, dalam mm



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

- LI – 1 Pengujian Kadar Lumpur
- LI – 2 Pengujian Kadar Air (Pasir)
- LI – 3 Pengujian Kadar Air (Iron Slag)
- LI – 4 Pengujian Berat Jenis (Pasir)
- LI – 5 Pengujian Berat Jenis (Iron Slag)
- LI – 6 Pengujian Berat Volume
- LI – 7 Pengujian Analisa Saringan
- LI – 7 Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus (Pasir dan Iron Slag)

Lampiran II Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)

- LI – 1 Pengujian Kadar Lumpur
- LI – 2 Pengujian Kadar Air (Batu Pecah)
- LI – 3 Pengujian Berat Jenis (Batu Pecah)
- LI – 6 Pengujian Berat Volume
- LI – 7 Pengujian Analisa Saringan
- LI – 7 Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus (Batu Pecah)

Lampiran III Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)

- LIII – 1 Penggabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Lampiran IV Mix Design

Lampiran V Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

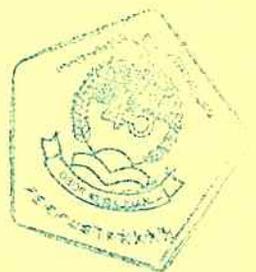
Lampiran VI Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Lampiran VII Dokumentasi Penelitian



BAB I

PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) merupakan limbah yang pada umumnya berasal dari industri kimia. Fenomena pencemaran lingkungan akibat limbah B3 ini telah menjadi isu penting/pembicaraan global. Salah satu sumber penghasil limbah B3 di Kota Makassar adalah industri Baja PT. BARAWAJA. Pabrik *slag* baja ini memiliki kapasitas produksi 15.000 ton/tahun, dan memiliki 2 buah pabrik *slag* baja yaitu pabrik *slag* baja I dan pabrik *slag*baja II. Pabrik *slag* baja I mempunyai 4 unit dapur listrik dilengkapi dengan 2 buah *continius feeding* dan pabrik *slag* baja II yang merupakan perpanjangan pabrik *slag* baja I mempunyai 2 unit dapur listrik dengan satu buah *continuous feeding*.

Dari proses pembuatan produksi, limbah yang dihasilkan oleh pabrik ini berupa *Iron Slag*, *scale*, dan debu EAF. Industri baja ini menghasilkan limbah industri berupa *Iron slag* hasil tangkapan dari proses *wet scrubber* yang dikeringkan dan dari proses pendinginan mesin pabrik. *Iron slag* merupakan sisa proses peleburan besi. Analisis karakteristik kimia lumpur menunjukkan bahwa lumpur industri baja termasuk dalam kategori limbah B3 dan mengandung senyawa Ferro Silikat (FeSi), Ferro Mangn (FeMn), dan Kalsium Silikat (CaSi), oleh karena itu perlu suatu penanganan dini terhadap limbah industri ini selain dapat

mencegah/mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkannya juga dapat memberikan nilai tambah terhadap limbah industri baja barawaja. Salah satunya dengan alternatif reduksi pada sumbernya, yaitu pengolahan limbah *iron slag* industri baja ini menjadi komponen bangunan struktural berupa pembuatan beton. Berikut ini adalah jumlah dan jenis limbah yang dihasilkan oleh PT. BARAWAJA.

Tabel 1. 1. Jenis dan jumlah limbah yang dihasilkan PT. BARAWAJA

No	Jenis Limbah	Jumlah Existing	Perlakuan
1	<i>Iron Slag</i>	Jumlah timbunan 14 ton per bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagian dikemas dalam jumbo bag dan disimpan di TPS • Sebagian besar ditimbun di lingkungan pabrik
2	<i>Slag Ladle/ Dross</i>	Jumlah timbunan 4 ton per bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagian dikemas dalam jumbo bag dan disimpan di TPS • Sebagian besar ditimbun di lingkungan pabrik
3	Kulit Billet/ <i>Scale</i>	Jumlah timbunan 400 kg per bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Dikemas dalam jumbo bag dan disimpan ditempat terbuka di lingkungan pabrik • Sebagian dimanfaatkan untuk campuran pembuatan bata tahan api (BTA) di <i>furnace</i>
4	<i>Slag Halus</i>	Jumlah timbunan 200 kg per bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Dimanfaatkan kembali untuk campuran pembuatan bata tahan api (BTA) di <i>furnace</i>

Sumber : laporan RKL-RPL PT. BARAWAJA, 2013

Di dunia perencanaan fisik bangunan, istilah beton sering digunakan pada setiap bangunan, khususnya untuk bagian struktur seperti

balok, kolom maupun plat lantai. Beton yang digunakan dalam setiap bangunan haruslah memenuhi Standar Nasional Indonesia dalam penggunaannya sehingga aman untuk digunakan. Standar – standar yang digunakan disini bisa berupa kuat tekannya, lentur, keausan dan lain-lain. Dengan menggunakan *iron slag* sebagai campuran agregat halus dengan komposisi 25%, 50%, 75% dan 100% diharapkan mampu memenuhi standar tersebut.

Namun karena kurangnya penelitian tentang pengolahan limbah ini sebagai campuran beton, sampai sekarang potensi *Slag* Baja masih belum banyak diketahui, demikian halnya dengan pemanfaatannya yang masih sangat terbatas. sehingga membuat *iron slag* ini tetap dianggap sebagai limbah yang merusak lingkungan, olehnya itu perlu kiranya dilaksanakan suatu penelitian khusus tentang pengolahan limbah ini, melalui penelitian ini juga diharapkan membuka peluang pemanfaatan *Iron Slag* menjadi campuran beton pada sebuah bangunan struktural.

1.2. Maksud dan Tujuan Penulisan

1.2.1. Maksud Penulisan

Adapun maksud dari penelitian ini adalah:

Menciptakan beton ramah lingkungan yang memenuhi standar fungsi beton dengan menggunakan *Iron Slag* dari PT. Barawaja Makassar sebagai pengganti agregat pasir.

1.2.2. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari hasil penelitian ini adalah: Menentukan kuat tekan dan kuat lentur beton yang paling tinggi dengan kombinasi 25%, 50%, 75%, dan 100% *Iron Slag* sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton.

1.3. Ruang Lingkup dan Batas Masalah

1.3.1. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan serangkaian pengujian pemeriksaan karakteristik material/Agregat.
2. Membuat rancangan campuran (Mix Design) beton normal.
3. Melakukan pengujian slum tes.
4. Melakukan rancangan variasi 25%, 50%, 75%, dan 100% *Iron Slag*
5. Melakukan uji kuat tekan dan uji kuat lentur untuk beton normal dan beton dengan penambahan *Iron Slag* sebagai pengganti agregat pasir.

1.3.2. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Karakteristik kimia yang terdapat pada *Iron Slag* dalam penelitian ini tidak diteliti.
2. Gradasi *Iron Slag* tidak diteliti.
3. Keausan *Iron Slag* tidak diteliti.

1.4. Gambaran Umum Penulisan

Penulisan yang dilakukan adalah penelitian eksperimental dengan melakukan serangkaian pengujian di laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas '45' Makassar, Penelitian ini dimulai dari uji karakteristik agregat, *mix design*, pembuatan benda uji, perawatan benda uji. Benda uji terdiri dari beton normal, dan beton dengan menggunakan bahan tambah *IronSlag* sebagai pengganti agregat pasir dengan komposisi 25%, 50%, 75% dan 100% dan penelitian dilaksanakan juga di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Sipil Fakultas Teknik Politeknik Negeri Ujung Pandang untuk melakukan pengujian karakteristik beton yang terdiri dari kuat tekan dan kuat lentur beton. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Januari 2014 sampai bulan Oktober 2014.

1.5. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab utama dan beberapa sub bab serta diakhiri dengan daftar pustaka serta lampiran-lampiran penelitian.

BAB I, Pendahuluan.

Bab ini memberikan gambaran secara umum isi dari penulisan ini, mulai dari mengenai latar belakang, maksud dan tujuannya, ruang lingkup dan batasannya masalah serta jenis penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II, Tinjauan Pustaka

BAB ini menguraikan secara umum teori-teori dan penjelasan tentang semua hal yang berkaitan dengan penelitian ini mulai dari pengertian beton, agregat penyusun beton serta karakteristiknya.

BAB III, Metode Penelitian

BAB ini menguraikan mengenai metode penelitian mulai dari skema penelitian, alat dan bahan penelitian, prosedur penelitian sampai metode analisis data.

BAB IV, Hasil dan Pembahasan

Bab ini menguraikan tentang hasil-hasil dan analisis penelitian.

BAB V, Kesimpulan dan Saran

Merupakan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

2.1.1 Pengertian Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang umum digunakan saat ini dalam setiap pelaksanaan pembangunan. Baik itu pembangunan gedung, jalan, jembatan, bendungan, dan berbagai macam bangunan lainnya yang ada di lingkungan kita. Hal ini disebabkan oleh berbagai macam pertimbangan, mulai pertimbangan kekuatan bahan, sumber bahan, proses pengerjaan, perawatan, dan sebagainya. Oleh karena itu, perlu diketahui apa sebenarnya beton itu.

Beton adalah sebuah campuran air, pasir, kerikil, dan sebuah bahan pengikat (dewasa ini biasanya semen *Portland*) yang mengeras seperti batu (Scott, 2001 : 133).

Sependapat dengan pengertian diatas, (SNI 3.13-03-2847-2002) menyatakan "Beton adalah campuran semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat".

Kedua pendapat diatas menyatakan bahwa beton merupakan campuran agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil atau batu pecah) yang dicampur dengan menggunakan air serta semen portland sebagai

bahan pengikatnya dan jika perlu diberi bahan tambah agar beton menjadi lebih berkualitas, serta membentuk massa padat yang keras.

2.1.2. Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton dapat dibedakan menjadi :

a. Kemudahan dikerjakan (*Workability*)

Pengamatan workabilitas beton pada umumnya dilakukan dengan *slump test*. Bahan-bahan beton yang telah dicampur menghasilkan campuran yang mudah diangkut, dicetak, dan dipadatkan tanpa terjadi penurunan mutu. Perbandingan dan sifat bahan yang digunakan mempengaruhi sifat dapat dikerjakan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat mudah dikerjakan antara lain :

- (1) Banyaknya air yang dipakai dalam campuran beton
- (2) Penambahan semen kedalam adukan beton
- (3) Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus
- (4) Pemakaian butir – butir agregat yang bulat
- (5) Cara pemadatan beton dan jenis alat yang digunakan.

b. Sifat tahan lama (*Durability*)

Sifat tahan lama pada beton, merupakan sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian, seperti tahan terhadap pengaruh cuaca, pengaruh zat kimia, dan terhadap erosi.

c. Sifat kedap air

Gelembung udara yang terbentuk selama atau setelah selesai pencetakan beton akan membentuk rongga-rongga yang diakibatkan oleh

air yang menguap, rongga udara ini akan membuat air masuk kedalam beton. Untuk mengantisipasi terjadinya rongga udara yang mengakibatkan masuknya air kedalam beton, maka beton harus dibuat sepadat mungkin.

2.2. Bahan Pembentuk Beton

Bahan yang dipakai dalam pembuatan atau penyusunan beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambah *iron slag*.

2.2.1. Semen

Semen merupakan bahan berbutir halus hasil gilingan, yang bukan merupakan pengikat, tapi menjadi bersifat pengikat sebagai hasil hidratisasi (yaitu reaksi kimia antara semen dan air). Semen hidraulis yang biasanya paling banyak dipakai adalah semen portland. Semen portland dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling secara bersama-sama dengan bahan utamanya. Campuran dari semen dan air saja disebut Pasta semen, sedangkan jika ditambahkan campuran pasir disebut Mortar.

Ditinjau dari segi penggunaannya, menurut ASTM C 150 dibagi menjadi 5 tipe semen Portland (SP).

1. Jenis I : Semen Portland jenis umum (*normal portland cement*) yaitu jenis semen portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara

umum yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus, misalnya untuk pembuatan trotoar dan pasangan bata.

2. Jenis II : Semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified portland cement*) memiliki panas hidrasi lebih rendah yang dapat mengurangi terjadinya retak-retak pengerasan dan keluarnya panas lebih lambat daripada semen jenis I. Semen ini digunakan untuk bangunan tebal seperti pilar berukuran besar, dan bangunan drainase.
3. Jenis III : Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi (*high heat portland cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat sehingga dapat digunakan dalam perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas.
4. Jenis IV : Semen Portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat portland cement*) merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang membutuhkan hidrasi serendah-rendahnya. Digunakan untuk bangunan beton seperti bendungan.
5. Jenis V : Semen portland tahan sulfat (*sulfate resisting cement*) merupakan jenis khusus untuk digunakan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat, seperti pada tanah atau air yang tinggi kadar alkalinnya. Pengerasan berjalan lebih lambat dari pada semen portland biasa.

2.2.1.1. Semen Portland (SNI 15-2049-2004)

menurut (SNI 15-2049-2004) adalah semen hidrolis dengan menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat

yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambah berupa satu atau lebih Kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Tabel 2.1. Syarat kimia utama (SNI 15-2049-2004)

Satuan dalam %

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	SiO ₂ , minimum		20,0 ^(b,c)			
2	Al ₂ O ₃ , maksimum		6,0			
3	Fe ₂ O ₃ , maksimum		6,0 ^(b,c)	-	6,5	-
4	MgO, maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO ₃ maksimum					
	Jika C ₃ A ≤ 8,0 Jika C ₃ A ≥ 8,0	3,0 3,5	3,5 ^{d)}	3,5 4,5	2,3 ^{d)}	2,3 ^{d)}
6	Hilang pijar, maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian tak larut, maksimum	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C ₃ S, maksimum ^{a)}	-	-	-	35 ^{b)}	-
9	C ₂ S, minimum ^{a)}	-	-	-	40 ^{b)}	-
10	C ₃ A, maksimum ^{a)}	-	8,0	15	7 ^{b)}	5 ^{b)}
11	C ₄ AF + 2 C ₃ A atau ^{a)} C ₄ AF + C ₂ F, maksimum	-	-	-	-	25 ^{b)}

Sumber: M.Wihardi Tjarongen (Teknologi Bahan Lanjut Semen dan Beton Berongga)

- a. Persyaratan pembatasan secara kimia berdasarkan perhitungan untuk senyawa potensial tertentu tidak harus diartikan bahwa oksida dari senyawa potensial tersebut dalam keadaan murni.

C = CaO, S = SiO₂, A = Al₂O₃, F = Fe₂O₃, Contoh C₃A = 3CaO.Al₂O₃

Titanium dioksida (TiO_2) dan Fosfor penta oksida (P_2O_5) termasuk dalam Al_2O_3 . Nilai yang bias digunakan untuk Al_2O_3 dalam menghitung senyawa potensial (misal : C_3A) untuk tujuan spesifikasi adalah jumlah endapan yang diperoleh dengan penambahan NH_4OH analisis kimia basah.

Apabila: $\frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Fe}_2\text{O}_3} > 0,64$, maka persentase C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF dihitung sebagai berikut:

$$\text{C}_3\text{S} = 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = (4,071 \times \% \text{CaO}) - (7,600 \times \% \text{SiO}_2) - (6,718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{SO}_3)$$

$$\text{C}_2\text{S} = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = (2,867 \times \% \text{SiO}_2) - (0,7544 \times \% \text{C}_3\text{S})$$

$$\text{C}_3\text{A} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = (2,650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{C}_4\text{AF} = 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = (3,043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

Apabila: $\frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Fe}_2\text{O}_3} < 0,64$, terbentuk larutan padat ($\text{C}_4\text{AF} + \text{C}_2\text{F}$) = $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, maka ($\text{C}_4\text{AF} + \text{C}_2\text{F}$) dan C_3S dihitung sebagai berikut:

Semen dengan komposisi ini didalamnya tidak terdapat C_3A . C_2S tetap dihitung dengan menggunakan rumus diatas: Perhitungan untuk semua senyawa potensial adalah berdasarkan hasil penentuan oksidanya yang dihitung sampai sedekat mungkin 0,1%. Semua hasil perhitungan dilaporkan sampai sedekat mungkin dengan 1,0 %.

- b. Apabila yang disyaratkan adalah alorhidrasi, maka syarat kimia ini tidak berlaku.

Tabel 2.3. Sifat fisik semen Portland jenis I

Sifat Fisik	Jumlah
Kehalusan (m ² /kg)	>280
Waktu pengikatan Awal (menit)	100
(vicat) Akhir (menit)	240
Pemuaian	0,04
Berat Jenis (kg/lt)	3,15
Kekuatan tekan	-
a. 3 hari (kg/cm ²)	215
b. 7 hari (kg/cm ²)	300
c. 28 hari (kg/cm ²)	-
Pengikatan semu	-
Penetrasi akhir	75

Sumber: M.Wihardi Tjarongen (Teknologi Bahan Lanjut Semen dan Beton Berongga)

Tabel 2.4. Komposisi kimia semen Portland jenis 1

Komposisi Kimia	Jumlah (%)
CaO	65,29
SiO ₂	21,30
Al ₂ O ₃	5,41
Fe ₂ O ₃	3,53
MgO	0,89
SO ₃	2,25
Kapur Bebas	1,20
Bagian tidak larut	0,21
Alkali (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O)	0,20
C ₃ S	51,22
C ₂ S	22,43
C ₃ A	8,36
C ₄ AF	10,74
Hilang Pijar (%)	1,02

Sumber: M.Wihardi Tjarongen (Teknologi Bahan Lanjut Semen dan Beton Berongga).

2.2.1.2. Semen Portland Komposit (SNI 15-7064-2004)

Menurut SNI 15-7064-2004, semen Portland komposit tersebut dari bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak (klinker) semen Portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bubuk bahan organik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen Portland komposit. Semen ini dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

2.2.1.3. Semen Portland Pozzolan (SNI 15-0302-2004)

Semen Portland pozzolan (SNI 15-0302-2004) adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogeny antara semen Portland dengan pozzolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan pozzolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen Portland dengan bubuk pozzolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozzolan 6 % sampai dengan 40% massa semen Portland pozzolan.

Jenis dan penggunaan semen Portland pozzolan terdiri atas jenis IP-U, IP-K, P-U dan P-K. Dimana penggunaannya adalah sebagai berikut:

- a. Jenis IP-U yaitu semen Portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
- b. Jenis IP-K yaitu semen Portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis P-U yaitu semen Portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis P-K yaitu semen Portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

2.2.2. Air

Menurut Tjokrodimuljo (1996), pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/lt.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zatorganik) tidak lebih dari 15 gr/lt.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lt.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lt.

Fungsi utama penggunaan air ialah agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumasi campuran agar mudah pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa

yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen. Dan perlu diingat bahwa jumlah air yang dibutuhkan berpengaruh terhadap tingkat kelecakan dan kekuatan beton.

2.2.3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton berupa pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama media pengikat untuk membentuk beton. Walau sebagai pengisi, agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting. (Nawy, 2008).

a. Agregat halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut.

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. (SNI 03-2847-2002). Spesifikasi karakteristik agregat halus (pasir) dapat dilihat pada tabel 2.5 dan 2.6

Tabel 2.5. Spesifikasi Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

No	Karakteristik Agregat Halus	Interval	Spesifikasi(ASTM)
1	Kadar lumpur	0.2 - 6%	C117
2	Kadar organik	<No.3	C558
3	Kadar air	3 – 5 %	C29
4	Berat volume	1.4-1.9 kg/ltr	C127
5	Absorpsi	0.2 – 2%	C127
6	Berat jenis SSD	1.6 -3.2	C104
7	Modulus Kehalusan	2.2 – 3.1	C131

Sumber : ASTM (American Society for and Testing Material)

Tabel 2.6. Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : ASTM (American Society for and Testing Material)

Keterangan:

- Daerah I = pasir kasar
- Daerah II = pasir agak kasar
- Daerah III = pasir agak halus
- Daerah IV = pasir halus

b. Agregat kasar

Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sediment dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakan, memecah, menyaring dan seterusnya.

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi $\frac{1}{4}$ in (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. (Nawy, 2008)

Karakteristik agregat kasar yang dapat mempengaruhi sifat-sifat dan mutu beton adalah:

1. Gradasi, mempengaruhi kekuatan.
2. Kadar air, mempengaruhi perbandingan air semen.
3. Kebersihan, mempengaruhi kekuatan dan keawetan.

Spesifikasi karakteristik agregat kasar (batu pecah) dapat dilihat pada tabel 2,7 dan 2.8.

Tabel 2.7. Spesifikasi karakteristik agregat kasar (batu pecah)

No	Karakteristik Agregat Kasar	Interval	Spesifikasi (ASTM)
1	Kadar Lumpur	0.2 – 1.0 %	C117
2	Kadar Air	0.5 – 2%	C558
3	Berat Volume	1.6-1.9 kg/ltr	C29
4	Absorpsi	0.2 – 4%	C127
5	Berat Jenis SSD	1.6 – 3.2	C127
6	Modulus Kehalusan	5.5 – 8.5	C104
7	Keausan	15 – 50 %	C131

Sumber : ASTM (American Society for and Testing Material)

Tabel 2.8. Gradasi batu pecah

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan (butir maksimum 20 mm)
40	100
20	95-100
10	25-55
4.8	0-10

Sumber : ASTM (American Society for and Testing Material)

Tabel 2.9. Persen butiran yang lewat ayakan (%) untuk agregat dengan butir maksimum 20 mm

Lubang ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
19	100	100	100	100
9.6	45	55	65	75
4.8	30	35	42	48
2.4	23	28	35	42
1.2	16	21	28	34
0.6	9	14	21	27
0.3	2	3	5	12
0.15	0	0	0	2

Sumber : ASTM (American Society for and Testing Material)

Tabel 2.10. Batas gradasi agregat kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan		
	4,8-38	4,8-19	4,8-9,6
38	95-100	100	100
19	35-70	95-100	100
9,6	14885	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Sumber : ASTM (American Society for and Testing Material)

2.3 Kuat Tekan

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas beton sehingga beton tersebut hancur. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, dianggap bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton.

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras dengan benda uji berbentuk kubus atau silinder. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh faktor perbandingan air semen (w/c) dan tingkat pematatannya. Pada pengujian ini pembebanan dilakukan sampai silinder beton hancur (beban maksimum). Kuat tekan beton dihitung dengan rumus:

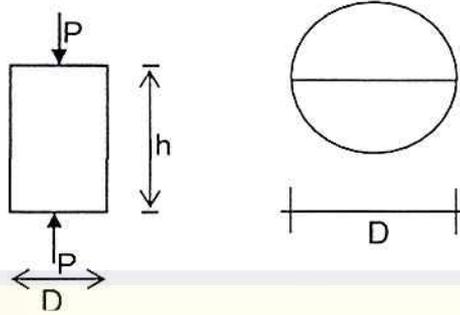
$$f'c = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

Dimana : $f'c$ = tegangan tekan beton (kg/cm², Mpa)

P = beban tekan maksimum (kg, N)

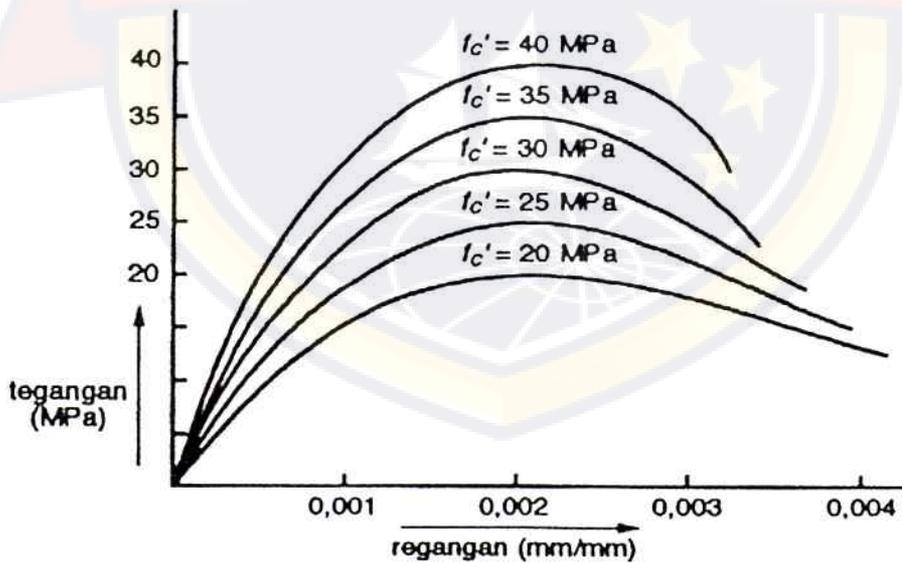
A = luas penampang silinder (cm², mm²)

D = diameter silinder beton (cm, mm)



Gambar 2.1. Uji Kuat Tekan

Dipohuisodo (1999), kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan beton (f_c) yang dicapai benda uji umur 28 hari. Seperti pada tampak pada gambar 2.1, f_c bukanlah tegangan yang timbul pada saat benda uji hancur melainkan tegangan maksimum pada saat regangan beton (ϵ_b) mencapai nilai ± 0.002 .



Gambar 2.1 Berbagai kuat tekan benda uji beton

2.4. Kuat Lentur

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu, yang diberikan padanya sampai beton patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (Mpa). Kuat tarik dalam lentur dikenal sebagai modulus runtuh (Moduluss of Rupture). Untuk batang yang mengalami lentur yang dipakai dalam desain adalah besarnya modulus runtuh (f_r). Dalam sebuah balok elastis homogen yang menerima momen lentur, tegangan-tegangan.

Menurut SNI 03-4431-1997, kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (Mpa) gaya tiap satuan luas.

Rumus yang digunakan dalam menghitung kuat lentur beton adalah:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

Keterangan:

σ = Kuat lentur benda uji (MPa)

M = Momen

W = Tahanan momen

Rumus diatas dapat diturunkan untuk beberapa kondisi patahan sebagai berikut:

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton

dihitung menurut persamaan:

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

2. Untuk Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan maka kuat lentur betondihitung menurut persamaan:

$$\sigma_1 = \frac{3P \cdot a}{b \cdot h^2}$$

Keterangan:

σ_1 = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (pembacaan dalam ton

sampai 3 angka dibelakang koma)

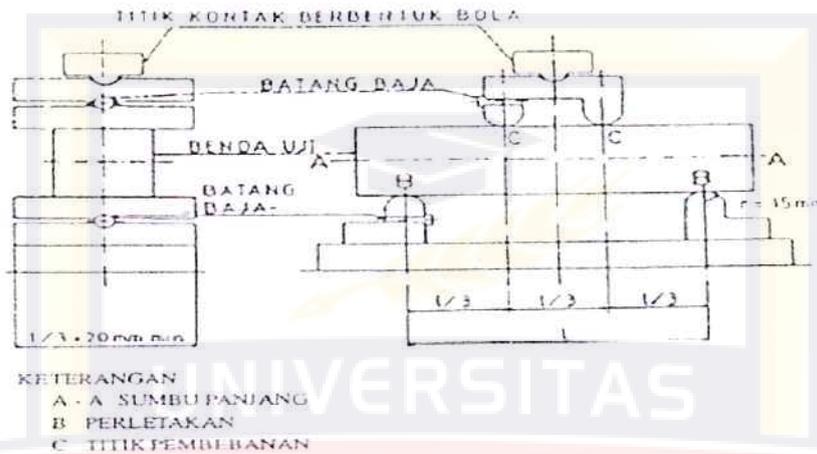
l = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

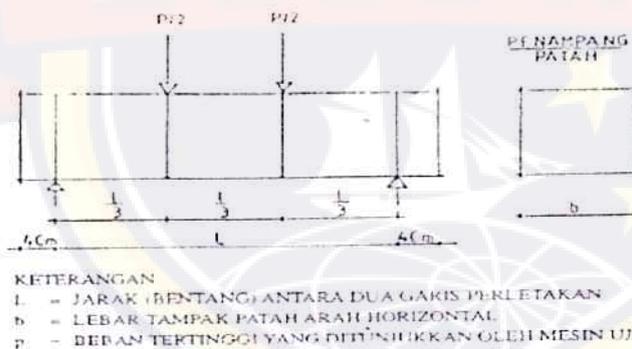
h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m).

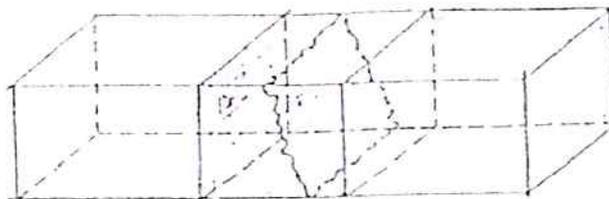
3. Untuk benda uji yang patahnya di luar $1/3$ lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.



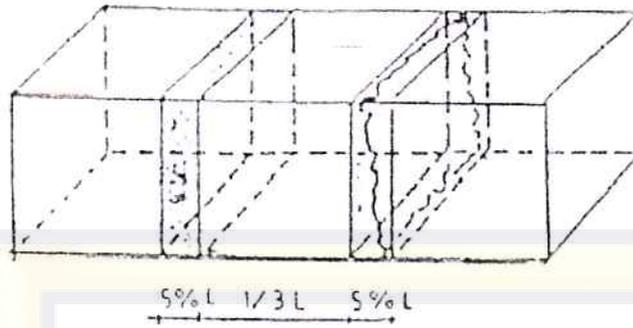
Gambar 2.2 Benda uji perletakan dan pembebanan



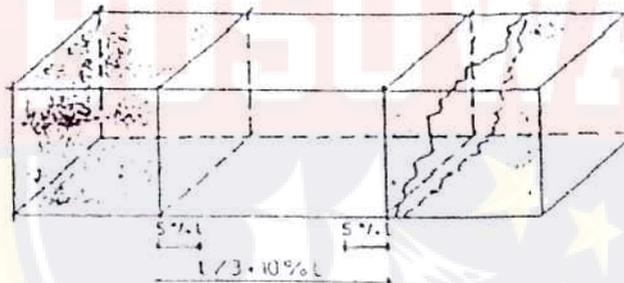
Gambar 2.3 Garis-garis pembebanan dan perletakan



Gambar 2.4 Patah pada pusat $1/3$ bentang L (rumus 1)



Gambar 2.5 Patah diluar pusat $1/3$ bentang L dan garis patah $< 5\%$ dari bentang (rumus 2)



Gambar 2.6 Patah diluar pusat $1/3$ bentang L dan garis patah $> 5\%$ dari bentang

2.5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yang dikemukakan oleh para ahli diantaranya adalah L. J. Murdock dkk (1999 : 08) yaitu :

- a. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton
- b. jenis lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat tarik lebih besar dari pada penggunaan kerikil halus dari sungai.
- c. Efisiensi dari perawatan (curing) kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting dalam pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji.
- d. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- e. Umur. Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya.

Pendapat lain juga dikemukakan Sjafei Amri (2005). Menyimpulkan bahwa pengaruh campuran yang dibuat dengan perbandingan air semen yang rendah mempunyai kekuatan yang lebih besar bila dibandingkan dengan beton yang dibuat dengan perbandingan air semen yang tinggi

Karakteristik agregat memberikan pengaruh terhadap kekuatan beton. Keruntuhan dapat timbul pada agregat maupun pada adukannya ketika proses kehancuran berlangsung pada beton normal, karena adanya kekerasan butir, maka proses kehancuran akan terjadi pada adukannya.

Bila agregat lemah maka kehancuran akan terjadi pada agregatnya. Agregat yang bersih akan memberikan lekatan antara agregat dan semen yang lebih baik bila dibandingkan dengan agregat yang kurang bersih.

Pemeliharaan yang baik akan menyumbangkan kekuatan akhir yang baik pula, dengan demikian peran pelaksanaan pekerjaan juga berperan dalam menciptakan beton yang berkualitas tinggi. Demikian juga peralatan dapat menunjang beton dengan kekuatan yang tinggi.

2.6. Limbah

Limbah adalah bahan yang tidak diinginkan atau sisa dari suatu proses produksi, atau dibuang dari pemukiman penduduk atau komunitas hewan. Limbah juga merupakan suatu benda yang mengandung zat yang bersifat membahayakan bagi kehidupan manusia, hewan, serta lingkungan dan umumnya muncul karena hasil perbuatan manusia, termasuk industrialisasi (UU RI No.23/97, 1991 pasal 1)

2.6.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan

lingkungan hidup, kesehatan, kelasungkan hidup manusia serta mahluk hidup lainnya (UU No. 18 tahun 1999).

2.6.2. Slag Baja (*Iron Slag*)

Menurut *National Slag Association Virginia*, slag baja mempunyai sifat-sifat fisik dan kimia sebagai berikut:

1. Sifat Fisis *Iron Slag*

Slag baja berbentuk tidak beraturan, mempunyai permukaan yang keras, kasar dan tajam. Slag baja mempunyai berat jenis, berat satuan dan penyerapan air moderat (kurang dari 3%). Berikutini, daftar beberapa sifat fisik *Iron Slag*

Tabel 2.11. Daftar beberapa sifat fisis *Iron Slag*

Sifat	Nilai
Berat jenis kg/m^3	3200 – 3600
Unit berat / beban kg/m^3 (lb/ft^3) / berat satuan	1600 – 1920 (100 – 120)
Penyerapan	> 3%

(Sumber : *steel slag-Material Discrip,*)

<http://www.p2pays.org/ref/13/12842/ssa1.htm>, diambil tanggal 02 februari 2014)

2. Sifat Mekanis *Iron Slag*

Sifat mekanis adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan bahan dan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya luar yang bekerja padanya. Slag baja mempunya sifat mekanis yang baik, yang mencakup ketahanan abrasi, karakteristik dan kuat tekan tinggi.

Tabel 2.12. Daftar beberapa sifat mekanis *Iron Slag*

Sifat	Nilai
Los Angeles Abration (ASTM C131), %	20 – 25
Sodium Sulfate Soundness Loss (ASTM C88) %	<12
Angle of Internal Friction	40A ^o – 50A ^o
Hardness (diukur dengan skala Moh's dari kekuatan)	6 – 7
California Bearing Ratio (CBR), % top size 19 mm (3/4 inch)**	Up to 300
* Hardness dari dolomite diukur pada skala yang sama adalah 3 dan 4	
** Nilai typical CBR untuk menghancurkan tanah liat adalah 100%	

(Sumber : *steel slag-Material Discrip.*)

<http://www.p2pays.org/ref/13/12842/ssa1.htm>, diambil tanggal 02 february 2014)

3. Sifat Panas *Iron Slag*

Dalam kapasitas panas yang tinggi, slag baja sudah diteliti dan dapat mempertahankan panas yang lebih lama dibanding agregat biasa. Karakteristik slag baja dapat menguntungkan dalam pekerjaan reparasi aspal campuran panas dalam udara dingin.

Berdasarkan karakteristik dan sifat-sifat yang dimiliki slag baja yang dapat mempertinggi kekuatan tekan beton, mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu serta mempertinggi keawetan karena pengaruh perubahan volume maka slag berpotensi sebagai pengganti agregat dalam campuran beton.

2.7. Penelitian sejenis yang pernah dilakukan

1. Ali Achmadi (2009)

Penelitian yang dilakukan oleh Ali Achmadi ini bertujuan untuk mengetahui prosentase substansi agregat slag mutu beton yang

optimum, dari hasil perencanaan beton disubstitusikan enam proporsi benda uji dengan kadar Slag yang berbeda yaitu 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Dari hasil penelitian substitusi slag dari 0% hingga 60% mengalami kenaikan sedangkan substitusi pada 80% dan 100% mengalami penurunan disebabkan kondisi agregat halus terdapat pada Zona III (agak kasar).

2. Vena dan Suni (2006)

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui pemamfaatan *slag* sebagai agregat kasar pada beton. Dengan proporsi variasi slag 60%, 80% dan 100%. Hasil penelitian tersebut didapat kuat tekan optimum pada variasi 100%. Kuat tarik optimum pada variasi 100%. Berat jenis beton berbanding lurus pada prosentase slag.

3. Lukman dan Siti (2007)

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui pemamfaatan *slag* sebagai agregat kasar dengan proporsi campuran variasi slag 0%, 10%, 30%, 50% dan 70%. Dari hasil penelitian didapat kuat tekan beton meningkat seiring dengan penambahan prosentasi *slag* dalam campuran beton, sehingga penambahan *slag* memberikan kontribusi positif dari segi keekonomisan.

4. Awal Saputra Ute dan La Ode Muhammad Nasran (2011)

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton yang paling tinggi dengan menggunakan *Iron Slag* sebagai agregat kasar dengan kombinasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.

Dari hasil penelitian ini didapat hasil bahwa semakin besar komposisi *Iron Slag* dalam campuran beton sebagai agregat kasar, maka semakin tinggi juga kualitas tekan beton yang dihasilkan penggunaan *slag* sebagai agregat kasar pada campuran beton sudah pernah dilakukan. Maka pada penelitian ini kami mencoba merancang campuran beton dengan menggunakan *Iron Slag* sebagai agregat halus dengan menggunakan variasi-variasi tertentu.





BAB III

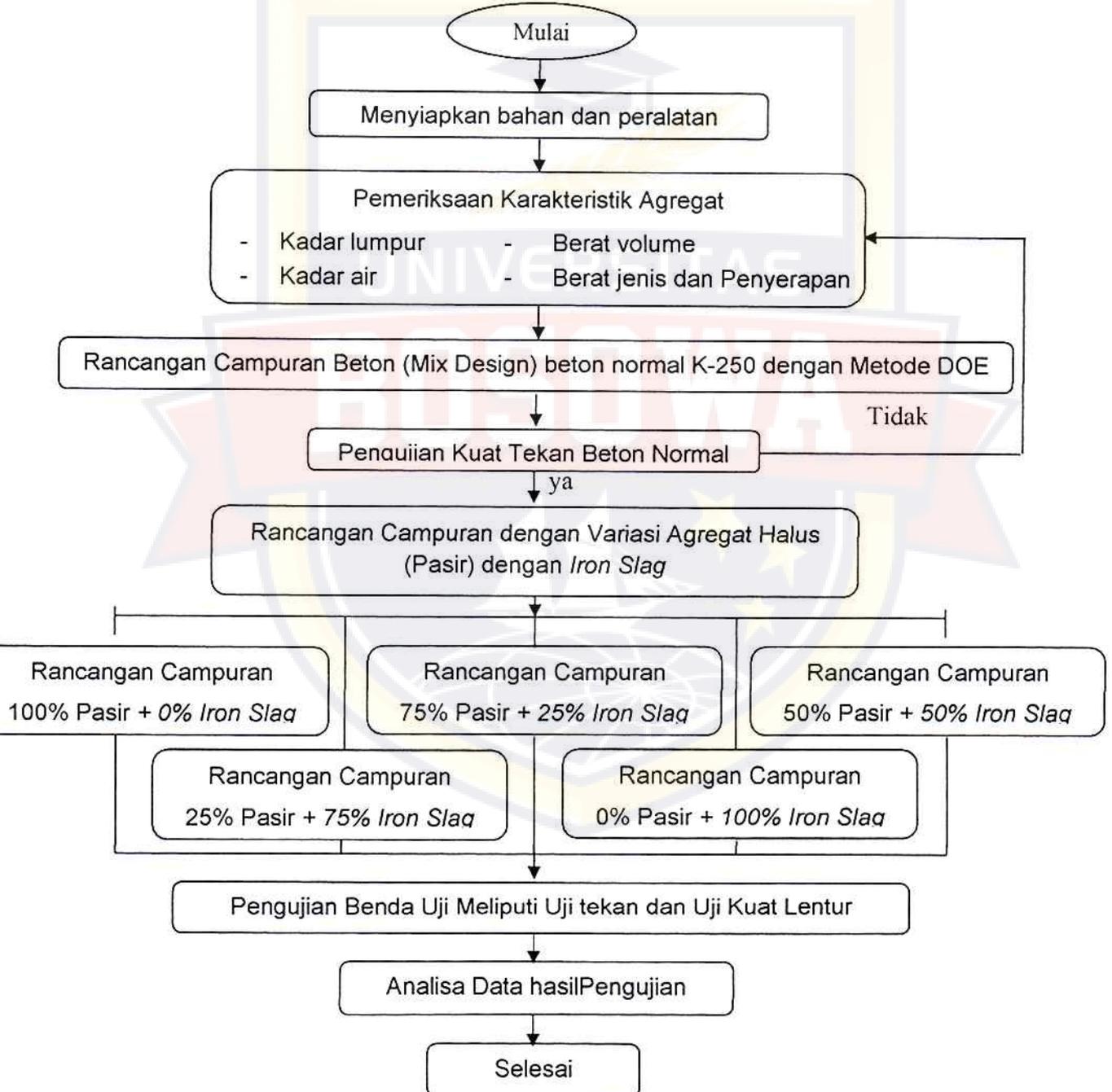
METODE PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Skema Penelitian

Tahapan pelaksanaan dari proses penelitian ini adalah :



Gambar 3.1 Skema Penelitian

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat yang digunakan :

a. Pengujian karakteristik agregat :

Satu set saringan dan kelengkapannya, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gr, timbangan biasa kapasitas 1500 kg, gelas ukur, oven pemanas, dan lain-lain.

b. Pembuatan benda uji :

Alat pengaduk beton (*ELE International mixer 34-3540/01*), cetakan silinder ($\emptyset = 15$ cm, tinggi = 30 cm) dan cetakan balok (panjang = 53 cm, lebar = 15 cm, dan tinggi = 15 cm), 1 set alat *Slump Test* .

c. Uji tekan : Mesin uji tekan (*compression machine*) kapasitas 1500 KN merek ELE International.

d. Uji lentur : Mesin uji lentur (*Flexural Compressor Machine*) merek ELE International.

3.2.2. Bahan yang dibutuhkan :

1. Air : Bebas
2. Semen : PCC (*Portland Composite Cement*)
3. Agregat kasar : Batu pecah diameter maks. 20 mm
4. Agregat halus : Pasir alam Bili-Bili
5. Bahan Tambah : Iron Slag

3.3. Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, perancangan campuran beton dilakukan dengan metode DOE (*Department of Environment*) dan dalam *mix design* digunakan mutu beton K-250. Adapun prosedur penelitiannya adalah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
- b. Melakukan pengujian sifat karakteristik agregat halus dan agregat kasar berat jenis, analisa saringan, kadar air, berat volume dan lain-lain.
- c. Melakukan perhitungan penggabungan agregat halus dan kasar untuk mendapatkan komposisi yang sesuai.
- d. Merancang campuran beton (*mix design*) K 250 kg/cm², dengan metode DOE (*Departement of Environment*) yang tertuang dalam "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal"

Tabel 3.1 Rancangan campuran beton

No	Uraian	Reverensi	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (f_c)	Ditetapkan	250	kg/cm ²
2	Nilai tambah/Margin (M)	Di Tetapkan	120	kg/cm ²
3	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	$f'_{cr} = f' c + M = 250 + 120$	370	kg/cm ²
5	Jenis semen	Ditetapkan	PCC	
6	Jenis agregat			
	1. agregat halus	Ditetapkan	Alami	
	2. agregat kasar	Ditetapkan	Batu pecah	

7	Faktor air semen (FAS)	Dihitung (Grafik 1 dan Tabel)	0,5	
8	Faktor air semen maksimum	Tabel 58 (diambil yang terkecil antara No.7 dan No.8) = 0,5	0,60	
9	Tetapkan nilai slump	Ditetapkan	60-80	mm
10	Ukuran maksimum agregat	Ditetapkan/analisa saringan	20	mm
11	Kadar air bebas	$\frac{2}{3} w_h + \frac{1}{3} w_k$ (tabel 59) = $\frac{2}{3} (195) + \frac{1}{3}(225)$	205	kg/m ³
12	Kadar semen (c)	$c = 205/0,5$	410	kg/m ³
13	Kadar semen minimum	Tabel 58 (lampiran)	275	kg/m ³
14	Kadar semen yang digunakan	Terbesar 12 dan 13	410	kg/m ³
15	Tentukan Proporsi agregat halus	Dihitung	32	%
16	Tentukan Proporsi agregat kasar	100%-32	68	%
17	Berat jenis SSD			
	1. agregat halus	Hasil uji karakteristik	2,25	
	2. agregat kasar	Hasil uji karakteristik	2,59	
18	Berat jenis SSD gabungan agregat	Dihitung (32% \times 2,25)+ (68% \times 2,59)	2,48	
19	Berat jenis beton segar	Grafik 5	2245	kg/m ³
20	Berat agregat total	Dihitung (2245 – 410 - 205)	1630	kg/m ³
21	Berat agregat halus (C)	Dihitung (15 x 20)	521,6	kg/m ³
22	Berat agregat kasar (D)	Dihitung (16 x 20)	1108,4	kg/m ³

e. Pembuatan benda uji.

- Penakaran material beton yang dibutuhkan (semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan *Iron Slag*) sesuai hasil perhitungan mix design.
- Pencampuran material beton diantaranya semen, pasir, Split, *Iron Slag*, dan air. Mula – mula alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian bahan – bahan yang telah disiapkan dan ditimbang sesuai dengan proporsi yang telah direncanakan. Selanjutnya siapkan molen dan pencampuran siap dimulai. Tuangkan split, pasir dan semen. Apabila bahan tersebut telah tercampur merata kemudian lanjutkan dengan penambahan air dan *Iron Slag* sesuai persentase yang telah ditentukan.
- Melakukan pengujian *slump*. Setelah tercampur merata adukan beton dituangkan kedalam talem dan dilakukan pengukuran nilai *slump*. Adukan yang diuji *slump* dimasukkan kedalam cetakan sebanyak tiga lapis.
- Volume pengadukan beton dalam mesin molen yaitu sebanyak 3 buah silinder dan 3 buah balok tiap kode sampel.
- Benda uji disimpan selama 24 jam kemudian dikeluarkan dari cetakan.
- Selanjutnya perawatan/perendaman beton dalam air selama 28 hari.

Untuk memudahkan penelitian, sampel beton diberi kode sebagai berikut :

Tabel 3.2. Label sampel benda uji kuat tekan dan uji kuat lentur

No	Nama Sampel Pengujian				
	Beton 0 % Iron Slag 100 % pasir	Beton 25 % Iron Slag 75 % pasir	Beton 50 % Iron Slag 50 % pasir	Beton 75 % Iron Slag 25 % pasir	Beton 100 % Iron Slag 0 % pasir
1	K 1-1	K 2-1	K 3-1	K 4-1	K 5-1
2	K 1-2	K 2-2	K 3-2	K 4-2	K 5-2
3	K 1-3	K 2-3	K 3-3	K 4-3	K 5-3

Keterangan : K = Kombinasi

- f. Perawatan beton dengan metode perendaman selama 28 hari kemudian dikeluarkan dari bak perendaman untuk dikeringkan sekitar kurang lebih 24 jam.

Tabel 3.3. Prosedur penelitian

Jenis Pengujian		Jumlah dan Jenis Benda Uji Tiap Perlakuan Beton	Metode Perawatan	Umur Uji (Hari)
Beton Segar	Beton Keras			
Slump Test	Uji Tekan	Uji tekan Slinder Beton 15 x 30 cm, diameter = 15 cm, tinggi = 30 cm UjiLentur Balok Beton, lebar 15 cm, tinggi 15 cm, panjang 53 cm.	Direndam dalam air	Uji tekan pada umur 28 hari

3.4. Metode Analisis Data

Perhitungan kuat tekan yang digunakan yaitu sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f'_c}{n} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

f'_c = Kuat tekan masing-masing benda uji (kg/cm², MPa)

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata benda uji (kg/cm², MPa)

k = Koefisien umur beton

P = Beban tekan maksimum (kg, N)

A = Luas penampang silinder (cm², mm²)

n = Jumlah benda uji

Sedangkan perhitungan kuat lentur dapat: dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$f_{lt} = \frac{PL}{bd^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

f_{lt} = kuat lentur dalam MPa

P = beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji, dalam newton

l = panjang bentang diantara kedua balok tumpuan, dalam mm

b = lebar balok rata-rata pada penampang runtuh, dalam mm

d = tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh, dalam mm



BAB IV
HASIL PENELITIAN
DAN PEMBAHASAN

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemeriksaan Sifat Karakteristik Agregat

4.1.1. Pemeriksaan Awal Agregat Halus (Pasir)

Data hasil pengujian karakteristik agregat halus diperlihatkan pada tabel 4.1. berikut ini :

Tabel 4.1. Data hasil penelitian agregat halus (Pasir)

No	Karakteristik Agregat Halus	Interval	Spesifikasi (ASTM)	Hasil Uji	Keterangan
1	Berat jenis SSD	1.6 -3.2%	C128	2,25%	Memenuhi
2	Kadar Air	3.0 – 5.0%	C128	3,08%	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian

4.1.2. Pemeriksaan Awal Agregat Kasar (Batu Pecah)

Data hasil pengujian karakteristik agregat kasar diperlihatkan pada table 4.2. berikut ini :

Tabel 4.2. Data hasil penelitian agregat kasar (Batu Pecah)

No	Karakteristik Agregat Kasar	Interval	Spesifikasi (ASTM)	Hasil Uji	Keterangan
1	Berat Jenis SSD	1.6 – 3.2 %	C128	2,59%	Memenuhi
2	Kadar Air	0.5 – 2 %	C128	1,22 %	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian

4.1.3. Pemeriksaan Awal Agregat Halus (Iron Slag)

Data hasil pengujian karakteristik agregat kasar diperlihatkan pada tabel 4.3. berikut ini :

Tabel 4.3. Data hasil penelitian agregat Halus (Iron Slag)

No	Karakteristik Agregat Halus	Interval	Spesifikasi (ASTM)	Hasil Uji	Keterangan
1	Berat Jenis SSD	1.6 -3.2%	C128	3,54%	Memenuhi
2	Modulus Kehalusan	3.0 – 5.0 %	C128	1,29 %	Memenuhi

Sumber :Hasil Pengujian

4.1.4. Penggabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Data hasil pemeriksaan awal gradasi agregat kerikil dan pasir diperoleh data seperti table 4.4. berikut ini:

Tabel 4.4. Hasil pemeriksaan awal gradasi agregat kasar dan halus

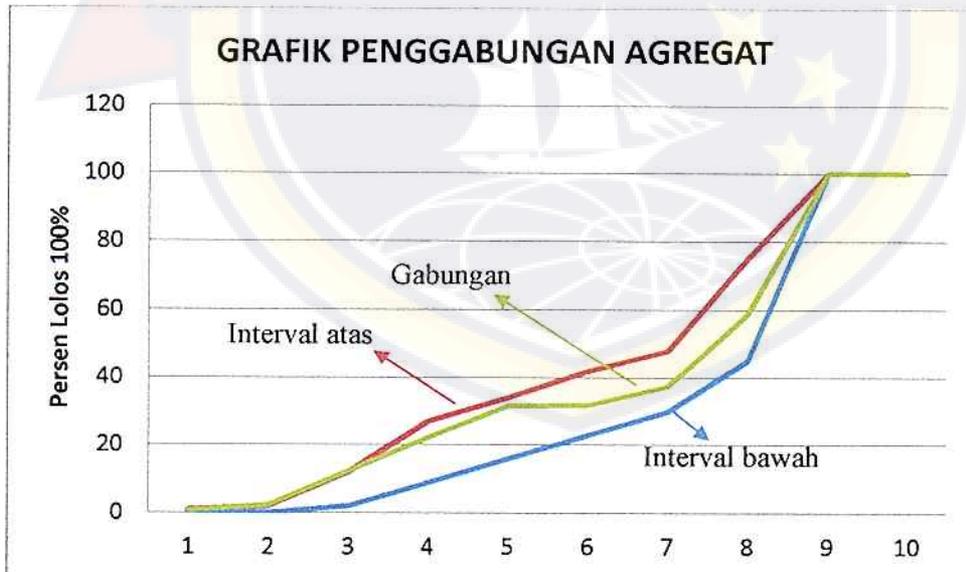
No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Komulatif Lolos (%)		Spesifikasi Ukuran Maks. Agregat 30 mm		
		Agregat Halus	Agregat Kasar			
1	25,4	100	100	100	-	100
¼	19	100	100	100	-	100
3/8	9,5	100	39,26	45	-	75
4	4,75	98,96	8,57	30	-	48
8	2,36	98,70	0,31	23	-	42
16	1,18	98,37	0,17	16	-	34
30	0.6	69,05	0,16	9	-	27
50	0.3	38,23	0,14	2	-	12
100	0.15	6,85	0,13	0	-	2
200	0,074	1,61	0,08	0	-	1

Sumber :Hasil Pengujian

Tabel 4.5. Penggabungan agregat

No Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Komulatif Lolos		Jenis Agregat		Kombinasi	Spesifikasi
		Pasir	Batu Pecah	32 %	68 %		
				Pasir	Batu Pecah		
1	25,4	100	100	32	68	100	100 - 100
¾	19	100	100	32	68	100	100 - 100
3/8	9,5	100	39,26	32	26,7	58,70	45 - 75
4	4,75	98,96	8,57	31,67	5,83	37,49	30 - 48
8	2,36	98,70	0,31	31,58	0,21	31,80	23 - 42
16	1,18	98,37	0,17	31,48	0,12	31,59	16 - 34
30	0,6	69,05	0,16	22,10	0,11	22,21	9 - 27
50	0,3	38,23	0,14	12,23	0,10	12,23	2 - 12
100	0,15	6,85	0,13	2,19	0,09	2,28	0 - 2
200	0,074	1,61	0,08	0,51	0,06	0,57	0 - 1

Sumber :Hasil Perhitungan



Gambar 4.1. Grafik Penggabungan Agregat

Dari tabel hasil uji karakteristik agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) di atas, menunjukkan bahwa pada umumnya agregat yang digunakan memenuhi syarat standar ASTM.

4.2. Mix Design

Tabel 4.6. kebutuhan bahan campuran beton per m³

	Tinjauan	Berat / Volume	Semen	Agregat Halus (kg)		Agregat Kasar	Air
				Slag	Pasir		
Beton Normal	Volume (Ltr)	1000	135.22	0	231.82	427,95	205
	Berat (kg)	2245,00	410	0	521,60	1108,40	205
Beton Kombinasi 25% - 75%	Volume (Ltr)	1000	135.22	57,96	173,96	427,95	205
	Berat (kg)	2.319,76	410	205,16	391,20	1108,40	205
Beton Kombinasi 50% - 50%	Volume (Ltr)	1000	135.22	115,91	115,91	427,95	205
	Berat (kg)	2.394,53	410	410,33	260,80	1108,40	205
Beton Kombinasi 75% - 25%	Volume (Ltr)	1000	135.22	173,87	57,96	427,95	205
	Berat (kg)	2.469,29	410	615,49	130,40	1108,40	205
Beton Kombinasi 100% Slag	Volume (Ltr)	1000	135.22	231,82	0	427,95	205
	Berat (kg)	2.554,05	410	821,65	0	1108,40	205

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel hasil uji karakteristik agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) di atas, menunjukkan bahwa pada umumnya agregat yang digunakan memenuhi syarat standar ASTM.

4.2. Mix Design

Tabel 4.6. kebutuhan bahan campuran beton per m³

	Tinjauan	Berat / Volume	Semen	Agregat Halus (kg)		Agregat Kasar	Air
				Slag	Pasir		
Beton Normal	Volume (Ltr)	1000	135.22	0	231.82	427,95	205
	Berat (kg)	2245,00	410	0	521,60	1108,40	205
Beton Kombinasi 25% - 75%	Volume (Ltr)	1000	135.22	57,96	173,96	427,95	205
	Berat (kg)	2.319,76	410	205,16	391,20	1108,40	205
Beton Kombinasi 50% - 50%	Volume (Ltr)	1000	135.22	115,91	115,91	427,95	205
	Berat (kg)	2.394,53	410	410,33	260,80	1108,40	205
Beton Kombinasi 75% - 25%	Volume (Ltr)	1000	135.22	173,87	57,96	427,95	205
	Berat (kg)	2.469,29	410	615,49	130,40	1108,40	205
Beton Kombinasi 100% Slag	Volume (Ltr)	1000	135.22	231,82	0	427,95	205
	Berat (kg)	2.554,05	410	821,65	0	1108,40	205

Sumber :Hasil Perhitungan

Tabel 4.7. Kebutuhan bahan campuran beton normal

Nama Sampel	Volume 1 sampel (m3)	Volume Total (m3)	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)		Agregat Kasar	Air (kg)	Berat Total (kg)
				Slag	Pasir			
Silinder	0.0053	0.0159	6,519	0	8,293	17,624	3,260	35,696
Balok	0.0119	0.0357	14,637	0	18,621	39,570	7,319	80,147
Total		0.0516	21,156	0	26,914	57,194	10,579	115,843

Sumber :Hasil Perhitungan

Tabel 4.8. Kebutuhan bahan campuran beton kombinasi 25% - 75%

Nama Sampel	Volume 1 sampel (m3)	Volume Total (m3)	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)		Agregat Kasar	Air (kg)	Berat Total (kg)
				Slag	Pasir			
Silinder	0.0053	0.0159	6,519	3,262	6,220	17,624	3,260	36,884
Balok	0.0119	0.0357	14,637	7,324	13,966	39,570	7,319	82,816
Total		0.0516	21,156	10,586	20,186	57,194	10,579	119,70

Sumber :Hasil Perhitungan

Tabel 4.9. Kebutuhan bahan campuran beton kombinasi 50% - 50%

Nama Sampel	Volume 1 sampel (m3)	Volume Total (m3)	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)		Agregat Kasar	Air (kg)	Berat Total (kg)
				Slag	Pasir			
Silinder	0.0053	0.0159	6,519	6,524	4,147	17,624	3,260	38,073
Balok	0.0119	0.0357	14,637	14,649	9,311	39,570	7,319	85,485
Total		0.0516	21,156	21,219	13,458	57,194	10,579	123,558

Sumber :Hasil Perhitungan

Tabel 4.10. Kebutuhan bahan campuran beton kombinasi 75% - 25%

Nama Sampel	Volume 1 sampel (m3)	Volume Total (m3)	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)		Agregat Kasar	Air (kg)	Berat Total (kg)
				Slag	Pasir			
Silinder	0.0053	0.0159	6,519	9,786	2,073	17,624	3,260	39,262
Balok	0.0119	0.0357	14,637	21,973	4,655	39,570	7,319	88,154
Total		0.0516	21,156	31,759	6,728	57,194	10,579	127,416

Sumber :Hasil Perhitungan

Tabel 4.11. Kebutuhan bahan campuran beton kombinasi 100% slag

Nama Sampel	Volume 1 sampel (m3)	Volume Total (m3)	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)		Agregat Kasar	Air (kg)	Berat Total (kg)
				Slag	Pasir			
Silinder	0.0053	0.0159	6,519	13,048	0	17,624	3,260	40,450
Balok	0.0119	0.0357	14,637	29,297	0	39,570	7,319	90,823
Total		0.0516	21,156	42,345	0	57,194	10,579	131,273

Sumber :Hasil Perhitungan

4.3 Pembahasan Hasil Pengujian

4.3.2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton, diperoleh hasil :

$$f'_c 28 = \frac{P}{A \left(\frac{1}{4}\pi d^2\right)} \longrightarrow \text{Untuk Sampel Beton Normal (K1-1)}$$

$$= \frac{372,0}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2}$$



$$= \frac{372,0}{176,715}$$

$$= 2,106 \text{ KN/cm}^2 = 210,6 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk faktor penyesuaian kuat tekan dari silinder ke kubus :

Kuat tekan silinder / 0,83

$$= 210,6 / 0,83$$

$$= 253,75 \text{ Kg/cm}^2$$

Untuk hasil uji tekan rata-rata, diperoleh hasil sebagai berikut :

$$f'_c = \frac{\sum_{i=1}^n f'_c}{n}$$

$$= \frac{253,75 + 254,44 + 253,07}{3}$$

$$= \frac{761,26}{3}$$

$$= 253,753 \text{ kg/cm}^2$$

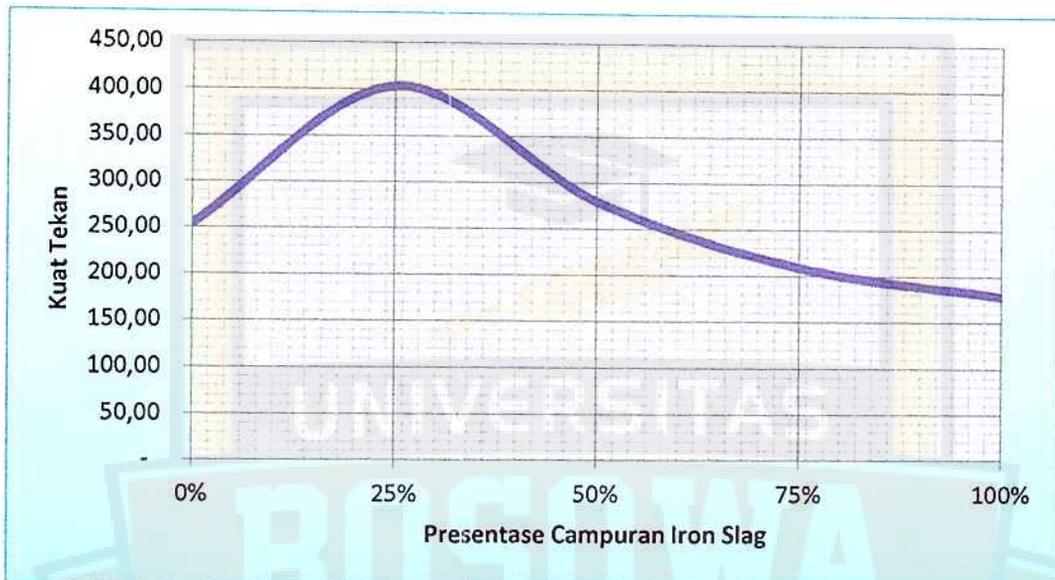
Perhitungan kuat tekan untuk sampel yang lain dapat dilihat pada lampiran V dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12. Hasil Pengujian uji kuat tekan Beton

Komposisi	Kode Sampel	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (f'cr)
Beton Normal	K 1-1	253,75	253,753
	K 1-2	254,44	
	K 1-3	253,07	
Beton Kombinasi 25% - 75%	K 2-1	409,28	403,597
	K 2-2	405,87	
	K 2-3	395,64	
Beton Kombinasi 50% - 50%	K 3-1	272,85	279,67
	K 3-2	279,67	
	K 3-3	286,50	
Beton Kombinasi 75% - 25%	K 4-1	211,46	209,19
	K 4-2	204,64	
	K 4-3	211,46	
Beton Kombinasi 100% Slag	K 5-1	170,53	178,49
	K 5-2	184,18	
	K 5-3	180,77	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.12, dapat digambarkan grafik kuat tekan beton untuk beton normal dan masing –masing kombinasi *Iron Slag* seperti grafik berikut :



Gambar 4.2. Grafik Hubungan kuat tekan beton normal dan masing–masing Kombinasi *Iron Slag*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi *iron slag* sangatlah berpengaruh pada mutu beton yang diperoleh. Hasil mutu beton dengan menggunakan 100% pasir mendapatkan K – 253.75 kg/cm², dengan perencanaan sebelumnya K – 250 kg/cm², tapi dengan mengganti 25% pasir dengan *iron slag* maka terjadi kenaikan mutu beton sampai 409,60 kg/cm², namun kuat tekannya menurun pada kombinasi 50% Iron Slag dan 50% pasir menjadi K 279,67 kg/cm² dan masih diatas beton normal. Pada saat pencampuran 75% iron slag dan 100% iron slag,

kuat tekannya semakin menurun dan berada dibawah beton normal yakni 209,19 kg/cm² dan 178,49 kg/cm².

4.3.2. Pengujian Kuat Lentur Beton

Berdasarkan hasil uji kuat tekan lentur beton, diperoleh hasil :

$$\sigma = \frac{PL}{bd^2} \longrightarrow \text{Untuk Beton Normal (K 1-1)}$$
$$= \frac{3058,08 \times 45}{15 \times 15^2}$$
$$= 40,77 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{K 1 - 2} = 44,46 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{K 1-3} = 33,85 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat tekan lentur rata-rata

$$f_{lt} = \frac{\sum f_{lt}}{n}$$
$$= \frac{40,77 + 40,46 + 33,85}{3}$$

$$= 39,70 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk hasil perhitungan kuat tekanlentur beton normal, beton *Iron slag* 25%,50%, 75% dan 100% yang selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut ini :

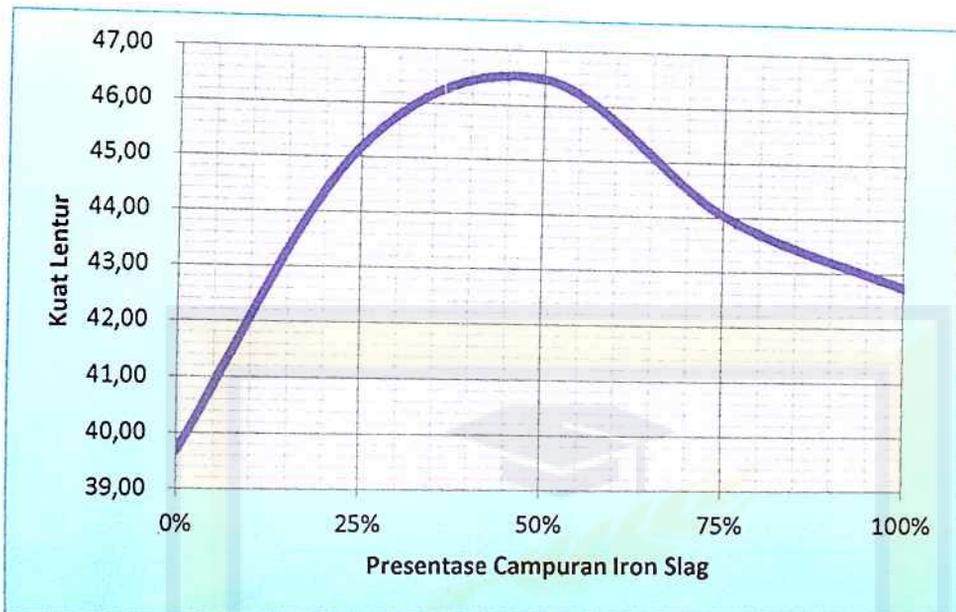
Tabel 4.13. Hasil pengujian uji kuat lentur beton

Kombinasi	Sampel	P (Kn)	d (cm)	b (cm)	l (cm)	P (kg)	σ (kg/cm ²)
a	b	c	D	e	f	g = (c*101,97)	h = (g*f)/(e*d ²)
K1	Sampel 1	29.99	15	15	45	3,058.08	40.77
	Sampel 2	32.7	15	15	45	3,334.42	44.46
	Sampel 3	24.9	15	15	45	2,539.05	33.85
							39.70
K2	Sampel 1	35.18	15	15	45	3,587.30	47.83
	Sampel 2	31.04	15	15	45	3,165.15	42.20
	Sampel 3	33.52	15	15	45	3,418.03	45.57
							45.20
K3	Sampel 1	35.63	15	15	45	3,633.19	48.44
	Sampel 2	32.76	15	15	45	3,340.54	44.54
	Sampel 3	34.18	15	15	45	3,485.33	46.47
							46.48
K4	Sampel 1	31.71	15	15	45	3,233.47	43.11
	Sampel 2	33.28	15	15	45	3,393.56	45.25
	Sampel 3	32.18	15	15	45	3,281.39	43.75
							44.04
K5	Sampel 1	32.17	15	15	45	3,280.37	43.74
	Sampel 2	31.62	15	15	45	3,224.29	42.99
	Sampel 3	30.52	15	15	45	3,112.12	41.49
							42.74

Sumber :Hasil Perhitungan



Berdasarkan tabel 4.13, dapat digambarkan grafik kuat lentur beton untuk beton normal dan masing-masing Kombinasi Iron Slag seperti grafik berikut :



Gambar 4.3. Grafik Hubungan kuat lentur beton normal dan masing-masing Kombinasi *Iron Slag*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi *iron slag* berpengaruh pada kuat lentur beton yang diperoleh. Hasil mutu beton dengan menggunakan 100% pasir mendapatkan 39,70 kg/cm², tapi dengan mengganti 25% pasir dengan *Iron Slag* maka terjadi kenaikan mutu lentur beton sampai 45,20 kg/cm² dan mencapai kuat lentur tertinggi pada kombinasi 50% *Iron Slag* dan 50% pasir yakni 46,48 kg/cm². Namun pada saat pencampuran 75% *iron slag* dan 100% *iron slag*, kuat lenturnya menurun namun masih diatas beton normal yakni 44,04 kg/cm² dan 42.74 kg/cm².

4.3.3. Hubungan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton

Dari uraian hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton, penambahan *Iron Slag* pada campuran beton sebagai agregat halus

dengan presentase–presentase tertentu sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Pengaruh–pengaruh tersebut dapat dilihat dalam tabel 4.14. dibawah ini.

Tabel 4.14. Hubungan kuat tekan dan kuat lentur beton

Sampel	Kuat Tekan	Kuat Lentur	Persentase Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan
K 1	253,753	39.70	15.65 %
K 2	403,597	45.20	11.20 %
K 3	279,67	46.48	16.62 %
K 4	209,19	44.04	21.05 %
K 5	178,49	42.74	23.90 %

Sumber :Hasil Perhitungan

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.4. Grafik hubungan kuat tekan dan kuat lentur beton



BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang kami lakukan, maka dapat kami simpulan beberapa hal:

1. Dari hasil pengujian kuat tekan dengan menggunakan *Iron Slag* sebagai agregat pengganti pasir dengan persentase-persentase tertentu diperoleh kuat tekan paling tinggi pada persentase 25% *Iron Slag* dan 75% Pasir.
2. Dari hasil pengujian kuat Lentur dengan menggunakan *Iron Slag* sebagai agregat pengganti pasir dengan persentase-persentase tertentu diperoleh kuat Lentur paling tinggi pada persentase 50% *Iron Slag* dan 50% Pasir.

Hal ini dapat dipergunakan oleh beberapa hal, salah satunya gradasi atau ukuran butiran dari agregat pengganti (*Iron Slag*). Gradasi *Iron Slag* yang masuk dalam grafik 1 (Pasir kasar) apabila digabungkan dengan pasir yang agak halus dengan persentase tertentu serta agregat kasar sebagaimana tercantum dalam penggabungan mix design maka diperoleh penggabungan agregat yang sangat bagus. Persentase agregat tersebut adalah 25% *Iron Slag* 75% Pasir. Hal ini salah satu yang menyebabkan kuat tekan dan kuat lentur pada persentase ini meningkat dan memperoleh nilai maksimal dalam kuat tekannya.

Hal ini juga dapat memberikan kesimpulan bahwa penggunaan Iron Slag sebagai agregat halus pengganti pasir sangatlah efektif tergantung presentasinya, ditinjau dari mutu beton yang diperoleh, keramahan lingkungan maupun sisi ekonomisnya mengingat *Iron Slag* saat ini masih termasuk dalam kategori limbah yang tidak dimanfaatkan.

2.2. Saran

Mengingat masih kurangnya penelitian menyengkut limbah baja *iron slag* ini khususnya untuk PT. Barawaja Makassar, maka kami dari pihak penulis sangat mengharapkan adanya penelitian-penelitian lanjutan tentang masalah ini. Penelitian semacam ini sangatlah efektif untuk dilakukan untuk mengurangi kadar limbah yang dapat merusak lingkungan yang semakin hari semakin bertumpuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, Ali. 2009. *Kajian Beton Mutu Tinggi Menggunakan Slag sebagai Agregat Halus dan Agregat Kasar dengan Aplikasi Superplasticizer dan Silicafume*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Aji Pujo, dan Rachmat Purwono. 2010. *Pengendalian Mutu Beton*. Surabaya.
- Amalia, 2009. *Studi Eksperimental Perilaku Mekanik Beton Normal dengan Substitusi Limbah Debu Pengolahan Baja (Dry Dust Collector)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Dipohusodo, Istimawan., 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1979. *Peraturan Beton Pertulangan Indonesia 1971*. Bandung
- Kh. Sunggono. 1995. *Buku Teknik Sipil*. Bandung. Nova
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. *Bahan dan Praktek Beton*. Edisi Keempat. Terjemahan oleh Ir. Stephanus Hendarko. 1999. Jakarta: Erlangga.
- Nawy, G Edward. 1998. *Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Standar)*. Jakarta: Refika Aditama
- Neville, A.M. 1981. *Properties of Concrete*. Second Edition. London: The English Language Book Society and Pitman Publishing.
- Nugraha, P dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Priyosulistyo Henricus. 2008. *Struktur Beton Bertulang I*. Yogyakarta: Biro Penerbit.
- Sagel R, Kole P, dan Gideon Kusuma. 1999. *Pedoman Pengerjaan Beton*. Jakarta: Erlangga.
- Samekto, Wuryati dan Candra Rahmadiyanto. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.
- Saputra Awal dan LD. M. Nasran. 2011. *Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Iron Slag PT. Barawaja Makassar Sebagai Agregat Kasar*. Makassar: Skripsi D3, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

SNI.T-15-1990-03. 1990. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Bandung.

SNI 3.13-03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Yogyakarta.

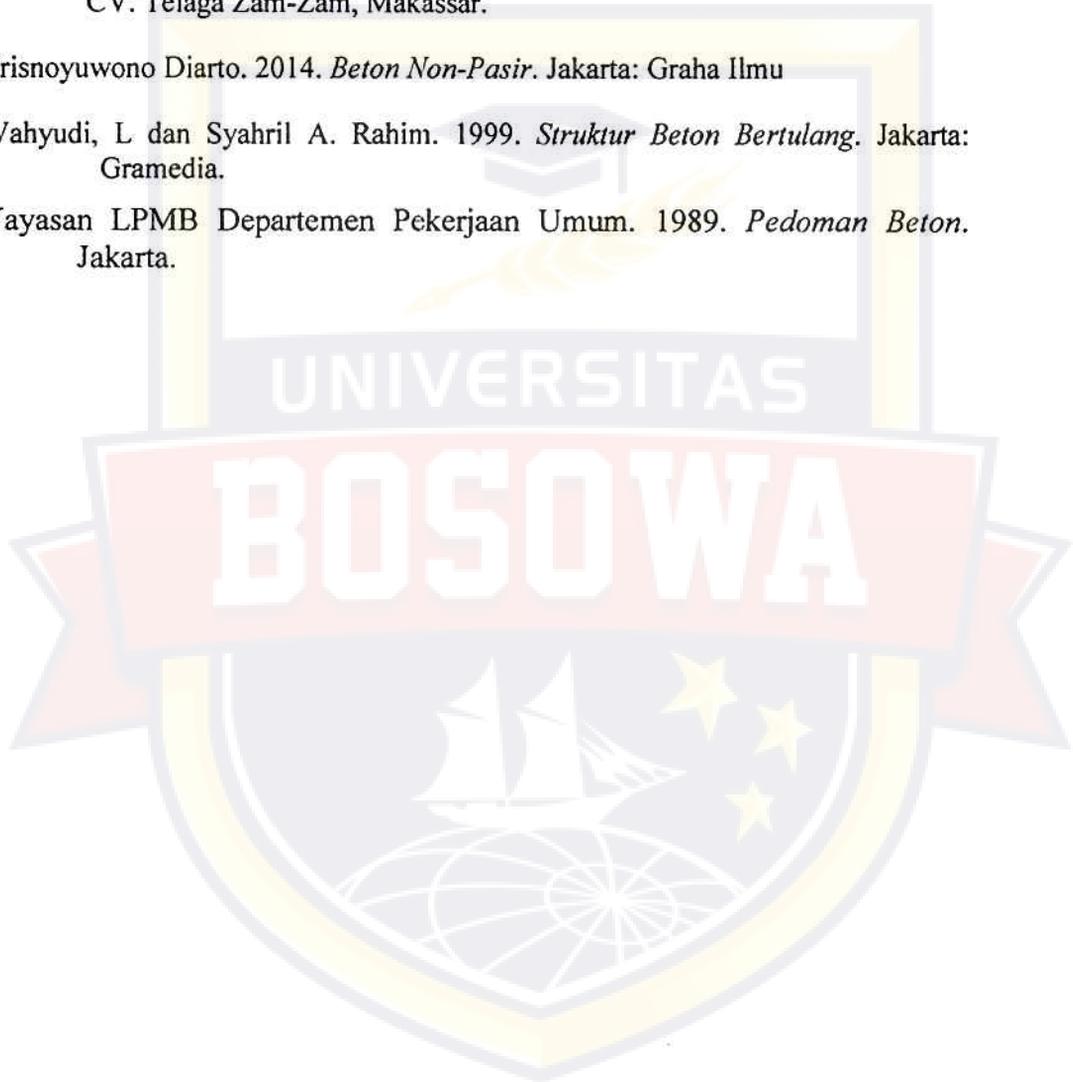
SNI 15-2049-2004. 2004. *Semen Portland*. Yogyakarta.

Tjaronge Wihardi. 2012. *Teknologi Bahan Lanjut Semen dan Beton Berongga* CV. Telaga Zam-Zam, Makassar.

Trisnoyuwono Diarto. 2014. *Beton Non-Pasir*. Jakarta: Graha Ilmu

Wahyudi, L dan Syahril A. Rahim. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia.

Yayasan LPMB Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *Pedoman Beton*. Jakarta.





LAMPIRAN I
HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK
AGREGAT HALUS



**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

Penelitian : Pengujian Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti
Awal Saputra Ute
Material : Pasir
Tanggal : 7 Juni 2014
Sumber : Bili - bili

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS (PASIR)

KODE.	URAIAN	SATUAN	PERCOBAAN	
			I	II
W1	Berat awal benda uji sebelum dicuci	(gram)	1000	1000
W2	Berat benda uji setelah dicuci dan kering oven	(gram)	943,1	951,40
W3	Berat Lumpur = W1 - W2	(gram)	56,9	48,60
Kadar Lumpur = $\frac{W3}{W1} \times 100\%$			5,69%	4,86%
Kadar Lumpur rata-rata (%)			5,28%	

Spesifikasi karakteristik agregat halus, interval 0,2% - 6%

Peneliti

Peneliti

Maya Dwi Astuti
45 12 041 176

Awal Saputra Ute
45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yuniarto, ST, MT
NIDN. 0908066803



**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Penelitian : Pengujian Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar
Material : Pasir
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti
Awal Saputra Ute
Tanggal : 7 Juni 2014
Sumber : Bili - bili

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS (PASIR)

KODE.	URAIAN	PERCOBAAN	
		I	II
W1	Berat Contoh Mula-Mula (gram)	1000	1000
W2	Berat Contoh Kering (gram)	970,3	969,8
Kadar air = $\frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$		3,06%	3,10%
Kadar air rata-rata (%)		3,08%	

Klasifikasi karakteristik agregat halus, interval 3% - 5%

Peneliti

Maya Dwi Astuti
45 12 041 176

Peneliti

Awal Saputra Ute
45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yuniarto, ST, MT
NIDN. 0908066803



**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Penelitian : Pengujian Karakteristik Material : Iron Slag
Agregat Halus dan Agregat Kasar Tanggal : 7 Juni 2014
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti Sumber : Bili - bili
Awal Saputra Ute

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS (IRON SLAG)

URAIAN	SATUAN	A	B
Berat agregat sebelum di oven (W1)	gr	1000	1000
Berat agregat sesudah di oven (W2)	gr	986,23	988,22
Kadar air (W)	%	1,38	1,19
Kadar air rata-rata (W rata-Rata)	%	1,29	

Peneliti

Maya Dwi Astuti
45 12 041 176

Peneliti

Awal Saputra Ute
45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yuniarto, ST, MT
NIDN. 0908066803



LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Penelitian : Pengujian Karakteristik
Agregat Halus dan Agregat Kasar
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti
Awal Saputra Ute

Material : Pasir
Tanggal : 9 Juni 2014
Sumber : Bili - bili

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS (PASIR)

KODE	URAIAN	PERCOBAAN		RATA-RATA
		I	II	
Bj	Berat benda uji SSD	500	500	500
Bt	Berat piknometer + air + benda uji	969,14	961,07	965,11
B	Berat piknometer + air	692,75	628,51	660,63
Bk	Berat benda uji kering oven	488,90	484,39	486,645
W	Berat jenis jenuh permukaan kering kondisi SSD	$\frac{B_j}{B_j + (B - B_t)}$ 2,24	2,99	2,25
Penyerapan = $\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$		2,270	3,223	2,75

Spesifikasi karakteristik SSD agregat halus, interval 1,6% - 3,2%

Peneliti

Maya Dwi Astuti
45 12 041 176

Peneliti

Awal Saputra Ute
45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yudianto, S.T., M.I.
NIDN. 0908066803



LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Penelitian : Pengujian Karakteristik Material : Iron Slag
Agregat Halus dan Agregat Kasar Tanggal : 8 Juni 2014
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti Sumber : Bili - bili
Awal Saputra Ute

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS (IRON SLAG)

KODE	URAIAN	PERCOBAAN		RATA-RATA
		I	II	
Bj	Berat benda uji SSD	500	500	500
Bt	Berat piknometer + air + benda uji	1053,8	1058,1	1055,95
B	Berat piknometer + air	693,9	700,3	697,1
Bk	Berat benda uji kering oven	482,7	476,4	479,55
W1	Berat jenis nyata = $\frac{Bk}{B + (Bk - Bt)}$	3,93	4,02	3,97
W2	Berat jenis kering SSD = $\frac{Bk}{B + (Bj - Bt)}$	3,45	3,35	3,40
W3	Berat jenis jenuh permukaan kering kondisi SSD = $\frac{Bj}{Bj + (B - Bt)}$	3,57	3,52	3,54
	Penyerapan = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	3,58	4,95	4,27

Spesifikasi karakteristik agregat halus, interval 0,20% - 2,0%

Peneliti

Maya Dwi Astuti
45 12 041 176

Peneliti

Awal Saputra Ute
45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yudianto, ST, MT
NIDN. 0908066803





**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT HALUS

Penelitian : Pengujian Karakteristik Material : Pasir
Agregat Halus dan Agregat Kasar Tanggal : 8 Juni 2014
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti Sumber : Bili - bili
Awal Saputra Ute

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT HALUS (PASIR)

KODE	URAIAN	PERCOBAAN	
		KONDISI PADAT	KONDISI LEPAS
	Tinggi Mould (cm)	15,90	15,90
	Diameter Mould (cm)	15,50	15,50
	Volume Mould (liter)	3,00	3,00
W1	Berat Mould kosong (kg)	3,34	3,34
W2	Berat Mould + benda uji (kg)	7,72	7,92
W3	Berat benda uji (W2 - W1)	4,38	4,58
	Berat volume = $\frac{W3}{Volume}$ (kg/liter)	1,46	1,53
	Berat volume rata - rata (kg/cm ³)	1,50	

Spesifikasi karakteristik agregat halus, interval 1,40 - 1,90 (kg/liter)

Peneliti

Maya Dwi Astuti

45 12 041 176

Peneliti

Awal Saputra Ute

45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yuniarto, ST, MT

NIDN. 0908066803

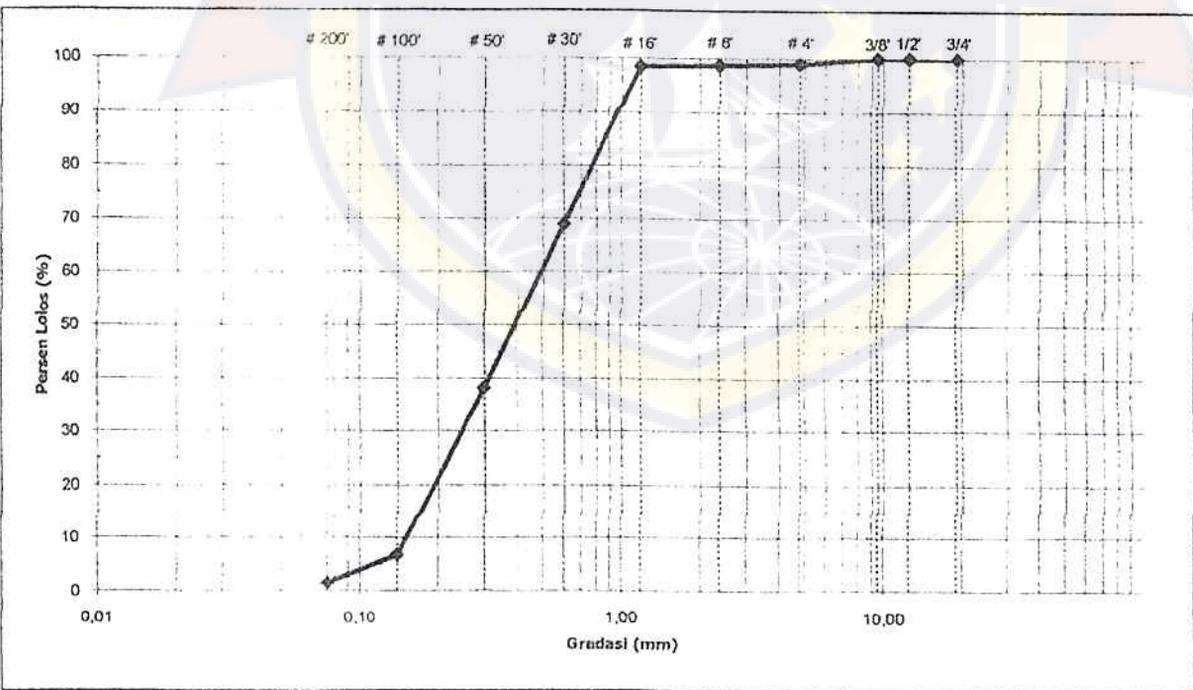


**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Material : Pasir
 Tanggal : 8 Juni 2014
 Sumber : Bili - bili

Saringan No	Total : 2500,00				Total : 2500,00				Rata - rata % Lolos
	Sampel 1		Komulatif		sampel 2		Komulatif		
	Tertahan	% Tertahan	Tertahan	% Lolos	Tertahan	% Tertahan	Tertahan	% Lolos	
1	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 4	3,10	0,12	0,12	99,88	48,70	1,95	1,95	98,05	98,96
No. 8	3,00	0,12	0,24	99,76	10,40	0,42	2,36	97,64	98,70
No. 16	6,20	0,25	0,49	99,51	10,30	0,41	2,78	97,22	98,37
No. 30	55,30	2,21	2,70	97,30	1410,50	56,42	59,20	40,80	69,05
No. 50	1232,90	49,32	52,02	47,98	307,90	12,32	71,51	28,49	38,23
No. 100	970,10	38,80	90,82	9,18	599,30	23,97	95,48	4,52	6,85
No. 200	172,30	6,89	97,72	2,28	89,60	3,58	99,07	0,93	1,61
Pan	57,10	2,28	100,00	0,00	23,30	0,93	100,00	0,00	0,00
	2500,00	100,00			2500				



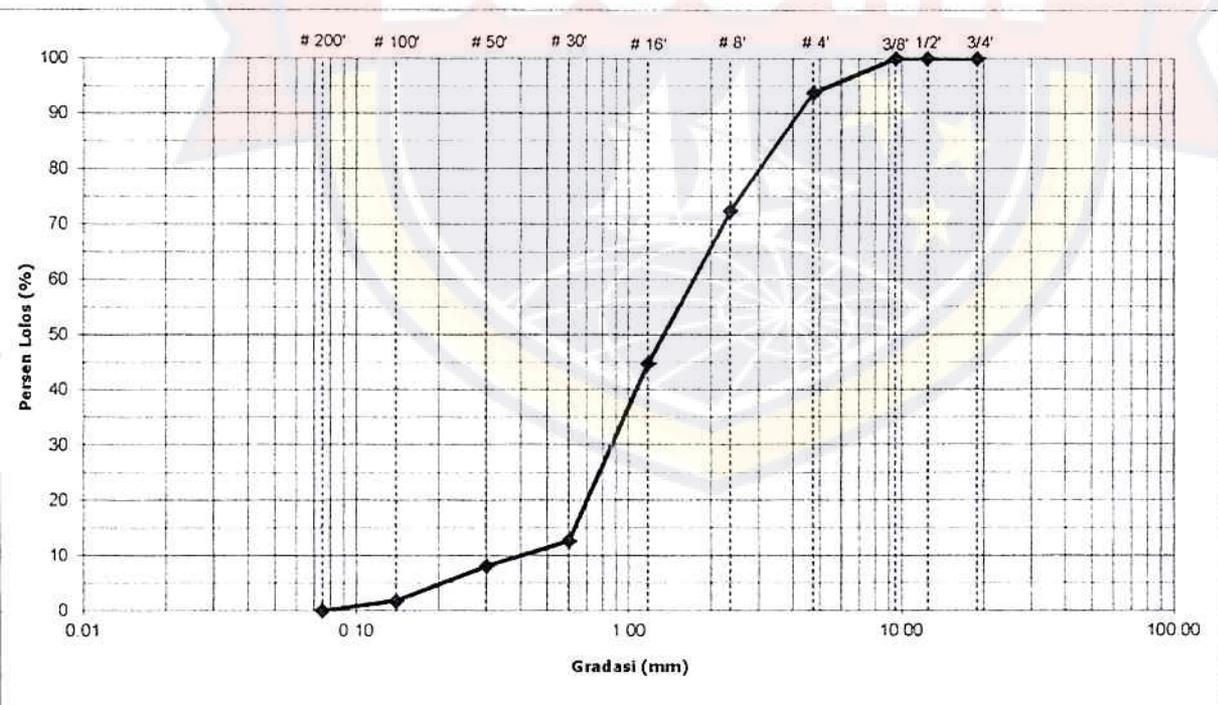


LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Material : Iron Slag
 Tanggal : 15 Maret 2015
 Sumber : Barawaja

Saringan No	Total : 2500.00				Total : 2500.00				Rata - rata % Lolos
	Sampel 1		Komulatif		sampel 2		Komulatif		
	Tertahan	% Tertahan	Tertahan	% Lolos	Tertahan	% Tertahan	Tertahan	% Lolos	
	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
# 3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
# 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
# 3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 4	148.70	5.95	5.95	94.05	167.43	6.70	6.70	93.30	93.68
No. 8	443.40	17.74	23.68	76.32	620.32	24.81	31.51	68.49	72.40
No. 16	650.00	26.00	49.68	50.32	734.78	29.39	60.90	39.10	44.71
No. 30	880.00	35.20	84.88	15.12	720.56	28.82	89.72	10.28	12.70
No. 50	87.98	3.52	88.40	11.60	136.32	5.45	95.18	4.82	8.21
No. 100	235.32	9.41	97.82	2.18	87.78	3.51	98.69	1.31	1.75
No. 200	54.60	2.18	100.00	0.00	32.81	1.31	100.00	0.00	0.00
Pan	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
	2500.00	100.00			2500				





LAMPIRAN II
HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK
AGREGAT KASAR



**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR

Penelitian : Pengujian Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti
Awal Saputra Ute

Material : Kerikil
Tanggal : 7 Juni 2014
Sumber : Bili - bili

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

KODE.	URAIAN	PERCOBAAN	
		I	II
W1	Berat awal benda uji sebelum dicuci (gram)	1500	1500
W2	Berat benda uji setelah dicuci dan kering oven (gram)	1485,80	1485,30
W3	Berat Lumpur = W1 - W2 (gram)	14,20	14,70
Kadar Lumpur = $\frac{W3}{W1} \times 100\%$		0,95%	0,98%
Kadar Lumpur rata-rata (%)		0,96%	

Spesifikasi karakteristik agregat kasar, interval 0,2% - 1%

Peneliti

Maya Dwi Astuti
45 12 041 176

Peneliti

Awal Saputra Ute
45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yuniarto, ST, MT
NIDN. 0908066803



**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

Penelitian : Pengujian Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar
Material : Kerikil
Tanggal : 7 Juni 2014
Melaksanakan Oleh : Maya Dwi Astuti
Sumber : Bili - bili
Awal Saputra Ute

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

KODE.	URAIAN	PERCOBAAN	
		I	II
W1	Berat Contoh Mula-Mula (gram)	1000	1000
W2	Berat Contoh Kering (gram)	987,6	988,2
Kadar air = $\frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$		1,26	1,19
Kadar air rata-rata (%)		1,22%	

Klasifikasi karakteristik agregat kasar, interval max. 0,5% - 2%

Peneliti

Peneliti

Maya Dwi Astuti

45 12 041 176

Awal Saputra Ute

45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yuniarto, ST, MT

NIDN. 0908066803



LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Penelitian : Pengujian Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar
Material : Kerikil
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti
Awal Saputra Ute
Tanggaf : 9 Juni 2014
Sumber : Bili - bill

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

KODE	URAIAN	PERCOBAAN		RATA-RATA
		I	II	
Bj	Berat benda uji SSD	2500	2500	2500
Bk	Berat benda uji kering oven	2429	2425,4	2427,20
Ba	Berat benda uji SSD dalam air	1534,6	1536,9	1535,75
W1	Berat jenis = $\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,72	2,73	2,72
W2	Berat jenis kering SSD = $\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,52	2,52	2,52
W3	Berat jenis jenuh permukaan kering kondisi SSD = $\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,59	2,60	2,59
	Penyerapan = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2,92	3,08	3,00

Spesifikasi karakteristik agregat kasar, interval 0,20% - 4,00%

Peneliti

Maya Dwi Astuti
45 12 041 176

Peneliti

Awal Saputra Ute
45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yuniarto, ST, MT
NIDN. 0908066803



LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Penelitian : Pengujian Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti
Awal Saputra Ute
Material : Kerikil
Tanggal : 8 Juni 2014
Sumber : Bili - bili

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

KODE	URAIAN	PERCOBAAN	
		KONDISI PADAT	KONDISI LEPAS
	Tinggi Mould (cm)	15,90	15,90
	Diameter Mould (cm)	15,50	15,50
	Volume Mould (liter)	3,00	3,00
W1	Berat Mould kosong (kg)	3,34	3,34
W2	Berat Mould + benda uji (kg)	8,39	8,14
W3	Berat benda uji (W2 - W1)	5,05	4,80
	Berat volume = $\frac{W3}{Volume}$ (kg/liter)	1,68	1,60
	Berat volume rata - rata (kg/cm ³)	1,64	

Spesifikasi karakteristik agregat kasar, interval 1,60 - 1,90 (kg/liter)

Peneliti

Maya Dwi Astuti
45 12 041 176

Peneliti

Awal Saputra Ute
45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yuniarto, ST, MT
NIDN. 0908066803

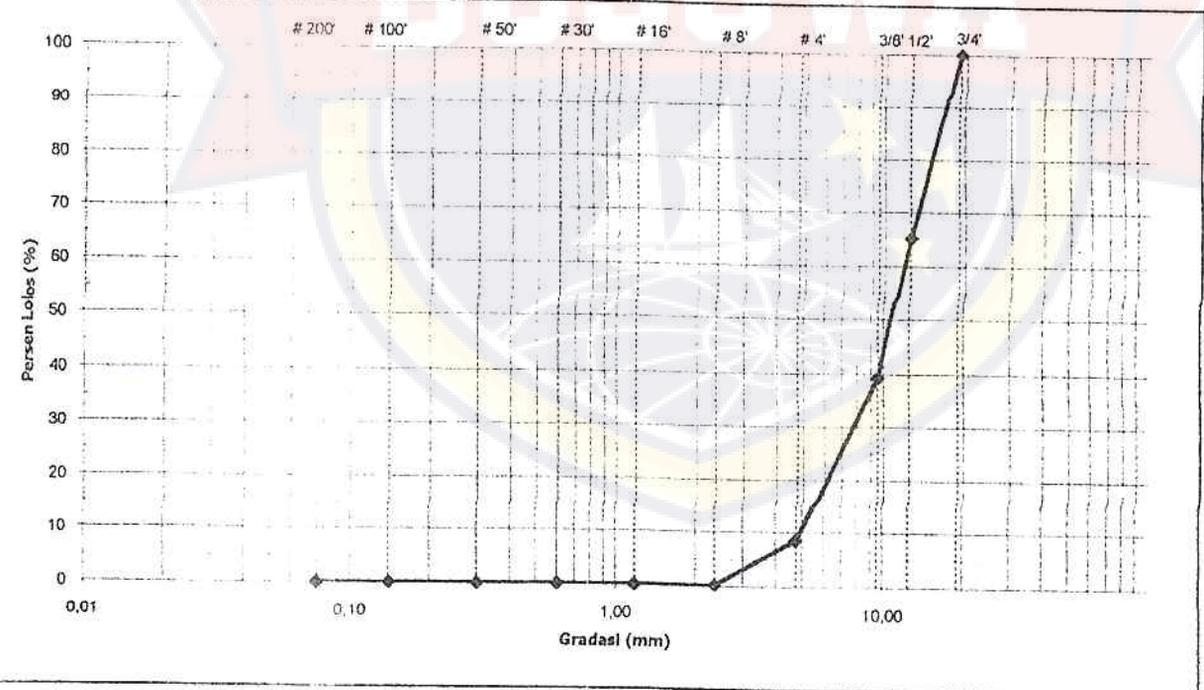


**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 1 - 2
Tanggal : 7 Juni 2014
Sumber : Bili - bili

Saringan No	Total : 2500,00				Total : 2500,00				Rata - rata % Lolos
	Sampel 1		Komulatif		sampel 2		Komulatif		
	Tertahan	% Tertahan	Tertahan	% Lolos	Tertahan	% Tertahan	Tertahan	% Lolos	
1	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	912,70	36,51	36,51	63,49	827,10	33,08	33,08	66,92	65,20
3/8"	647,40	25,90	62,40	37,60	649,70	25,99	59,07	40,93	39,26
No. 4	714,40	28,58	90,98	9,02	820,30	32,81	91,88	8,12	8,57
No. 8	215,60	8,62	99,60	0,40	197,10	7,88	99,77	0,23	0,31
No. 16	3,50	0,14	99,74	0,26	3,70	0,15	99,92	0,08	0,17
No. 30	0,20	0,01	99,75	0,25	0,20	0,01	99,92	0,08	0,16
No. 50	0,70	0,03	99,78	0,22	0,30	0,01	99,94	0,06	0,14
No. 100	0,50	0,02	99,80	0,20	0,20	0,01	99,94	0,06	0,13
No. 200	1,80	0,07	99,87	0,13	0,40	0,02	99,96	0,04	0,08
Pan	3,20	0,13	100,00	0,00	1,00	0,04	100,00	0,00	0,00
	2500,00				2500,00				





LAMPIRAN III
PENGGABUNGAN AGREGAT

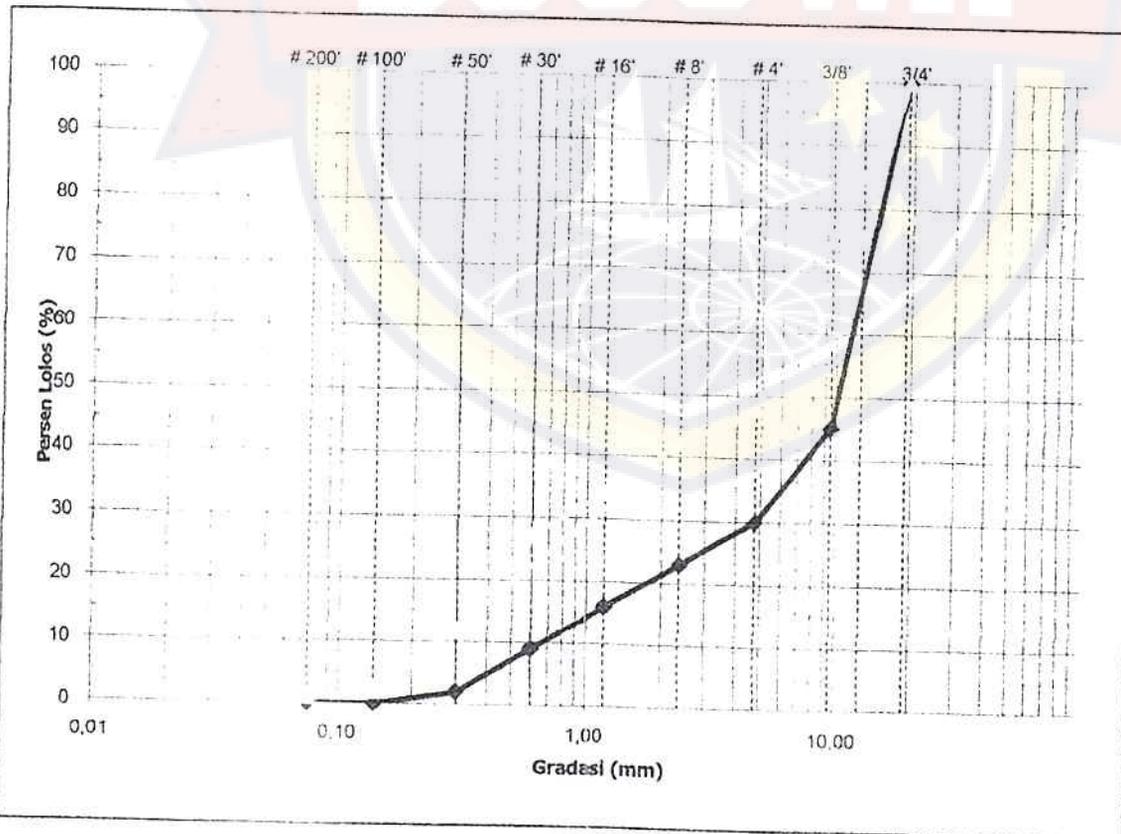


LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

PENGAGREGAN AGREGAT (AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1968 - 1990)

Material : Batu Pecah 1-2 dan Pasir
 Tanggal : 8 Februari 2014
 Sumber : Bili - bili

Saringan No	Kumulatif % Lolos		Batas Gradasi Butiran Maks 20 mm	Hasil Penggabungan		
	Pasir	Kerikil		32% Pasir	68% Kerikil	Gradasi
1	100,00	100,00	100,00 - 100,00	32,00	68,00	100,00
3/4"	100,00	100,00	100,00 - 100,00	32,00	68,00	100,00
3/8"	100,00	39,26	45,00 - 75,00	32,00	26,70	58,70
No. 4	98,96	8,57	30,00 - 48,00	31,67	5,83	37,49
No. 8	98,70	0,31	23,00 - 42,00	31,58	0,21	31,80
No. 16	98,37	0,17	16,00 - 34,00	31,48	0,12	31,59
No. 30	69,05	0,16	9,00 - 27,00	22,10	0,11	22,21
No. 50	38,23	0,14	2,00 - 12,00	12,23	0,10	12,33
No. 100	6,85	0,13	0,00 - 2,00	2,19	0,09	2,28
No. 200	1,61	0,08	0,00 - 1,00	0,51	0,06	0,57



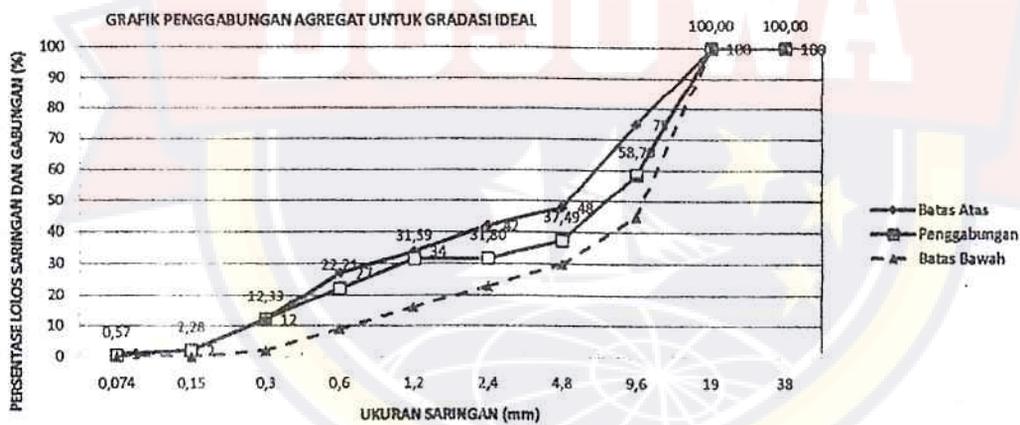


**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

Penelitian : Pengujian Karakteristik
Agregat Halus dan Agregat Kasar
Dikerjakan Oleh : Maya Dwi Astuti
Awal Saputra Ute

**PENGGABUNGAN AGREGAT
(AGREGAT HALUS DAN KASAR)**

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Kumulatif Lolos (%)		Jenis Agregat		Spesifikasi Uk. Maks. Agregat. 20 mm	Gabungan
		Pasir	Batu Pecah	Pasir (%)	Batu Pecah (%)		
1	37,5	100,00	100,00	32,00	68,00	100 - 100	100,00
3/4"	19	100,00	100,00	32,00	68,00	100 - 100	100,00
3/8"	9,5	100,00	39,26	32,00	26,70	45 - 75	58,70
No. 4	4,75	98,96	8,57	31,67	5,83	30 - 48	37,49
No. 8	2,36	98,70	0,31	31,58	0,21	23 - 42	31,80
No. 16	1,18	98,37	0,17	31,48	0,12	16 - 34	31,59
No. 30	0,6	69,05	0,16	22,10	0,11	9 - 27	22,21
No. 50	0,3	38,23	0,14	12,23	0,10	2 - 12	12,33
No. 100	0,15	6,85	0,13	2,19	0,09	0 - 2	2,28
No. 200	0,074	1,61	0,08	0,51	0,06	0 - 1	0,57
Pan	-	-	-	-	-	-	-



Peneliti

Maya Dwi Astuti

Maya Dwi Astuti
45 12 041 176

Peneliti

Awal Saputra Ute

Awal Saputra Ute
45 12 041 208

Kepala Laboratorium

Eka Yunianto

Eka Yunianto, ST, MT
NIDN. 0908086803

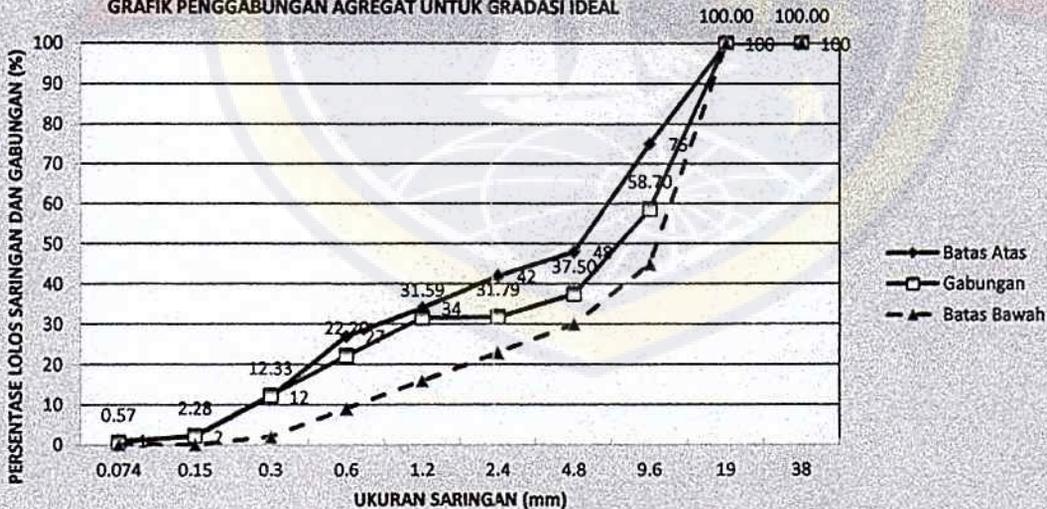


**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

**PENGGABUNGAN AGREGAT
(AGREGAT HALUS DAN KASAR)**

No. Saringan	Kumulatif Lolos (%)				Jenis Agregat		Spesifikasi Uk. Maks. Agregat. 20 mm	Gabungan
	Iron Slag	Pasir	Agregat Halus	Agregat Kasar	Pasir (%)	Batu Pecah (%)		
					32	68		
1	0.00	100.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100 - 100	100.00
3/4"	0.00	100.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100 - 100	100.00
3/8"	0.00	100.00	100.00	39.26	32.00	26.70	45 - 75	58.70
No. 4	0.00	98.96	98.96	8.57	31.67	5.83	30 - 48	37.50
No. 8	0.00	98.70	98.70	0.31	31.58	0.21	23 - 42	31.79
No. 16	0.00	98.37	98.37	0.17	31.48	0.12	16 - 34	31.59
No. 30	0.00	69.05	69.05	0.16	22.10	0.11	9 - 27	22.20
No. 50	0.00	38.23	38.23	0.14	12.23	0.10	2 - 12	12.33
No. 100	0.00	6.85	6.85	0.13	2.19	0.09	0 - 2	2.28
No. 200	0.00	1.61	1.61	0.08	0.51	0.05	0 - 1	0.57
Pan			-	-	-	-	- - -	-

GRAFIK PENGGABUNGAN AGREGAT UNTUK GRADASI IDEAL

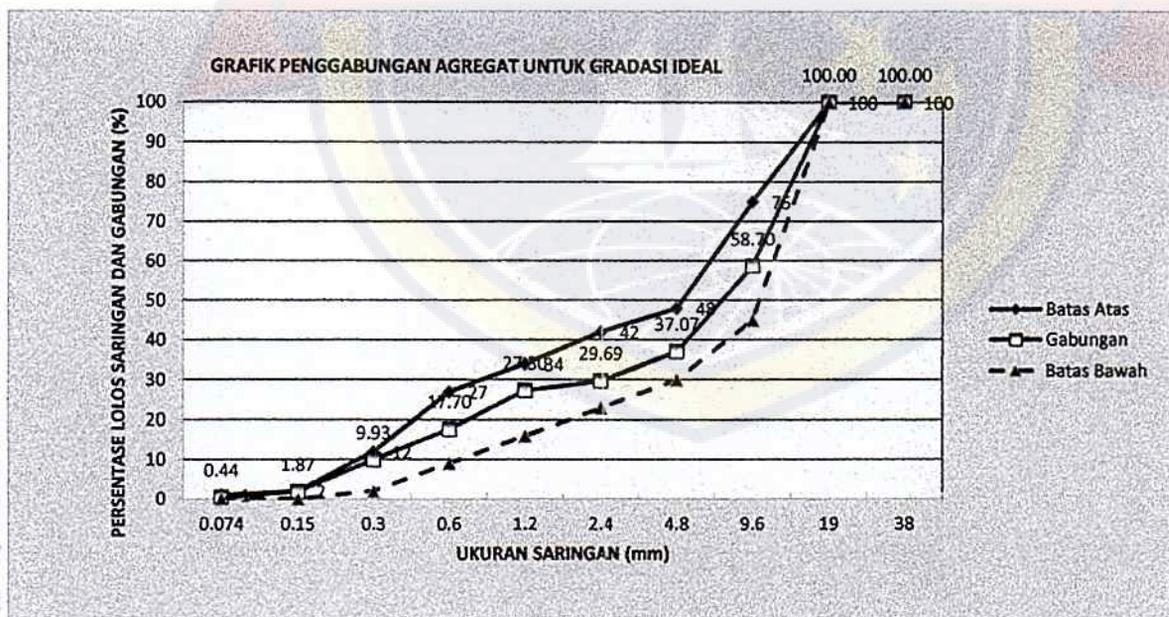




**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

**PENGGABUNGAN AGREGAT
(AGREGAT HALUS DAN KASAR)**

No. Saringan	Kumulatif Lolos (%)				Jenis Agregat		Spesifikasi Uk. Maks. Agregat. 20 mm	Gabungan
	Iron Slag	Pasir	Agregat Halus	Agregat Kasar	Pasir (%)	Batu Pecah (%)		
					32	68		
1	25.00	75.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100 - 100	100.00
3/4"	25.00	75.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100 - 100	100.00
3/8"	25.00	75.00	100.00	39.26	32.00	26.70	45 - 75	58.70
No. 4	23.42	74.22	97.64	8.57	31.25	5.83	30 - 48	37.07
No. 8	18.10	74.02	92.12	0.31	29.48	0.21	23 - 42	29.69
No. 16	11.18	73.77	84.95	0.17	27.18	0.12	16 - 34	27.30
No. 30	3.17	51.79	54.96	0.16	17.59	0.11	9 - 27	17.70
No. 50	2.05	28.68	30.73	0.14	9.83	0.10	2 - 12	9.93
No. 100	0.44	5.13	5.57	0.13	1.78	0.09	0 - 2	1.87
No. 200	0.00	1.21	1.21	0.08	0.39	0.05	0 - 1	0.44
Pan			-	-	-	-	- - -	-

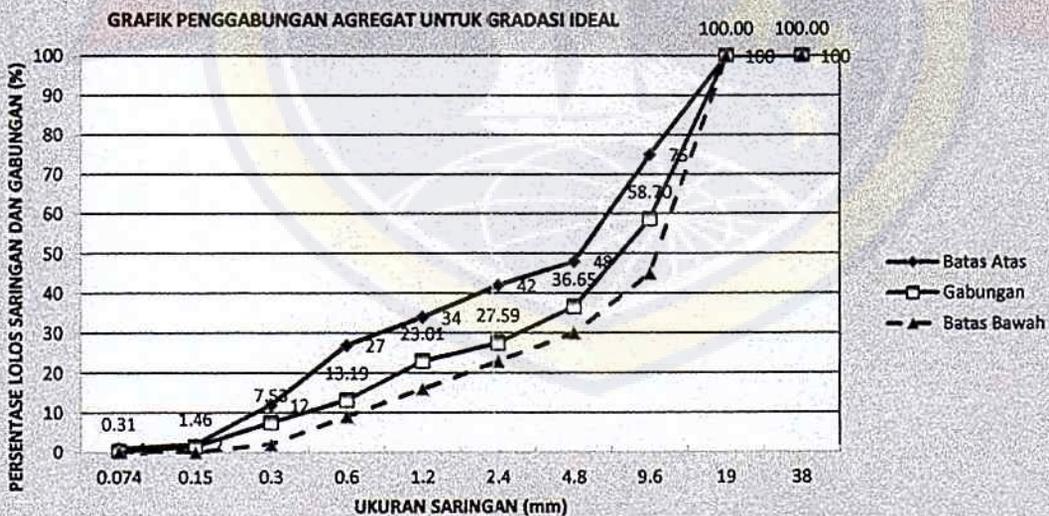




**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

**PENGGABUNGAN AGREGAT
(AGREGAT HALUS DAN KASAR)**

No. Saringan	Kumulatif Lolos (%)				Jenis Agregat		Spesifikasi Uk. Maks. Agregat. 20 mm			Gabungan
	Iron Slag	Pasir	Agregat	Agregat	Pasir (%)	Batu Pecah (%)				
	50%	50%	Halus	Kasar	32	68				
1	50.00	50.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100	-	100	100.00
3/4"	50.00	50.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100	-	100	100.00
3/8"	50.00	50.00	100.00	39.26	32.00	26.70	45	-	75	58.70
No. 4	46.84	49.48	96.32	8.57	30.82	5.83	30	-	48	36.65
No. 8	36.20	49.35	85.55	0.31	27.38	0.21	23	-	42	27.59
No. 16	22.35	49.18	71.54	0.17	22.89	0.12	16	-	34	23.01
No. 30	6.35	34.53	40.87	0.16	13.08	0.11	9	-	27	13.19
No. 50	4.11	19.12	23.22	0.14	7.43	0.10	2	-	12	7.53
No. 100	0.87	3.42	4.30	0.13	1.38	0.09	0	-	2	1.46
No. 200	0.00	0.80	0.80	0.08	0.26	0.05	0	-	1	0.31
Pan			-	-	-	-	-	-	-	-

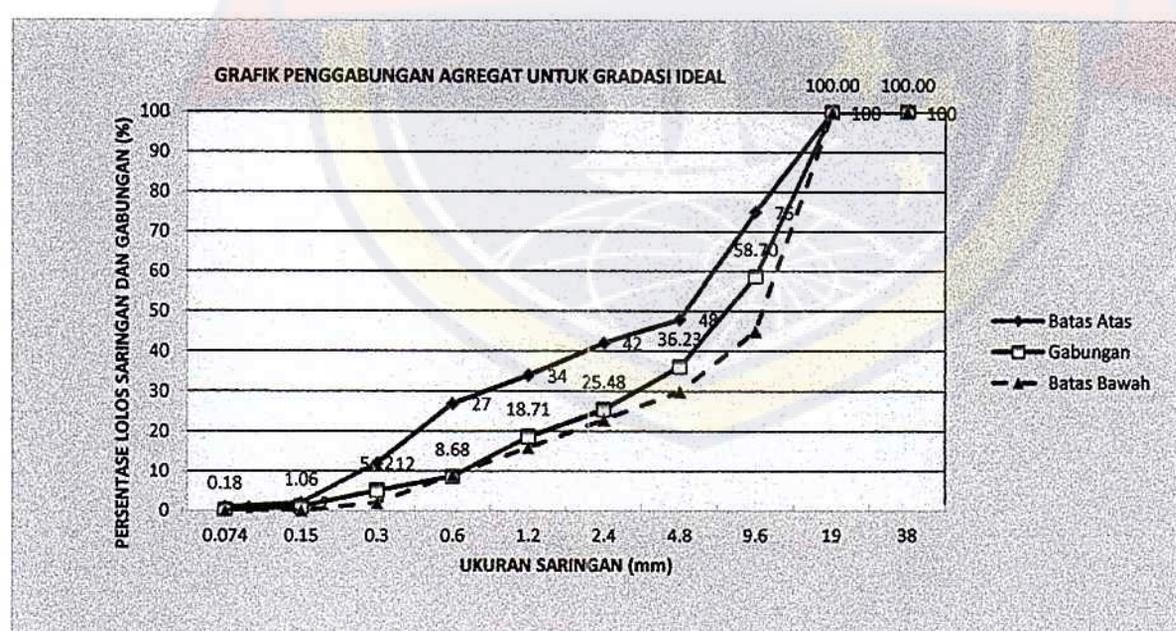




**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

**PENGGABUNGAN AGREGAT
(AGREGAT HALUS DAN KASAR)**

No. Saringan	Kumulatif Lolos (%)				Jenis Agregat		Spesifikasi Uk. Maks. Agregat. 20 mm	Gabungan
	Iron Slag	Pasir	Agregat Halus	Agregat Kasar	Pasir (%)	Batu Pecah (%)		
					32	68		
1	75.00	25.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100 - 100	100.00
3/4"	75.00	25.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100 - 100	100.00
3/8"	75.00	25.00	100.00	39.26	32.00	26.70	45 - 75	58.70
No. 4	70.26	24.74	95.00	8.57	30.40	5.83	30 - 48	36.23
No. 8	54.30	24.67	78.98	0.31	25.27	0.21	23 - 42	25.48
No. 16	33.53	24.59	58.12	0.17	18.60	0.12	16 - 34	18.71
No. 30	9.52	17.26	26.78	0.16	8.57	0.11	9 - 27	8.68
No. 50	6.16	9.56	15.72	0.14	5.03	0.10	2 - 12	5.12
No. 100	1.31	1.71	3.02	0.13	0.97	0.09	0 - 2	1.06
No. 200	0.00	0.40	0.40	0.08	0.13	0.05	0 - 1	0.18
Pan			-	-	-	-	- - -	-

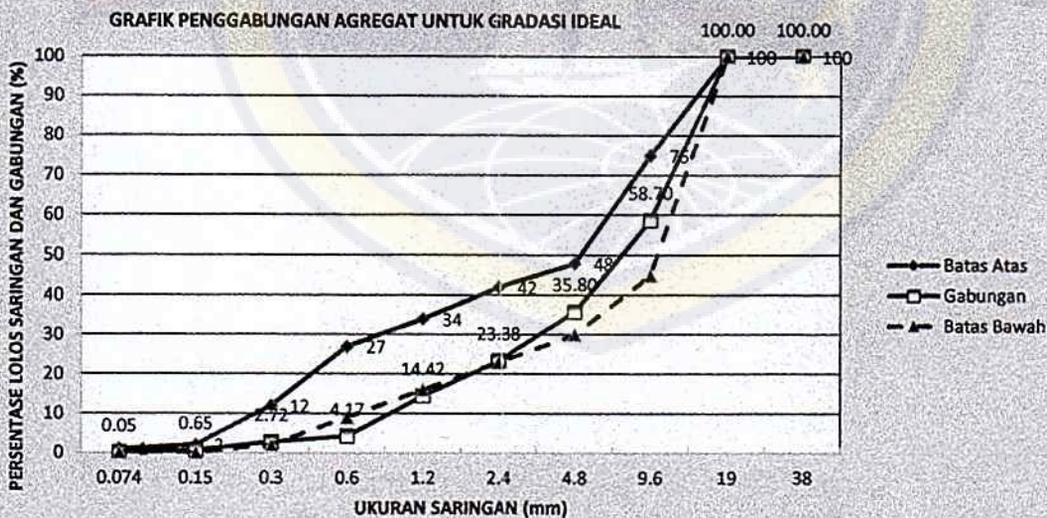




**LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR**

**PENGGABUNGAN AGREGAT
(AGREGAT HALUS DAN KASAR)**

No. Saringan	Kumulatif Lolos (%)				Jenis Agregat		Spesifikasi Uk. Maks. Agregat. 20 mm			Gabungan
	Iron Slag	Pasir	Agregat Halus	Agregat Kasar	Pasir (%)	Batu Pecah (%)				
					100%	0%	32	68		
1	100.00	0.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100	-	100	100.00
3/4"	100.00	0.00	100.00	100.00	32.00	68.00	100	-	100	100.00
3/8"	100.00	0.00	100.00	39.26	32.00	26.70	45	-	75	58.70
No. 4	93.68	0.00	93.68	8.57	29.98	5.83	30	-	48	35.80
No. 8	72.40	0.00	72.40	0.31	23.17	0.21	23	-	42	23.38
No. 16	44.71	0.00	44.71	0.17	14.31	0.12	16	-	34	14.42
No. 30	12.70	0.00	12.70	0.16	4.06	0.11	9	-	27	4.17
No. 50	8.21	0.00	8.21	0.14	2.63	0.10	2	-	12	2.72
No. 100	1.75	0.00	1.75	0.13	0.56	0.09	0	-	2	0.65
No. 200	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.05	0	-	1	0.05
Pan			-	-	-	-	-	-	-	-





LAMPIRAN IV

MIX DESIGN

BUSUWA



MIX DESIGN (Rancangan Campuran Beton)

1. Mix Design Batu Pecah dan Pasir

Rancangan campuran beton $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ metode DOE benda uji silinder :

Dari Hasil Pengujian Karakteristik diperoleh data sbb:

1. Agregat halus

- Kadar air = 3,08 %
- Berat jenis SSD = 2,25%
- Penyerapan = 2,75%

2. Agregat Kasar

- Kadar air = 1,22%
- Berat jenis SSD = 2,59%
- Penyerapan = 3,00%
- Gradasi = Ukuran maks agregat = 20 mm
- Proporsi agregat = pasir (a) = 32%
= Batu pecah (b) = 68%

Tabel . Rancangan campuran beton

No	Uraian	Referensi	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (f_c)	Ditetapkan	250	kg/cm ²
2	Nilai tambah/Margin (M)	Di Tetapkan	120	kg/cm ²
3	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	$f'_{cr} = f'_{c} + M = 250+120$	370	kg/cm ²
5	Jenis semen	Ditetapkan	PCC	
6	Jenis agregat			
	1. agregat halus	Ditetapkan	Alami	
	2. agregat kasar	Ditetapkan	Batu pecah	
7	Faktor air semen (FAS)	Dihitung (Grafik 1 dan Tabel)	0,5	
8	Faktor air semen maksimum	Tabel 58 (diambil yang terkecil antara No.7 dan No.8) = 0,5	0,60	
9	Tetapkan nilai slump	Ditetapkan	60-80	mm
10	Ukuran maksimum agregat	Ditetapkan/analisa saringan	20	mm
11	Kadar air bebas	$\frac{2}{3} w_h + \frac{1}{3} w_k$ (tabel 59) $= \frac{2}{3} (195) + \frac{1}{3}(225)$	205	kg/m ³
12	Kadar semen (c)	$c = 205/0,5$	410	kg/m ³
13	Kadar semen minimum	Tabel 58	275	kg/m ³
14	Kadar semen yang digunakan	Terbesar 12 dan 13	410	kg/m ³
15	Tentukan Proporsi agregat halus	Dihitung	32	%

16	Tentukan Proporsi agregat kasar	100%-32	68	%
17	Berat jenis SSD			
	1. agregat halus	Hasil uji karakteristik	2,25	
	2. agregat kasar	Hasil uji karakteristik	2,59	
18	Berat jenis SSD gabungan agregat	Dihitung (32% \times 2,25)+ (68% \times 2,59)	2,48	
19	Berat jenis beton segar	Grafik 5	2245	kg/m ³
20	Berat agregat total	Dihitung (2245 - 410 - 205)	1630	kg/m ³
21	Berat agregat halus (C)	Dihitung (15 x 20)	521,6	kg/m ³
22	Berat agregat kasar (D)	Dihitung (16 x 20)	1108,4	kg/m ³

BUSOWA



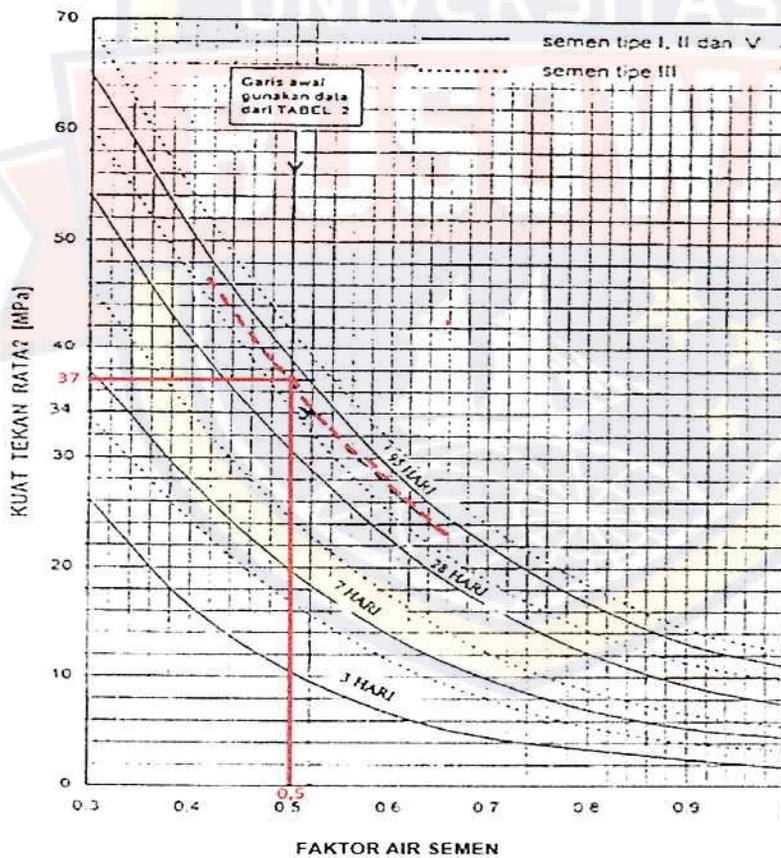
Tabel Kebutuhan Bahan Campuran Beton Secara teoritis/Kondisi SSD (sebelum dikoreksi).

	Tinjauan	Berat / Volume	Semen	Agregat halus		Agregat kasar	Air
				Slag	Pasir		
Beton Normal	Volume (Ltr)	1000	135,22	0	231,82	427,95	205
	Berat (kg)	2245	410	0	521,6	1108,4	205
Beton Kombinasi 25 % - 75 %	Volume (Ltr)	1000	135,22	57,96	173,96	427,95	205
	Berat (kg)	2319,76	410	205,16	391,2	1108,4	205
Beton Kombinasi 50 % - 50 %	Volume (Ltr)	1000	135,22	115,91	115,91	427,95	205
	Berat (kg)	2394,53	410	410,33	260,8	1108,4	205
Beton Kombinasi 75 % - 25 %	Volume (Ltr)	1000	135,22	173,87	57,96	427,95	205
	Berat (kg)	2469,29	410	615,49	130,4	1108,4	205
Beton Kombinasi 100 % Slag	Volume (Ltr)	1000	135,22	231,82	0	427,95	205
	Berat (kg)	2554,05	410	821,65	0	1108,4	205

Tabel. Perkiraan kuat tekan beton pada FAS dan Jenis Semen serta jenis agregat kasar yang digunakan

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa) Umur(hari)				Bentuk benda uji
		3	7	28	91	
Semen portland tipe I atau semen tahan sulfat tipe II, V	Batu tak dipecah (alami)	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecah (alami)	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen portland tipe III	Batu tak dipecah (alami)	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah (alami)	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

SNI 03-2834-1993



Grafik 1 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

Tabel 58. Persyaratan jumlah semen minimum dan FAS maksimum berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

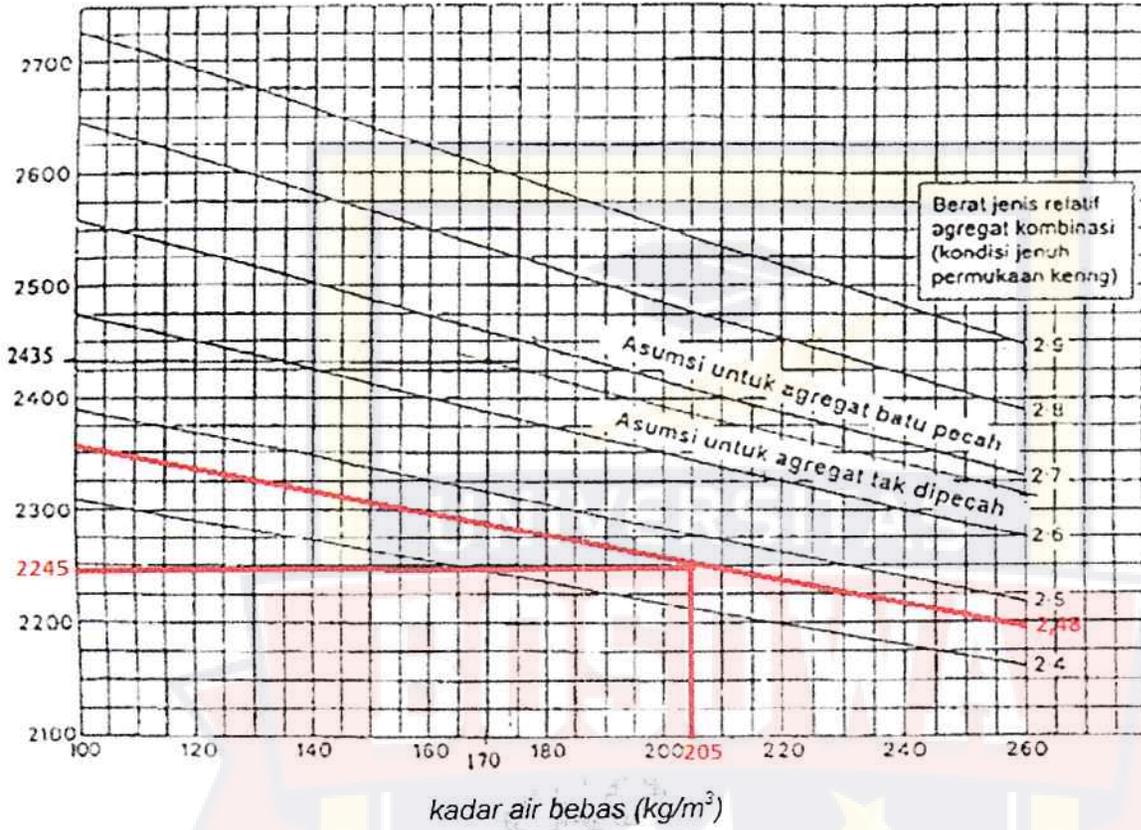
Kondisi pembetonan	Jumlah semen minimum (kg/m ³)	Faktor air – semen
Beton didalam ruangan bangunan :		
Keadaan keliling non korosif	275	0,60
Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :		
Mengalami keadaan basah dan kering berganti – ganti	325	0,55
Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah		Lihat tabel 4
Beton terus – menerus berhubungan dengan air :		
Air tawar	-	Lihat tabel 5
Air laut		

Tabel 59. Perkiraan kadar air bebas

Ukuran maksimum agregat kasar (mm)	Jenis agregat	Kadar air bebas (kg/m ³ beton)			
		pada slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	205
	Batu pecah	170	190	210	235
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

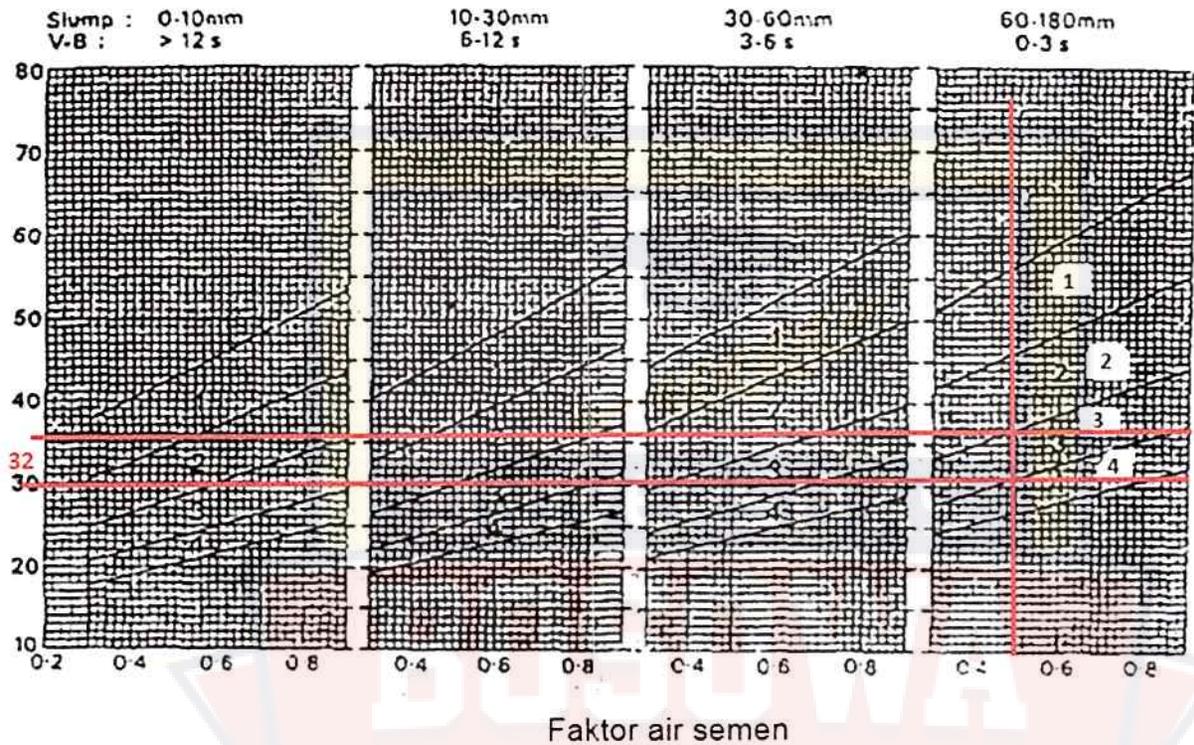
Grafik Berat Volume Beton Segar

SNI 03-2834-1993



Grafik. persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

Ukuran agregat maksimum : 210 mm



Grafik 14 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm



LAMPIRAN V
HASIL PENGUJIAN
KUAT TEKAN BETON

UJI TEKAN SILINDER BETON

Judul Penelitian : Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton yang Menggunakan Limbah Baja sebagai Agregat Halus
 Peneliti : Maya Dwi Astuti / Awal saputra Ute
 Type Sampel : Silinder (15 x 30) cm

Di tes oleh : Imran

No.	Kode Sampel	Tanggal		Umur (hari)	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban (kg)	Koef.	Kuat Tekan (kg/cm ²)
		Cor	Test						
1	C30	07 /07/ '14	14 /07/ '14	7	12.44	176.625	35000	0.7000	341.07
2	C30	07 /07/ '14	14 /07/ '14	7	12.38	176.625	26000	0.7000	253.36
3	C30	07 /07/ '14	14 /07/ '14	7	12.44	176.625	34000	0.7000	331.32
								Rata-rata	308.58

Makassar, 15 Juli 2014
 KPS
 Konstruksi Sipil,

Nursamiah, ST., MT.
 Nip. 19641201 199003 2 001

NAMA PENELITI : 1. MAYA DWI ASTUTI
2. AWAL SAPUTRA UTE

SAMPel PENELITIAN : CYLINDER 150 X 300 CM

No.	SAMPLE RESEARCH	DATE		AGE (days)	MASS (gr)	UNIT WEIGHT (gr/cm ³)	FACTOR	MAX LOAD (kN)	CYLINDER STRENGTH (N/mm ²)	PREDICTION CYLINDER STRENGTH 28 DAYS (N/mm ²)	PREDICTION CUBE STRENGTH 28 DAYS (Kg/Cm ²)
		MIX	TEST								
1	NORMAL	22/09/2014	20/10/2014	28	1254	0,237	1,000	372,0	21,06	21,06	253,75
2	NORMAL	22/09/2014	20/10/2014	28	1242	0,234	1,000	373,0	21,12	21,12	254,44
3	NORMAL	22/09/2014	20/10/2014	28	1244	0,235	1,000	371,0	21,00	21,00	253,07
4	25-75%	22/09/2014	20/10/2014	28	1268	0,239	1,000	600,0	33,97	33,97	409,28
5	25-75%	22/09/2014	20/10/2014	28	1254	0,237	1,000	595,0	33,69	33,69	405,87
6	25-75%	22/09/2014	20/10/2014	28	1280	0,242	1,000	580,0	32,84	32,84	395,64
7	50-50%	22/09/2014	20/10/2014	28	1326	0,250	1,000	400,0	22,65	22,65	272,85
8	50-50%	22/09/2014	20/10/2014	28	1322	0,249	1,000	410,0	23,21	23,21	279,67
9	50-50%	22/09/2014	20/10/2014	28	1298	0,245	1,000	420,0	23,78	23,78	286,50
AVERAGE OF STRENGTH										25,92	312,34

CATATAN :

FAKTOR PENYESUAIAN KUAT TEKAN DARI KUBUS KE SILINDER = $\times 0,83$

(SK SNI M - 14 - 1989 - F)

Makassar, 20 Oktober 2014

Pranata Laboratorium Pendidikan T. Sipil
Politeknik Negeri Ujung Pandang



IMRAN

19690802 199003 1 003

NAMA PENELITI : 1. MAYA DWI ASTUTI

2. AWAL SAPUTRA UTE

SAMPEL PENELITIAN : CYLINDER 150 X 300 CM

NO.	SAMPLE RESEARCH	DATE		AGE (days)	MASS (gr)	UNIT WEIGHT (gr/cm ³)	FACTOR	MAX LOAD (kN)	CYLINDER STRENGTH (N/mm ²)	PREDICTION CYLINDER STRENGTH 28 DAYS (N/mm ²)	PREDICTION CUBE STRENGTH 28 DAYS (Kg/Cm ²)
		MIX	TEST								
1	75-25%	22/09/2014	20/10/2014	28	1310	0,247	1,000	310,0	17,55	17,55	211,46
2	75-25%	22/09/2014	20/10/2014	28	1314	0,248	1,000	300,0	16,99	16,99	204,64
3	75-25%	22/09/2014	20/10/2014	28	1304	0,246	1,000	310,0	17,55	17,55	211,46
4	100%	22/09/2014	20/10/2014	28	1312	0,248	1,000	250,0	14,15	14,15	170,53
5	100%	22/09/2014	20/10/2014	28	1334	0,252	1,000	270,0	15,29	15,29	184,18
6	100%	22/09/2014	20/10/2014	28	1318	0,249	1,000	265,0	15,00	15,00	180,77
AVERAGE OF STRENGTH											
										16,09	193,84

CATATAN :

FAKTOR PENYESUAIAN KUAT TEKAN DARI KUBUS KE SILINDER = $X \cdot 0,83$

(SK SNI M - 14 - 1989 - F)

Makassar, 20 Oktober 2014

Pranata Laboratorium Pendidikan T. Sipil
Politeknik Negeri Ujung Pandang



IMRAN

19690802 199003 1 003



LAMPIRAN VI
HASIL PENGUJIAN
KUAT LENTUR BETON

HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

Sampel I Beton Normal

Operating Mode	
Date	13/10/2017
Time	13:00
Sample Reference	1
Sample Type	Beam
Sample Units	SI
Maximum Load	29.99 kN
Pace Rate	0.050 kN/sec
Stress	1333 N/mm ²
Sample Depth	15.00 mm
Sample Width	15.00 mm
Sample Length	45.00 mm
Weight in Air	0.000 g
Weight in Water	0.000 g
Sample Density	0.000 kg/m ³

Sampel II Beton Normal

Operating Mode	
Date	13/10/2017
Time	13:00
Sample Reference	6
Sample Type	
Sample Units	SI
Maximum Load	32.70 kN
Pace Rate	0.050 kN/sec
Stress	1493 N/mm ²
Sample Depth	15.00 mm
Sample Width	15.00 mm
Sample Length	45.00 mm
Weight in Air	0.000 g
Weight in Water	0.000 g
Sample Density	0.000 kg/m ³

Sampel III Beton Normal



Operating Mode
Date
Time
Sample Reference
Sample Type
Sample Units
Maximum Load
Pace Rate
Stress
Sample Depth
Sample Width
Sample Length
Weight in Air
Weight in Water
Sample Density

-	
-	
-	
-	
-	35.92 kN
-	0.050 kN/sec
-	1187 N/mm ²
-	15.00 mm
-	15.00 mm
-	45.00 mm
-	0.000 g
-	0.000 g
-	0.000 kg/m ³

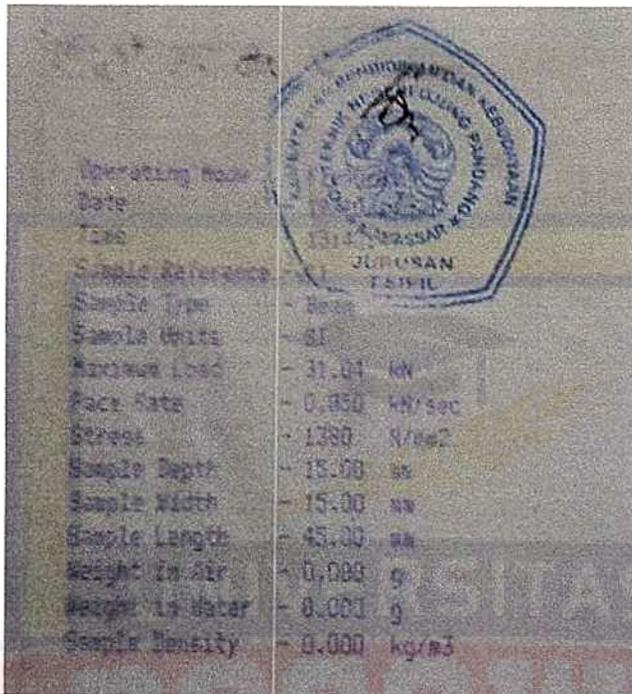
Sampel I Beton Kombinasi 25% Iron Slag dan 75% Pasir



Operating Mode
Date
Time
Sample Reference
Sample Type
Sample Units
Maximum Load
Pace Rate
Stress
Sample Depth
Sample Width
Sample Length
Weight in Air
Weight in Water
Sample Density

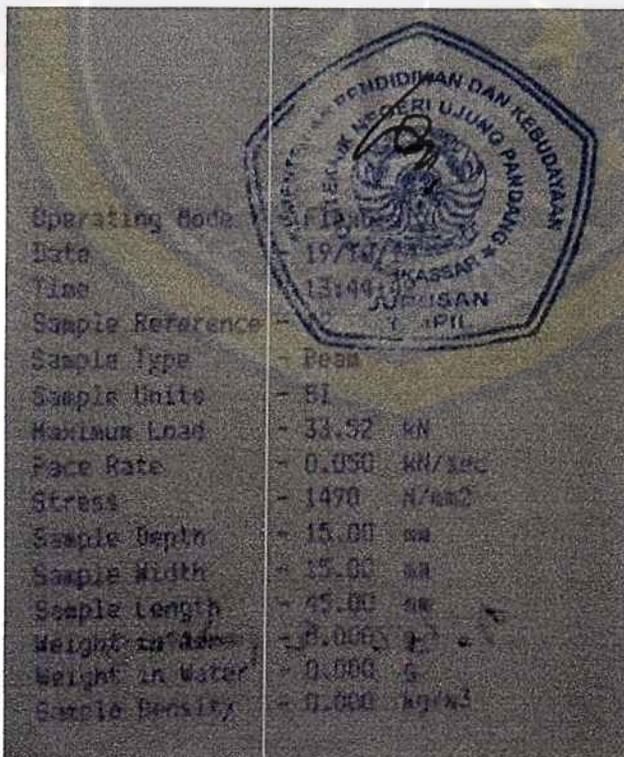
-	
-	19.10
-	13:05
-	
-	Beam
-	81
-	35.18 kN
-	0.050 kN/sec
-	1563 N/mm ²
-	15.00 mm
-	15.00 mm
-	45.00 mm
-	0.000 g
-	0.000 g
-	0.000 kg/m ³

Sampel II Beton Kombinasi 25% Iron Slag dan 75% Pasir



Operating Mode	
Date	
Time	13:14
Sample Reference	
Sample Type	Beam
Sample Units	51
Maximum Load	31.04 kN
Face Rate	0.050 kN/sec
Stress	1380 N/mm ²
Sample Depth	15.00 mm
Sample Width	15.00 mm
Sample Length	45.00 mm
Weight in Air	0.000 g
Weight in Water	0.000 g
Sample Density	0.000 kg/m ³

Sampel III Beton Kombinasi 25% Iron Slag dan 75% Pasir



Operating Mode	
Date	
Time	13:40
Sample Reference	
Sample Type	Beam
Sample Units	51
Maximum Load	33.52 kN
Face Rate	0.050 kN/sec
Stress	1470 N/mm ²
Sample Depth	15.00 mm
Sample Width	15.00 mm
Sample Length	45.00 mm
Weight in Air	0.000 g
Weight in Water	0.000 g
Sample Density	0.000 kg/m ³

Sampel I Beton Kombinasi 50% Iron Slag dan 50% Pasir

Operating Mode	
Date	1998
Time	13:34
Sample Reference	10 JURUSAN SIPIL
Sample Type	SI
Sample Units	SI
Maximum Load	35.63 kN
Face Rate	0.050 kN/sec
Stress	1584 N/mm ²
Sample Depth	15.00 mm
Sample Width	15.00 mm
Sample Length	45.00 mm
Weight in Air	0.000 g
Weight in Water	0.000 g
Sample Density	0.000 kg/m ³

Sampel II Beton Kombinasi 50% Iron Slag dan 50% Pasir

Operating Mode	
Date	
Time	
Sample Reference	11 JURUSAN SIPIL
Sample Type	SI
Sample Units	SI
Maximum Load	32.78 kN
Face Rate	0.050 kN/sec
Stress	1456 N/mm ²
Sample Depth	15.00 mm
Sample Width	15.00 mm
Sample Length	45.00 mm
Weight in Air	0.000 g
Weight in Water	0.000 g
Sample Density	0.000 kg/m ³

Sampel III Beton Kombinasi 50% Iron Slag dan 50% Pasir

Operating No	
Date	
Time	
Sample Reference	
Sample Type	
Sample Units	01
Maximum Load	36.18 kN
Pace Rate	0.050 kN/sec
Stress	1519 kN/m ²
Sample Depth	15.00 mm
Sample Width	15.00 mm
Sample Length	45.00 mm
Weight in Air	0.38 g
Weight in Water	0.000 g
Sample Density	0.000 kg/m ³

Sampel I Beton Kombinasi 75% Iron Slag dan 25% Pasir

Operating No	
Date	
Time	
Sample Reference	
Sample Type	
Sample Units	01
Maximum Load	31.71 kN
Pace Rate	0.050 kN/sec
Stress	1469 kN/m ²
Sample Depth	15.00 mm
Sample Width	15.00 mm
Sample Length	45.00 mm
Weight in Air	0.000 g
Weight in Water	0.000 g
Sample Density	0.000 kg/m ³

Sampel II Beton Kombinasi 75% Iron Slag dan 25% Pasir



Operating No	
Date	
Time	- 11:00
Sample Reference	- 2
Sample Type	
Sample Units	- 91
Maximum Load	- 33.25 kN
Face Rate	- 0.050 kN/sec
Stress	- 1479 N/mm ²
Sample Depth	- 15.00 mm
Sample Width	- 15.00 mm
Sample Length	- 45.00 mm
Weight in Air	- 0.000 g
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³

Sampel III Beton Kombinasi 75% Iron Slag dan 25% Pasir



Operating No	
Date	
Time	
Sample Reference	- 2
Sample Type	
Sample Units	- 91
Maximum Load	- 32.10 kN
Face Rate	- 0.050 kN/sec
Stress	- 1430 N/mm ²
Sample Depth	- 15.00 mm
Sample Width	- 15.00 mm
Sample Length	- 45.00 mm
Weight in Air	- 0.000 g
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³



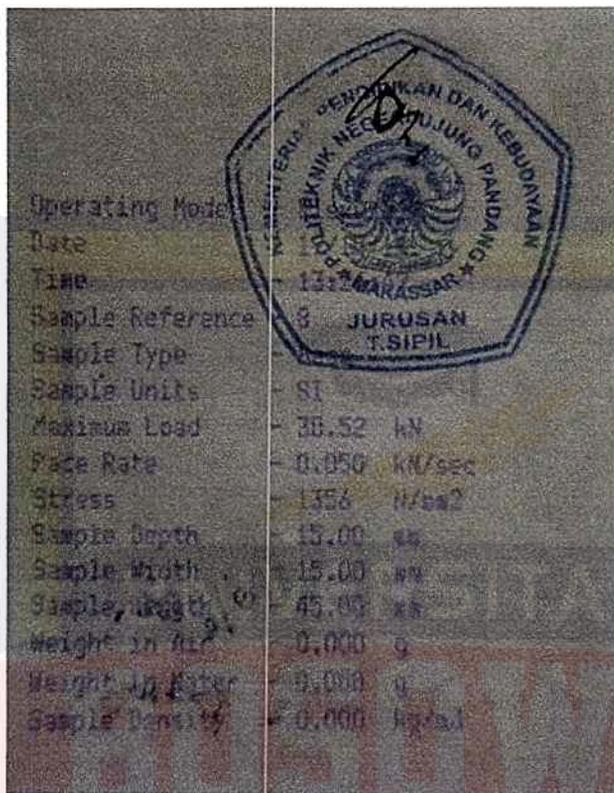
Sampel I Beton Kombinasi 100% Iron Slag

Operating Mode	-
Date	-
Time	- 13:10:00
Sample Reference	-
Sample Type	- Beam
Sample Units	- S1
Maximum Load	- 32.17 KN
Pace Rate	- 0.050 KN/sec
Stress	- 1430 N/mm ²
Sample Depth	- 15.00 mm
Sample Width	- 15.00 mm
Sample Length	- 40.00 mm
Weight in Air	- 0.000 g
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³

Sampel II Beton Kombinasi 100% Iron Slag

Operating Mode	-
Date	-
Time	- 13:10:00
Sample Reference	-
Sample Type	- Beam
Sample Units	- S1
Maximum Load	- 32.17 KN
Pace Rate	- 0.050 KN/sec
Stress	- 1430 N/mm ²
Sample Depth	- 15.00 mm
Sample Width	- 15.00 mm
Sample Length	- 40.00 mm
Weight in Air	- 0.000 g
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³

Sampel III Beton Kombinasi 100% Iron Slag



Operating Mode	
Date	
Time	
Sample Reference	3
Sample Type	
Sample Units	SI
Maximum Load	38.52 kN
Pace Rate	0.050 kN/sec
Stress	1356 N/mm ²
Sample Depth	15.00 mm
Sample Width	15.00 mm
Sample Length	45.00 mm
Weight in Air	0.000 g
Weight in Water	0.000 g
Sample Density	0.000 kg/m ³



LAMPIRAN VII
DOKUMENTASI PENELITIAN

LAMPIRAN DOKUMENTASI

BAHAN



Semen



Pasir



Batu Pecah



Iron Slag

ALAT



Timbangan Digital



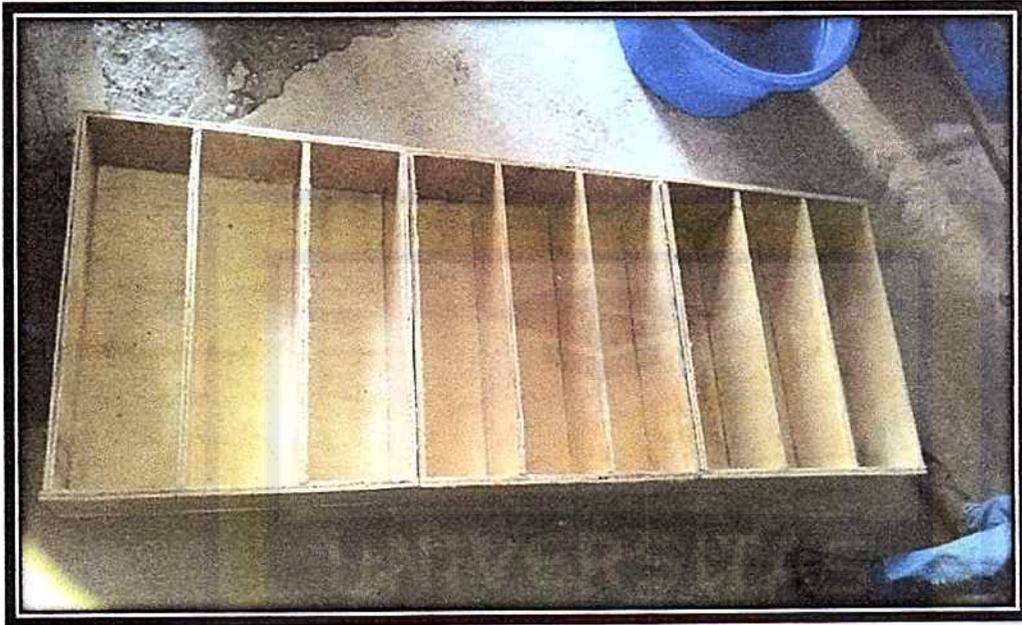
Saringan



Alat Pengaduk (Molen)



Cetakan silinder



Cetakan Balok



Alat Uji Lentur

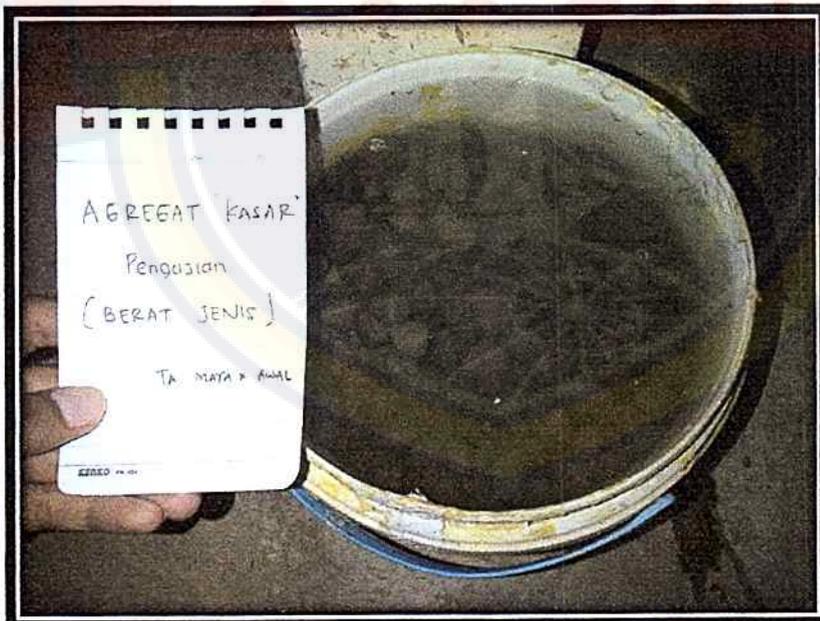


Alat Uji Tekan

PENGUJIAN KARAKTERISTIK



Penimbangan Material



Perendaman Material



Pengeringan SSD



Penimbangan dalam Air

PEMBUATAN SAMPEL BENDA UJI



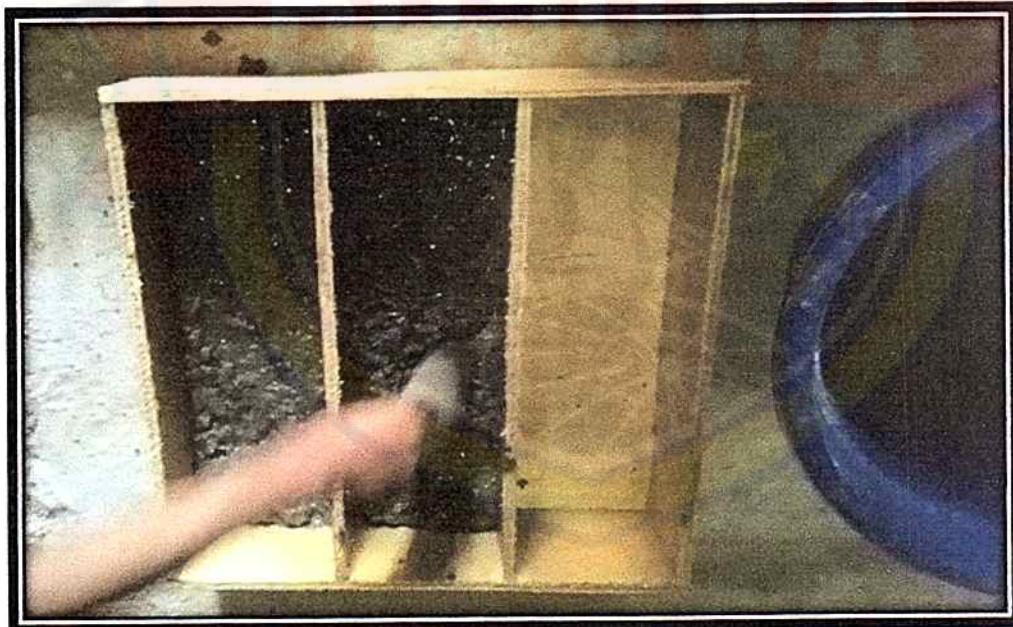
Penimbangan Material



Pengadukan Material



Uji Slump Campuran



Memasukan Material dalam Cetakan



Pemadatan

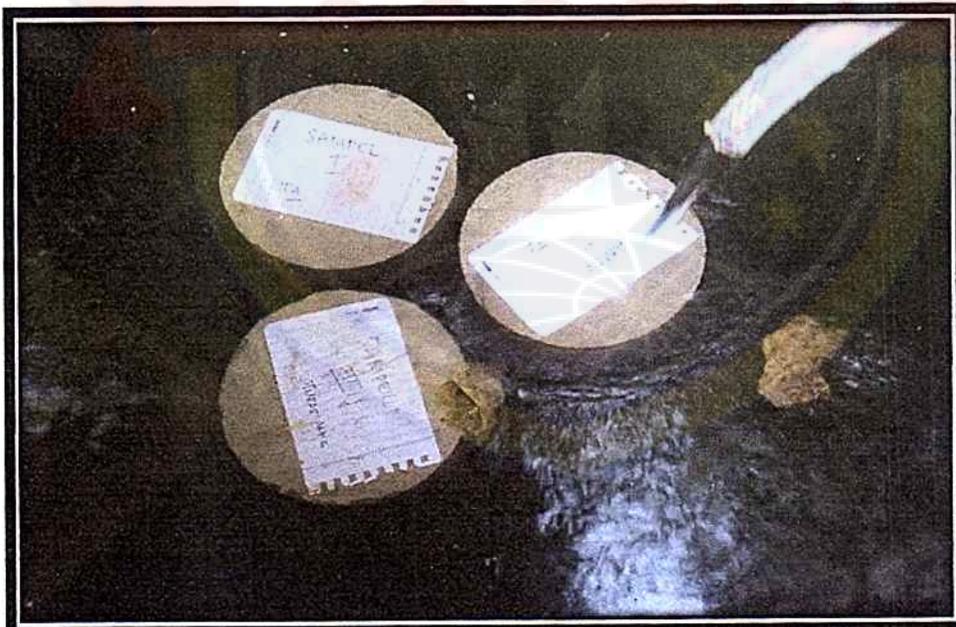


Benda Uji Silinder Basah

PERAWATAN BENDA UJI



Pemberian Kode Benda Uji



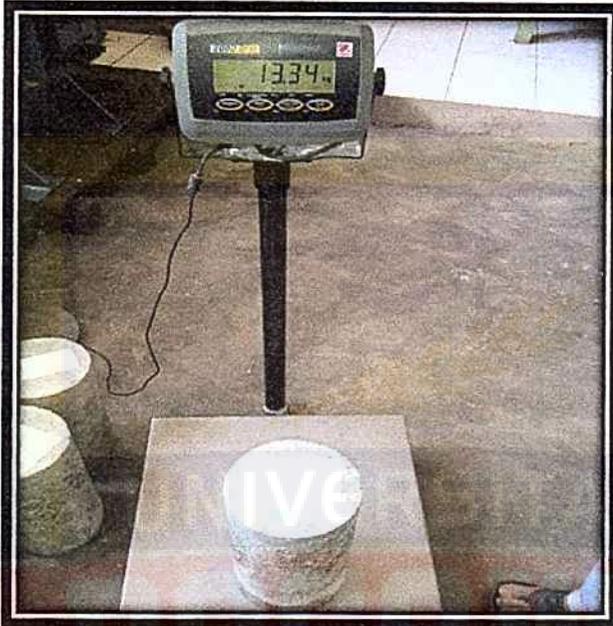
Perendaman



Benda Uji Umur 28 Hari



PENGUJIAN



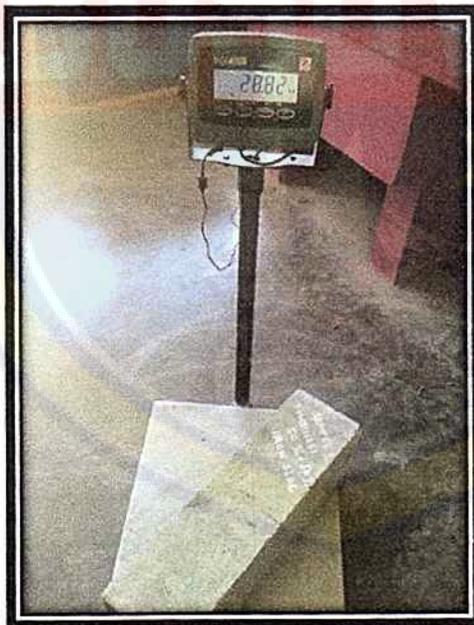
Penimbangan Benda Uji Silinder



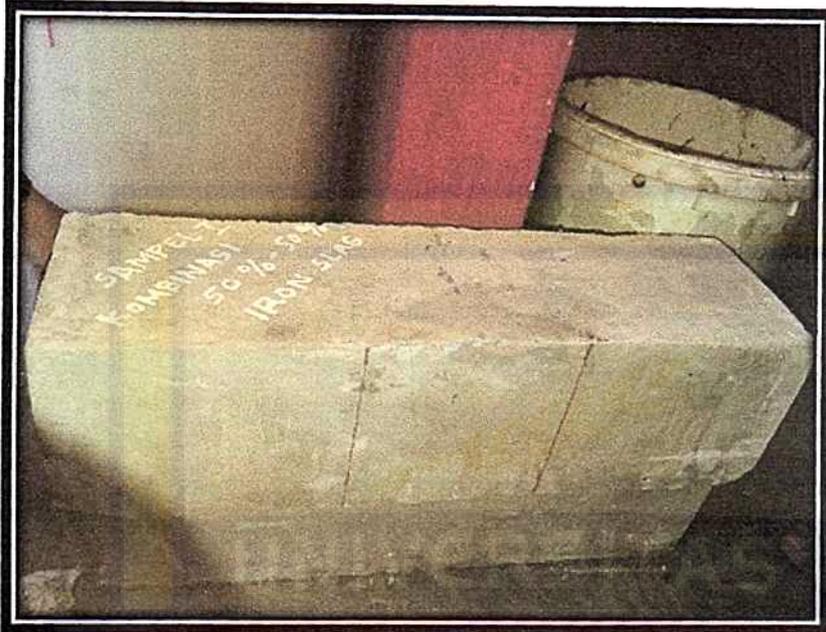
Proses Penekanan



Bacaan Hasil Uji Tekan



Penimbangan Balok Beton



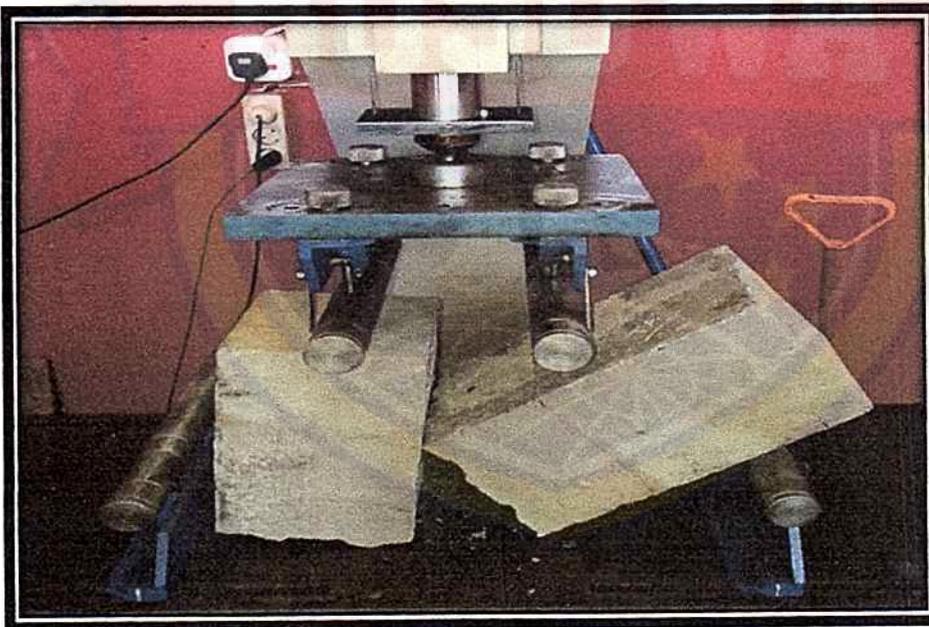
Pemberian Tanda Pada Balok Beton



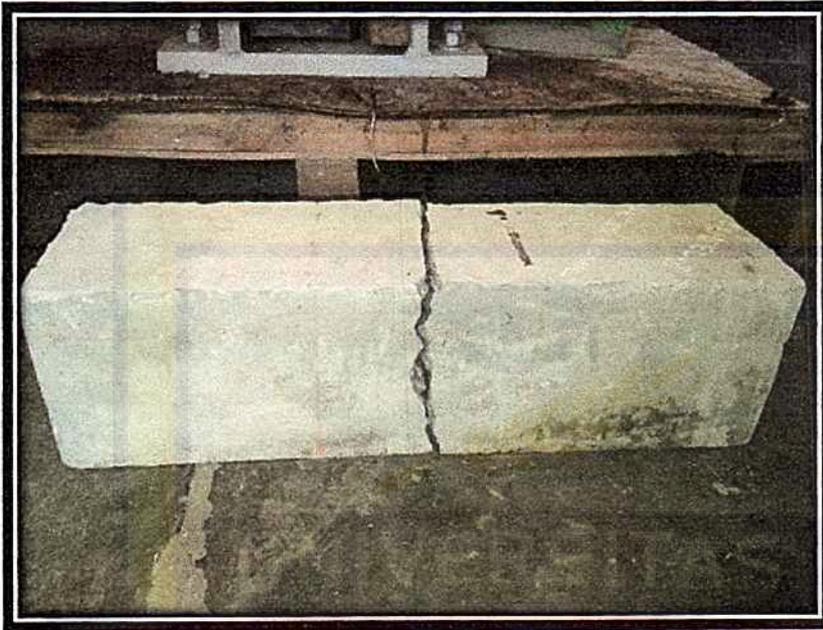
Setting Alat Uji Lentur



Proses Uji Lentur



Patahan Sesaat Setelah di Tekan



Kondisi Patahan Balok

BUSUWA

