

**TUGAS AKHIR
(SKRIPSI)**

**KAJIAN KUAT TARIK BELAH BETON FAST TRACK
MUTU TINGGI UMUR 7 HARI
MENGUNAKAN VARIASI BAHAN TAMBAH
GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG
METODE CAMPURAN MENURUT ACI
(AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Akademis
Dalam menyelesaikan pendidikan Tingkat Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil – Fakultas
Teknik Universitas Sangga Buana - YPKP Bandung*

Disusun Oleh : Mochammad

Wildan Juliarista

2112207026



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUANA
YAYASAN PENDIDIKAN KEUANGAN DAN PERBANKAN
BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN & PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR

KAJIAN KUAT TARIK BELAH BETON FAST TRACK
MUTU TINGGI UMUR 7 HARI
MENGGUNAKAN VARIASI BAHAN TAMBAH
GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG
METODE CAMPURAN MENURUT ACI
(AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)

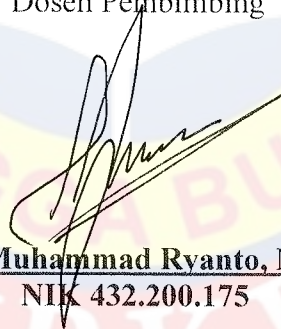
Disusun Oleh :

Nama : Mochammad Wildan Juliarista

NPM : 2112207026

Naskah Tugas Akhir ini diperiksa dan disetujui sebagai kelengkapan persyaratan kelulusan, guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

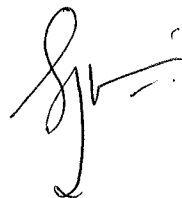
Menyetujui & Mengesahkan,
Dosen Pembimbing



Ir. Muhammad Ryanto, M.T
NIK 432.200.175

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Sangga Buana YPKP



Muhammad Syukri, ST. MT
NIK.432.200.200

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul “**Kajian Kuat Tarik Belah Beton Fast Track Mutu Tinggi Umur 7 Hari Menggunakan Variasi Bahan Tambah *Ground Granulated Blast Furnace Slag* Metode Campuran Menurut Aci (*American Concrete Institute*)**” ini sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak ada bagian didalamnya yang merupakan plagiat dari karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, Saya siap menanggung resiko / sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, April 2023

Pembuat pernyataan,



Mochammad Wildan Juliarista

2112207026

**KAJIAN KUAT TARIK BELAH BETON FAST TRACK
MUTU TINGGI UMUR 7 HARI
MENGUNAKAN VARIASI BAHAN TAMBAH
GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG
METODE CAMPURAN MENURUT ACI
(*AMERICAN CONCRETE INSTITUTE*)**

Oleh
Mochammad Wildan Juliarista

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik

© Mochammad Wildan Juliarista 2023
Universitas Sangga Buana - YPKP
2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

ABSTRAK

Penelitian ini berupa beton *fast track Ground Granulated Blast Furnace slag* komposisi pasta beton sebagai media pengisi beton dengan kerikil dan pasir terhadap volume silinder dengan perawatan. Tinjauan analisis penelitian ini adalah kuat Tarik belah dengan benda uji silinder 15 cm x 30 cm. Benda uji beton dengan campuran slag 0%, 10%, 20%, 40% dan 60%.

BGGBFSB 0 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.1% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 8.7% pada usia 28 hari. BGGBFSB 10 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.3% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 9.2% pada usia 28 hari. BGGBFSB 20 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.6% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 9.9% pada usia 28 hari. BGGBFSB 40 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.8% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 10.3% pada usia 28 hari. BGGBFSB 60 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.5% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 9.6% pada usia 28 hari..

Kata Kunci : Beton slag, Kuat tarik belah, *mixing*, *Fast Track*.

ABSTRACT

This research is ground granulated blast furnace slag fastrack concrete composition of concrete paste as a filler medium for concrete with gravel and sand to the volume of the cylinder with treatment. The review of the analysis of this study is the split tensile strength with a 15 cm x 30 cm cylindrical specimen. Concrete test specimens with a slag mixture of 0%, 10%, 20%, 40% and 60%.

BGGFSB 0 after the split tensile strength test was carried out, the value of split tensile strength was that at 7 days of age it increased by 4.1% at 14 days of age, and at 14 days of age it had an increase of 8.7% at 28 days of age. BGGFSB 10 after the split tensile strength test had a split tensile strength value, namely at the age of 7 days it increased by 4.3% at the age of 14 days, and at the age of 14 days it had an increase of 9.2% at the age of 28 days. BGGFSB 20 after the split tensile strength test had a split tensile strength value, that is, at 7 days of age it increased by 4.6% at 14 days of age, and at 14 days of age it had an increase of 9.9% at 28 days of age. BGGFSB 40 after the split tensile strength test had a split tensile strength value, namely at 7 days of age it increased by 4.8% at 14 days of age, and at 14 days of age it had an increase of 10.3% at 28 days of age. BGGFSB 60 after the split tensile strength test has a split tensile strength value, that is, at 7 days of age it increases 4.5% at 14 days, and at 14 days it has an increase of 9.6% at 28 days.

Keywords : Concrete slag, Split tensile strength, mixing, Fast Track.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabbarakatuh

Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis panjatkan puji dan syukur, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Topik Khusus yang berjudul “ **Kajian Kuat Tarik Belah Beton Mutu Tinggi Menggunakan Variasi Bahan Tambah *Ground Granulated Blast Furnace Slag* Metode Campuran Menurut Aci (American Concrete Institute)**”.

Laporan Topik Khusus ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk Mendapatkan Gelar Strata- 1 Fakultas Teknik jurusan teknik sipil Universitas Sangga Buana.

Sadar akan keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki, penulisan laporan ini tentu masih sangat jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kepada semua pihak yang terkait dalam penyusunan laporan Topik Khusus ini, yang telah memberikan bimbingan, dan arahan, serta dukungan, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Didin Saepudin, SE., M.Si, selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
2. Dr. Teguh Nur Hadi Suharsono, ST, MT selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
3. Bambang Susanto, SE., M.Si, selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
4. Nurhaeni Sikki, S.A.P., M.A.P selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
5. Slamet Risnanto ST, M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
6. Muhamad Syukri, ST., MT., Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
7. Drs. H. Rosadi, MT., selaku Kepala Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung..

8. Ir. Muhammad Ryanto, MT., selaku pembimbing Topik Khusus Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung .
9. Seluruh tim pengajar dan teknisi Jurusan Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung yang telah membekali ilmu dan pengetahuan selama perkuliahan.
10. Rekan-rekan seangkatan atas masukan serta sharing dalam menyelesaikan laporan Topik Khusus Ini.
11. Dan seluruh pihak yang telah membantu, mendukung, dan mendoakan yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan Topik Khusus ini masih jauh dari kesempurnaan dan banyak kekurangan. Oleh karena itu kami sangat mengharapkan saran dan kritik guna penyempurnaan laporan Topik Khusus ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kami dan bagi semua pihak yang memerlukannya.

Bandung, Februari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERSEMBAHAN

LEMBAR HAK CIPTA

ABSTRAK

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISIiii

DAFTAR ISTILAH vi

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR GAMBAR..... ix

LAMPIRAN

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....I-1

1.2 Batasan Masalah.....I-5

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....I-5

1.4 Manfaat Penelitian.....I-6

1.5 Rumusan Masalah.....I-6

1.6 Sistematika Penulisan.....I-7

BAB II STUDI LITERATUR

2.1 Beton II-8

2.2 Fast Track..... II-12

2.3 Material Beton..... II-12

2.3.1 Air..... II-12

2.3.2 Semen Portland (PC) II-14

2.3.3 Agregat Halus (Pasir)..... II-18

2.3.4 Agregat Kasar (Kerikil) II-22

2.4 Bahan Tambahan (Admixture)..... II-27

2.5 Workability..... II-28

2.6 Faktor Air Semen..... II-29

2.7 Slump II-31

2.8 Kekuatan Beton	II-32
2.9 Tegangan dan Regangan Beton	II-33
2.10 Kurva Tegangan Regangan Beton	II-36
2.11 Modulus Elastisitas Beton	II-37
2.12 Poisson's Ratio	II-38
2.13 Material Penyusun Beton	II-39
2.13.1 Semen (Bahan Pengikat)	II-39
2.13.2 Agregat (Bahan Pengisi)	II-41
2.13.3 Air	II-46
2.13.4 Superplasticizer (Sikaviscocrete)	II-47
2.14 Pengujian Beton	II-48
2.14.1 Pengujian Bahan Perikat Hidrolis	II-48
2.14.2 Pengujian Agregat	II-49
2.14.3 Perencanaan Campuran Beton	II-52
2.14.4 Pengujian Beton Segar	II-53
2.14.5 Pengujian Beton Keras	II-54

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian	III-54
3.2 Variabel dan Parameter	III-57
3.3 Lokasi Penelitian	III-57
3.4 Jenis Benda Uji	III-57
3.5 Bahan Baku dan Peralatan	III-58
3.5.1 Bahan Baku	III-58
3.5.2 Peralatan	III-60
3.6 Standar Pengujian	III-61
3.7 Standar Alat Pengujian	III-61
3.8 Tahapan Pengujian Material Agregat Kasar	III-61
3.8.1 Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar	III-61
3.8.2 Analisis Specific Gravity (Berat Jenis) & Penyerapan Air	III-63
3.8.3 Analisis Berat Isi Volume Agregat Kasar	III-65
3.8.4 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	III-66
3.8.5 Pengujian Kadar Lumpur	III-67

3.9 Tahapan Pengujian Matrial Agregat Halus	III-69
3.9.1 Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus.....	III-69
3.9.2 Analisis Specific Gravity (Berat Jenis) & Penyerapan Air	III-70
3.9.3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus	III-73
3.10 Tahapan Pembuatan Benda Uji	III-74
3.10.1 Tahapan Penimbangan Material.....	III-74
3.10.2 Tahapan Pengadukan Beton Segar	III-74
3.10.3 Tahapan Tes Slump Beton dengan Kerucut Abrams	III-75
3.10.4 Tahapan Pemeriksaan Berat Isi Beton.....	III-76
3.10.5 Tahapan Penuangan dan Pematatan Beton Segar	III-77
3.11 Tahapan Perawatan Benda Uji	III-77
3.12 Tahapan Pengujian Kuat Tekan Beton	III-78
3.13 Perancangan Beton $f_c' 30$ MPA	III-78
3.13.1 Hitung Kuat Tekan Rata-Rata Beton, Berdasarkan Kuat Tekan dan Margin $f'_{cr} = m + f_c$	III-79
3.13.2 Tetapkan Nilai Slump.....	III-79
3.13.3 Pemilihan Ukuran Maksimum Agregat Kasar & Estimasi Kebutuhan Air Pencampur	III-80
3.13.4 Tetapkan Nilai Faktor Air Semen (FAS) berdasarkan Tabel 3.7	III-82
3.13.5 Hitung Jumlah Semen yang Diperlukan dari Langkah 3 dan 4, dengan Cara Jumlah Aor dibagi FAS.....	III-83
3.13.6 Tetapkan Volume Agregat Kasar Berdasarkan Agregat Maksimun dan Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halusnya Sehingga didapat Persen Agregat Kasar Ada Pada Tabel 3.8	III-83
3.13.7 Estimasikan Berat Awal Beton Segar Berdasarkan Tabel 3.9....	III-84
3.13.8 Hitunglah Agregat Halus	III-84
3.13.9 Hitung Proporsi Bahan	III-85
3.13.10. Koreksi Proporsi Campuran Air Agregat.....	III-85

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Pemeriksaan Bahan dan Campuran Beton	IV-90
--	-------

4.2 Semen.....	IV-90
4.3 Pengujian Agregat Kasar	IV-90
4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar	IV-91
4.3.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air.....	IV-92
4.3.3 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.....	IV-92
4.3.4 Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	IV-93
4.4 Pengujian Agregat Halus	IV-93
4.4.1 Analisa Saringan Agregat Halus	IV-93
4.4.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air.....	IV-95
4.4.3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus.....	IV-95
4.4.4 Hasil Pengujian Agregat Halus.....	IV-96
4.5 Rencana Campuran Beton.....	IV-96
4.6 Perhitungan Kebutuhan Campuran Beton.....	IV-97
4.7 Pelaksanaan Campuran Beton	IV-98
4.8 Pengujian Slump Beton.....	IV-98
4.8.1 Pengecoran dan Pemasukan	IV-99
4.8.2 Perawatan Beton	IV-100
4.8.3 Pengujian Berat Sample Kering.....	IV-101
4.9 Perhitungan Kuat Tarik Belah.....	IV-102
4.9.1 Perbandingan Kuat Tarik Belah Aktual dan Teoritis.....	IV-108
4.9.2 Konversi Kuat Tarik Belah Terhadap Umur Beton	IV-109

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	V-111
5.2 Saran	V-113

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR ISTILAH

<i>ACI</i>	: American Concrete Institute yaitu institusi yang mempunyai kegiatan penyusunan standarisasi terkait struktur dan material beton.
<i>Agregat</i>	: Material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.
<i>ASTM</i>	: Singkatan dari American Society for Testing and Materials adalah organisasi internasional yang mengembangkan standarisasi teknik untuk material, produk, system dan jasa
<i>Agregat Kasar</i>	: Kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari bantuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm.
<i>Admixture</i>	: Bahan tambah untuk campuran beton
<i>Adukan</i>	: Campuran antara agregat halus dan semen portland atau sembarang semen hidrolis yang lain dan air.
<i>Beton Normal</i>	: Beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m ³ menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan.
<i>Berat Jenis</i>	: Nama lain Bulk Specific Gravity yaitu perbandingan antar berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
<i>FAS</i>	: Faktor air semen adalah perbandingan antara jumlah semen dan air pada beton.
<i>Mix Design</i>	: Desain campuran beton berdasarkan berat atau volume
<i>Slump</i>	: Alat uji konsistensi/kekentalan beton.

- SNI* : Singkatan dari Standar Nasional Indonesia adalah standar yang berlaku secara nasional di Indonesia.
- SSD* : Singkatan dari Saturated Surface Dry keadaan pada agregat dimana tidak terdapat air pada permukaannya, tetapi pada rongganya terisi air sehingga tidak mengakibatkan penambahan maupun pengurangan kadar air dalam beton.
- Workability* : Kemudahan di dalam melaksanakan suatu pekerjaan konstruksi.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas dan Mutu Beton.....	II-10
Tabel 2.2	Susunan Oxida Semen Portland	II-15
Tabel 2.3	Empat Senyawa dari Semen Portland	II-15
Tabel 2.4	Jenis Semen Portland	II-16
Tabel 2.5	Syarat Gradasi Agregat Halus Menurut ASTM	II-21
Tabel 2.6	Persyaratan Kekerasan Agregat untuk Beton.....	II-25
Tabel 2.7	Syarat Mutu Agregat untuk Beton Aspal menurut SNI	II-26
Tabel 2.8	Gradasi Kerikil	II-27
Tabel 2.9	Faktor Air Semen untuk Setiap Kondisi Lingkungan.....	II-30
Tabel 2.10	Nilai Slump untuk berbagai macam struktur.....	II-32
Tabel 2.11	Gradasi Saringan Ideal Agregat Halus.....	II-52
Tabel 2.12	Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar.....	II-52
Tabel 3.1	Komposisi Campuran Benda Uji.....	III-57
Tabel 3.2	Standar Pengujian Beton.....	III-63
Tabel 3.3	Nilai Standar Deviasi Menurut ACI	III-80
Tabel 3.4	Mutu Beton.....	III-80
Tabel 3.5	Slump yang disyaratkan untuk Berbagai Kontruksi Menurut ACI	III-81
Tabel 3.6	Nominal Maximum Size Of Aggregate Recommended For Various Type Of Contruction.....	III-81
Tabel 3.7	Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum	III-82
Tabel 3.8	Hubungan antara Rasio Semen Air dan Kuat Tekan Beton (SI)	III-84
Tabel 3.9	Volume Agregat Kasar PerSatuan Volume Beton, Metode ACI.....	III-85
Tabel 3.10	Berat Beton Segar.....	III-85
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Berat Jenis Semen	IV-90
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Saringan Agregat Kasar	IV-91

Tabel 4.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	IV-92
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	IV-92
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Saringan Agregat Halus	IV-94
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	IV-95
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus	IV-95
Tabel 4.8	Rencana Jumlah Sampel Beton	IV-96
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Bahan	IV-97
Tabel 4.10	Job Mix Formula (m ³) (Silinder kg).....	IV-98
Tabel 4.11	Job Mix Trial	IV-99
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Slump.....	IV-101
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Berat Beton Kering Pengujian Kuat Tarik Belah	IV-103
Tabel 4.14	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 7 Hari	IV-109
Tabel 4.15	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Aktual dan Teoritis Pada Umur 7 Hari.....	IV-110
Tabel 4.16	Konversi Kuat Tarik Belah Beton	IV-111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sampel Uji Kuat Tekan & Kuat Lentur	II-34
Gambar 2.2	Regangan (Strain)	II-35
Gambar 2.3	Benda Uji Kuat Tarik Belah.....	II-35
Gambar 2.4	Kurva Stress-Strain Tipikal Untuk Agregat, Pasta Semen, Mortar Dan Beton.....	II-36
Gambar 2.5	Contoh Kurva Tegangan-Regangan pada Beton dengan Berbagai Variasi Kuat Tekan	II-37
Gambar 2.6	Regangan Longitudinal dan Lateral	II-38
Gambar 2.7	Penumpukan Semen	II-41
Gambar 2.8	Pasir	II-43
Gambar 2.9	Kerikil	II-44
Gambar 2.10	Batu Pecah.....	II-44
Gambar 2.11	Gradasi Menerus (Continous Grade).....	II-51
Gambar 2.12	Alat Slump Test	II-54
Gambar 2.13	Jenis Penurunan Slump	II-54
Gambar 3.1	Diagram Alir Perancangan Beton Metode ACI.....	III-59
Gambar 3.2	Benda Uji Kuat Tekan Beton & Uji Belah.....	III-59
Gambar 3.3	Benda Uji Kuat Lentur.....	III-60
Gambar 3.4	Semen Portland Gresik.....	III-60
Gambar 3.5	Agregat Kasar (Kerikil).....	III-61
Gambar 3.6	Agregat Halus (Pasir).....	III-61
Gambar 3.7	Concrete Additive (SikaViscocrete)	III-62
Gambar 4.1	Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar.....	IV-91
Gambar 4.2	Grafik Analisa Saringan Agregat Halus.....	IV-94
Gambar 4.3	Alat Yang di Gunakan pada Pembuatan Campuran Beton ..	IV-100
Gambar 4.4	Bahan Yang Digunakan pada Pembuatan Campuran Beton	IV-100
Gambar 4.5	Pengujian Beton.....	IV-101
Gambar 4.6	Gambar Benda Uji	IV-102
Gambar 4.7	Proses Curing Beton	IV-103
Gambar 4.8	Ilustrasi Penyebaran beban Split Test	IV-104

Gambar 4.9 Grafik Kuat Tarik belah Beton Terhadap Variasi % Volume Slag..... IV-109

Gambar 4.10 Grafik Aktual & Teoritis Kuat Tarik belah Beton Terhadap Variasi % Volume Slag IV-110

Gambar 4.11 Grafik Konversi Kuat Tarik belah Beton Terhadap Variasi % Volume Slag IV-111

Gambar 4.12 Grafik Konversi Kuat Tarik Belah Beton 14 & 28 HariIV-112



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton (*concrete*) adalah bahan bangunan yang sering digunakan disamping baja. Dewasa ini, beton amat mempengaruhi kehidupan manusia karena digunakan untuk membuat rumah atau gedung, jalan raya, jalan kereta api, lapangan terbang, pelabuhan, bangunan air, terowongan, bangunan lepas pantai dan lain sebagainya termasuk untuk membuat patung-patung karya seni.

Di beberapa kota besar di Indonesia, seperti Jakarta dan Bandung, sekarang ini sedang banyak dibangun gedung-gedung bertingkat tinggi. Diantaranya apartemen, mall dan pusat perbelanjaan serta perkantoran. Pada gedung bertingkat tinggi, kolom bangunan bagian bawah akan mempunyai dimensi yang sangat besar. Karena itu sebaiknya kolom yang di bawah, dibuat dari beton mutu tinggi untuk memperkecil dimensinya. Beton yang mampu menahan kuat tekan lebih besar dari $f_c' = 42$ MPa disebut sebagai beton mutu tinggi (*high strength concrete*).

Beton berasal dari campuran homogen agregat kasar, agregat halus, semen dan air. Mutu dan kekuatan beton sendiri tergantung dari bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton. Dalam pembuatan beton mutu tinggi, dibutuhkan semen dalam jumlah besar sehingga harga beton menjadi mahal dan tidak ekonomis lagi. Untuk mengatasi hal ini dipakai zat *Additive Super Plasticizer* yang berfungsi meningkatkan kuat tekan beton. *Super Plasticizer* digunakan dengan tujuan untuk membuat beton dengan mutu yang lebih tinggi dengan pemakaian jumlah semen yang sama seperti pada pembuatan beton biasa.

Pembangunan dibidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlansung diberbagai bidang, misalnya gedung-gedung, jembatan, tower, dan sebagainya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan.

Metode fast track merupakan metode percepatan dalam pembangunan dengan melakukan aktivitas-aktivitas secara *parallel* atau bersamaan dengan waktu pelaksanaan yang lebih cepat dan biaya yang lebih efisien. Metode fast track

ini meninjau lintasan kritis pada penjadwalan konstruksi dengan mempercepat waktu yang ada pada lintasan kritis. Dengan memodifikasi penjadwalan dari tahap awal kegiatan menggunakan metode fast track pada proyek pembangunan jembatan Aek Hulim dapat diketahui seberapa besar efektivitas waktu jika diterapkan metode fast track pada proyek pembangunan jembatan Aek Hulim.

Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang relatif murah, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan, baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

Disamping itu, untuk keperluan tertentu terkadang campuran beton tersebut masih ditambahkan bahan tambah berupa zat-zat kimia tambahan (*chemical additive*) dan mineral atau material tambahan. Zat kimia tambahan tersebut biasanya berupa serbuk atau cairan yang secara kimiawi langsung mempengaruhi kondisi campuran beton. Sedangkan mineral atau material tambahan berupa agregat yang mempunyai karakteristik tertentu. Penambahan zat-zat kimia atau mineral tambahan ini diharapkan dapat merubah performa dan sifat-sifat campuran beton sesuai dengan kondisi dan tujuan yang diinginkan, serta dapat pula sebagai bahan pengganti sebagian dari material utama penyusun beton. Standar pemberian bahan tambahan beton ini pun sudah diatur dalam **ASTM – C494** tentang “Spesifikasi Bahan Tambahan pada Beton”.

Pada kenyataan di lapangan terkadang diperlukan kondisi kombinasi dari ketiga perilaku penambahan zat kimia tersebut yaitu untuk mengurangi

penggunaan air dan memperlambat proses ikatan campuran beton, atau untuk mengurangi air dan mempercepat waktu pengikatan serta pengerasan campuran beton.

Penambahan gelembung udara pada kadar tertentu juga dapat meningkatkan performa beton pada saat proses pengerasan dari cair ke plastis. Tapi, pada setiap penambahan gelembung 1% dapat mengurangi kekuatan beton 5%, sehingga jarang disarankan penggunaannya. Zat kimia lain yang terkadang ditambahkan juga pada beton adalah *pigmen*, untuk memberikan warna pada beton, penghambat korosi, lem untuk ikatan dengan beton lama dan pengurang segregasi dan *bleeding* pada proses pengerasan beton.

Dalam penelitian ini juga digunakan bahan tambah *admixture Additive Concrete*, yaitu bahan tambah yang dapat mempermudah pengerjaan campuran beton (*workability*) untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Dengan menambahkan bahan tambah ini ke dalam adukan beton diharapkan dapat mempermudah pekerjaan pengadukan beton.

Beberapa permasalahan pencapaian target produk inovasi untuk menjadi produk unggulan tentu terjadi beberapa masalah seperti proses produksi, mutu yang tercapai, target produksi, harga pokok produksi yang masih belum efisien dll.

Slag adalah limbah padat bukan logam yang dihasilkan dari proses peleburan logam pada tanur (*furnace*) dan merupakan kumpulan oksida dalam keadaan lebur dan terpisah dari fasa logam cair selama proses peleburan. Mengingat limbah tersebut meningkat setiap tahunnya, maka perlu penanggulangannya.

Pada tahun lalu, **SNI** yang diterbitkan terkait slag baja adalah **SNI 8378:2017** mengenai Spesifikasi Lapis Pondasi dan Bawah Menggunakan Slag dan **SNI 8379:2017** mengenai Spesifikasi Material Pilihan (*Selected Material*) Menggunakan *Slag* Untuk Kontruksi Jalan.

SNI ini terbit setelah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (**KLHK**) bersama dengan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Kementerian Perindustrian, **IISIA** dan kalangan akademisi melakukan penelitian beberapa tahun terakhir.

Pemilihan topik mengenai beton dikarenakan maraknya produksi beton mutu tinggi di semua daerah di Indonesia, terutama daerah yang belum ada *ready mix* supaya bisa menggunakan material asli daerah itu sendiri. Karena daerah–daerah yang belum ada *batching plant*, mereka melakukan pencampuran beton dengan cara manual dari perbandingan campuran dan pengadukan campuran. Maka dari penjelasan di atas penulis akan melakukan penelitian yang berjudul : “ **Kajian Kuat Tarik Belah Beton Mutu Tinggi Menggunakan Variasi Bahan Tambah Ground Granulated Blast Furnace (GGBF) Slag Metode Campuran Menurut ACI (American Concrete Institute)**”. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Uji Beton Universitas Sangga Buana YPKP.

1.2 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari tujuannya, maka diberi batasan antara lain :

1. Metode perancangan atau mix design menggunakan **ACI**.
2. Penelitian ini membandingkan kuat tarik belah beton mutu tinggi dengan *Superplasticizer* terhadap kuat desak beton yang menggunakan *viscocrete (Sika viscocrete)* dan *GGBF Slag* sebagai pengganti sebagian semen (**PC**).
3. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran 15cm x 30cm dengan sample silinder dengan 5 variasi masing-masing 3 sampel.
4. Bahan pembuat beton : semen type I dengan merek semen gresik, agregat kasar, dan air yang digunakan dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
5. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tarik belah.
6. Penelitian dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
7. Komposisi Campuran Benda Uji dan Kode Benda Uji.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan Tujuan utama dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan penelitian Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana.
2. Mengetahui pengaruh variasi kadar *GGBFS* terhadap kuat Tarik belah karakteristik benda uji beton dengan mutu rencana $f_c' = 30$ MPa.
3. Mengetahui kadar maksimum penggunaan GGBF Slag dengan variasi 0%, 20%, 40, dan 60% memperoleh peningkatan kuat tarik belah karakteristik beton yang maksimal.
4. Mendapatkan komposisi campuran beton yang baik dengan pencampuran *zat additive* dan GGBF Slag dalam pembuat beton tersebut.
5. Mendapatkan nilai kuat tarik belah antara bermacam trial komposisi.
6. Mendapatkan nilai harga yang efisien dan hemat dengan tetap menjaga mutu beton.
7. Untuk mendapatkan campuran beton minimal mutu tinggi dengan campuran *GGBFS*.

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi akibat penamban.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan GGBF *slag* pada kekuatan beton.
3. Memberikan informasi tentang perbandingan mutu beton dari variasi sampel beton dengan penambahan *Viscocrete (Sika Viscocrete)*.

1.5 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu :

1. Benarkah kuat tarik belah yang dihasilkan beton dengan penambahan *Viscocrete (Sika Viscocrete)* dengan rencana mutu $f_c' 30$ mpa.

2. Bagaimana pengaruh penambahan *GGBFS* dan nilai slump untuk menentukan proporsi campuran beton Mutu Tinggi.
3. Berapa besar peningkatan kekuatan beton pada umur 7 hari dengan penambahan *GGBFS*.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan ini disusun sesuai dengan sistematika yang akan diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini merupakan langkah awal berisi gambaran permasalahan secara keseluruhan meliputi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian Manfaat Penelitian, Metode Penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka menuangkan teori-teori yang menjadi landasan yang akan dipakai untuk menganalisa dalam penelitian ini. Membahas metode pengumpulan data-data yang diperlukan baik data primer maupun sekunder serta metode pemecahan permasalahan dengan menyusun langkah – langkah guna memecahkan permasalahan dengan teori yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas metode pengumpulan data-data yang diperlukan baik data primer maupun sekunder. Berisi tentang metode penelitian menggunakan metode **ACI**, dan langkah-langkah yang di kerjakan dalam penelitian selanjutnya serta beberapa cara perhitungan guna memecahkan permasalahan dengan teori yang ada.

BAB IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Berisi tentang hitungan dan hasil penelitian yang telah di lakukan di Labolatorium Bahan Konstruksi Universitas Sangga Buana YPKP. Tentang kuat tekan yang di peroleh dengan metode *American Concrete Institute* dengan campuran beton di tambah *Ground Granular Blast Furnice Slag* .

BAB V SARAN DAN KESIMPULAN

Berisi tentang presepsi terhadap kuat tekan beton, kuat belah dan kuat lentur yang telah di uji. Kurang dan lebih yang di tuangkan pada saran dan kesimpulan, guna pembelajaran yang lebih baik untuk kedepannya.

LAMPIRAN

Berisi dokumentasi yang di ambil pada saat penelitian dan juga tabel perhitungan dan hasil uji yang telah di rencanakan menurut metode **ACI** Reverensi perhitungan *desain mix formula DMF ACI- 211.1-91.2 (Reapproved 2002)* , *Sika Viscocrete*.

DAFTAR PUSTAKA



BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 Beton

Beton (*concrete*) ialah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). (SNI-2847-2013).

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture dan additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen. (Tri Mulyono, 2003). Menurut Tri Mulyono (2004) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, dibedakan menjadi kelas, yaitu :

- a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural.

Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya di batasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B₀.

- b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K125 dan K175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksaaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya labolatorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu. Adapun pembagian kelas dan mutu beton ini, dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B ₀	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
	B ₁	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
II	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

2. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :
- a. Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 800-1800 kg/m³ atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m³, dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 Mpa sampai 17,24 Mpa menurut **SNI 08-1991-03**.

b. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15-40 Mpa.

c. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m³. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d. Beton Massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

e. *Ferro-Cement*

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

f. Beton Serat (*Fibre Concrete*)

Beton serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Disamping beton memiliki pengelompokan, beton pun memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari beton, yaitu (Mulyono. T, 2004) :

1. Kelebihan :

- Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- Mampu memikul beban yang berat
- Tahan terhadap temperatur tinggi
- Biaya pemeliharaan yang kecil.

2. Kekurangan :

- Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah
- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- Berat
- Daya pantul suara yang besar.

2.2. Fast Track

Ada beberapa jenis penjadwalan yang dapat dilakukan yaitu salah satunya dengan metode fast track. Metode fast track adalah suatu metode penjadwalan yang waktu penyelesaian proyek yang lebih cepat dari pada waktu yang sudah direncanakan dengan menggunakan cara-cara yang lebih efisien sehingga dapat mereduksi waktu pelaksanaan proyek. Keberhasilan dari proyek tersebut tidak bergantung pada cara-cara yang lebih efisien tetapi juga berpengaruh terhadap waktu pelaksanaan yang lebih efektif dari waktu pelaksanaan normal.

Secara umum fast track merupakan metode penjadwalan dengan menerapkan prinsip pembangunan secara paralel dan penyelesaian pembangunan lebih cepat. Metode fast track dapat mempersingkat waktu pelaksanaan serta menghemat biaya proyek dibandingkan dengan metode konvensional yang mengandalkan urutan aktivitas-aktivitas secara kaku. Dengan metode fast track dapat membuat pelaksanaan proyek selesai tepat waktu atau bahkan lebih cepat dari perencanaan. Sebelum pelaksanaan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu (Sutciana et al., 2020):

1. Perencanaan yang dibuat harus sistematis dan efektif
2. Kemampuan manajemen logistiknya harus menerapkan metode *just in time*, agar tidak terjadi keterlambatan pada bahan yang akan digunakan
3. Penggunaan tenaga kerja harus memiliki produktifitas yang stabil dan pengelompokan tenaga kerja harus sesuai dengan kemampuannya.
4. Koordinasi antara *site manager*, pengawas lapangan, dan unsur yang terkait dalam pelaksanaan proyek harus dilakukan sepanjang waktu pelaksanaan agar bisa mengidentifikasi indikasi permasalahan yang akan muncul langsung terselesaikan.

2.3 Material Beton

2.3.1 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan yang lemah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton
3. Kelangsungan reaksi dengan semen *portland*, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air dalam campuran beton ini harus memenuhi ketentuan yang berlaku.

Dalam (Tjokrodimulyo : 2007) dijelaskan syarat air untuk pembuatan beton minimal air minum yaitu air tawar, tidak berbau, bila di hembuskan diudara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Tjokrodimulyo : 2007).

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/lt.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung *Klorida (Cl)* lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa *sulfat* sebagai *SO3* lebih dari 1 gr/ltr.

Faktor Air Semen (**FAS**) adalah perbandingan berat antara air dan semen Portland di dalam campuran adukan beton. Menurut **SK SNI S-04-1989-F** dan **SK SNI 03-2847-2002**.

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi :
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - b. Hasil pengujian pada umur 7, 14 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90 dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.
 - c. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis menggunakan spesimen kubus ukuran sisi 50mm” **ASTM C 109**.

2.3.2 Semen Portland (PC)

Semen *portland* merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung *silika*, *aluminia*, dan *oxid besi*), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat *hidrolis*. (**Kardiyono, 1989**).

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar

(kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi. (Tjokrodimulyo, 1995).

Pada umumnya semen berfungsi untuk:

1. Bercampur dengan untuk mengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton.
2. Mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut **ASTM C-150 1985** semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. (Mulyono, T, 2003).

Sedangkan untuk susunan *oksida* dari semen *portland* (Antono, 1995), seperti berikut ini:

Tabel 2.2 Susunan oksida semen portland

Oksida	% rata-rata
Kapur (CaO)	60 – 65 %
Silika (SiO ₂)	20 – 25 %
Alumunia (Al ₂ O ₃)	7 – 12 %
Besi (Fe ₂ O ₃)	7 – 12 %
Magnesia (MgO)	2 %
Sulfur (SO ₃)	2 %

Sumber : Mulyono T, 2003 Hal. 31

Sifat-sifat kimia dari bahan pembentuk ini mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen portland.

Tabel 2.3 Empat senyawa dari semen portland

Nama Senyawa	Rumus Oksida	Notasi	Kadar Rata-rata
Trikalsium Silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S	50
Dikalsium Silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S	25
Trikalium Alumina	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A	12
Tetrakalsium Aluminoforit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_3$	C4Af	8

Sumber : Mulyono T, 2003 Hal. 36

Senyawa-senyawa kimia dari semen portland adalah tidak stabil secara termodinamis, sehingga sangat cenderung untuk bereaksi dengan air. Untuk membentuk produk hidrasi dan kecepatan bereaksi dengan air dari setiap komponen adalah berbeda-beda, maka sifat-sifat hidrasi masing-masing komponen perlu dipelajari.

1. *Trikalium Silikat (C3S) = $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$*

Senyawa ini mengalami hidrasi yang sangat cepat yang menyebabkan pengerasan awal, menunjukkan desintegrasi (perpecahan) oleh sulfat air tanah, oleh perubahan volume kemungkinan mengalami retak-retak.

2. *Dikalsium Silikat (C2S) = $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$*

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dan dapat melepaskan panas, kualitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama pada 14 hari pertama.

3. *Trikalium Alumina (C3A) = $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$*

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 hari sampai 28 hari, memiliki ketahanan agresi kimia yang relatif tinggi, penyusutan yang relatif rendah.

1. *Tetrakalsium Aluminoforit (C4Af) = $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_3$*

Adanya senyawa Aluminoforit kurang penting karena tidak tampak banyak pengaruh terhadap kekuatan dan sifat semen. (L.J Murdock, 1986).

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah prosentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa tipe semen yang sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBI, 1982) dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut:

Tabel 2.4 Jenis Semen Portland

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)						
		C3S	C2S	C3A	C4Af	CaSO4	CaO	MgO
I	Normal	49	25	12	8	2.9	0.8	2.4
II	Modifikasi	46	29	6	12	2.8	0.6	3
III	Kekuatan Awal Tinggi	56	15	12	8	3.9	1.4	2.6
IV	Panas Hidrasi Rendah	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7
V	Tahan Sulfat	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6

Menurut **SNI-15-2049-1994** tentang Semen Portland. Ada beberapa jenis dalam semen portland tergantung kebutuhan pemakaiannya. Jenis-jenis semen diantaranya adalah :

1. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain. Semen untuk semua tujuan
Misalnya : Gedung, Trotoar, Jembatan, dan lain lain.
2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang. Relatif sedikit pelepasan panas, digunakan untuk struktur besar.
Contoh : Pir (Tembok lajut dermaga) dinding tahan tanah tebal dll.
3. Jenis III yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Kekuatan dicapai umumnya dalam satu minggu. Mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur 3 hari.
Misalnya : Ketika acuan harus di bongkar dan secepat mungkin atau ketika struktur harus cepat dipakai.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah. Dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan

jumlah panas yang timbul harus minimum. Dipakai pada bendungan beton.

Misalnya : Pada bangunan masif seperti bendungan grafitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada kelas I.

5. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Dipakai pada saluran dan struktur yang diekspose terhadap sulfat.

Misalnya : Umumnya dimana tanah atau air tanah mengandung kandungan sulfat yang tinggi.

2.3.3 Agregat Halus (Pasir)

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.

Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi:

1. Menghemat Penggunaan semen *portland*.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya.
3. Mengurangi susut pengerasan.
4. Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik.
5. Mengontrol *workability* adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm.

Menurut Standar Nasional Indonesia **SNI (SK SNI-S-04-1989-F : 28)** disebutkan mengenai persyaratan pasir atau agregat halus yang baik sebagai bahan bangunan sebagai berikut :

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $< 2,2$.
2. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - Jika dipakai natrium sulfat hancur maksimal 12 %.
 - Jika dipakai magnesium sulfat bagian halus maksimal 10%.
3. Tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5% dan apabila pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
4. Pasir tidak boleh mengandung zat organik terlalu banyak, yang harus di buktikan dengan percobaan warna *Abrans-Harder* dengan larutan jenuh *NaOH* 3%, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
5. Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.

Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1,2,3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

 - a. Sisa diatas ayakan 4,8 mm maks 2% dari berat b.
 - Sisa diatas ayakan 1,2 mm maks 10% dari berat c.
 - Sisa diatas ayakan 0,30 mm maks 15% dari berat
6. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.

7. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui.
8. Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir pemasangan.

Syarat Mutu Agregat Halus Menurut SII 0052-80

1. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 2,5 – 3,80
2. Kadar lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 70 mikron, maks 5%
3. Kadar zat organik ditentukan dengan larutan Na-sulfat 3% jika dibandingkan warna standar tidak lebih tua daripada warna standar.
4. Kekerasan butir jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka hasil bagi tidak lebih dari 2,20
5. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam – *Sulfat* :
 - a. Jika dipakai *Natrium Sulfat*, bagian yang hancur maks 10%
 - b. Jika dipakai *Magnesium Sulfat*, bagian yang hancur maks 15%

Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C33-86

1. Kadar Lumpur atau bagaian butir lebih kecil dari 75 mikron (ayakan No. 200), dalam % berat, mak :
 - Untuk beton yg mengalami abrasi : 3,0
 - Untuk jenis beton lainnya : 5,0
2. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapihkan, mak 3,0 %.
3. Kandungan arang dan lignit :
 - Bila tampak, permukaan beton dipandang penting kandungan mak 0,5 %.
 - Untuk beton jenis lainnya 1,0 %.
4. Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang merugikan beton. Bila diuji dengan larutan *Natrium Sulfat* dan dibandingkan dengan warna standar, tidak lebih tua dari warna standar. Jika warna lebih tua maka agregat halus itu harus ditolak, kecuali apabila :

- a. Warna lebih tua timbul oleh adanya sedikit arang lignit atau yg sejenisnya.
 - b. Diuji dengan cara melakukan percobaan perbandingan kuat tekan mortar yg memakai agregat tersebut terhadap kuat tekan mortar yg memakai pasir standar silika, menunjukkan nilai kuat tekan mortar tidak kurang dari 95 % kuat tekan mortar memakai pasir standar. Uji kuat tekan mortar harus dilakukan sesuai dengan cara **ASTM C87**.
5. Agregat halus yg akan dipergunakan untuk membuat beton yg akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yg berhubungan dg tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yg bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yg jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaiian yg berlebihan di dalam mortar atau beton. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh dipakai untuk membuat beton dengan semen yg kadar alkalinya dihitung sebagai setara *Natrium Oksida* ($Na_2O + 0,658 K_2O$) tidak lebih dari 0,60 % atau dengan penambahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaiian yang membahayakan akibat reaksi alkali agregat tersebut.
6. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam-Sulfat :
- a. Jika dipakai *Natrium Sulfat* , bagian yg hancur mak 10 %.
 - b. Jika dipakai *Magnesium Sulfat*, bagian yang hancur mak 15 %.
7. Susunan besar butir (gradasi). Agregat halus harus mempunyai susunan besar butir dalam batas-batas sebagai berikut :

Tabel 2.5. Syarat Gradasi Agregat Halus Menurut ASTM

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Prosentase Lolos Kumulatif (%)
9,5	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,60	25-60
0,30	10-30
0,15	2-10

Agregat halus tidak boleh lebih mengandung bagian yang lolos lebih dari 45 % pada suatu ukuran ayakan dan tertahan pada ayakan berikutnya. Modulus kehalusannya tidak kurang dari 2,3 dan tidak lebih dari 3,1.

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam (**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992**), yaitu:

a. Pasir galian.

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

b. Pasir sungai.

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

c. Pasir laut.

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

2.3.4 Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulangan. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan (**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992**), yaitu:

a. Agregat normal.

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm³.

b. Agregat berat.

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³, misalnya magnetik (FeO_4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm³. Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

c. Agregat ringan.

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm³ yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain:

1. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari 3/4 kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
2. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari 1/3 kali tebal pelat.
3. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari 1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat (**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992**):

1. Kerikil harus merupakan butir yang keras dan tidak berpori. Kerikil tidak boleh hancur adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula. Sifat tidak berpori, untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
2. Agregat harus bersih dari unsur organik.

3. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila lumpur melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
4. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen maka akan mengikat agregat dengan lebih baik.

Menurut Standar Nasional Indonesia **SNI (SK SNI-S-04-1989-F : 28)** disebutkan mengenai persyaratan kerikil atau agregat kasar yang baik sebagai bahan bangunan sebagai berikut :

1. Butirannya tajam, kuat dan keras.
2. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
3. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - a) Jika dipakai *Natrium Sulfat*, bagian yang hancur maksimum 12%.
 - b) Jika dipakai *Magnesium Sulfat* , bagian yang hancur maksimum 10%
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka kerikil harus di cuci.
5. Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
6. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6-7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - a) Sisa diatas ayakan 38 mm, harus 0% dari berat
 - b) Sisa diatas ayakan 4,8 mm, 90 % - 98 % dari berat
7. Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, maksimal 60% dan minimal 10% dari berat.
8. Tidak boleh mengandung garam.

Syarat Mutu Agregat Kasar Menurut **SII 0052-80**.

1. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 6,0 – 7,10.
2. Kadar lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 70 mikron, mak 1 %.
3. Kadar bagian yang lemah diuji dengan goresan batang tembaga, mak 5 %.
4. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam-Sulfat :
 - a. Jika dipakai *Natrium Sulfat* , bagian yg hancur mak 12 %.
 - b. Jika dipakai *Magnesium Sulfat*, bagian yang hancur mak 18 %.
5. Tidak bersifat reaktif *alkali*, jika di dalam beton dengan agregat ini menggunakan semen yang kadar *alkali* sebagai Na_2O lebih besar dari 0,6 %.
6. Tidak boleh mengandung butiran panjang dan pipih lebih dari 20 % berat.
7. Kekerasan butir ditentukan dengan bejana *Rudellof* dan dengan bejana *Los Angeles* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.6. Persyaratan Kekerasan Agregat Untuk Beton

Kelas dan Mutu Beton	Kekerasan dg bejana Rudellof, bg. Hancur menembus ayakan 2 mm, mak , %		Kekerasan dg bejana geser Los Angeles, bag hancur menembus ayakan 1,7 mm, mak, %
	Fraksi Butir 19-30 mm	Fraksi Butir 9,5-19 mm	
Beton kelas I	22 - 30	24 - 32	40 - 50
Beton kelas II	14 - 22	16 - 24	27 - 40
Beton kelas III/beton Pratekan	kurang dari 14	kurang dari 16	kurang dari 27

Syarat Mutu Agregat Menurut ASTM C33-86

Agregat kasar yg akan dipergunakan untuk membuat beton yg akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yg berhubungan dg tanah basah,

tidak boleh mengandung bahan yg bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yg jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yg berlebihan di dalam mortar atau beton. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh dipakai untuk membuat beton dengan semen yg kadar alkalinnya dihitung sebagai setara *Natrium Oksida* ($Na_2O + 0,658 K_2O$) tidak lebih dari 0,60 % atau dengan penambahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaihan yang membahayakan akibat reaksi alkali agregat tersebut. Syarat yang lain untuk agregat kasar seperti pada **SII**.

Tabel 2.7 Syarat Mutu Agregat Untuk Beton Aspal Menurut
SNI 1737 – 1989 – F

No	Jenis Pengujian	Persyaratan		Satuan
		Min	Max	
1	Abrasi		40	%
2	Impact		30	%
3	Crushing		30	%
4	Berat Isi Padat			
5	Berat Jenis Bulk SSD Apparent	2.5 2.5 2.5		
6	Penyerapan		3	%
7	Sand Equivalent	50		%
8	Kelekatan Terhadap aspal	95		%
9	Kepipihan		25	%
10	Soundness Na_2SO_4		12	%
11	Atterberg limit	Non	Plastis	
12	Gumpalan Lempung		0.25	%

Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta semen lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirannya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat. (**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992**).

Indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 sampai 8. Modulus halus butir campuran dihitung dengan rumus:

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100\%$$

Dengan; W : Persentase berat pasir terhadap berat kerikil.

K : Modulus halus butir kerikil.

P : Modulus halus butir pasir.

C : Modulus halus butir campuran.

Tabel 2.8 Gradasi Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

2.4 Bahan Tambahan (*Admixture*)

Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar *homogen* dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi *segregasi*. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan. Syarat yang terpenting dari pembuatan beton adalah:

1. Beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang.
2. Beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan.
3. Beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Semen dan air dalam adukan beton membuat pasta yang disebut pasta semen. Adapun pasta semen ini selain berfungsi untuk mengisi pori-pori antara butiran agregat halus dan agregat kasar juga mempunyai fungsi sebagai pengikat sehingga terbentuk suatu massa yang kompak dan kuat.

Ruang yang tidak ditempati oleh butiran semen, merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan yang disebut *kapiler*. *Kapiler* yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton sudah mengeras, sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan beton berkurang.

Rongga ini dapat dikurangi dengan bahan tambah meskipun penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambah dalam campuran beton sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif.

Keadaan tersebut diangkat oleh penyusun pada penelitian ini memanfaatkan limbah, dimana komposisi *silica* lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi *silicon* atau *alloy* besi *silicon* dikenal sebagai gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume* untuk memperbaiki mutu beton.

Ketika semen dan air dicampur, partikel-partikel semen cenderung berkumpul menjadi gumpalan yang dikenal sebagai gumpalan semen. Penggumpalan mencegah pencampuran antara semen dan air yang menghasilkan kehilangan kemampuan kerja (*loss of workability*) dari campuran beton sebagaimana hal tersebut mencegah campuran hidrasi yang sempurna. Ini berarti bahwa pengurangan kekuatan potensial penuh dari pasta semen akan ditingkatkan. Pada beberapa kejadian dalam 28 hari perawatan hanya 50% kandungan semen sudah terhidrasi. (Smith dan Andreas, 1989).

Gumpalan relatif besar dari semen mempunyai permukaan yang kasar dan kesat yang memerlukan jumlah air yang lebih besar untuk memproduksi campuran beton yang mudah dikerjakan. Pada saat dicampur *Superplasticizer* dapat meningkatkan keplastisan yang menghasilkan campuran beton yang lebih cair. (Smith dan Andreas, 1989).

2.5 Workability

Workability sulit untuk didefinisikan dengan tepat, namun sering diartikan sebagai tingkat kemudahan pengerjaan campuran beton untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain (**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992**):

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. makin banyak air yang dipakai, makin mudah beton segar itu dikerjakan. Tetapi pemakaian air juga tidak boleh terlalu berlebihan.
2. Penambahan semen kedalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan betonnya, karena pasti juga diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai faktor air semen tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil, jika campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butiran yang bulat memudahkan cara pengerjaan
5. Pemakaian butiran maksimum kerikil yang dipakai berpengaruh terhadap cara pengerjaan.
6. Cara pemadatan beton menentukan sifat pekerjaan yang berbeda.
7. selain itu, beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan adalah jumlah kadar udara yang terdapat di dalam beton dan penggunaan bahan tambah dalam campuran beton.

2.6 Faktor Air Semen

Faktor air semen (**FAS**) atau *Water Cement Ratio (W/C)* adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton dan merupakan indikator yang penting dalam perancangan campuran beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak

maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2003). Perbandingan faktor air semen dengan kondisi lingkungan dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.9 Faktor Air Semen Untuk Setiap Kondisi Lingkungan

Kondisi Lingkungan			
	Kondisi Normal	Basah kering berganti-ganti	Dibawah pengaruh sulfat/air laut
Koreksi langsing atau yang hanya mempunyai penutup Tulangankurang dari 25 mm.	0,53	0,49	0,40
Struktur dinding penahan tanah, pilar, balok, abutmen.	*	0,53	0,44
Beton yang tertanam dalam pilar, balok, kolom	-	0,44	0,44
Struktur lantai beton di atas Tanah	*	-	-
Beton yang terlindung dari Perubahan udara 9 konstruksi interior bangunan).	*	-	-

* Rasio air semen ditentukan berdasarkan persyaratan kekuatan tekan rencana.

* Sumber : **Tim penyusun Struktur Beton, 1999**

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat desak betonnya, walaupun apabila dilihat dari rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas

yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat.

Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan beton yang mempunyai *fas* minimal dan cukup untuk memberikan *workability* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang baik.

Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, faktor air semen dapat diartikan sebagai *water to cementious ratio*, yaitu rasio total berat air (termasuk air yang terkandung dalam agregat dan pasir) terhadap berat total semen dan additif cementious yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998). Pada beton mutu tinggi nilai faktor air semen ada dalam rentang 0,2-0,5 (SNI 03-6468-2000). Bahan ikat yang digunakan pada penelitian ini adalah semen dan *zat addictive* (sebagai pengganti air). Rumus yang digunakan pada beton mutu tinggi adalah:

$$Fas = \frac{W}{(c + p)}$$

Keterangan :

Fas = Faktor air semen

W = Rasio
total berat air

c = Berat semen

p = Berat bahan tambah pengganti semen

Nilai faktor air semen pada beton mutu tinggi termasuk berat air yang terkandung di dalam agregat. Faktor air semen pada kondisi agregat kering oven.

2.7 Slump

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai *workability* tinggi). Nilai slump berbagai macam struktur diperlihatkan pada tabel 2.11.

Tabel 2.10 Nilai Slump Berbagai Macam Struktur

URAIAN	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	80	25
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi di bawah Tanah	80	25
Pelat, balok, kolom dan dinding	100	25
Perkerasan jalan	80	25
Pembetonan missal	50	25

Sumber : **Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992**

2.8 Kekuatan Beton

Dengan bertambahnya umur beton, maka akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Adapun factor-faktor yang mempengaruhi mutu dari beton ialah sebagai berikut:

1. Faktor air semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) ialah perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi dari FAS itu sendiri ialah:

- a. Untuk menimbulkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan pada beton.
- b. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*), tetapi hal ini harus diiringi dengan ketepatan perbandingan dengan jumlah semen dalam beton itu agar kualitas beton tidak menurun.

2. Sifat agregat

Sifat-sifat agregat yang sangat mempengaruhi mutu beton dan perlu diperhatikan ialah serapan air, kadar air agregat, berat jenis, gradasi agregat, modulus halus butir, kekekalan agregat, kekasaran dan kekerasan agregat.

3. Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Perbandingan jumlah semen yang digunakan saat perencanaan *mix design* dan jenis semen yang digunakan sangat mempengaruhi mutu beton tersebut. Ketepatan penggunaan semen disini juga diperlukan karna tidak berarti semakin banyak atau terlalu sedikit penambahan semen akan menguatkan beton. Jenis semen pula tergantung pada lokasi dimana struktur bangunan itu akan dibangun.

4. Bahan tambah (*admixture*)

Bahan tambah (*admixture*) ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah biasanya digunakan untuk perbaikan kinerja jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan saan campuran beton sampai di lapangan. Jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh jenis (**ASTM C 494/C 494 M – 05a**), yaitu:

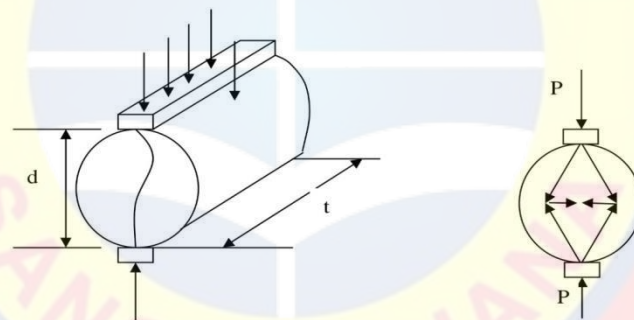
- a. *Water reducing admixture*
- b. *Retarding admixtures*
- c. *Accelerating admixtures*
- d. *Water reducing and retarding admixtures*
- e. *Water reducing and accelerating admixtures*
- f. *Water reducing and high range admixtures*
- g. *Water reducing, high range and retarding admixtures*

2.9 Tegangan dan Regangan Beton

Tegangan berdefinisi sebagai tahanan terhadap gaya-gaya luar. Intensitas gaya yaitu gaya persatuan luas disebut dengan tegangan dan diberi notasi huruf Yunani " σ " (*sigma*). Dikala sebuah batang ditarik dengan gaya sebesar P, maka tegangannya ialah tegangan tarik (*tensile stress*), sedangkan bila ditekan maka terjadi tegangan tekan (*compressive stress*).

Kuat Tarik Belah. Kekuatan Tarik belah pada umumnya lebih besar dari kekuatan Tarik langsung dan lebih rendah dari kekuatan lentur (*modulus of rupture*). Kekuatan Tarik belah digunakan dalam mendesain elemen struktur beton untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan untuk menentukan panjang penyaluran dari tulangan. Metode uji ini terdiri dari pemberian gaya tekan sepanjang diameter specimen beton silinder pada kisaran laju yang ditentukan sampai batas keruntuhan. Pembebanan ini menimbulkan tegangan Tarik pada bidang datar yang diberi beban dan gaya tekan yang relatif tinggi di daerah sekitar beban kerja. Keruntuhan tarik terjadi akibat dari keruntuhan tekan karena area beban dalam keadaan tekan triaksial, sehingga memungkinkan untuk menahan tegangan tekan lebih tinggi dari yang ditunjukkan oleh hasil uji kekuatan uniaksial.

Benda uji Kuat Tarik belah sama dengan benda uji kuat tekan yaitu tinggi 300 mm x diameter 150 mm. hanya peralatan yang digunakan untuk pengujian berbeda.



Gambar 2.1 Benda Uji Kuat Tarik Belah

Rumus perhitungan Kuat Tarik Belah :

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

Dimana :

T = Kuat Tarik Belah (Mpa)

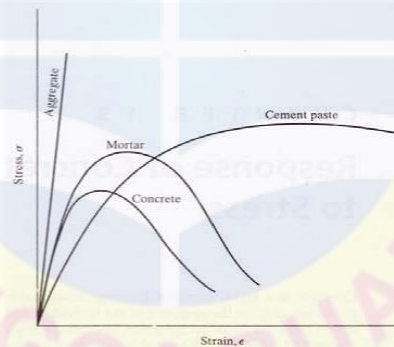
P = Luas Penampang Benda Uji (mm²)

l = Panjang Benda Uji (mm²)

d = Diameter Benda Uji (mm²)

2.10 Kurva Tegangan Regangan Beton

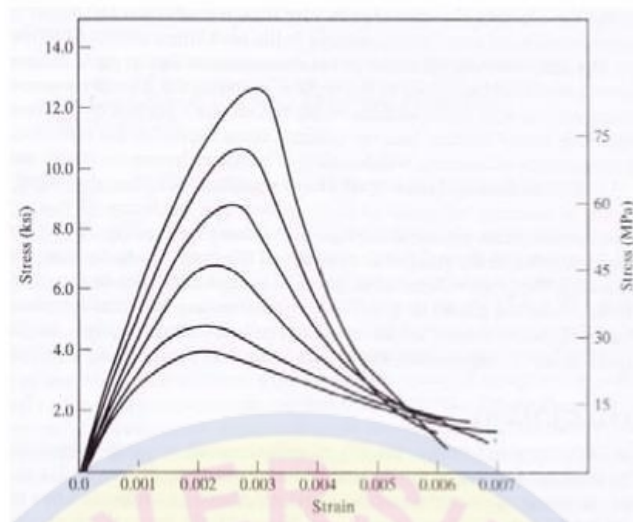
Beton ialah suatu material heterogen yang sangat kompleks, dimana reaksi terhadap tegangan tidak hanya tergantung dari reaksi komponen per individu tetapi juga interaksi antar komponen. Kompleksitas ilustrasi dapat dilihat pada **Gambar 2.4**, dimana ditunjukkan kurva tegangan-regangan tertekan untuk beton dan mortar, pasta semen dan agregat kasar. Agregat kasar ialah suatu material getas elastis linier, dengan kekuatan signifikan diatas beton. Pasta semen memiliki nilai modulus yang rendah, tetapi kuat tekan tinggi jika dibandingkan dengan mortar atau beton. Penambahan agregat halus ke pasta semen menjadi mortar meningkatkan modulus elastisitas, tetapi mereduksi kekuatan. Penambahan agregat kasar pada mortar dalam ilustrasi tersebut, mempengaruhi modulus elastisitas dalam jumlah yang sedikit, tetapi menyebabkan penambahan kuat tekan. Maka secara keseluruhan, serupa dengan unsur pokok mortar dan beton secara signifikan berbeda dari perilaku baik pasta semen maupun agregat.



Sumber: Concrete, Mindess et al., 2003

Gambar 2.2 Kurva *Stress-Strain* Tipikal Untuk Agregat, Pasta Semen, Mortar Dan Beton.

Kurva tegangan-regangan pada **Gambar 2.4** menampilkan hasil dari uji tekan terhadap silinder yang berumur standar 28 hari dengan kekuatan beragam. Dapat disimpulkan dari *kurva* tersebut, semakin tinggi kekuatan beton, maka modulus elastisitasnya akan semakin besar sehingga beton dengan kekuatan yang lebih tinggi bersifat lebih getas (*brittle*); beton dengan kekuatan yang lebih rendah lebih ulet (*ductile*), yang artinya beton akan mengalami regangan yang lebih lama sebelum mengalami kegagalan (*failure*).



Sumber: Concrete, Mindess et al., 2003

Gambar 2.3 Contoh Kurva Tegangan-Regangan Pada Beton Dengan Berbagai Variasi Kuat Tekan.

2.11 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas atau modulus *Young* ialah hubungan linier antara tegangan dan regangan untuk suatu batang yang mengalami tarik atau tekan. Semakin besar nilai modulus elastisitas suatu material menandakan semakin kaku material tersebut.

Modulus elastisitas atau modulus *Young* ialah rasio tegangan normal terhadap regangan terkait untuk tegangan tarik atau tekan dibawah batas proporsional material. (SNI 2847-2013), yang rumusnya ialah:

$$E = 4700 \times \sqrt{f_c'}$$

Dimana:

E = modulus elastisitas beton (MPa)

f_c' = kekuatan tekan beton yang disyaratkan (MPa)

2.13 Material Penyusun Beton

2.13.1 Semen (Bahan Pengikat)

1. Fungsi Semen sebagai Bahan Pengikat

Fungsi semen ialah merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat.

Menurut **PUBI – 1982**, semen *portland* ialah semen yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Merupakan bahan ikat yang sangat penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Terdapat berbagai macam semen dan tiap macamnya dapat digunakan dalam kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan sifatnya masing-masing.

Di Indonesia sendiri, pabrik semen *portland* pertama yang didirikan di Indarung Padang Sumatra Barat pada tahun 1911. Semula pabrik ini dimiliki oleh swasta keturunan Jerman, kemudian pada PD I, diambil alih oleh penguasa Belanda. Setelah kemerdekaan Indonesia, pabrik ini dialihkan menjadi perusahaan milik negara sampai sekarang.

Pada tahun 1955 berdiri pula pabrik semen Gresik, pada tahun 1968 berdiri pabrik semen Tonasa di Ujung Pandang. Setelah tahun 1970 perkembangan pabrik semen berjalan cepat dengan berdirinya pabrik-pabrik yang lain.

2. Jenis-jenis Semen Portland

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah presentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan jenis yang berbeda-beda sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Semen portland di Indonesia (**SII 0013 – 81**) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

a. Semen Tipe I

Disebut semen biasa (normal) digunakan untuk penggunaan umum yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Pemakaian tipe ini umumnya bagi konstruksi beton pada bangunan seperti jalan, jembatan, gedung bertingkat, tangki, waduk, pipa dan lainnya.

b. Semen Tipe II

Digunakan untuk beton yang tahan terhadap sulfat dari lingkungannya dan panas hidrasi sedang, seperti pembuatan sistem drainase air tanah yang mengandung kadar konsentrasi sulfat tinggi.

c. Semen Tipe III

Penggunaan yang menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi setelah pengikatan terjadi. Jadi semen ini mempunyai waktu perkerasa yang cepat (*high-early-strength portland cement*), umumnya dalam waktu kurang dari seminggu. Umumnya digunakan pada struktur-struktur bangunan yang bekestingnya harus cepat dibuka dan akan segera dipakai.

d. Semen Tipe IV

Penggunaan yang menuntu persyaratan panas hidrasi yang rendah, seperti penggunaan pada struktur-struktur dam, bangunan-bangunan massif, hal mana panas yang terjadi sewaktu hidrasi merupakan faktor penentu bagi keutuhan beton.

e. Semen Tipe V

Penggunaan yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat. Digunakan untuk beton yang lingkungannya mengandung sulfat, terutama pada tanah/air tanah dengan kadar sulfat tinggi.

3. Penyimpanan Semen Portland

Penyimpanan semen terkadang diperlukan untuk waktu yang lama, terutama jika distribusi semen tidak teratur. Walaupun kualitas semen dapat dipertahankan dalam jangka waktu yang cukup lama dengan menjauhkan uap air dari tempat penyimpanan semen, namun butir-butir semen yang berhubungan dengan udara akan menyerap air secara perlahan dan ini menyebabkan kerusakan pada semen. Penyerapan 1% - 2% air tidak cukup untuk mempengaruhi kualitas semen, tetapi jumlah penyerapan tersebut memperlambat proses pengerasan semen dan mengurangi kekuatan. Terlebih lagi jika semen disimpan diatas tanah, semen akan lebih reaktif lagi dan akhirnya mempercepat penyerapan kadar uap air dari kelembapan sekelilingnya. Oleh karena itu, berikut cara penyimpanan semen yang baik dan benar:

- a. Gudang penyimpanan harus kering dinding, atap tidak bocor
- b. Tinggi lantai minimal 30 cm lebih tinggi dari lantai/tanah disekelilingnya

- c. Jarak penyimpanan kantong semen terhadap dinding minimum 10 cm, supaya air yang mengembun pada dinding tidak membasahi kantong semen
- d. Tinggi tumpukan aksimum 2 m dengan maksud agar semen yang dibagian bawah tidak terpadatkan dan tidak pecah
- e. Semen tidak boleh terlalu lama disimpan



Sumber: <http://imagebali.net/images/artikel>

Gambar 2.4 Penumpukan Semen

2.13.2 Agregat (Bahan Pengisi)

Agregat ialah butiran-butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan mortar atau beton. Agregat umumnya digolongkan menjadi 3 golongan, yaitu:

1. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
2. Kerikil (agregat kasar), untuk butiran antara 5 mm – 40 mm.
3. Pasir (agregat halus), untuk butiran antara 0,15 mm – 5mm.

Untuk pekerjaan beton yang biasa digunakan adalah agregat halus dan agregat kasar, sedangkan batu dalam beton digunakan khusus sebagai bahan pengisi pada pekerjaan beton siklop.

1. Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton, maka agregat halus harus memenuhi ketentuan berikut:

- a. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering), yang dimaksud lumpur ialah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna *Abrams – Herder* (dengan larutan *NaOH*). Agregat halus yang mengandung bahan organik dapat juga dipakai asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tapi dicuci dalam larutan *NaOH* yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air pada umur yang sama.
- d. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat-syarat berikut:
 - ◆ Sisa diatas ayakan 4,75 mm, harus minimum 2% berat
 - ◆ Sisa diatas ayakan 1,18 mm, harus minimum 10% berat
 - ◆ Sisa diatas ayakan 0,3 mm, harus berkisar antara 80% - 95%Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus dan untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.



Sumber: <http://sumberpasir.com/wp-content/uploads/2015/01/>

Gambar 2.5 Pasir

2. Agregat Kasar (Kerikil dan Batu Pecah)

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.

Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton, maka agregat harus memenuhi beberapa ketentuan, yaitu:

- a. Agregat kasar harus terdiri dari butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal.
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering)
- c. Agregat tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
- d. Kekerasan dari butir-butir agregat diperiksa dengan bejana penguji dari *Rudolf* dengan beban penguji 20 ton. Dalam pengujian ini harus dipenuhi syarat-syarat, yaitu tidak boleh terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 mm – 19 mm lebih dari 24% berat. Jika pengujian dilakukan dengan mesin pengaus *Los Angeles* tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
- e. Agregat harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya, dan apabila diayak dengan susunan ayakan dengan lubang-lubang persegi dengan ukuran lubang yang telah dikeluarkan oleh **ISO** (*International Standards Organizations*,

Geneva, Switzerland), yaitu: 37,5 mm – 19 mm – 9,5 mm – 4,75 mm – 2,36 mm – 1,18 mm – 0,60 mm – 0,30 mm – 0,15 mm – 0,075 mm harus memenuhi syarat-syarat berikut ini:

- ◆ Sisa diatas ayakan 37,5 mm, 0% berat
- ◆ Sisa diatas ayakan 4,75 mm, harus berkisar antara 90% - 98% berat
- ◆ Selisih antara sisa-sisa kumulatuf diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.



Sumber: <https://image1.ws.indotrading.com/s3/productimages/co39145/p305449/w300-h300/>

Gambar 2.6 Kerikil

3. Bentuk Agregat dan Tekstur Permukaan Butiran

Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh pada beton segar daripada setelah beton mengeras, dibedakan menjadi:

a. Agregat Bulat

Agregat bulat (dari sungai atau pantai) mempunyai rongga udara minimum 33%. Hal ini berarti punya rasio luas permukaan kecil, sehingga hanya memerlukan pasta semen yang sedikit untuk menghasilkan beton yang baik, namun ikatan antar butirnya kurang kuat mengakibatkan lekatannya lemah, sehingga tidak cocok untuk beton mutu tinggi maupun perkerasan jalan raya.

b. Agregat Bulat Sebagian

Agregat bulat sebagian mempunyai rongga lebih tinggi, yaitu sekitar 35% - 38%. Dengan demikian membutuhkan lebih banyak

pasta semen untuk mendapatkan beton segar yang dapat dikerjakan. Ikatan antar butirnya lebih baik daripada agregat bulat, namun belum cukup untuk dibuat beton mutu tinggi.

c. Agregat Bersudut

Agregat bersudut mempunyai rongga sekitar 38% - 40%. Ikatan antar butirnya baik sehingga membentuk daya lekat yang baik (batu pecah yang dipakai untuk ballast jalan kereta api). Pasta semen yang diperlukan lebih banyak untuk membuat adukan beton dapat dikerjakan, namun baik untuk beton mutu tinggi maupun lapis perkerasan jalan.

d. Agregat Pipih

Agregat pipih ialah agregat yang ukuran terkecil butirannya kurang dari $\frac{3}{5}$ ukuran rata-ratanya. Ukuran rata-rata agregat ialah rata-rata ukuran ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat. Jadi agregat mempunyai ukuran rata-rata 15 mm jika lolos pada lubang ayakan 20 mm dan tertahan pada lubang ayakan 10 mm. Agregat akan dinamakan pipih jika ukuran terkecil butirannya lebih kecil dari $\frac{3}{5} \times 15 \text{ mm} = 9 \text{ mm}$.

e. Agregat Panjang

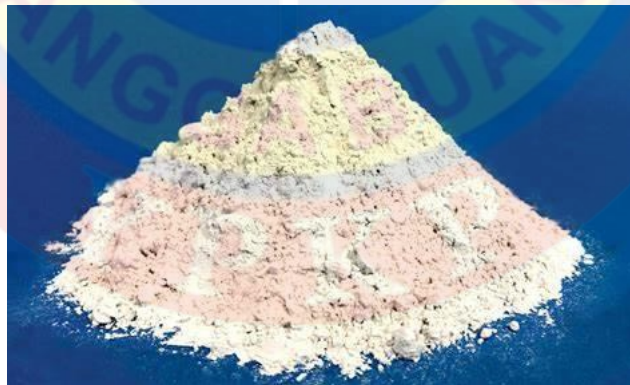
Butir agregat disebut memanjang bila ukuran terbesar (yang paling panjang) lebih dari $\frac{9}{5}$ dari ukuran rata-rata. Jadi pada agregat diatas, jika ukuran terbesar butirnya lebih dari 27 mm.

Kepipihan atau kepanjangan butir agregat berpengaruh jelek pada daya tahan atau ketahanan beton, karena agregat ini cenderung berkedudukan pada bidang rata air (horizontal), sehingga terdapat rongga udara dibawahnya.

4. Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)

Granulated Blast Furnace Slag berbentuk butiran merupakan hasil residu pembakaran tanur (furnace) dari proses pemurnian baja atau produk samping dari pabrik baja seperti PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. I - 2 Unsur pembentuk granulated blast furnace slag adalah kapur, silica dan alumina. Memiliki komposisi kimia tidak berbeda dengan bahan mineral

alami termasuk bahan hidrasi seperti semen Portland. Sering juga dipakai sebagai campuran Semen Portland dalam pembuatan beton, mortar, dan lain-lain. Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) adalah Granulated Blast Furnace Slag yang sudah dihaluskan yang memiliki sifat layaknya semen yang dapat berfungsi sebagai bahan perekat agregat. Pada kehalusan yang baik, ground granulated blast furnace slag menunjukkan kualitas perekatan yang sama dengan Semen Portland. Oleh karenanya dapat menggantikan fungsi Semen Portland dengan rasio perbandingan massa tertentu. Keunggulan lain penggunaan ground granulated blast furnace slag adalah membuat beton dan mortar lebih stabil secara kimia, menambah kuat tekan pada variasi tertentu, permukaan akhir yang baik serta warna yang lebih terang. Beton dengan campuran ground granulated blast furnace slag dinilai cocok digunakan untuk proyek infrastruktur seperti pelabuhan, jembatan, jalan, dan gedung bertingkat serta dapat mengurangi panas hidrasi yang terjadi. Sementara itu, Kepala Sub Bidang Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah B3 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyatakan ground granulated blast furnace slag merupakan produk ramah lingkungan dan dalam pemanfaatannya tidak lagi diperlukan izin khusus.



Gambar 2.7 Granulated Blast Furnace Slag

2.13.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya relative paling murah. Air diperlukan untuk proses reaksi semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan didapatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai fas yang dipakai sulit kurang dari 35%. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak, karena kekuatan beton akan rendah serta mengakibatkan betonnya porous. Selain itu, kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat keluar, sehingga terjadilah sarang-sarang kerikil.

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi pula syarat untuk bahan campuran beton (tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum). Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Dalam hal terdapat kesulitan air untuk penggunaan umum dan kualitas air yang dikhawatirkan, maka perlu dilakukan uji kualitas air.

Kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air mengandung kotoran. Pagaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal adukan beton, serta kekuatan betonnya setelah mengeras.

Air laut umumnya mengandung 3,5% larutan garam, sekitar 78%-nya ialah *sodium klorida* dan 15%-nya ialah *magnesium sulfat*. Adanya garam-garam dalam air laut ini dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20%-nya. Air laut tidak boleh digunakan untuk campuran beton pada beton bertulang ataupun beton prategang, karena resiko terhadap korosi tulang lebih besar. Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat berikut ini:

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2gr/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15gr/liter.
3. Tidak mengandung *klorida (Cl)* lebih dari 0,5 gr/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.

2.13.4 Superplasticizer (Sikaviscocrete)

Concrete admixture adalah sesuatu selain air, semen dan agregat yang ditambahkan kedalam campuran beton segar sebelum atau sesudah mixing. *Sika®ViscoCrete®* adalah *Superplasticizing admixture* yang fungsinya adalah mengurangi sejumlah besar pemakaian air pada beton segar. Dipakai untuk meningkatkan kelecakan beton segar (*improve the workability of fresh concrete*) dan untuk meningkatkan mutu beton terutama pada beton mutu tinggi. Memungkinkan membuat beton segar mudah mengalir dan melakukan pemadatan mandiri (*self compacting concrete*). Percampuran antara air dengan semen akan mengakibatkan reaksi kimia / hidrasi. Air akan diserap oleh permukaan granular semen yang dengan cepat akan membuat granular semen menjadi lunak. Kemudian terbentuk permukaan tipis gel disekitar granular. Karena proses waktu lambat laun lapisan gel tersebut menjadi solid kemudian berhidrasi dan akhirnya mengeras. Apabila air campuran mengandung admixture maka yang terjadi adalah *molekul admixture* akan diserap oleh granular semen yang lunak tersebut kemudian dengan segera akan menyelimuti granular semen dan meningkatkan muatan negatif pada permukaan granular semen yang mengakibatkan gaya tolak menolak antar partikel semen (*electrostatic repulsion*). Selanjutnya granular semen akan mengalami efek dispersi yang akan mempengaruhi kelecakan beton segar.

2.14 Pengujian Beton

2.14.1 Pengujian Bahan Perikat Hidrolis

Pengujian yang dibutuhkan untuk menguji bahan perikat hidrolis, antara lain ialah uji berat jenis semen *portland*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis semen *portland* tersebut, sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan.

Semen *portland* itu sendiri terdiri atas bahan campuran yakni oksida utamanya: kalsium, *silica*, *alumina* dan besi. Semen *portland* dibuat dengan sistem teknologi modern dengan pengaturan komposisi yang akurat, sehingga mutunya terjamin. Namun dengan perbedaan yang mungkin terjadi dan cara memperlakukan produk tersebut belum tentu sama pada setiap industri. Hal ini yang menyebabkan adanya pengujian terhadap semen *portland*. Untuk memastikan mutu dari semen *portland*. Pengujian yang dapat mengindikasikan ke arah itu adalah pengujian berat jenis.

Berat jenis semen *portland* harus diantara kisaran 3,00 – 3,20. Jika berat jenis kurang dari itu, maka dianggap tidak murni lagi atau bercampur dengan bahan lain. Hal ini yang berpengaruh buruk terhadap campuran beton nantinya. Adapun rumus berat jenis ialah:

$$BJ = \frac{W}{V_2 - V_1}$$

Dimana:

BJ = berat jenis semen portland (gr/ml)

W = berat semen portland (gr)

V₁ = volume awal (ml)

V₂ = volume akhir (ml)

2.14.2 Pengujian Agregat

Pengujian yang dilakukan untuk menguji kualitas agregat, antara lain:

1. Pengambilan Contoh Agregat Kasar dan Halus

Pengujian ini bertujuan untuk melakukan pengambilan sampel agregat, sesuai dengan tata cara yang digunakan. Sampling merupakan pengambilan yang harus mewakili populasi. Hasil dari pengujian bahas dari *sampling* ini harus mewakili secara keseluruhan. Kondisi agregat tidak akan selalu sama, dalam bentuk ukuran maupun bentuknya, yang dapat mengakibatkan perbedaan sifat. Hal itu menyebabkan pengambilan sampel harus dilakukan baik di lapangan maupun di laboratorium. Metode-metode yang akan dipakai dalam pelaksanaan tugas akhir ini, akan memmacu kepada:

- a. SNI 03-6889-2002 “Tata Cara Pengambilan Contoh Agregat”

b. **SNI 03-6717-2002** “Tata Cara Penyiapan Benda Uji dari Contoh Agregat”

2. Uji Kadar Butir Lolos Ayakan No. 200 Agregat Kasar dan Halus

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh presentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm), sehingga berguna bagi perencanaan dan pelaksanaan pembangunan. Hal ini disebabkan agregat yang lolos saringan tersebut termasuk kedalam golongan tanah liat dan lumpur. Tanah liat dan lumpur dapat menyebabkan bertambahnya air yang dibutuhkan untuk campuran beton, serta berkurangnya ikatan antara agregat dan pasta semen sehingga mengakibatkan berkurangnya kekuatan dan ketahanan beton. Hal ini pula dapat menambah penyusutan dan *creep*. Karena pengaruh buruk inilah, kadar lumpur yang dikandung suatu agregat perlu dibatasi, tidak boleh lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar (**PBI 71**). Metode pengujian ini akan mengacu pada **SNI 03-4142-1996** “Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Sarinan No. 200 (0,075 MM)”.

3. Uji Kadar Zat Organik Agregat Halus dengan Perbandingan Warna (*Standard Color Test*)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan angka dengan petunjuk standar atau standar warna yang telah ditentukan terhadap larutan benda uji pasir. Pengujian ini dapat digunakan dalam pengerjaan pengendalian mutu agregat. Yang dimaksud dengan zat organik ialah bahan-bahan organik yang terdapat di dalam pasir dan menimbulkan efek yang merugikan terhadap mutu mortar atau beton. Metode pengujian ini akan memicu pada **SNI 03-2816-1992** “Metode Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Mortar atau Beton”.

4. Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta penyerapan air. Berat jenis agregat tergantung pada jenis batuan, susunan mineral struktur butiran dan posositas batuanya.

Berat jenis sendiri sangat berpengaruh pada mutu beton nantinya. Agregat mengandung pori-pori yang mengakibatkan pengujian berat jenis harus dengan tahapan:

- a. Berat jenis curah kering (*bulk specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.
- b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.
- c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C.

Penyerapan air ialah perbandingan berat air yang dapat diserap terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen.

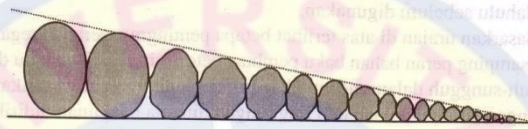
Nilai berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan penyerapan air agregat halus dan kasar harus minimum 2,5% dan 3% untuk spek bidang jalan dan jembatan (**Litbang Trans PU, April 2005**). Sedangkan untuk beton semen tergantung pada jenis beton yang akan dibuat. Metode pengujian ini akan mengacu pada **SNI 03-1970-1990** “Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus”

5. Uji Bobot Isi Padat dan Gembur Agregat Kasar dan Halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat isi agregat kasar dan halus dalam kondisi padat dan gembur. Berat isi agregat ialah berat agregat per satuan isi, yang nantinya dapat digunakan untuk factor pengali saat perhitungan campuran beton. Selain itu, mengetahui berat isi berguna untuk merancang desain komposisi bahan pembuatan dengan metode *American Concrete Institute (ACI)*. Metode pengujian ini akan mengacu pada **SNI 03-4808-1998** “Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat”.

6. Uji Gradasi (Analisa Ayak) Agregat Kasar dan Halus

Pegujian ini bertujuan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase butiran baik agregat kasar maupun halus. Yang dimaksud dengan analisis saringan agregat ialah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka presentase digambarkan pada grafik pebagian butir. Gradasi yang dianggap baik ialah yang susunan agregatnya terdiri dari butiran halus hingga kasar secara beraturan (**Gambar 2.10**), dengan begitu butiran akan saling mengisi satu sama lain dan akan diperoleh beton dengan kepadatan yang baik dan mudah dikerjakan.



Sumber: Laporan Praktikum Uji Bahan Polban, 2013
Gambar 2.7 Gradasi Menerus (*Continuous Grade*)

Mutu gradasi juga dapat ditentukan dengan modulus kehalusan (*fineness modulus*), merupakan suatu indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus kehalusan didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif sisa saringan diatas no. 100 (0,15 mm) dibagi seratus. Makin besar nilai modulus kehalusan menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Modulus kehalusan butir agregat harus berkisar antara 1,5 – 3,8 untuk agregat halus (**SNI 03-1750-1990**) ; 6,0 – 7,1 untuk agregat kasar (**SNI S-04-1989**).

Tabel 2.11 Gradasi Saringan Ideal Agregat Halus

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
9,5 mm	100	100
4,75 mm	95 - 100	97,5
2,36 mm	80 - 100	90
1,18 mm	50 - 85	67,5
600 µm	25 - 60	42,5
300 µm	5 - 30	17,5
150 µm	0 - 10	5

Sumber: ASTM C 33/03

Tabel 2.12 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90 -100	95
12,50	-	-
9,50	20 – 55	37,5
4,75	0 – 10	5
2,36	0 - 5	2,5

Sumber: ASTM C 33/03

2.14.3 Perencanaan Campuran Beton

Tujuannya untuk mendapatkan proporsi beton normal dalam 1 m³ beton dengan mutu beton $f_c' = 30$ MPa dengan menggunakan metode **ACI**. Hal ini ialah suatu proses pemilihan bahan-bahan pembentuk beton dan menentukan kadar dengan tujuan untuk menghasilkan beton dengan kualitas yang optimal. Hal ini harus diimbangi dengan harga yang ekonomis. Syarat-syarat minimum untuk beton ialah:

1. Kuat tekan minimum yang diperlukan untuk suatu struktur bangunan beton.
2. Kadar udara dalam beton minimum agar betonnya lebih tahan lama.
3. Jumlah faktor air semen (**FAS**) maksimum untuk menghindari terjadinya retak susut dalam keadaan cuaca terbuka yang kelembabannya relative rendah.
4. Jumlah semen minimum untuk menghindari terjadinya retakan akibat pengaruh suhu tinggi.
5. Berat volume minimum yang disyaratkan untuk jenis bangunan beton tertentu.

Berikut merupakan metode untuk menentukan komposisi bahan campuran beton:

1. Untuk Beton Normal
 - a. Menggunakan benda uji kubus dengan ukuran rusuknya 15 cm (*Departement of the Environment (DoE), Building Laboratory Establishment, Transport and Road Research Laboratory, 1975*).

b. Menggunakan benda uji silinder dengan diameter (d) 15 cm dan tinggi (T) 30 cm (**ACI 211: 1 – 89**).

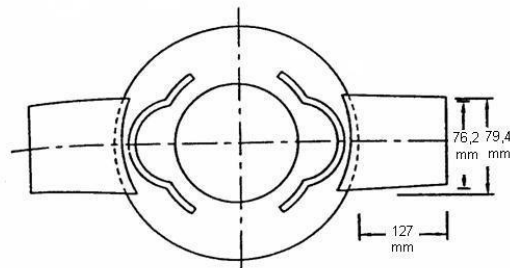
2. Untuk Beton Mutu Tinggi dengan Metode *Shacklock*

Pada metode *shacklock* dalam merencanakan beton mutu tinggi dengan menggunakan pertolongan table dan grafik yang disusun berdasarkan data empiris dari hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat hubungan antara kuat tekan dan fas. Maka dalam cara ini terdapat hubungan antara kuat tekan dengan nomor petunjuk (nomor referensi).

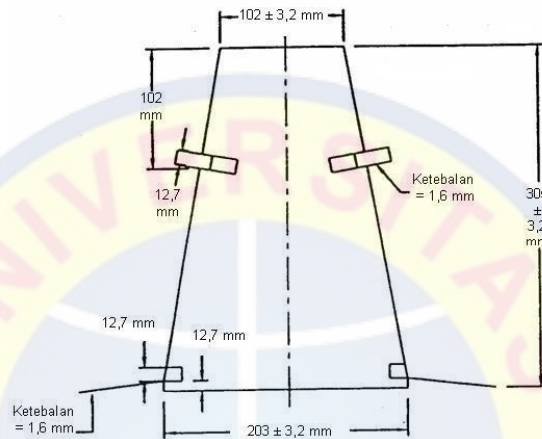
2.14.4 Pengujian Beton Segar

Untuk mengetahui nilai kekentalan (*viscosity*) beton segar, dengan mengukur penurunan beton segar setelah dipadatkan dengan alat *slump* dalam satuan panjang (mm atau cm). Pada saat pengadukan beton, hal yang perlu diperhatikan adalah kelecakan adukan beton tersebut. Karena hal itu mempengaruhi kemudahan dalam pengerjaan (*workability*). Beton yang terlalu cair akan menimbulkan pemisahan agregat (*segregasi*) sehingga membuat beton tidak homogen, sedangkan bila beton kurang lecah akan sukar dicetak, akibatnya kekuatan beton menurun.

Cara termudah mengukur kelecakan beton segar ialah dengan melaksanakan *slump test*. Pengujian ini dilakukan dengan cara melihat besar kecilnya nilai *slump* beton, dengan alat berikut ini (**Gambar 2.11**). Sedangkan jenis penurunan *slump* sendiri ada tiga macam (**Gambar 2.12**).



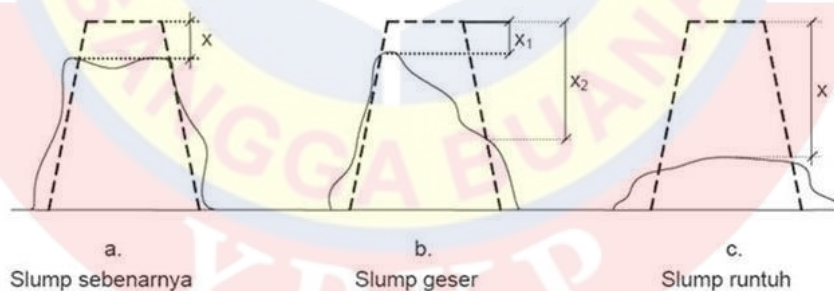
Tampak Atas



Tampak Samping

Sumber: SNI 1972-2008 "Cara Uji Slump Beton"

Gambar 2.7 Alat Slump Test



Sumber: <http://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/>

Gambar 2.8 Jenis Penurunan Slump

2.14.5 Pengujian Beton Keras

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan prosedur yang benar. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Metode pengujian ini akan mengacu kepada SNI 03-1974-1990.

1. Rumus kuat tekan beton:

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dimana:

P = tekanan (KN)

A = luas penampang bidang tekan (mm²)

2. Rumus kuat tekan rata-rata:

$$f_{c_r}' = \frac{\sum_{i=1}^n f_{c_i}'}{n}$$

Dimana:

n = jumlah benda uji

3. Rumus kuat tekan spesifik atau karakteristik yang dipakai:

$$f_{c_k}' = f_{c_r}' - (k \times SD)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c_i}' - \bar{f}_c)^2}{n-1}}$$

Berdasarkan bentuk dan ukuran benda uji, untuk pemeriksaan kuat tekan terdiri dari (**PBI 1971**):

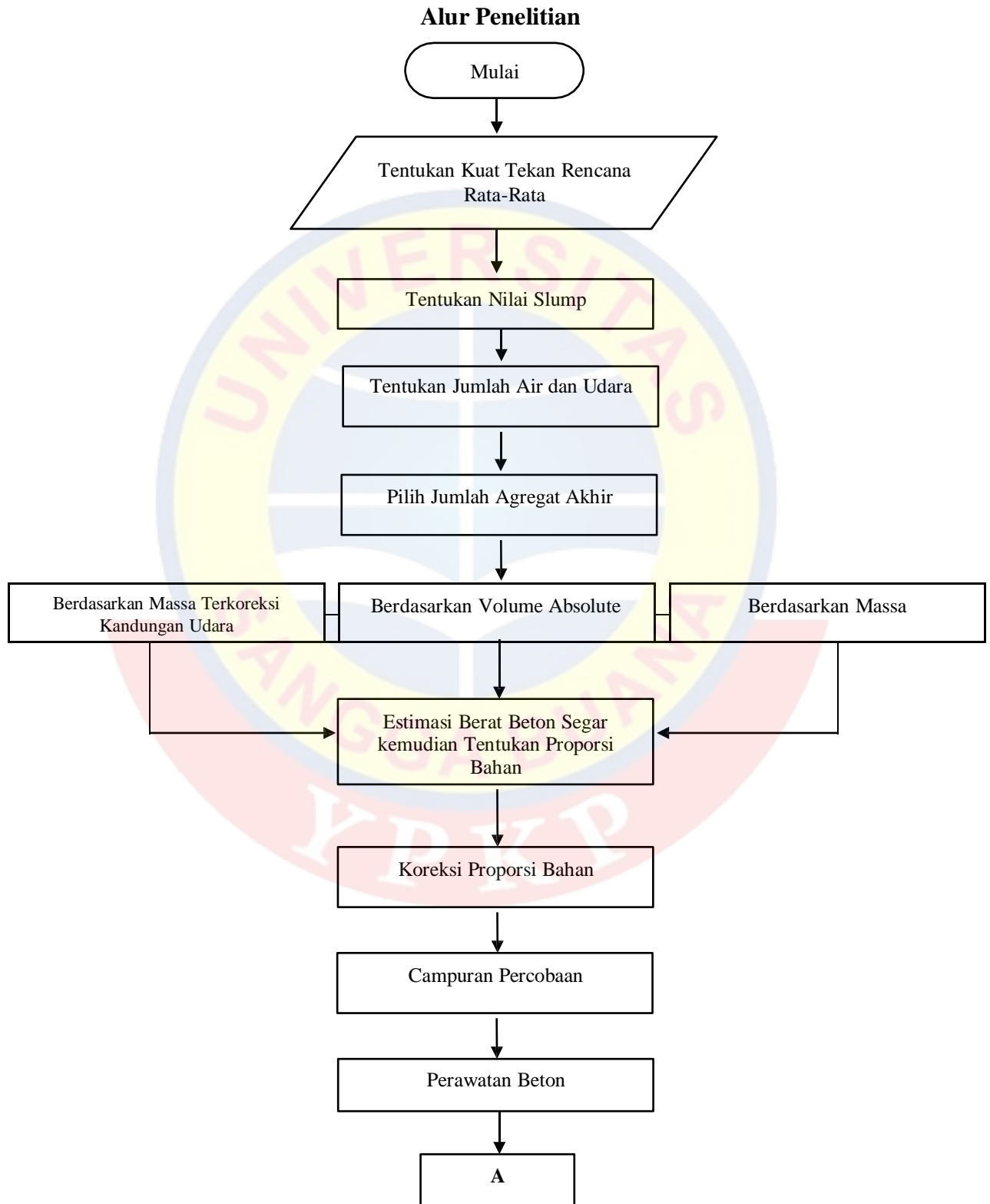
1. Balok ukuran 60 x 60 x 15 cm, dengan perbandingan kekuatan 1,00
2. Silinder ukuran dia. 15 x 30 cm, dengan perbandingan kekuatan 0,83

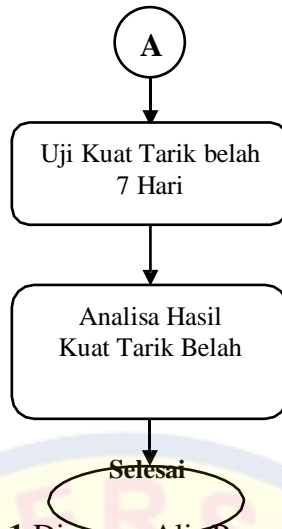
Selanjutnya data kuat tekan umur 28 hari dapat dihitung berdasarkan data kuat tekan pada umur lainnya, yaitu dengan menggunakan angka konversi menurut **PBI 1971**.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Beton

Tabel 3.1 Rencana Benda Uji Kuat Tarik Belah

No.	Kode Benda Uji	PC	Steel Slag	Jumlah Sampel
1	BGGBFSB 0	100%	0%	3
2	BGGBFSB 10	90%	10%	3
3	BGGBFSB 20	80%	20%	3
4	BGGBFSB 40	60%	40%	3
5	BGGBFSB 60	40%	60%	3
				15

Keterangan :

BGGBFS = Beton Ground Granulated Blast Furnace Slag

BGGBFSB 0 = Komposisi Pasta Slag 0%, Perbandingan Agregat Kasar 15mm – 20 mm, Agregat Kasar 20mm – 25 mm

BGGBFSB 10= Komposisi Pasta Slag 10%, Perbandingan Agregat Kasar 15mm – 20 mm, Agregat Kasar 20mm – 25 mm

BGGBFSB 20= Komposisi Pasta Slag 20%, Perbandingan Agregat Kasar 15mm – 20 mm, Agregat Kasar 20mm – 25 mm

BGGBFSB 40= Komposisi Pasta Slag 40%, Perbandingan Agregat Kasar 15mm – 20 mm, Agregat Kasar 20mm – 25 mm

BGGBFSB 60= Komposisi Pasta Slag 60%, Perbandingan Agregat Kasar 15mm – 20 mm, Agregat Kasar 20mm – 25 mm

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian di laboratorium sesuai dengan data-data studi pustaka Standar Nasional Indonesia. Tata cara perencanaan beton dengan Metode **ACI** (*American Concrete Institute*), yang di tambahkan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (**GGBFS**) dan superplasticizer ini dapat digunakan untuk menentukan proporsi campuran semen beton normal dan untuk mengoptimasi campuran tersebut berdasarkan campuran coba.

Metode ACI (American Concrete Institute) 211.1-91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavy weight and Mass Concrete (Reapproved 2002) mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan kekuatan dan pekerjaan beton. Cara **ACI** melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (*workability*).

Sampel yang dibuat adalah beton keras dengan perbandingan komposisi campuran yang didapat sebelumnya dari hasil mix design beton normal mutu tinggi yaitu dengan besar kuat tekan f_c' 30 MPa dengan metode perancangan *American Concrete Institute (ACI)* yang kemudian ditambah dengan bahan *Ground Granulated Blast Furnace Slag dan Additive Concrete (Sika Viscocrete - 8088)*. Tata cara ini berlaku untuk beton mutu normal yang diproduksi dengan menggunakan bahan dan metode produksi konvensional. Jumlah benda uji kuat belah 15 buah ukuran Silinder 150 mm x 300 mm, di maksudkan agar dalam pengujian ini kita dapat melakukan penghematan dari segi volume beton atau benda uji yang otomatis berujung pada penghematan bahan baku, waktu dan biaya. Oleh karena itu, pembuatan adukan beton harus didasarkan perbandingan berat, yang dihitung dengan suatu metode perhitungan baku dengan memperhatikan karakteristik setiap bahan penyusunnya, sebagaimana diatur dalam **SNI 03-2834-1993**. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh beton sebagai berikut :

- a. Memenuhi kuat tekan minimal yang di syaratkan
- b. Kekentalan yang sesuai sehingga beton mudah diaduk, dituang, dipadatkan dan diratakan
- c. Tahan lama atau awet
- d. Tahan aus
- e. Ekonomis

3.2 Variabel & Parameter

Sifat fisik (*physical properties*) material yang mesti ditentukan terlebih dahulu melalui uji lab.

1. Gradasi agregat kasar dan halus melalui analisa saringan
2. *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Curah) dalam kondisi **SSD** (*Saturated Surface Dry*).
3. Penyerapan Air (*Absorpsi*) agregat kasar dan halus kondisi **SSD**.
4. *Dry Rodded Unit Weight* (Berat Isi Kering) agregat kasar.
5. *Apparent Specific Gravity* (Berat Jenis Semua) dari Semen Portland.

3.3 Lokasi Penelitian

Seluruh penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil. Universitas Sangga Buana YPKP Bandung Jl. PHH Mustofa No. 68 Bandung.

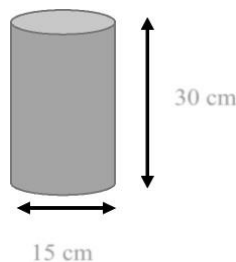
3.4 Jenis Benda Uji

Benda uji yang akan digunakan adalah cetakan berbentuk Silinder dengan ukuran 150x300 mm.

$$\text{Volume silinder} = 0,25 \times 3,14 \times 15 \times 15 \times 30 = 0.005298 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah Benda Uji} = 15 \text{ buah}$$

$$\text{Volume Total} = 0.07947 \text{ m}^3$$



Gambar 3.2 Benda Uji Kuat Tekan Beton & Uji Belah

3.5 Bahan Baku dan Peralatan

3.5.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk sampel beton pada penelitian ini adalah

1. Semen *Portland* (PC)

Semen *Portland* harus memenuhi SNI 15-2049-1994 tentang Mutu dan Cara Uji Semen Portland. Semen yang dipakai adalah Tipe I semen (PC) Gresik. Kemasan 50 kg.



Gambar 3.3 Semen Portland Gresik

2. Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar dengan ukuran kurang lebih 1-2,5 cm



Gambar 3.4 Agregat Kasar (Kerikil)

3. Agregat Halus (Pasir)

Agregat pasir yang digunakan adalah pasir beton galunggung dan sebelum melakukan pembuatan beton dilakukan penyaringan untuk menentukan zona pasir dan kandungan lumpurnya.



Gambar 3.5 Agregat Halus (Pasir)

4. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Secara visual air tampak jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.

5. Concrete Additive (SikaViscocrete)

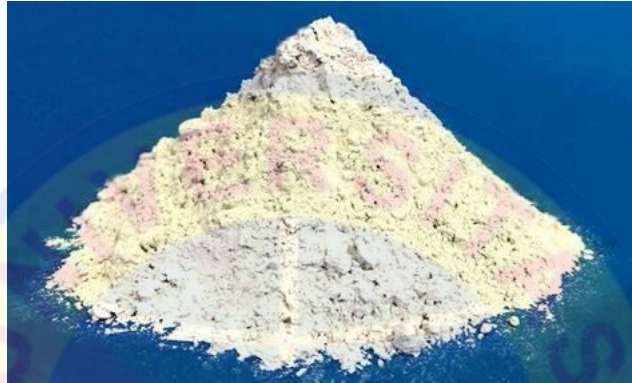
Additive yang digunakan berupa bahan kimia cair (*Sikacim*) yang dibeli dari Depo Bangunan Soekarno Hatta.



Gambar 3.6 Concrete Additive (SikaViscocrete)

6. *Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)*

Granulated Blast Furnace Slag berbentuk butiran merupakan hasil residu pembakaran tanur (furnace) dari proses pemurnian baja atau produk samping dari pabrik baja seperti PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. I - 2 Unsur pembentuk granulated blast furnace slag adalah kapur, silica dan alumina.



Gambar 3.7 Granulated Blast Furnace Slag

3.5.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan beton adalah

1. Timbangan Saringan / Ayakan
2. Wadah pencampur beton (ember)
3. Cetakan Silinder Ukuran 150 x 300 mm
4. Kerucut Abrams, Plat Baja & Tongkat Pematik
5. Meteran
6. Sendok Semen
7. Oven dengan Pengatur Suhu
8. Palu Karet.

3.6 Standar Pengujian

Penelitian Laboratorium yang dilakukan adalah :

1. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat dasar material pembentuk beton, yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus.
2. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat beton pada fase plastis, yaitu perubahan nilai slump.

3. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat beton pada fase kersa atau padat, yaitu kekuatan tekan beban benda uji beton silinder dengan dimensi 15 x 30 mm cm pada umur 7 hari.

3.7 Standar dan Alat Pengujian

Standar yang digunakan dalam pemeriksaan dan pengujian agregat kasar adalah standar **SNI (Standar Nasional Indonesia)**. Berikut beberapa standar yang dipergunakan dalam pengujian yang tertera pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Standar Pengujian Beton

Pengujian	Metoda Pengujian
Uji saringan agregat kasar dan halus	ASTM-C136
Uji berat jenis dan penyerapan agregat kasar	ASTM-C128
Uji berat jenis dan penyerapan agregat halus	ASTM-C128
Uji berat isi tanah	ASTM-29
Metode pengujian slump beton	SNI - 03 - 1972 - 1990
Metode pengujian pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium	SNI - 03 - 2493 - 1991
Pengujian kuat tekan beton	SNI - 03 - 1974 - 1990

3.8 Tahapan Pengujian Material Agregat Kasar

Pengujian material dilakukan untuk mendapatkan mix design. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik yang terdapat dalam material tersebut sesuai dengan peraturan. Agregat kasar yang digunakan adalah batu kerikil yang tersedia di laboratorium Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian material penyusun beton.

3.8.1 Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar

Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat dilakukan untuk menentukan bagian butir (gradasi) agregat. Distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton.

a. Peralatan

1. Timbangan/Neraca dengan ketelitian 0.01 gram.

2. Saringan-saringan (*sieve*) ayakan yang digunakan terdiri dari beberapa ukuran. Ukuran untuk agregat kasar 37.5 mm; 31.5 mm; 25 mm; 19.5 mm; 12.5 mm; 9.5 mm; dan pan
 3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
 4. Mesin pengguncang saringan (*Sieve Shaker*)
 5. Cawan
 6. Kuas pembersih
 7. Sikat Tembaga
 8. Sendok Pasir
 9. Ember
- b. Bahan
1. Agregat Kasar
- c. Prosedur Pengujian

Penelitian laboratorium yang dilakukan adalah :

1. Saringan dan pan yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian masing-masing saringan ditimbang. Kemudian disusun sesuai standar.
2. Bahan atau benda uji dikeringkan dalam oven $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, setelah kering tanah diambil dan bagian yang menggumpal di buyarkan kemudian ditimbang.
3. Masukkan benda uji ke saringan yang telah disusun. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar di atas sampai paling kecil di bawah. Kemudian ditutup dan penjepit susunan saringan dikencangkan.
4. Getarkan mesin penggetar ± 15 menit, kemudian mesin dimatikan dan biarkan 5 menit untuk pengendapan debu-debu di dalamnya.
5. Pisahkan benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan
6. Timbang dan catat benda uji yang dipisahkan
7. Catat hasil pengujian saringan dalam daftar tabel.

3.8.2 Analisis Specific-Gravity (Berat Jenis) dan Penyerapan Air

a. Peralatan

1. Timbangan/ Neraca yang mempunyai kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
2. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
3. Ram kawat / Keranjang kawat dengan ukuran saringan No.6 (3,35 mm) atau saringan No.8 (2,36 mm) dengan kapasitas kurang dari 5 kg.
4. Tempat untuk menampung air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa agar permukaan air tidak berkurang.
5. Alat pemisah contoh : saringan No. 4 (4.75 mm).

b. Bahan

1. Agregat Kasar

c. Prosedur Pengujian

1. Bersihkan benda uji dengan mencucinya agar debu dan bahan lainnya yang melekat pada permukaan hilang.
2. Keringkan benda uji dengan dimasukkan kedalam oven pada suhu ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$) sampai berat tetap, dengan catatan bila penyerapan dan nilai berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven.
3. Dinginkan benda uji pada suhu kamar kurang lebih selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (**Bk**);
4. Rendam benda uji didalam air pada suhu kamar selama 24+4 jam;
5. Keringkan benda uji sampai kering permukaan (**SSD**) hingga selaput air pada permukaan hilang menggunakan handuk. Untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu;
6. Timbang benda uji yang sudah kering permukaan jenuh (**Bj**);
7. Benda uji dimasukkan kembali ke dalam keranjang dan direndam kembali. Goyang-goyang keranjang untuk melepas udara yang

terperangkap dalam air kemudian dalam posisi terendam timbang berat benda uji tersebut (**Ba**) dan ukura suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar 25°C;

8. Benda uji dikeluarkan kembali dan keringkan, setelah kering timbang kembali benda uji dan hitung berat benda uji kondisi kering.
9. Catatan : Banyak jenis bahan campuran yang mempunyai bagian butir-butir berat dan ringan, bahan sejenis ini memerlukan harga-harga berat jenis yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan sangat berhati-hati, dalam hal ini beberapa pemeriksaan ulangan diperlukan untuk mendapatkan harga rata-rata yang memuaskan.

d. Perhitungan

Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar diberikan sebagai berikut :

1. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*) :

$$\frac{B_k}{B_j - B_a}$$

2. Berat jenis kering – permukaan jenuh (*saturated surface dry*) :

$$\frac{B_i}{B_i - B_a}$$

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) :

$$\frac{B_k}{B_k - B_a}$$

4. Penyerapan (*Absorpsi*) :

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering oven, dalam gram.

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram.

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, dalam gram.

3.8.3 Analisa Berat Isi Volume Agregat Kasar

Pemeriksaan berat volume agregat untuk perbandingan antara berat material kering dengan volume. Untuk mengetahui berat volume dalam kondisi “SSD” (*Saturated Surface Dry*).

a. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat material
2. Batang pemadat berdiameter 15mm dan panjang 60cm dengan ujung yang bulat
3. Sekop
4. Mistar perata
5. Wadah *silinder* di sertai pegangan

b. Bahan

1. Agregat Kasar (Kerikil)

c. Prosedur Pengujian

1. Timbang dan catatlah berat wadah *silinder*.
2. Masukkan agregat setengah wadah cetakan silinder tusuk 25 kali secara merata, lakukan perlakuan ini sampai 2 kali pengisian.
3. Ratakan permukaan wadah cetakan dengan mistar perata
4. Timbang dan catat berat wadah cetakan beserta isi
5. Hitung volume agregat dan kadar air sesuai **SNI**.

d. Perhitungan

1. Berat Isi

$$I = \frac{B2 - B1}{V}$$

2. Berat Isi Kering

Keterangan :
$$Id = \frac{r - 100}{100 + W}$$

I = Berat isi tanah (kN/m³)

B1 = Berat cetakan benda uji (kN)

B2 = Berat cetakan + benda uji (kN)

V = Volume Agregat (m³)

Id = Berat isi kering (kN/m³)

W = Kadar air (%) dihitung sesuai dengan metode pengujian kadar air tanah (SNI – 1965 – 1990 – F).

3.8.4 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Referensi :

SNI 03-1973-1990, Metoda pengujian bobot isi agregat

SNI 03-3676-1999, Metoda pengujian berat isi agregat

Tujuan :

Menentukan berat isi atau bobot isi agregat kasar dan serta agregat halus. Agregat halus dalam kondisi lepas dan padat.

a. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1%
2. Batang Pemasat
3. Cetakan
4. Alat Perata
5. Sendok Sekop
6. Spliter
7. Kuas
8. Ember
9. Nampan

Catatan : Contoh agregat dikeringkan diudara, lalu dicampur rata. Kemudian contoh agregat diambil sebagian, pengambilan contoh benda uji dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

- Cara *Quartering*

Contoh agregat diaduk dan dionggokan menyerupai bukit berbentuk lingkaran. Lingkaran ini dibagi empat, dua bagian yang berhadapan dicampur dan yang lainnya dipisahkan. Pekerjaan ini dilakukan beberapa kali sehingga didapatkan jumlah contoh yang cukup untuk percobaan bobot isi padat dan gembur agregat kasar dan agregat halus.

- Cara *Riffle Sample*

Contoh agregat diaduk dan dimasukkan kedalam *Riffle Sampler*, dimana alat ini dengan sendirinya membagi contoh agregat menjadi dua bagian. Terhadap salah satu bagian dilakukan pemisahan dengan *Riffle Sampler* lagi. Pekerjaan ini dilakukan sehingga dicapai jumlah contoh yang cukup untuk percobaan bobot isi padat dan gembur agregat kasar dan agregat halus.

b. Bahan

- Agregat Kasar

c. Prosedur Pengujian

- Timbang berat cetakan (W_c) yang telah diketahui volumenya (V_c)
- Masukkan campuran agregat dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas container dengann menggunakan sendok / sekop sampai penuh.
- Ratakan permukaan cetakann dengan alat perata
- Timbang berat cetakan + isi = W_{cac}

Perhitungan

$$\text{Bobot isi} = W_{cac} - W_c \text{ (gr/ cm}^3\text{)} / V_c$$

d. Bobot isi padat :

- Ambil cetakan isi , untuk agregat kasar volumenya 7.115 L, sedangkan untuk agregat halus volumenya 2.642 L
- Timbang cetakan (c) + Tutupnya.
- Masukkan campuran agregat kedalam cetakan tersebut $\pm 1/2$ bagian lalu tusuk-tusuk dengan batang pemadat sebanyak 25 kali.
- Ulangi hal yang sama untuk lapisan kedua dan ketiga.
- Untuk lapisan terakhir, masukan campuran agregat kasar sehingga melebihi permukaan atas cetakan (sampai meluap) lalu tusuk-tusuk kembali sebanyak 25 kali.
- Ratakan permukaan campuran agregat dengan alat perata.
- Untuk agregat yang besar, ambil kelebihan agregat atur sedemikian rupa sehingga volume agregat yang berada di atas batas cetkan kurnag lebih sama dengan volume rongga permukaan.
- Timbang wadah + isi = W_{cac} .
- Perhitungan = $W_{cac} - W_c \text{ (gr/ cm}^3\text{)} / V_c$.

3.8.5 Pengujian Kadar Lumpur

Referensi :

PBI 1971 : Tentang Persyaratan Kadar Lumpur Agregat Halus dan Kasar Lolos Saringan No.200.

SNI 03-4142-1996 : Metoda pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200.

Tujuan :

Untuk menentukan atau mengetahui kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus dan kasar dengan cara laboratorium.

a. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari agregat.
2. Saringan No. 16 dan No. 200
3. Oven dengan pengatur suhu (110 ± 5)°c
4. Wadah yang cukup besar untuk pencuci pasir
5. Cawan untuk mengeringkan agregat
6. Ember
7. Alat Pembagi Contoh (*Riffler Sampler*)

b. Bahan

1. Agregat halus dengan berat 1000 gr
2. Agregat kasar kering oven dengan berat 1500 gr dengan besar butir maksimum 9.6 mm.
3. Air Bersih

c. Prosedur Pengujian

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan dan pastikan semua dalam kondisi baik..
2. Timbang cawan yang akan digunakan.
3. Bagi agregat masukan benda uji ke dalam cawan kemudian timbang beratnya.
4. Keringkan ke dalam oven hingga mencapai berat tetap.
5. Masukan agregat kering oven dengan berat volume tertentu (W1) kedalam cawan dan tuangkan air bersih kedalamnya hingga agregat terendam.
6. Aduk agregat agar terpisah dari bagian-bagian yang halus (lumpur) lalu tuangkan suspensi yang keliatan keruh tersebut dengan perlahan-lahan kedalam susunan ayakan No. 16 dan No.200.

7. Ulangi langkah 3, 4 dan 5 diatas beberapa kali sampai air cucian (bilasan) dalam cawan / ember nampak jernih.
8. Bilas butira-butrian yang tertinggal diatas beberapa kali sampai air dicucian (bilasan) dalam cawan / ember nampak jernih.
9. Bilas butiran-butiran yang tertinggal diatas susunan ayakan hingga air bilasan nampak jernih.
10. Tampung butiran-butiran yang tertinggal di atas ayakan dan cawan / ember, lalu keringkan butiran / agregat tersebut dalam oven dengan suhu 110 ± 5 °c sampai berat tetap.
11. Agregat halus / kasar yang sudah dicuci lalu di oven.

d. Perhitungan

$$\text{Nilai bahan lolos No.200} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Dimana

W1 = Berat benda uji sebelum dicuci kering oven (Gr)

W2 = Berat Benda Uji Tertahan No.200 setelah dicuci kering oven (Gr)

3.9 Tahapan Pengujian Material Agregat Halus

Pengujian material dilakukan untuk mendapatkan mix design. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik yang terdapat dalam material tersebut sesuai dengan peraturan. Agregat kasar yang digunakan adalah batu kerikil yang tersedia di labolatorium Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian material penyusun beton.

3.9.1 Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus

Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat dilakukan untuk menentukan bagian butir (gradasi) agregat. Distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton.

a. Peralatan

1. Timbangan/Neraca dengan ketelitian 0.01 gram.
2. Saringan-saringan (*sieve*) ayakan yang digunakan terdiri dari beberapa ukuran. Ukuran untuk agregat halus 4.75 mm; 2.36 mm; 1.18 mm; 0.6 mm; 0.3 mm; 0.15 mm; 0.075 mm dan Pan.

3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
 4. Mesin pengguncang saringan (*Sieve Shaker*).
 5. Cawan.
 6. Kuas pembersih.
 7. Sikat Tembaga.
 8. Sendok Pasir.
 9. Ember.
- b. Bahan
1. Agregat Halus
- c. Prosedur Pengujian
- Penelitian laboratorium yang dilakukan adalah :
1. Saringan dan pan yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian masing-masing saringan ditimbang. Kemudian disusun sesuai standar.
 2. Bahan atau benda uji dikeringkan dalam oven $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, setelah kering tanah diambil dan bagian yang menggumpal di buyarkan kemudian ditimbang.
 3. Masukkan benda uji ke saringan yang telah disusun. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar di atas sampai paling kecil di bawah. Kemudian ditutup dan penjepit susunan saringan dikencangkan.
 4. Getarkan mesin penggetar ± 15 menit, kemudian mesin dimatikan dan biarkan 5 menit untuk pengendapan debu-debu di dalamnya.
 5. Pisahkan benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan
 6. Timbang dan catat benda uji yang dipisahkan.

3.9.2 Analisis Specific-Gravity (Berat Jenis) dan Penyerapan Air

a. Peralatan

1. Timbangan/ Neraca yang mempunyai kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gr.
2. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
3. Saringan No.4 (4,75 mm)
4. Piknometer dengan kapasitas 500 ml

5. Kerucut terpancung, diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
 6. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm
 7. Talam
 8. Pengukuran suhu dengan keterlitan pembacaan 1°C
 9. Bejana tempat air
 10. Pompa hampa udara atau tungku
 11. Desikator
- b. Bahan
1. Agregat halus
- c. Prosedur Pengujian
1. Adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1% dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam air selama (24 ± 4) jam
 2. Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, terbarkan agregat diatas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
 3. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak
 4. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil di guncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya; untuk mempercepat proses ini dapat dipergunakan pompa hampa udara,

tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.

5. Rendam piknometer dalam air dan ukuran suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C
6. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas
7. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (**Bt**).
8. Keluarkan benda uji keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5°C) sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator
9. Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (**Bk**).
10. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air gunakan penyesuaian dengan suhu standar 25°C.

d. Perhitungan

Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar diberikan sebagai berikut :

1. Berat jenis curah (bulk specific gravity) :

$$\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$$

2. Berat jenis kering – permukaan jenuh (saturated surface dry) :

$$\frac{500}{B + 500 - Bt}$$

3. Berat jenis semu (apparent specific gravity) :

$$\frac{Bk}{B + Bk - B}$$

4. Penyerapan (Absorpsi) :

$$\frac{(500 - Bk)}{Bk}$$

$\times 100\%$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven, dalam gram.

B = Berat piknometer berisi air, dalam gram

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram.

3.9.3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Untuk menyeragamkan dan mendapatkan nilai berat isi agregat dengan cetakan benda uji

a. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1%
2. Batang Pemas
3. Cetakan Benda Uji
4. Alat Perata
5. Sendok Sekop
6. Spliter
7. Kuas
8. Ember
9. Nampan

b. Bahan

1. Agregat Halus

c. Prosedur Pengujian

1. Siapkan peralatan yang akan digunakan dan siapkan benda uji
2. Menimbang berat cetakan
3. Masukkan benda uji kedalam cetakan
4. Hitung isi cetakan
5. Timbang cetakan beserta benda ujinya
6. Hitung kadar air sesuai dengan SNI
7. Bobot isi padat

d. Perhitungan :

$$I = \frac{(B_2 - B_1)}{V}$$

$$\frac{(r \times 100)}{(100 + w)}$$

Id =

Keterangan :

R = Berat Isi Tanah (Kn/M³)

B1 = Berat Cetakan Benda Uji (Kn)

B2 = Berat Cetakan + Benda Uji (Kn)

V = Volume Tanah (M3)

Rd = Berat Isi Kering (Kn/M3)

W = Kadar Air (%) Dihitung Sesuai Dengan Metode Pengujian Kadar Air Tanah (SNI-1965-1990 F)

3.10 Tahapan Pembuatan Benda Uji

3.10.1 Tahapan Penimbangan Material

a. Alat

1. Timbangan
2. Ember atau Wadah untuk bahan

b. Bahan

1. Agregat Kasar
2. Agregat Halus
3. Semen
4. Silica fume
5. Air
6. *Additive Concrete (SikaViscocrete)*

c. Tahapan

Menakar seluruh bahan yang digunakan dalam pembuatan beton sesuai dengan mix desain dan menimbang bahan-bahan tersebut agar sesuai dengan yang dibuat. Timbangan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah timbangan digital. Penggunaan timbangan digital dapat meminimalisasi kesalahan dan mengefektifkan waktu. Angka yang ditunjukkan pada timbangan digital mendekati akurat dalam penakaran material.

3.10.2 Tahapan Pengadukan Beton Segar

a. Alat

1. Alas Baja
2. Sekop
3. Pacul
4. Ember

b. Bahan

1. Agregat asar

2. Agregat Halus
 3. Semen
 4. Silica Fume
 5. Air
 6. *Additive Concrete (Sika Viscocrete)*
- c. Tahapan

Dalam pengadukan beton menggunakan alat mesin pengadukan campuran beton selama penelitian. Langkah-langkah dalam proses pengadukan menggunakan mesin pengaduk adalah sebagai berikut :

1. Siapkan agregat-agregat yang akan diaduk.
2. Masukkan agregat halus dan semen terlebih dahulu dan memutar mesin pengaduk.
3. Masukkan agregat kasar dan putar kembali sampai campuran merata
4. Masukkan air sedikit demi sedikit sampai 50% air yang akan dimasukkan dan putar mesin pengaduk dengan tenaga mesin.
5. Setelah campuran tersebut sudah keliatan tidak kering lagi, masukan sisa air berikutnya sedikit demi sedikit dan aduk kembali hingga rata sampai campuran terlihat homogen.

3.10.3 Tahapan Tes Slump Beton dengan Kerucut Abrams

- a. Alat
1. Kerucut Abrams
 2. Batang penusuk berdiameter 16 mm, panjang 600 dan memiliki ujung berbentuk bola.
 3. Penggaris atau alat ukur kerucut abram
 4. Plat baja untuk alat test slump
- b. Bahan
1. Adukan beton
 2. Tahapan
 - a. Menyediakan alat-alat slump test. Kemudian menuangkan beton segar kedalam cetakan kerucut sebanyak $\frac{1}{3}$ dari tinggi kerucut tersebut.

- b. Kemudian melakukan penusukan atau pemadatan terhadap beton sebanyak 25 kali tusukan. Lakukan kembali pemasukan beton segar kemudian ditusuk-tusuk lagi. Lakukan sampai cetakan kerucut penuh.
- c. Setelah penuh beton diratakan bagian atasnya, dan angkat tabung kerucut secara vertikal tanpa adanya gerakan horizontal. Dengan waktu tidak lebih dari $5 \pm$ detik.
- d. Kemudian letakan tabung kerucut disamping beton yang tumpah dan penusuk tepat di atasnya.
- e. Ukur dengan meteran dari puncak coran ke tiang penusuk. Hasil pengukuran adalah nilai slump dari coran tersebut. Apabila nilai slump memenuhi syarat maka coran beton bisa di gunakan.
- f. Selesaikan seluruh pekerjaan dari awal sampai akhir dengan waktu tidak lebih dari 2,5 menit.

3.10.4 Tahapan Pemeriksaan Berat Isi Beton

- a. Alat
 1. Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari agregat.
 2. Batang penusuk berdiameter 16 mm, panjang 600 mm dan memiliki ujung berbentuk bola.
 3. Alat perata.
 4. Palu karet.
 5. Wadah ukur berbentuk silinder
- b. Bahan
 1. Adukan beton
- c. Tahapan
 1. Timbang dan catatlah wadah ukur silinder
 2. Masukkan beton segar $1/2$ dari silinder, kemudian lakukan penusukan sebanyak 25 kali. Penusukan tidak boleh mengenai wadah silinder.
 3. Lakukan kegiatan tersebut sampai 2x kemudian ratakan permukaan wadah.

4. Ketuk-ketuk wadah dengan palu karet agar gelembung-gelembung udara dapat keluar.
5. Timbang dan catat beton segar beserta wadah ukur.

3.10.5 Tahapan Penuangan dan Pematatan Beton Segar

a. Alat

1. Cetakan silinder ukuran 15x30 cm
2. Batang penusuk berdiameter 16 mm, panjang 600 mm dan memiliki ujung berbentuk bola.
3. Alat perata
4. Palu karet

b. Bahan

1. Adukan beton

c. Tahapan

1. Masukkan adukan beton kedalam silinder. Masukkan adukan beton sebanyak 2x, 1/2 dari silinder.
2. Setiap lapisan lakukan penusukan seperti uji slump test sebanyak 25 kali secara merata.
3. Setelah tiap lapisan ditusuk, bagian luar silinder diketok menggunakan palu karet sebanyak 10 sampai 15 kali secara pelan-pelan untuk merapatkan lubang akibat tumbukan dan untuk mengeluarkan udara yang terperangkap.
4. Setelah silinder terisi penuh, ratakan permukaannya dan bersihkan silinder.

3.11 Tahapan Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dapat dilakukan dengan perendaman dan juga dapat dengan menutupi beton dengan goni basah, namun harus di ingat kalau menggunakan goni basah bahwa goni harus tetap selalu dijaga agar tetap basah. Perawatan benda uji dilakukan untuk menghindari penguapan air pada benda uji.

Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut :

- a. Setelah 24 jam dari beton dibuat maka cetakan beton dibuka, lalu dilakukan perendaman terhadap sampel beton tersebut.

- b. Perendaman dilakukan sampai umur beton 7 hari didalam air biasa
- c. Perendaman dilakukan didalam air biasa.

3.12 Tahapan Pengujian Kuat Tarik belah Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7 hari setelah perendaman di dalam air.

- a. Alat
 - 1. Timbangan
 - 2. **UTM** (*Universal Testing Machine*) sebagai alat penguji kuat belah
- b. Bahan
 - 1. Beton yang telah di rendam
- c. Tahapan
 - 1. Silinder beton diangkat dari rendaman, kemudian keringkan selama 24 jam.
 - 2. Menimbang dan mencatat berat sampel beton.
 - 3. Meletakkan sampel beton diatas alat penguji, lalu menghidupkan mesin dan lakukan pembebanan secara perlahan.
 - 4. Lakukan pembebanan sampai beton hancur.
 - 5. Mencatat hasil beban maksimum.

3.13 Perancangan Beton $f_c' 30$ Mpa

Beton yang akan diuji memiliki kekuatan tekan (f_c') sebesar 30 Mpa. Perancangan beton $f_c' 30$ Mpa menggunakan metode *American Concrete Institute (ACI)*. Langkah-langkah perancangan beton metode **ACI** adalah sebagai berikut :

- 1. Menghitung Rata- Rata Kuat Tekan Berdasarkan Margin
- 2. Pemilihan Slump
- 3. Pemilihan Ukuran Maksimum Agregat Kasar
- 4. Estimasi Kebutuhan Air Pencampuran dan Kandungan Udara
- 5. Pemilihan Nilai dan Perbandingan Air-Semen (w/c)
- 6. Perhitungan Kandungan Semen
- 7. Estimasi Kandungan Agregat Kasar
- 8. Estimasi Kandungan Agregat Halus
- 9. Koreksi Kandungan Air Agregat

3.13.1 Hitung Kuat Tekan Rata-rata Beton, Berdasarkan Kuat Tekan dan Margin $f'_{cr} = m + f_c$

- Nilai margin dihitung dengan rumus $m = 1,64 \times S_d$
- Standar Deviasi (SD) diambil dari data yang lalu, jika tidak ada diambil dari tabel 3.3 berdasarkan mutu pelaksanaan yang diinginkan.

Tabel 3.3 Nilai Standar Deviasi Menurut ACI

Volume Pekerjaan	Mutu Pelaksanaan (Mpa)		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000 m ³)	4,5 < sd <5,5	5,5 < sd <6,5	6,5 < sd <8,5
Sedang (1000-3000 m ³)	3,5 < sd <4,5	4,5 < sd <5,5	5,5 < sd <7,5
Besar (>3000 m ³)	2,5 < sd <3,5	3,5 < sd <4,5	4,5 < sd <6,5

Sumber : Tri Mulyono (2003 : 161)

Tabel 3.4 Mutu Beton

Mutu Beton f_c (Mpa)
fc 12.35 Mpa
fc 14.53 Mpa
fc 16.60 Mpa
fc 18.68 Mpa
fc 20.75 Mpa
fc 22.83 Mpa
fc 24.90 Mpa
fc 26.97 Mpa
fc 29.05 Mpa
fc 33.20 Mpa
fc 37.35 Mpa
fc 41.50 Mpa

Sumber : Tri Mulyono

3.13.2 Tetapkan Nilai Slump

- Nilai slump ditentukan atau dapat mengambil dari data Tabel 3.5
- Slump yang di tentukan = 100 mm

Tabel 3.5 Slump yang di syaratkan untuk Berbagai Konstruksi Menurut ACI

Jenis Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum*	Minimum
Dinding penahan dan Pondasi	75	25
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding sub struktur	75	25

Balok dan Dinding Beton	100	25
Kolom Struktural	100	25
Perkerasan dan Slab	75	25
Beton massal	75	25

Sumber : Tri Mulyono (2003 : 161) & ACI 211.1-91

*) Dapat ditambahkan sebesar 25 mm untuk pekerjaan beton yang tidak menggunakan vibrator, tetapi menggunakan metode konsolidasi.

3.13.3 Pemilihan Ukuran Maksimum Agregat Kasar & Estimasi Kebutuhan Air Pencampur

- Pemilihan Ukuran Maksimum Agregat Kasar
- Ukuran maksimum agregat kasar : 19 - 25 mm

Tabel 3.6 nominal Maximum Size Of Aggregate Recommended For Various Types Of Construction

Features	Nominal maximum size, in. (mm)
Sections over $7\frac{1}{2}$ in. (190 mm) wide. And in which the clear distance between reinforcement bars is at least $2\frac{1}{4}$ in. (57 mm).	$\frac{1}{12}$ (37.5)
Unreinforced section over 12 in. (300 mm) wide, in which the clear distance between reinforcement bars is over 6 in (150 mm) and under 10 in (250 mm).	3 (75)
Massive sections in which the clear distance between reinforcement bars is at least 10 in. (250 mm) and for which suitable provision is made for placing concrete containing the larger sizes of aggregate without producing rock packets or other undesirable conditions.	6 (150)

- Air pencampuran : 205 kg/m³
- Perkiraan udara terperangkap : 1%

Tetapkan jumlah air yang dibutuhkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump, dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum

Slump (mm)	Air (lt/m ³)							
	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
25,4 s/d 50	207	199	190	179	166	154	130	114
75 s/d 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 s/d 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Mendekati jumlah kandungan udara dalam beton air-entrained (%)								
25,4 s/d 50,8	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
76,2 s/d 127	181	175	168	160	150	142	122	107
152,4 s/d 177,8	202	193	184	175	165	157	133	119
Kandungan udara total rata-rata yang disetujui (%)	216	205	197	184	174	166	154	-
Diekspose sedikit								
Diekspose menengah	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Sangat diekspose	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Sumber : ACI 211.1-91 Tabel A1.5.3.3

- Kuat tekan karakteristik (f_c') : 30
- Standar deviasi : 4,5 MPa
- Kuat tekan rata-rata : $30\text{Mpa} + (1.64 \times 4,5 \text{ Mpa}) = 37,38\text{Mpa}$

Keterangan :

- a. Banyaknya air campuran disini dipakai untuk menghitung faktor air semen untuk suatu campuran percobaan (trial batch). Harga-harga ini adalah maksimal butirnya 1.5 in (40 mm), untuk suatu agregat kasar bentuk dan gradasinya cukup baik dan dalam batas yang diterima oleh spesifikasi.
- b. Nilai slump untuk beton yang mengandung agregat dengan ukuran maksimum 1.5 inch (38.1 mm atau 40 mm) ini adalah berdasarkan percobaan-percobaan yang dibuat setelah membuang partikel agregat yang lebih besar dari 38 atau 40 mm.
- c. Banyaknya air campuran disini dipakai untuk menghitung faktor air semen untuk suatu campuran percobaan (trial batch). Jika di gunakan butiran maksimum agregat 3 inch (76.2 mm) atau 6 inch (152.4 mm). Harga-harga ini adalah maksimal untuk suatu agregat kasar bentuk dan gradasinya cukup baik dari halus sampai kasar.

- d. Rekomendasi lainnya tentang kandungan air dan toleransi yang diperlukan untuk kontrol dilapangan tercantum dalam sejumlah dokumen **ACI**, seperti **ACI 201, 345, 318, 301 dan 302**. Batas-batas kandungan air dalam beton juga diberikan oleh **ASTM C-94** untuk beton *ready mix*. Persyaratan-persyaratan ini bisa saja tidak sama untuk masing-masing peraturan, sehingga perancangan beton perlu ditinjau lebih lanjut dalam menentukan kandungan air yang memenuhi syarat untuk pekerjaan yang juga memenuhi syarat peraturan.
- e. Untuk beton yang menggunakan agregat lebih besar dari 1.5 inch (40 mm) dan tertahan di atasnya, presentase udara yang diharapkan pada 1.5 inch, dikurangi material ditabelkan dikolom 38.1. Akan tetapi, dalam perhitungan komposisi awal seharusnya kandungan udara juga ada sebagai suatu persen keseluruhan.
- f. Harga-harga ini berdasarkan kriteria 9% udara yang diperlukan pada *fase mortar*. Jika *volume mortar* sangat berbeda dengan yang ditentukan dalam rekomendasi praktis ini, besarnya dapat dihitung dengan mengambil 9% dari *volume mortar* sesungguhnya.

3.13.4 Tetapkan nilai faktor air semen (FAS) berdasarkan Tabel 3.8

Tabel 3.8 Hubungan antara rasio semen air dan kuat tekan beton (SI)

Kekuatan Tekan 28 hari (Mpa)	FAS	
	Beton Non Air - entrained	Beton Air Entrained
50	0,36	-
40	0,41	-
35	0,48	0,39
30	0,57	0,45
25	0,68	0,52
20	0,62	0,60
15	0,79	0,7

Sumber : ACI 211.1-91 Table A1.5.3.4(a)

*Apabila nilai kuat tekan berada diantara nilai yang diberikan maka dilakukan interpolasi.

- Dari tabel A1.5.3.4 (a) Nilai Maksimum w/c yang ditentukan oleh kuat tekan vs jenis beton diperoleh :
- Ratio air-semen (w/c) : 0.45

3.13.5 Hitung jumlah semen yang diperlukan dari langkah 3 dan 4, dengan cara jumlah air dibagi FAS.

$$W/C = \frac{205}{0,45} = 455,5 = 455 \text{ Kg}$$

3.13.6 Tetapkan volume agregat kasar berdasarkan agregat maksimum dan modulus halus butir (MHB) agregat halus sehingga didapat persen agregat kasar ada pada Tabel 3.9.

Jika nilai Modulus Halus berada di antaranya maka di lakukan interpolasi. Volume agregat kasar = persen agregat kasar dikalikan dengan berat kering agregat kasar.

Tabel 3.9 Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton , Metode ACI

Ukuran Agregat Maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering persatuan volume untuk berbagai modulus halus butir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber : ACI 211.1.91 Table A1.5.3.6

- a. Apabila nilai modulus halus butirnya berada diantaranya, maka dilakukan interpolasi.

Berdasarkan Tabel 3.7

$$MHB = 2,6$$

$$\text{Ukuran Maksimum Agregat} = 19 - 25 \text{ mm}$$

$$\text{Didapat nilai} = 0,69$$

$$\text{Berat kering agregat kasar} = 1420 \text{ Kg/m}^3$$

- b. Volume agregat kasar = Persen agregat kasar x berat kering agregat kasar

$$\text{Berat Agregat Kasar} = 0,68 \times 1420 \text{ kg/m}^3$$

$$= 979,8 \text{ kg/m}^3$$

3.13.7 Estimasikan berat awal beton segar berdasarkan Tabel 3.10

Tabel 3.10 Berat Beton Segar

Ukuran Agregat Maksimum (mm)	Beton NonAir Entrained	Beton Air Entrained
9,5	2,280	2,200
12,5	2,310	2,230
19	2,345	2,275
25	2,380	2,290
37.5	2,410	2,350
50	2,445	2,345
75	2,490	2,405
150	2,530	2,435

Sumber : ACI 211.1.91 Table A1.5.3.7.1

- Dari table A1.5.3.7 Estimasi Massa Beton ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat untuk kondisi air entrained diperoleh :
- Total massa beton : 2282,5kg

3.13.8 Hitunglah Agregat Halus

Agregat halus dapat dihitung dengan 2 cara yaitu :

1. Berat Agregat Halus Berdasarkan Massa :

Berat Beton Segar – (Berat Air + Berat Semen + Berat Agregat Kasar)

- Berdasarkan massa.

Air : 205 kg

(Dari Langkah..... 3)

Semen : 455kg

(Dari Langkah..... 5)

Agregat kasar : 979,8kg (Dari

Langkah..... 6)

Total : 1639,8 kg

Agregat halus : 2365 – 1639,8kg = 642,7 kg

2. Berat Agregat Halus Berdasarkan Volume Absolut :

- Volume Air = Massa Air / 1000
- Volume Semen Padat = Massa Semen / (BJ Semen*1000)

- Volume Agregat Kasar = $\text{Massa Agregat Kasar} / (\text{BJ Agregat Kasar} \times 1000)$
- Volume Udara Terperangkap = 0.02×1
- Volume air : $205/1000 = 0,205 \text{ L}$
- Volume semen padat : $455/(3.15 \times 1000) = 0,144 \text{ m}^3$
- Volume agregat kasar : $979,8/(2.59 \times 1000) = 0.378 \text{ m}^3$
- Volume udara terperangkap : $0.02 \times 1 = 0.02 \text{ m}^3$
- Total : 0.747 m^3
- Volume agregat halus : $1 - 0.747 = 0,253 \text{ m}^3$
- Massa agregat halus : $0.253 \times 2.52 \times 1000 = 637,56 \text{ kg}$

3.13.9 Hitung Proporsi Bahan

Dengan demikian komposisi 1 m^3 beton setelah disesuaikan dengan trial batch menjadi :

Material	Berdasarkan massa (kg)
Air (net mixing)	205
Semen	455
Agregat kasar (kering)	979,8
Agregat halus (kering)	642,7
Total	2282,5

3.13.10 Koreksi Proporsi Campuran Air Agregat

Pada umumnya, stok agregat yang digunakan tidak dalam kondisi jenuh dan kering permukaan (SSD). Agregat yang digunakan adalah agregat basah dengan nilai kadar air berdasarkan pengujian.

Perlu dilakukannya koreksi kandungan air agregat. Jika komposisi yang dipilih berdasarkan perhitungan massa maka massa agregat menjadi :

- Massa Agregat Kasar (Basah) $\times (1 + \text{Persentase Daya Serap Air Agregat Kasar})$.
- Massa Agregat Halus (Basah) $\times (1 + \text{Persentase Daya Serap Air Agregat Halus})$.

- Jumlah air yang merupakan kontribusi dari agregat dihitung sebagai selisih antara kadar air dengan absorpsi
 - Koreksi Kandungan Air Agregat
 - Pada umumnya, stok agregat yang digunakan tidak dalam kondisi jenuh dan kering permukaan (**SSD**).
 - Agregat yang digunakan adalah agregat basah dengan nilai kadar air berdasarkan pengujian (soal) sebagai berikut :
 - Agregat kasar : 1,5%
 - Agregat halus : 3,2 %
 - Perlu dilakukan koreksi kandungan air agregat.
 - Jika komposisi yang dipilih berdasarkan perhitungan massa maka massa agregat menjadi :
 - Agregat kasar (basah) : $979,8 \times (1 + 0,05) = 1028,79 \text{ kg}$
 - Agregat halus (basah) : $637,56 \times (1 + 0,08) = 688,56 \text{ kg}$
 - Jumlah air yang merupakan kontribusi dari agregat dihitung sebagai selisih antara kadar air dengan absorpsi :
 - Agregat kasar : $(2 - 1,5)\% = 0,5 \%$
 - Agregat halus : $(4 - 3,2)\% = 0,8 \%$
 - Dengan demikian massa air pencampuran yang ditambahkan :

$$205 - 1028 \times (0.005) - 688 \times (0.008) = 194,356 \text{ kg}$$
 - Berdasarkan rekomendasi **ACI**, jika slump pada trial batch tidak tercapai maka penambahan atau pengurangan air sebesar 2 kg/m^3 dapat menaikkan atau menurunkan nilai slump sebesar 10 mm.
 - Dengan demikian dilakukan pengurangan air sebanyak 30% (*pds sikka viscocrete*) dari total air (*net mixing*) dikarenakan penambahan *zat additive type G*, sehingga total massa air pencampur menjadi :

$$205 \times 30\% = 61,5 \text{ kg}$$

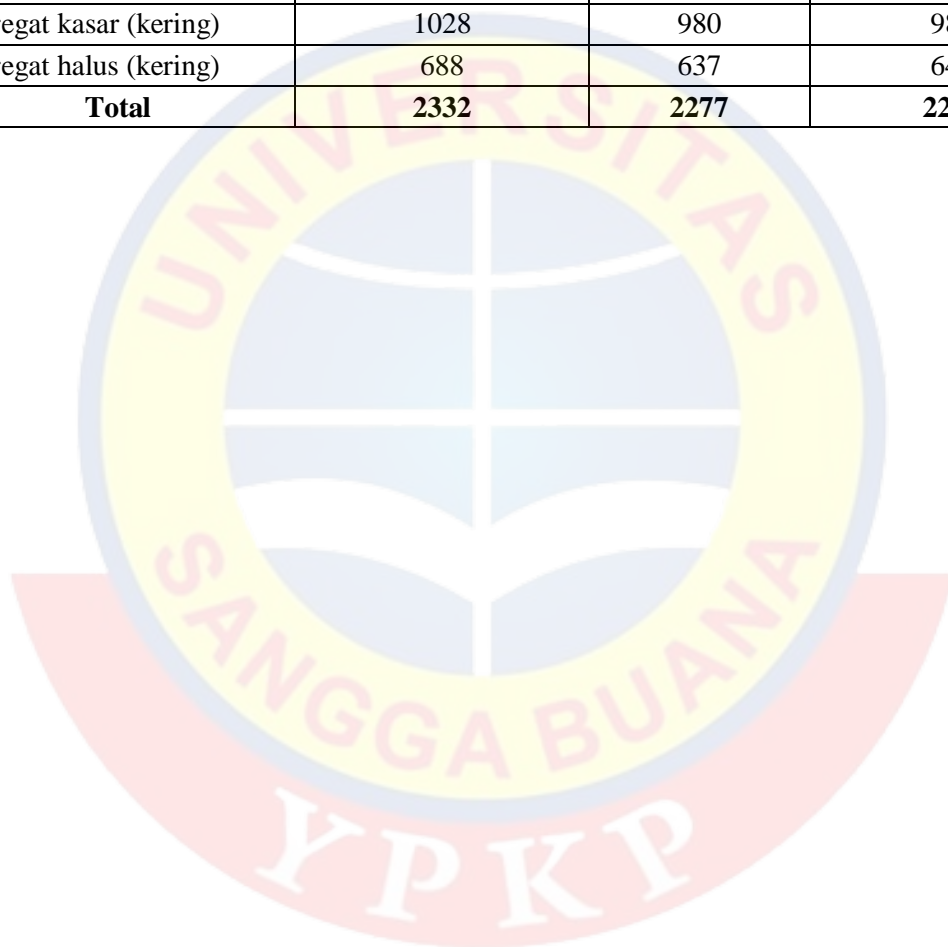
$$205 - 61,5 = 143,5 \text{ kg}$$
 - Dengan penambahan air 8 kg untuk menaikkan slump dari 50 mm menjadi nilai yang diinginkan 75-100 mm, sehingga total masa air pencampuran menjadi :

$$205 + 8 = 213 \text{ kg}$$

- Perubahan massa air pencampur total akan mempengaruhi massa semen.
Agar nilai w/c tetap 0.45, massa semen menjadi :

$$213/0,45 = 473 \text{ kg}$$

Material	Berdasarkan massa terkoreksi kandungan udara (kg)	Berdasarkan volume absolut (kg)	Berdasarkan massa (kg)
Air (net mixing)	143	205	205
Semen	473	455	455
Agregat kasar (kering)	1028	980	980
Agregat halus (kering)	688	637	643
Total	2332	2277	2283



Tabel 3.11 Job Mix Design

Pehitungan Rencana Semen										
No	Material	Standar Deviasi	Faktor Keamanan	Rencana	GGBF SLAG					Satuan
		(Sd)	(Fk)	(Fc)	0%	10%	20%	40%	60%	
1	Mutu beton (fc)			30	30	30	30	30	30	Mpa
2	Mutu beton Rencana (Fcr)	4.5	1.64	37.38	37.38	37.38	37.38	37.38	37.38	Mpa
3	Nilai Slump			100	100	100	100	100	100	mm
4	Ukuran Agregat Maksimal			25	25	25	25	25	25	mm
5	Air Rencana			205	205	205	205	205	205	Ltr
6	Faktor Air Semen			0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
7	Binder			455.56	455.56	455.56	455.56	455.56	455.56	Kg
8	GGBF Slag				0.00	45.56	91.11	182.22	273.33	Kg
9	Additive Type G			0.90%	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	Ltr
Perhitungan Rencana Agregat Berdasarkan Metode ACI										
No	Material	Kebutuhan					Satuan			
		0%	10%	20%	40%	60%				
1	Modulus Halus Butir	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69				
2	Berat Beton Segar	2282.5	2282.5	2282.5	2282.5	2282.5	kg/m3			
3	Berat Isi Kering Agregat Kasar	1420.0	1420.0	1420.0	1420.0	1420.0	kg/m3			
4	Agregat Kasar	979.8	979.8	979.8	979.8	979.8	Kg			
	Agregat Kasar 20 mm - 25 mm	685.9	685.9	685.9	685.9	685.9	Kg			
	Agregat Kasar 15 mm - 20 mm	293.9	293.9	293.9	293.9	293.9	Kg			
5	Agregat Halus	843.0	642.1	642.1	642.1	642.1	Kg			
6	S/A	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4				

Perhitungan Bahan Pengikat (Pasta)							
No	Material	Kebutuhan					Satuan
		0%	10%	20%	40%	60%	
1	Semen	455.56	388.13	320.71	185.87	51.02	Kg
2	GGBFS	0.00	45.56	91.11	182.22	273.33	Kg
3	Air	205.00	189.06	173.11	141.22	109.33	Ltr
4	Additive Type G	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	Ltr

Tabel 3.12 Job Mix Trial

Job Mix Trial Berdasarkan Metode ACI									
No	Material	Kebutuhan Benda uji (15 cm x 30 cm)					Jumlah Sampel	Volume Total	Satuan
		0%	10%	20%	40%	60%			
1	Semen	2.42	2.06	1.70	0.99	0.27	3	22.29	Kg
2	GGBFS	0.00	0.24	0.48	0.97	1.45	3	9.42	Kg
3	Additive Type G	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	3	0.33	Liter
4	Air	1.09	1.00	0.92	0.75	0.58	3	13.01	Liter
5	Agregat Kasar	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	3	77.92	Kg
	Agregat Kasar 20 mm - 25 mm	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64			
	Agregat Kasar 15 mm - 20 mm	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56			
6	Agregat Halus	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3	51.07	Kg
Total Berat Benda Uji		12.12	11.92	11.72	11.32	10.92		174.03	Kg

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

4.1. Pengujian Bahan dan Campuran Beton

4.2. Semen

Pengujian dilaksanakan sesuai dengan Metode Uji SNI 15-3758-2004. Untuk mengetahui kemurnian dari suatu semen *portland*, maka harus dilakukan pengujian berat jenis pada semen tersebut. Berat jenis semen rata-rata pada pengujian ini, didapat nilai BJ semen yaitu 3,15 dan memenuhi syarat 3,00 - 3,20. Maka semen dianggap murni dan dapat digunakan dalam pembuatan beton.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Semen

Data Yang Diambil	Simbol	Satuan	Jumlah	Keterangan
Berat Benda Uji	W	gram	60	Tinggi Volume akhir mendapat koreksi 10.1
Tinggi Volume Labu dengan Air	v_{a}		0.5	
Tinggi Volume Akhir Benda Uji dan Minyak Tanah	v_{q}		20.5~20	
Massa Jenis air Pada Suhu Ruangan	D	gram/ml	1	
Berat Jenis Bahan Uji	Bj		3.00	
Data Tambahan				
Mulai	4-Maret-2023 Pukul 13.00			
Selesai	4-Maret-2023 Pukul 13.30			
Suhu Udara	22°C			
Kelembapan Udara	89%			
Kelembapan Udara	89%			

Catatan:

1. Berat jenis semen portland yang memenuhi standar SNI 15-2049-2004 adalah 3.00 – 3.20.
2. Penyimpanan bahan uji terhitung lama dan telah dibuka dari kemasan.

4.3. Pengujian Agregat Kasar

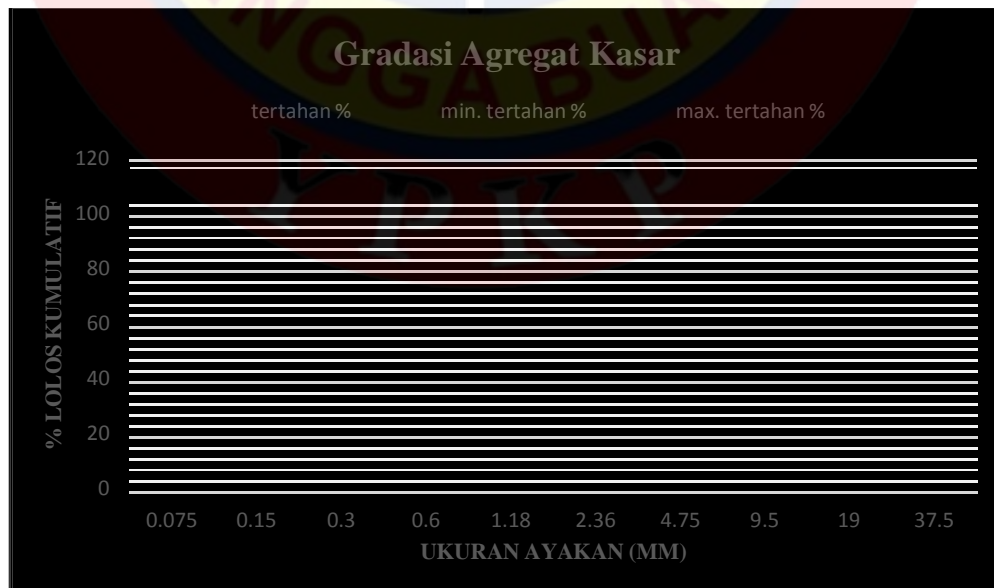
Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis, penyerapan, berat isi. Kualitas dari agregat kasar ini akan menentukan karakteristik kuat tekan beton yang dibuat.

4.3.1. Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990 “Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar”. Dari hasil analisa, didapat agregat kasar yang dipakai masuk ke dalam zona 2 menurut tabel 4.1.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Saringan Agregat Kasar

Ukuran ayakan (mm)	Tertahan Berat (gram)		Prosen (%)			Kumulatif Tertahan (%)	Kumulatif Lolos (%)
	I	II	I	II	Rata-Rata		
37.5	0	0	0	0	0	0	100.00
19	46	285	0.38	2.25	1.32	1.32	98.69
9.5	9700	3800	79.56	30.07	54.81	56.13	43.87
4.75	1900	7950	15.58	62.90	39.24	95.38	4.63
2.36	250	195	2.05	1.54	1.80	97.17	2.84
1.18	55	72	0.45	0.57	0.51	97.68	2.33
0.6	50	55	0.41	0.44	0.42	98.10	1.90
0.3	50	52	0.41	0.41	0.41	98.52	1.49
0.15	34	67	0.28	0.53	0.40	98.92	1.09
0.075	107	163	0.88	1.29	1.08	100.00	0.00
Jumlah	12192	12639	100.00	100.00	100.00	743.228	0.00
FM						6.432	



Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

4.3.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-1969-1990, “Metoda Pengujian BJ dan Penyerapan Air Agregat Kasar”. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat agregat kasar jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry-SSD*) dengan berat air suling yang volumenya sama dengan volume agregat kasar dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Sampel Benda Uji	Keterangan	Hasil Pengujian
Berat benda uji SSD (gram)	B_j	2000
Berat benda uji SSD di dalam Air (gram)	B_a	1200
Berat benda uji Kering Oven (gram)	B_k	1980
Berat Jenis kering permukaan jenuh	B_j/(B_j-B_a)	2.500
Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	B_k/(B_j-B_a)	2.475
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	B_k/(B_k-B_a)	2.538
Penyerapan	$\left(\frac{B_j - B_k}{B_k}\right) \times 100\%$	1.01%

4.3.3. Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan dengan SNI 03-3637-1994 tentang Metode Pengujian Berat Isi Agregat. Tujuannya adalah untuk mengetahui bobot isi lepas dan padat pada agregat kasar. Berat isi dari agregat untuk beton normal berkisar antara 1.20 - 1,75 gr/cm³.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Nomor Benda Uji	I	II	Satuan	
Berat Kontainer + Agregat	A	15276,7	15693,9	gr
Berat Kontainer	B	4695,1	4695,1	gr
Berat Agregat	C=A - B	10581,6	10998,8	gr
Volume Kontainer	D	7115	7115	cm ³
Berat Isi Agregat	C / D	1,4872	1,5459	gr/cm ³
Berat Isi Rata-Rata		1,51655		gr/cm³

4.3.4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Dari hasil pengujian Agregat kasar didapat data sebagai berikut

1. Analisa saringan didapat nilai modulus kehalusan 6.432, agregat kasar tersebut memenuhi syarat nilai modulus kehalusan yang berkisar antara 6.0 sampai 7.1.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air didapat nilai berat jenis 2.714 telah memenuhi syarat minimum dan penyerapan airnya sebesar 5.26 %.
3. Pengujian berat isi didapat nilai berat isi padat 1.51 gr/cm³, agregat tersebut memenuhi syarat untuk beton normal berkisar antara 1.20-1,75 gr/cm³.

4.4. Pengujian Agregat Halus

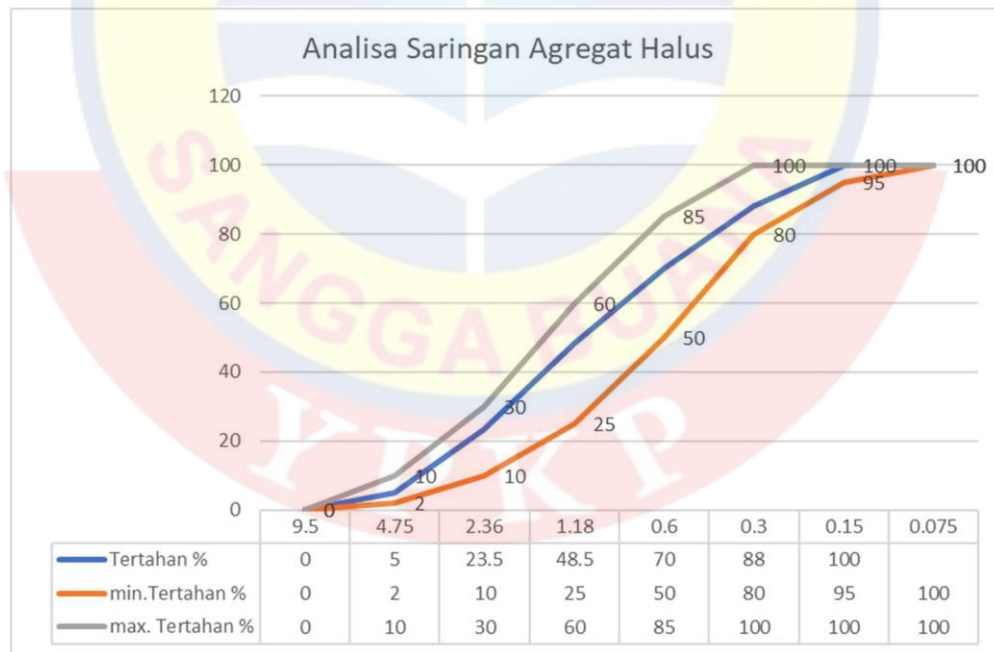
Pengujian agregat halus dalam penelitian ini meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis (*bulk specific gravity*), penyerapan (*water absorption*), berat isi.

4.4.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat harus dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990 tentang pengujian analisa saringan agregat kasar dan halus. Tujuannya adalah untuk menentukan susunan besar butir agregat halus serta untuk menentukan modulus kehalusannya. Dari hasil analisa, didapat agregat halus yang dipakai masuk ke dalam zona 2 (pasir agak kasar) menurut grafik pada gambar 2.6 – 2.9. Sedangkan untuk modulus kehalusan yang diisyaratkan berkisar antar 1,5 sampai 3,8.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Saringan Agregat Halus

Ukuran	Tertahan					Kumulatif	
	Berat (gram)		Prosen (%)			Tertahan (%)	Lolos (%)
Ayakan (mm)	I	II	I	II	Rata-Rata		
9.5	0	0	0	0	0	0	100
4.75	24.75	25.75	4.5	5	4.75	4.75	95.25
2.36	93.5	97.85	17	19	18	22.75	77.25
1.18	148.5	128.75	27	25	26	48.75	51.25
0.6	143	118.45	26	23	24.5	73.25	26.75
0.3	82.5	97.85	15	19	17	90.25	9.75
0.15	57.75	46.35	10.5	9	9.75	100	0
0.075	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	550	515	100	100	100	339.75	
FM						3.3975	



Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

4.4.2. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan standar **SNI 03-1970-1990**, “Metoda Pengujian BJ dan Penyerapan Air Agregat Halus”. Pengujian bj dan penyerapan air agregat kasar ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat agregat halus jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry – SSD*) dengan berat air suling yang volumenya sama dengan volume agregat halus dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Sampel Benda Uji	Keterangan	Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Sampel 3 (gram)
Berat benda uji kering permukaan jenuh	S	500	500	500
Berat benda uji kering oven	A	490	485	485
Berat piknometer diisi air (25°C)	B	2145	2145	2145
Berat pik + benda uji (SSD) + air (25°C)	C	2450	2445	2450
Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2.51	2.43	2.49
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{S}{(B + S - C)}$	2.56	2.50	2.56
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2.65	2.62	2.69
Penyerapan air (%)	$\left[\frac{S - A}{A}\right] \times 100\%$	2.04	3.09	3.09

4.4.3. Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan dengan **SNI 03-3637-1994** tentang Metode Pengujian Berat Isi Agregat. Tujuannya adalah untuk mengetahui bobot isi lepas dan padat pada agregat kasar. Berat isi dari agregat untuk beton normal berkisar antara 1.20 sampai 1,75 gr/cm³.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Nomor Benda Uji		I	II
Berat Kontainer + Agregat (gram)	A	7218.6	7266.8
Berat Kontainer (gram)	B	2701	2701
Berat Agregat (gram)	C=A - B	4517.60	4565.80
Volume Kontainer (cm ³)	D	2642	2642
Berat Isi Agregat (gram/cm ³)	C / D	1.71	1.73
Berat Isi Rata-Rata Agregat		1.72	

4.4.4. Hasil Pengujian Agregat Halus

Dari hasil pengujian Agregat kasar didapat data sebagai berikut

1. Analisa saringan didapat nilai modulus kehalusan 3.39, agregat halus tersebut memenuhi syarat nilai modulus kehalusan yang berkisar antara 1.5 sampai 3.8.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air didapat nilai berat jenis 2.678 telah memenuhi syarat minimum dan penyerapan airnya sebesar 2.041 %.
3. Pengujian berat isi didapat nilai berat isi padat 1.72 gr/cm³, agregat tersebut memenuhi syarat untuk beton normal berkisar antara 1.20-1,75 gr/cm³.

4.5. Rencana Campuran Beton

Rencana campuran beton yang akan di buat pada penelitian ini menggunakan perbandingan jumlah semen, betu pecah, dan pasir sungai atau pasir laut. Agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat kasar yang lolos saringan ¾" (19.00 mm,) agregat halus agregat halus yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm), namun tertahan pada saringan no. 4 (4,75 mm). dan menggunakan semen tiga roda tipe 1.

Penulis membuat rencana campuran beton normal sebanyak 2 jenis campuran. Campuran beton normal dengan tambahan *accelerator Ampas Tebu* dan tanpa penambahan *accelerator*, dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 4.8 Rencana Jumlah Sample Beton

No.	Kode Benda Uji	PC	Jumlah Sampel
1	BGGBFSB 0	100%	3
2	BGGBFSB 10	90%	3
3	BGGBFSB 20	80%	3
4	BGGBFSB 40	60%	3
5	BGGBFSB 60	40%	3
			15

4.6. Perhitungan Rencana Campuran Beton

Berdasarkan hasil pengujian bahan yang dilakukan terhadap material campuran beton di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Bahan

No.	Uraian	Hasil Pengujian	Satuan
1	Agregat Kasar		
	Diameter agregat maksimal	15 & 25	mm
	Berat jenis agregat	2475	kg/m ³
	Penyerapan Air	1,01	%
	Berat Isi (dry roded mass)	1,516	gr/cm ³
2	Agregat Halus		
	Diameter agregat maksimal	4,75	mm
	Berat jenis agregat	2500	kg/m ³
	Penyerapan Air	2,00	%
	Berat Isi (dry roded mass)	1,72	gr/cm ³
3	Semen		
	Berat jenis (specivic gravity)	3000	kg/m ³

Untuk mengetahui seberapa banyak kebutuhan bahan material beton yang akan digunakan dalam penelitian ini, sebaiknya dilakukan terlebih dahulu analisa volume kebutuhan semen, pasir, batu pecah dan air. Analisa tersebut dapat dimulai dengan menghitung volume benda uji silinder beton, yaitu : $\frac{1}{4}\pi d^2 \times t$
 $= \frac{1}{4} \pi \times$
 $15^2 \text{ cm} \times 30\text{cm} = 5298 \text{ cm}^3$, kemudian dirubah ke dalam satuan meter kubik =
 $0,005298 \text{ m}^3$. Jadi volume satu buah Silinder ialah sebesar $0,005298 \text{ m}^3$ beton.

Berdasarkan uraian perhitungan analisa untuk 1 buah benda uji silinder diatas, maka kebutuhan bahan untuk melaksanakan pembuatan benda uji beton normal dengan perbandingan m³ dengan campuran yang berbeda yaitu antara agregat kasar dan pasir cimalaka adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10 Job mix Formula (m3) (Silinder kg)

Pehitungan Rencana Semen										
No	Material	Standar Deviasi	Faktor Keamanan	Rencana	GGBF SLAG					Satuan
		(Sd)	(Fk)	(Fc)	0%	10%	20%	40%	60%	
1	Mutu beton (fc)			30	30	30	30	30	30	Mpa
2	Mutu beton Rencana (Fcr)	4.5	1.64	37.38	37.38	37.38	37.38	37.38	37.38	Mpa
3	Nilai Slump			100	100	100	100	100	100	mm
4	Ukuran Agregat Maksimal			25	25	25	25	25	25	mm
5	Air Rencana			205	205	205	205	205	205	Ltr
6	Faktor Air Semen			0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
7	Binder			455.56	455.56	455.56	455.56	455.56	455.56	Kg
8	GGBF Slag				0.00	45.56	91.11	182.22	273.33	Kg
9	Additive Type G			0.90%	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	Ltr
Perhitungan Rencana Agregat Berdasarkan Metode ACI										
No	Material	Kebutuhan					Satuan			
		0%	10%	20%	40%	60%				
1	Modulus Halus Butir	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69				
2	Berat Beton Segar	2282.5	2282.5	2282.5	2282.5	2282.5	kg/m3			
3	Berat Isi Kering Agregat Kasar	1420.0	1420.0	1420.0	1420.0	1420.0	kg/m3			
4	Agregat Kasar	979.8	979.8	979.8	979.8	979.8	Kg			
	Agregat Kasar 20 mm - 25 mm	685.9	685.9	685.9	685.9	685.9	Kg			
	Agregat Kasar 15 mm - 20 mm	293.9	293.9	293.9	293.9	293.9	Kg			
5	Agregat Halus	843.0	642.1	642.1	642.1	642.1	Kg			
6	S/A	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4				

Perhitungan Bahan Pengikat (Pasta)							
No	Material	Kebutuhan					Satuan
		0%	10%	20%	40%	60%	
1	Semen	455.56	388.13	320.71	185.87	51.02	Kg
2	GGBFS	0.00	45.56	91.11	182.22	273.33	Kg
3	Air	205.00	189.06	173.11	141.22	109.33	Ltr
4	Additive Type G	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	Ltr

Tabel 4.11 Job Mix Trial

Job Mix Trial Berdasarkan Metode ACI									
No	Material	Kebutuhan Benda uji (15 cm x 30 cm)					Jumlah Sampel	Volume Total	Satuan
		0%	10%	20%	40%	60%			
1	Semen	2.42	2.06	1.70	0.99	0.27	3	22.29	Kg
2	GGBFS	0.00	0.24	0.48	0.97	1.45	3	9.42	Kg
3	Additive Type G	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	3	0.33	Liter
4	Air	1.09	1.00	0.92	0.75	0.58	3	13.01	Liter
5	Agregat Kasar	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	3	77.92	Kg
	Agregat Kasar 20 mm - 25 mm	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64			
	Agregat Kasar 15 mm - 20 mm	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56			
6	Agregat Halus	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3	51.07	Kg
Total Berat Benda Uji		12.12	11.92	11.72	11.32	10.92		174.03	Kg

4.7. Pelaksanaan Campuran Beton

Pelaksanaan campuran beton pada penelitian ini proses pencampuran beton dilaksanakan secara manual menggunakan alat - alat pencampur manual dan dilakukan oleh peneliti sendiri dan juga rekan-rekan mahasiswa sipil lainnya Tujuannya untuk mendapatkan hail yang optimal. Lamanya waktu pencampuran berkisar antara 5 sampai 15 menit atau sampai adukan beton benar – benar tercampur secara merata. Dari mulai penimbangan bahan pembuat beton, penaburan dan pencampuran bahan, pengujian slump, pengecoran beton hingga pematatan.



Gambar 4.3 Alat Yang di Gunakan pada Pembuatan Campuran Beton



Gambar 4.4 Bahan Yang di Gunakan pada Pembuatan Campuran Beton

4.8. Pengujian *Slump* Beton

Setelah pencampuran beton di rasa sudah homogen, terlebih dahulu dilakukan pengujian *slump* dengan menggunakan kerucut Abrams, mengacu kepada SNI 03-1 972-1990 tentang cara uji slump beton. Hasil pengujian *slump* pada masing-masing campuran beton dapat di lihat seperti tabel di bawah ini:

Tabel 4.12 Hasil Pengujian *Slump*

No.	Benda Uji	Slump
1	BGGBFSB 0	10
2	BGGBFSB 10	8
3	BGGBFSB 20	8.4
4	BGGBFSB 40	8.5
5	BGGBFSB 60	8.7



Gambar 4.5 Pengujian *Slump* Beton

Slump yang direncanakan pada berbagai macam komposisi perbandingan dalam penelitian ini yaitu sebesar 75 - 100 mm. Dari hasil pengukuran *slump* beton diketahui bahwa perbandingan campuran beton normal memiliki *slump* sebesar 75 mm.

4.8.1. Pengecoran dan Pematatan

Pengecoran dan pematatan beton dilakukan setelah proses pengujian *slump* selesai. Sebelum pengecoran beton dilakukan olesi cetakan dengan oli terlebih dahulu agar permukaan betonnya tidak rusak, dan memudahkan pada saat cetakan di lepaskan. Lalu masukan beton segar ke dalam cetakan silinder (15x30) cm, sedikit demi sedikit dan setiap 1/3 volume cetakan kubus campuran beton dipadatkan dengan besi pematat dengan cara ditusuk - tusuk dan di getarkan dengan cara memukul - mukul cetakan dengan menggunakan palu karet agar di dalamnya padar tidak memiliki banyak rongga.

Setelah proses pengecoran dan pemadatan selesai, kemudian ratakan permukaan atas beton hingga air semen naik keatas permukaan dan membuat permukaan beton menjadi halus. Kemudian beton tersebut di diamkan selama 24 jam di dalam cetakan sampai beton cukup kering dan bisa menahan bebannya sendiri.



Gambar 4.6 Gambar Benda Uji

4.8.2. Perawatan Beton

Setelah benda uji beton dilepaskan dari cetakan, selanjutnya melakukan proses perawatan beton dengan cara merendam beton didalam air selama waktu tertentu. Dalam penelitian ini benda uji akan di tes pada umur 28 hari.

Proses perawatan beton ini dilakukan dengan tujuan untuk menghindari terjadinya proses hidrasi semen secara berlebihan yang bisa mengakibatkan beton menjadi retak proses hidrasi semen terjadi ketika semen mulai tercampur dengan air sampai menghasilkan pasta yang plastis dan mudah dikerjakan.

Pada proses pengerasan semen setelah semen menjadi pasta dikenal dengan waktu pengerasan awal hingga tercapai waktu pengerasan akhir hingga semen benar – benar mengeras dan tidak berubah. Seiring berjalannya waktu proses pengerasan berjalan secara terus menerus hingga diperoleh kekuatan semen yang semakin baik.



Gambar 4.7 Proses Curing Beton

4.8.3. Pengujian Berat Sample Kering

Pengujian berat sampel beton kering dilakukan setelah proses perawatan beton atau perendaman dalam air dilakukan sesuai dengan umur beton yang akan di uji. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton berat sampel benda uji ditimbang berikut adalah hasil Pengujian berat sampel beton kering pada umur 28 hari.

Berat sampel untuk pengujian Kuat Tarik Belah

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Berat Beton Kering Pengujian Kuat Tarik Belah

No.	Benda Uji	Berat Benda Uji (Kg)	M/V
			Berat jenis beton (Kg/m ²)
1	BGGBFSB 0	12.15	2293.3
2	BGGBFSB 10	12.11	2285.8
3	BGGBFSB 20	12.35	2331.1
4	BGGBFSB 40	12.15	2293.3
5	BGGBFSB 60	12.10	2283.9

Dari data hasil pengujian berat sampel beton kering pada pengujian kuat Tarik belah didapat berat sampel beton kering pada masing - masing campuran yaitu

12,15 kg, 12,11 kg, 12,35 kg, 12,15 kg dan 12.10 kg.

4.9. Perhitungan Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah diperoleh dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang ditekan pada sisi yang berbentuk lingkaran. Besarnya kuat tekan benda uji dapat dihitung dengan rumus :

$$T = \frac{P}{A}$$

Dimana :

T = Kuat Tarik Belah (Mpa)

P = Luas Penampang Benda Uji (mm²)

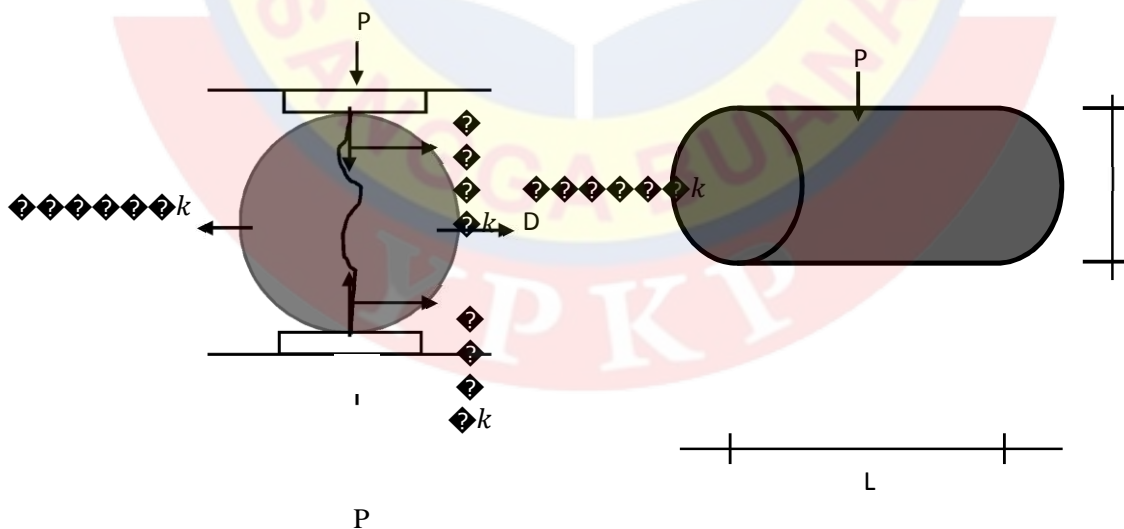
l = Panjang Benda Uji (mm)

d = Diameter Benda Uji (mm)

Kuat tarik tidak langsung menurut **ACI 318-89** adalah sebagai berikut :

Pengujian kuat belah beton dalam penelitian ini menggunakan alat yang bernama *Hydraulic Concrete Beam* yang ada di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Sangga Buana Bandung dengan kapasitas pengujian hingga

100 kN/ 1 kN. Berikut adalah contoh gambar penunjukan jarum dial *Hydraulic Concrete Beam* pada masing-masing campuran ;



Gambar 4.8. Ilustrasi Penyebaran beban Split Test

Diketahui :

1. Ukuran benda uji **GGBFSB**

0₁

1. D = 150 mm

2. $L = 300 \text{ mm}$

3. $P = 215 \text{ KN} = 215000 \text{ N}$

$$p = \frac{P}{D} = \frac{215000}{\pi \times 100 \times 50} = 27,43 \text{ a}$$



2. Ukuran benda uji GGBFSB
10₁

1. D = 150 mm
2. L = 300 mm
3. P = 223 KN = 223000 N

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{223000}{\pi \times 150^2} = 3,056 \text{ MPa}$$

3. Ukuran benda uji GGBFSB
20₁

1. D = 150 mm
2. L = 300 mm
3. P = 240 KN = 240000 N

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{240000}{\pi \times 150^2} = 3,297 \text{ MPa}$$

4. Ukuran benda uji GGBFSB
40₁

1. D = 150 mm
2. L = 300 mm
3. P = 250 KN = 250000 N

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{250000}{\pi \times 150^2} = 3,539 \text{ MPa}$$

$$\frac{P}{D} = \pi \times 150^2$$

5. Ukuran benda uji GGBFSB
60₁

1. D = 150 mm
2. L = 300 mm
3. P = 230 KN = 230000 N

$$f_{sp} = \frac{2 \times 230000}{\pi \times 150^2} = 3,155 \text{ MPa}$$

Diketahui :

$$\frac{P}{D} = \pi \times 150^2 \times$$

1. Ukuran benda uji GGBFSB
0₂

4. D = 150 mm
5. L = 300 mm
6. P = 210 KN = 210000 N

$$f_{sp} = \frac{2P}{\pi \times 150^2} = 2,972 \text{ MPa}$$

$$\frac{P}{\pi \times 150^2} \times$$

2. Ukuran benda uji GGBFSB
10₂

4. D = 150 mm
5. L = 300 mm
6. P = 224 KN = 224000 N

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{224000}{\pi \times 150^2} = 3,071 \text{ MPa}$$

3. Ukuran benda uji GGBFSB
20₂

4. D = 150 mm
5. L = 300 mm
6. P = 240 KN = 240000 N

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{240000}{\pi \times 150^2} = 3,297 \text{ MPa}$$

4. Ukuran benda uji GGBFSB
40₂

4. D = 150 mm
5. L = 300 mm
6. P = 248 KN = 248000 N

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{248000}{\pi \times 150^2} = 3,410 \text{ MPa}$$

$$\frac{P}{D} = \pi \times 150^2$$

5. Ukuran benda uji GGBFSB
60₂

- 4. D = 150 mm
- 5. L = 300 mm
- 6. P = 230 KN = 230000 N

$$f_{sp} = \frac{2 \times 230000}{\pi \times 150^2} = 3,155 \text{ MPa}$$

Diketahui :

$$\frac{P}{D} = \pi \times 150^2 \times$$

1. Ukuran benda uji GGBFSB
0₃

- 7. D = 150 mm
- 8. L = 300 mm
- 9. P = 205 KN = 205000 N

$$f_{sp} = \frac{2P}{\pi \times 150^2} = 2,92 \text{ MPa}$$

$$\frac{P}{\pi \times 150^2}$$

2. Ukuran benda uji GGBFSB
10₃

- 7. D = 150 mm
- 8. L = 300 mm
- 9. P = 223 KN = 223000 N

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{223000}{\pi \times \frac{150}{2}} = 3,056 \text{ MPa}$$

3. Ukuran benda uji GGBFSB
20₃

- 7. D = 150 mm
- 8. L = 300 mm
- 9. P = 240 KN = 240000 N

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{240000}{\pi \times \frac{150}{2}} = 3,097 \text{ MPa}$$

4. Ukuran benda uji GGBFSB
40₃

- 7. D = 150 mm
- 8. L = 300 mm
- 9. P = 250 KN = 250000 N

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{250000}{\pi \times \frac{150}{2}} = 3,039 \text{ MPa}$$

5. Ukuran benda uji GGBFSB
60₃

- 7. D = 150 mm

8. $L = 300 \text{ mm}$

9. $P = 235 \text{ KN} = 235000 \text{ N}$

$$f_{sp} = \frac{P}{D} = \frac{235000}{\pi \times 100 \times 100} = 3,043 \text{ MPa}$$

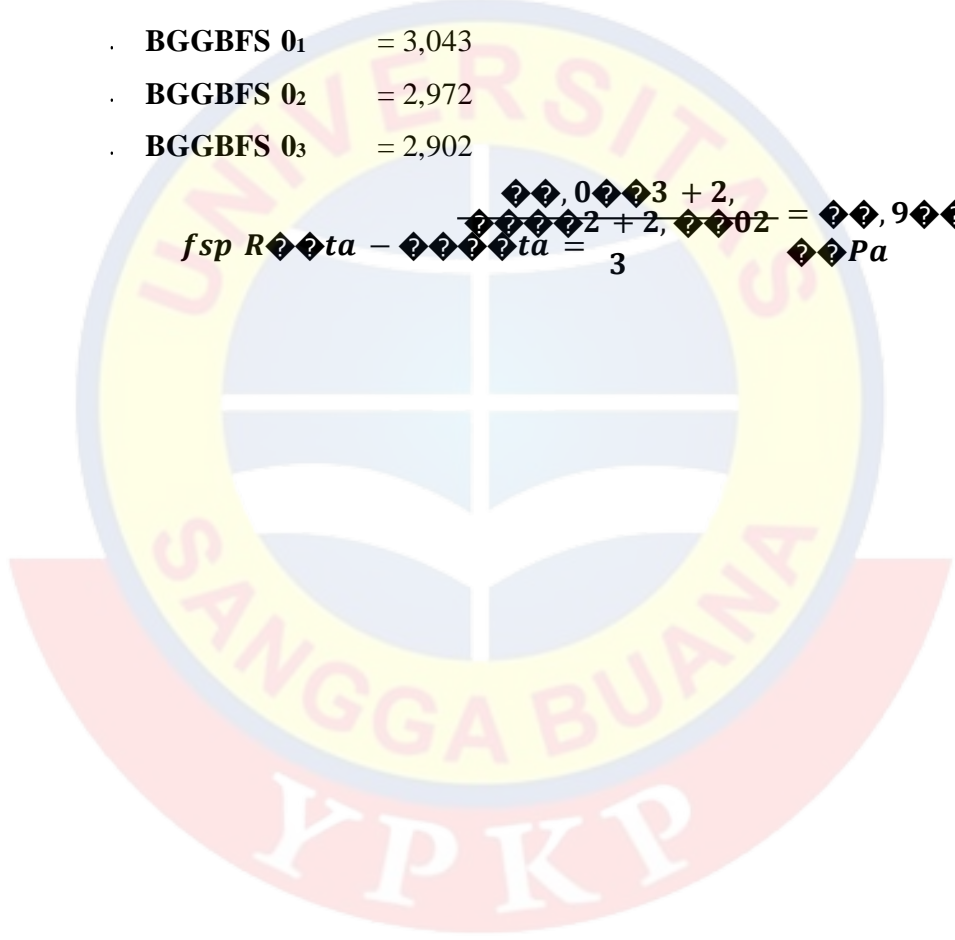
· Rata-rata Kuat Tarik Belah **BGGBFSB 0** :

· **BGGBFS 0₁** = 3,043

· **BGGBFS 0₂** = 2,972

· **BGGBFS 0₃** = 2,902

$$f_{sp \text{ Rata-rata}} = \frac{3,043 + 2,972 + 2,902}{3} = 2,972 \text{ Pa}$$



· Rata-rata Kuat Tarik Belah **BGGBFSB 10** :

- **BGGBFS 10₁** = 3,156
- **BGGBFS 10₂** = 3,171
- **BGGBFS 10₃** = 3,156

$$f_{sp} R_{\text{rata}} - R_{\text{rata}} = \frac{3,156 + 3,171 + 3,156}{3} = 3,161 \text{ Pa}$$

· Rata-rata Kuat Tarik Belah **BGGBFSB 20** :

- **BGGBFS 20₁** = 3,397
- **BGGBFS 20₂** = 3,397
- **BGGBFS 20₃** = 3,397

$$f_{sp} R_{\text{rata}} - R_{\text{rata}} = \frac{3,397 + 3,397 + 3,397}{3} = 3,397 \text{ Pa}$$

· Rata-rata Kuat Tarik Belah **BGGBFSB 40** :

- **BGGBFS 40₁** = 3,539
- **BGGBFS 40₂** = 3,510
- **BGGBFS 40₃** = 3,539

$$f_{sp} R_{\text{rata}} - R_{\text{rata}} = \frac{3,539 + 3,510 + 3,539}{3} = 3,529 \text{ Pa}$$

· Rata-rata Kuat Tarik Belah **BGGBFSB 60** :

- **BGGBFS 60₁** = 3,255
- **BGGBFS 60₂** = 3,255
- **BGGBFS 60₃** = 3,326

$$f_{sp} R_{\text{rata}} - R_{\text{rata}} = \frac{3,255 + 3,255 + 3,326}{3} = 3,277 \text{ Pa}$$

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 7 Hari

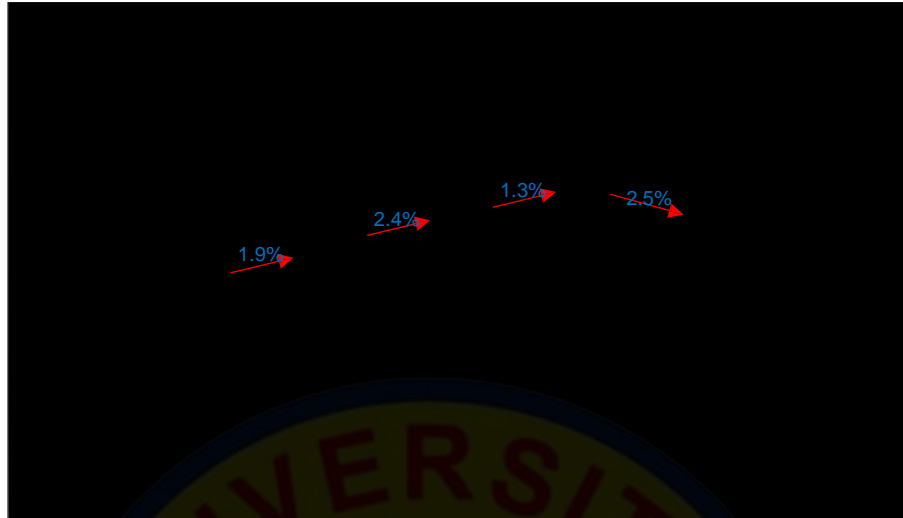
No.	Benda Uji	D (m)	L (m)	Beban Max (kN)			Kuat Tarik Belah (MPa)			Rata - Rata Mpa
				I	II	III	I	II	III	
1	BGGBFSB 0	0.15	0.30	215	210	205	3.043	2.972	2.902	2.972
2	BGGBFSB 10	0.15	0.30	223	224	223	3.156	3.171	3.156	3.161
3	BGGBFSB 20	0.15	0.30	240	240	240	3.397	3.397	3.397	3.397
4	BGGBFSB 40	0.15	0.30	250	248	250	3.539	3.510	3.539	3.529

5	BGGBFSB 60	0.15	0.30	230	230	235	3.255	3.255	3.326	3.279
---	------------	------	------	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------

Catatan :

$$1 \text{ Mpa} = 1000 \text{ kN/m}^2$$





Gambar 4.9 Grafik Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Variasi % Volume Slag

4.9.1 Perbandingan Kuat Tarik Belah Aktual dan Teoritis

SNI 03-2491-2002

Metode pengujian kuat tarik belah beton

ASTM C496 / C496M - 04e1

Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete

Specimens

Kuat Tarik Rencana

$f'_c = 27,54 \text{ MPa}$

$$f_{ct} = 0,59 \sqrt{f'_c}$$

$$f_{ct} = 0,59 \sqrt{27,54} = 3,096 \text{ MPa}$$

Kuat tarik actual 7 hari Rata-rata Kuat Tarik Belah **BGGBFSB 0**:

. **BGGBFS 0₁** = 3,043

. **BGGBFS 0₂** = 2,972

. **BGGBFS 0₃** = 2,902

$$f_{ct} = \frac{3,043 + 2,972 + 2,902}{3} = 2,972 \text{ MPa}$$

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Aktual dan Teoritis Pada Umur 7 Hari

No	Identifikasi benda uji	Kuat Tekan	Kuat Tarik Belah aktual	Kuat Tarik Belah SNI	Deviasi %
1	BGGBFSB 0	27.54	2.972	3.096	1.5
2	BGGBFSB 10	30.18	3.161	3.241	0.7
3	BGGBFSB 20	31.46	3.397	3.309	0.6
4	BGGBFSB 40	32.61	3.529	3.369	1.1
5	BGGBFSB 60	30.46	3.279	3.256	-1.1

Catatan: 1. 1 MPa = 10,19716 kg/cm²

2. Perkiraan Belah = 0,59 Vfc' (Mpa)



Gambar 4.10 Grafik Aktual & Teoritis Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Variasi % Volume Slag

4.9.2 Konversi Kuat Tarik Belah Terhadap Umur Beton

Konversi kuat lentur beton **BGGBFSL 0** pada umur 14 & 28 hari adalah

$$\text{Fr 7 hari} = 2,97 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Fr 14 hari} &= 7 \text{ hari} \times 0,88 \\ &= 2,38 \times 0,88 = 3,38 \\ &\text{Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fr 28 hari} &= 7 \text{ hari} \times 0,7 \\ &= 2,97 \times 0,7 = 4,25 \\ &\text{Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Konversi Kuat Tarik Belah Beton

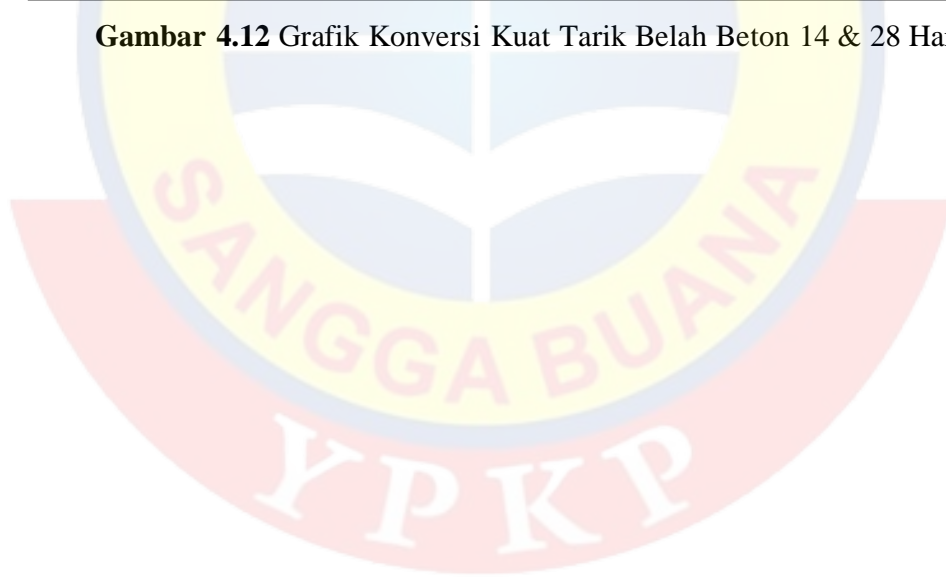
Konversi Umur Beton				
No	Identifikasi benda uji	Umur (7 Hari)	Umur (14 Hari)	Umur (28 Hari)
		Mpa	Mpa	Mpa
1	BGGBFSB 0	2.97	3.38	4.25
2	BGGBFSB 10	3.16	3.59	4.52
3	BGGBFSB 20	3.40	3.86	4.85
4	BGGBFSB 40	3.53	4.01	5.04
5	BGGBFSB 60	3.28	3.73	4.68



Gambar 4.11 Grafik Konversi Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Variasi % Volume Slag



Gambar 4.12 Grafik Konversi Kuat Tarik Belah Beton 14 & 28 Hari



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium Universitas Sangga Buana YPKP didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. BGGBFSB 0 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.1% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 8.7% pada usia 28 hari.
2. BGGBFSB 10 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.3% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 9.2% pada usia 28 hari.
3. BGGBFSB 20 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.6% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 9.9% pada usia 28 hari.
4. BGGBFSB 40 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.8% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 10.3% pada usia 28 hari.
5. BGGBFSB 60 setelah dilakukan uji kuat Tarik belah memiliki nilai kuat tarik belah yaitu pada usia 7 hari kenaikan 4.5% usia 14 hari, dan pada usia 14 hari memiliki kenaikan 9.6% pada usia 28 hari..

No.	Benda Uji	D (m)	L (m)	Beban Max (kN)			Kuat Tarik Belah (MPa)			Rata - Rata
				I	II	III	I	II	III	Mpa
1	BGGBFS 0	0.15	0.30	215	210	205	3.043	2.972	2.902	2.972
2	BGGBFS 10	0.15	0.30	223	224	223	3.156	3.171	3.156	3.161
3	BGGBFS 20	0.15	0.30	240	240	240	3.397	3.397	3.397	3.397
4	BGGBFS 40	0.15	0.30	250	248	250	3.539	3.510	3.539	3.529
5	BGGBFS 60	0.15	0.30	230	230	235	3.255	3.255	3.326	3.279

6. Hasil Konversi 7 hari menjadi 14 hari dan 28 hari dari nilai kuat Tarik belah yang di dapat :

Konversi kuat lentur beton BGGBFSL 0 pada umur 14 & 28 hari adalah

Fr 7 hari = 2,97 MPa

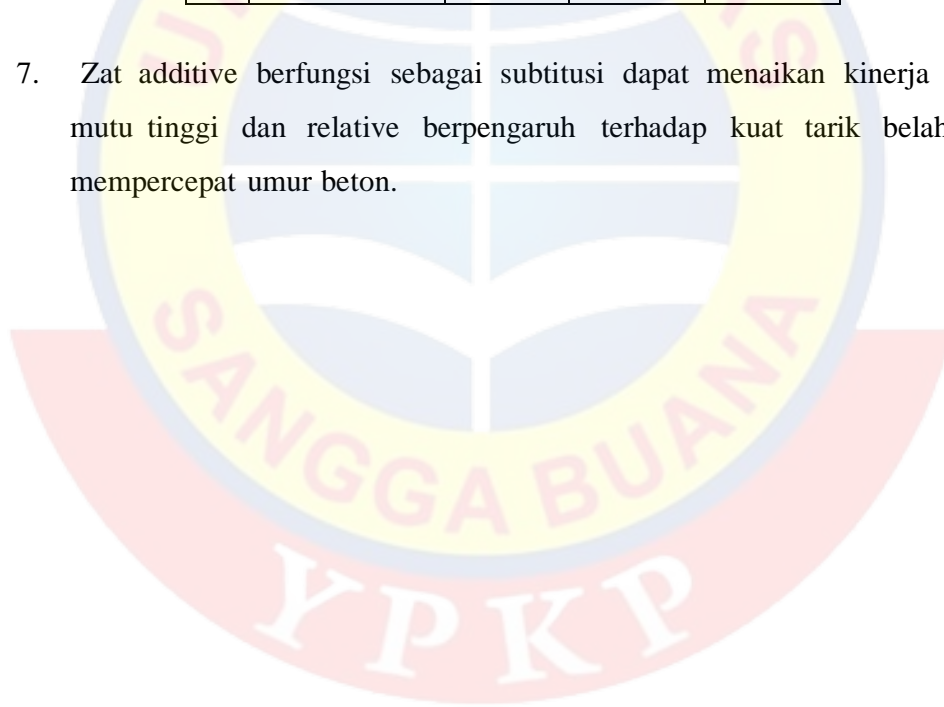


$$\begin{aligned} \text{Fr 14 hari} &= 7 \text{ hari} \times 0,88 \\ &= 2,38 \times 0,88 = 3,38 \\ &\text{Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fr 28 hari} &= 7 \text{ hari} \times 0,7 \\ &= 2,97 \times 0,7 = 4,25 \\ &\text{Mpa} \end{aligned}$$

Konversi Umur Beton				
No	Identifikasi benda uji	Umur (7 Hari)	Umur (14 Hari)	Umur (28 Hari)
		Mpa	Mpa	Mpa
1	BGGBFSB 0	2.97	3.38	4.25
2	BGGBFSB 10	3.16	3.59	4.52
3	BGGBFSB 20	3.40	3.86	4.85
4	BGGBFSB 40	3.53	4.01	5.04
5	BGGBFSB 60	3.28	3.73	4.68

7. Zat additive berfungsi sebagai substitusi dapat menaikkan kinerja beton mutu tinggi dan relative berpengaruh terhadap kuat tarik belah dan mempercepat umur beton.



5.2 Saran

Dari uraian kesimpulan diatas dengan merujuk pembahasan dan hasil penelitian :

1. Perlu diadakan lagi penelitian lebih lanjut terkait beton normal dengan penambahan GGBFS dan zat additive (*Sikavisconcrete*). Karena menurut penulis beton mendapatkan Range besar.
2. Dalam pengujian ini, campuran GGBFS dan zat additive (*Sikavisconcrete*). dapat di gunakan untuk beton mutu tinggi dengan mutu K-550.



DAFTAR PUSTAKA

American Concrete Institute. 2002. *ACI 211.1.91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, Reapproved 2002, Reported by ACI Committee 211*. USA : PCA.

Aulia Ziaulhaq. 2012. *Teknologi Bahan I*. Program SP-4 Jurusan Teknik Sipil. Jakarta : Politeknik Negeri Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum. 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder : SNI 1974 : 2011*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Metode Pengambilan dan Pengujian Beton*

Inti : SNI 03 – 2492 : 2002. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum.1990. *Metode Pengujian Kadar Agregat : SNI 03 –*

1971 : 1990. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum. 2011. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Labolatorium : SNI 2493 – 2011*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum. 2013. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Spesimen Uji Beton di Lapangan : SNI 4810 – 2013*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum. 2008. *Tata Cara Pembuatan Kaping untuk Benda Uji Silinder Beton : SNI 6369 : 2008*. Jakarta : Badan Standarisasi

Nasional. Departemen Pekerjaan Umum. 1990. *Metode Pengujian Slump Beton : SNI 03 –*

1972 : 1990. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum. 2008. *Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton : SNI 1973 : 2008*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum. 1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No.200 : SNI 03-4142-1996*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum. 2004. *Semen Portland : SNI-15-2049 : 2004.*

Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.



Departemen Pekerjaan Umum. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal : SNI 03-2834 : 2000*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional Kusuma, Dwi. 2012. *Peranan Air Dalam Pembuatan Beton*. Jakarta.

Ryanto, Muhammad.Ir. 2014. *Teknologi Bahan Beton :Perencanaan Campuran Beton*. Bandung : Jurusan Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP.

Alfredo, Marchin. 2012. *Kuat Tekan Beton Normal Mutu Sedang Dengan Campuran Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW)* . Depok : Fakultas Teknik Sipil Universitas Indonesia Depok.

Perpustakaan Prosida. 1971. *Penjelasan & Pembahasan mengenai Peraturan Beton Indonesia*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

Fadlan, Romie. 2011. *Modul Beton I Mix Design Beton Normal*. Samarinda : Teknik Sipil Universitas Mulawarman.

Oktaria, Tika. 2013. *Durabilitas Beton dengan Substitusi Sebagian Semen dengan Abu Sekam Padi*. Bandung : Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia.

Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi.

ASTM D 422. 2007. Standard Method of Laboratory for Particle Size Analysis of Soils. USA : American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania.

AASHTO. 1981. AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972.

USA : AASHTO Washington DC, chapter III revised 1981.



UNIVERSITAS
SANGGA
BUANA YPKP

FORMULIR BIMBINGAN/ASISTENSI (TUGAS AKHIR)
KAJIAN KUAT TARIK BELAH BETON FAST TRACK
MUTU TINGGI UMUR 7 HARI
MENGUNAKAN VARIASI BAHAN TAMBAH
GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG
METODE CAMPURAN MENURUT ACI
(AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)




PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS
SANGGA BUANA
YPKP

Mahasiswa :
**Mochammad Wildan
Juliarista
2112207026**

Dosen Pembimbing :
**Ir. Muhammad Ryanto, M.T
432.200.175**

TUGAS
AKHIR
2022-2023

No.	Tanggal Pertemuan	Uraian Kegiatan, Catatan Perbaikan	Paraf Pembimbing
			

Bandung,2023

Pembimbing,

Ir. Muhammad Ryanto, M.T