

**ANALISIS PENGARUH BAHAN TAMBAH *STYROFOAM* TERHADAP
KUAT TEKAN, TARIK DAN LENTUR
PADA DINDING *PRECAST***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh

**ANGGA WINAWAN HAKIM
NPM : 168110128**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)28/6/22

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH BAHAN TAMBAH *STYROFOAM* TERHADAP KUAT TEKAN, TARIK DAN LENTUR PADA DINDING *PRECAST*

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh

ANGGA WINAWAN HAKIM
168110128

Disetujui,

Pembimbing I



Ir. H. Irwan., M.T
NIDN : 0004045901

Pembimbing II



Ir. Melloukey Ardan, MT
NIDN : 0116086001

Mengetahui,



Dr. Ruhfad Syah., S.Kom., M.Kom
NIDN : 01050588004



Dr. Melloukey Ardan, S.T., M.T
NIDN : 0106088004

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa penelitian yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan penelitian ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Maret 2022

Peneliti,



Angga Winawan Hakim

NPM 16.811.0128

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Angga Winawan Hakim

NPM : 168110128


Prodi Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Pengaruh Bahan Tambah *Styrofoam* Terhadap Kuat Tekan, Tarik dan Lentur Pada Dinding *Precast*. Dengan hak bebas royalti noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, memformat-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai peneliti/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 31 Maret 2022
Yang Menyatakan


Angga Winawan Hakim
NPM. 1681101

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala berkat, perlindungan, serta kasih sayang- Nya yang tidak pernah berhenti mengalir dan selalu menyertai, yang selalu diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Sebagaimana ketentuan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Penelitian Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penulis mengambil judul “ANALISIS PENGARUH BAHAN TAMBAH *STYROFOAM* TERHADAP KUAT TEKAN, TARIK DAN LENTUR PADA DINDING *PRECAST*”.

Penulis menyadari keberhasilan dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari pihak- pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

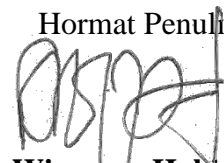
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng., M.Sc., sebagai Rektor Universitas Medan Area;
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
3. Bapak Hermansyah, ST., MT., sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area;
4. Bapak Ir. H. Irwan, MT., sebagai Dosen Pembimbing I yang memberikan bimbingan, waktu dan kesabaran dalam memberikan ilmu dalam penyusunan skripsi;

5. Bapak Ir. Melloukey Ardan, MT., sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, waktu dan kesabaran dalam memberikan ilmu serta masukan dalam penyusunan skripsi;
6. Bapak dan Ibu Dosen tak terkecuali dan staff Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
7. Keluarga Besar Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara yang telah memberikan izin dan waktu nya kepada saya dalam pengambilan data dan sebagai tempat pengujian bahan dalam melakukan penelitian;
8. Kedua Orang Tua saya, Alm. Ir. Syafiuddin dan Almh. Erna Sari Pane serta kakak saya tercinta Almh. Rachma Dwita Sari, S.Farm;
9. Semua keluarga khususnya Opung B. Pane, Abang saya tercinta Rahmad Syahputra, S.E, Nantulang Ir. Siti Aisyah Siregar, Bujing Novi Yanti Pane, S.E, *Partner* saya, Affiza Elzera Chair Lubis, S.Sos., M.Si dan saudara serta teman- teman yang memberikan dukungan secara moril, maupun materil serta waktu yang diluangkan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan penulisan skripsi ini dan dapat digunakan sebagai referensi buku bagi pembacanya.

Medan, Maret 2022

Hormat Penulis,



Angga Winawan Hakim
NPM 168110128

ABSTRAK

Banyak ditemukan inovasi baru mengenai struktur dinding yang tadinya bersifat konvensional dari batu bata dirubah menjadi material yang lebih efektif, ringan dan ramah lingkungan. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan yaitu *Styrofoam*. Penelitian ini bertujuan untuk besarnya kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton jika ditambahkan dengan campuran *Styrofoam* dengan persentase 0%, 10 % dan 30% serta membandingkan perilaku mekanik dari campuran beton dengan *Styrofoam* dan tanpa *Styrofoam* serta menganalisis beton hasil pengujian tersebut sebagai beton ringan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 lalu dapat didesain sebagai dinding precast yang digunakan untuk partisi pada gedung-gedung tinggi, yang memenuhi syarat dalam proses pengangkatannya (*demoulding*). Dalam penelitian ini pengolahan dan analisis data dilakukan mengacu pada SNI 1974-2011, SNI 03-2491-2002 dan SNI 4431:2011. Dari hasil analisis didapat bahwa berat satuan beton *Styrofoam* 30% adalah sebesar 1633,45 kg/m³, sehingga dapat dikategorikan sebagai beton ringan yaitu lebih kecil dari 1900 kg/m³ (SNI 03-2847-2002). Nilai kuat tekan dengan volume *Styrofoam* 0%, 10% dan 30% rata-rata pada umur 28 hari berturut-turut adalah 26,76 MPa (328,668 kg/cm²), 11,96 MPa (146,955 kg/cm²) dan 10,02 MPa (123,100 kg/cm²). Nilai kuat tarik belah beton dengan volume *Styrofoam* 0%, 10% dan 30% rata-rata pada umur 28 hari berturut-turut adalah 4,23 MPa, 3,45 MPa dan 2,68 MPa, penurunan maksimum terhadap beton normal sebesar 36,64% pada volume 30% *Styrofoam*. Nilai kuat lentur beton dengan volume *Styrofoam* 0%, 10% dan 30% rata-rata pada umur 28 hari berturut-turut adalah 7,00 MPa, 6,59 MPa dan 6,07 MPa serta persentase penurunan kuat lentur pada penambahan volume *Styrofoam* 10% dan 30% terhadap beton normal berturut-turut sebesar 5,85% dan 13,28%. Sehingga semakin besar volume *Styrofoam* yang ditambahkan pada beton, maka semakin rendah nilai kuat tekan, tarik belah dan lentur yang dihasilkan.

Kata kunci : *Styrofoam*, Tekan, Tarik, Lentur

ABSTRACT

Many new innovations have been found regarding wall structures that were previously conventional from bricks, which have been changed to more effective, lightweight and environmentally friendly materials. One alternative material that can be used is Styrofoam . This study aims to determine the compressive strength, split tensile strength and flexural strength of concrete when added with a mixture of Styrofoam with a percentage of 0%, 10% and 30% as well as to compare the mechanical behavior of the concrete mixture with Styrofoam and without Styrofoam and to analyze the test results as concrete. light weight according to SNI 03-2847-2002, then it can be designed as a precast wall used for partitions in high buildings, which meet the requirements in the demoulding process. .In this study, data processing and analysis were carried out referring to SNI 1974-2011, SNI 03-2491-2002 and SNI 4431:2011. From the results of the analysis, it was found that the unit weight of 30% Styrofoam concrete was 1633.45 kg/m^3 , so it can be categorized as lightweight concrete which is smaller than 1900 kg/m^3 (SNI 03-2847-2002). The compressive strength values with 0%, 10% and 30% Styrofoam volume at the age of 28 days respectively were 26.76 MPa (328.668 kg/cm^2), 11.96 MPa (146.955 kg/cm^2) and 10,02 MPa ($123,100 \text{ kg/cm}^2$). The value of the split tensile strength of concrete with 0%, 10% and 30% Styrofoam volumes at the age of 28 days in a row is 4.23 MPa, 3.45 MPa and 2.68 MPa, the maximum reduction to normal concrete is 36.64 % by volume 30% Styrofoam . The flexural strength values of concrete with 0%, 10% and 30% Styrofoam volumes at the age of 28 days, respectively, were 7.00 MPa, 6.59 MPa and 6.07 MPa and the percentage decrease in flexural strength with the addition of 10 Styrofoam volumes. % and 30% of normal concrete at 5.85% and 13.28%, respectively. So that the greater the volume of Styrofoam added to the concrete, the lower the value of compressive strength, split tensile and flexural strength produced.

Keywords : Styrofoam , Press, Pull, Flex

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Lingkup Penelitian.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah	5
1.6. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Dinding.....	13
2.3. Beton <i>Precast</i>	14
2.4. Pengangkatan/Demolding Beton Precast	20
2.5. Beton Ringan	22

2.6. Material Penyusun Beton Ringan <i>Styrofoam</i>	24
2.7. Perencanaan Pembuatan Campuran (Mix Desain)	60
2.8. Kekuatan Beton	72
2.9. Jenis Keruntuhan Lentur Berdasarkan Tulangan	73
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	75
3.1. Diagram Alir Penelitian	75
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	76
3.3. Metode Analisis Data	77
3.4. Instrumen Penelitian	77
3.5. Teknik Pengumpulan Data	77
BAB IV. HASIL PENELITIAN	79
4.1. Pemeriksaan Material	79
4.2. Mix Desain	79
4.3. Hasil Pengujian Beton	80
4.3.1 Slump	80
4.3.2 Berat Satuan Beton	81
4.3.3 Kuat Tekan Beton	82
4.3.4 Kuat Tarik Belah	85
4.3.5 Kuat Lentur Beton	86
4.3.6 Analisa Pengangkatan Dinding Pracetak	88
4.4. Pembahasan Hasil Pemeriksaan	88
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	90
5.1. Kesimpulan	90
5.2. Saran	92

DAFTAR PUSTAKA 93

LAMPIRAN



DAFTAR NOTASI

p	: Massa Jenis
m	: Massa
V	: Volume
CGS	: Centi gram per sekon
CaO	: Oksida Kalium
SiO ₂	: Oksida Silikon
Al ₂ O ₃	: Oksida Aluminium
Fe ₂ O ₃	: Oksida Besi
Mn	: Momen Nominal
Mu	: Momen Perlu
P	: Beban (kg)
Pb	: Kuat Beban Aksial Nominal dalam Kondisi Regangan Seimbang
Fy	: Kuat Leleh Baja yang Disyaratkan (MPa)
CaCO ₃	: Batu Kapur
CaO	: Batu Tohor
CO ₂	: Karbon Dioksida
CaO	: Batu Kapur Tohor

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Semen Portland Komposit	37
Tabel 2.2. Batas Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834-2000).....	40
Tabel 2.3. Persyaratan Batas-Batas Susunan Berat Butir Agregat Kasar	44
Tabel 2.4. Daftar Massa Jenis Material (<i>Styrofoam</i>).....	59
Tabel 2.5. Faktor Pengali Deviasi Standar Berdasarkan Jumlah Benda Uji Tersedia (SNI 03-2834-2000)	60
Tabel 2.6. Tingkat Mutu Pekerjaan Beton	61
Tabel 2.7. Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia.....	62
Tabel 2.8. Perkiraan Kadar Air Bebas (kg.m^3) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton.....	64
Tabel 2.9. Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Maks untuk Berbagai Pembetonan dalam Lingkungan Khusus	65
Tabel 2.10. Ketentuan untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah.....	66
Tabel 2.11. Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Kedap Air	67
Tabel 4.1. Pemeriksaan dan Pengujian Agregat.....	79
Tabel 4.2. Komposisi Kebutuhan Campuran Beton untuk 1 m^3	79
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Slump	80
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Berat Beton Rata-Rata	81
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (MPa).....	82
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (kg/cm^2)	83
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah.....	85

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Kuat Lentur Beton Rata-Rata	86
Tabel 4.9. Hasil Kuat Tekan Penelitian vs Kuat Tekan Minimal untuk Pengangkatan/ <i>Demoulding</i>	88



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pengangkatan/Demoulding Dinding Pracetak.....	21
Gambar 2.2.	Semen Portland Komposit.....	24
Gambar 2.3.	Pasir Sungai.....	39
Gambar 2.4.	Daerah Gradasi Pasir Kasar.....	40
Gambar 2.5.	Daerah Gradasi Pasir Sedang.....	41
Gambar 2.6.	Daerah Gradasi Pasir Agak Halus.....	41
Gambar 2.7.	Daerah Gradasi Pasir Halus.....	41
Gambar 2.8.	Batas Gradasi Kerikil atau Koral Maksimum 10 mm.....	45
Gambar 2.9.	Batas Gradasi Kerikil atau Koral Maksimum 20 mm.....	45
Gambar 2.10.	Batas Gradasi Kerikil atau Koral Maksimum 40 mm.....	45
Gambar 2.11.	Batu Pecah (Chipping).....	46
Gambar 2.12.	<i>Styrofoam</i>	50
Gambar 2.13.	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton.	63
Gambar 2.14.	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm.....	68
Gambar 2.15.	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm.....	68
Gambar 2.16.	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm.....	69
Gambar 2.17.	Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton.....	70
Gambar 2.18.	Pemodelan Benda Uji.....	74

Gambar 3.1.	Peta Lokasi Laboratorium USU	76
Gambar 3.2.	Laboratorium Beton Universitas Sumatera Utara	76
Gambar 3.3.	Alat Uji Tekan Beton (Universal Testing Machine)	77
Gambar 4.1.	Grafik Nilai Slump Hasil Penelitian.....	80
Gambar 4.2.	Grafik Berat Satuan Beton Rata-Rata (kg/m^3)	81
Gambar 4.3.	Grafik Reduksi (Penurunan Berat Satuan Beton).....	81
Gambar 4.4.	Nilai Kuat Tekan Beton di Umur Benda Uji 7 Hari.....	83
Gambar 4.5.	Nilai Kuat Tekan Beton di Umur Benda Uji 14 Hari.....	83
Gambar 4.6.	Nilai Kuat Tekan Beton di Umur Benda Uji 28 Hari.....	84
Gambar 4.7.	Pengujian Kuat Tekan	84
Gambar 4.8.	Grafik Penurunan Kuat Tarik Belah Beton Rata-Rata (MPa) Akibat Penambahan <i>Styrofoam</i>	85
Gambar 4.9.	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	86
Gambar 4.10.	Grafik Penurunan Kuat Lentur Beton Rata-Rata (MPa) Akibat Penambahan <i>Styrofoam</i>	87
Gambar 4.11.	Pengujian Kuat Lentur Beton	87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan dalam bidang konstruksi di era modern menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, diantaranya dalam pembangunan perumahan, kantor, rumah sakit dan sebagainya. Beton sebagai bahan bangunan udah lama digunakan dan diterapkan secara luas oleh masyarakat sebab memiliki kekuatan yang baik, tahan api, tahan terhadap perubahan cuaca, serta relatif mudah dalam pengerjaannya.

Namun beton memiliki salah satu kelemahan yaitu berat jenisnya yang cukup tinggi sehingga beban mati pada struktur menjadi besar. Oleh karena itu, inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, diantaranya bersifat ramah lingkungan dan memiliki berat jenis yang rendah (beton ringan). Beton ringan pada umumnya memiliki berat jenis kurang dari 1900 kg/m^3 .

Stuktur dinding merupakan suatu struktur yang digunakan sebagai pembatas antara ruangan yang satu dengan yang lainnya. Dewasa ini inovasi baru banyak ditemukan inovasi baru mengenai struktur dinding yang tadinya bersifat konvensional (dari batu bata) dirubah menjadi material yang lebih efektif, ringan dan ramah lingkungan, terutama berhubungan dengan kekuatan dan kekakuannya serta kenyamanan dan keselamatan jiwa manusia. Secara khusus pada saat gempa, struktur dinding akan mempunya deformasi lateral yang besar akibat gempa, sehingga akan menyebabkan keruntuhan struktur dinding yang berakibat kepada keselamatan jiwa manusia (Agus dan Slamet, 2010).

Pada umumnya, material untuk dinding biasanya digunakan batu bata dan batako, disamping berat sendiri yang besar dan dapat membebani struktur secara keseluruhan. Batu bata dan batako juga menggunakan lahan untuk membuatnya, sehingga apabila ditinjau dari segi lingkungan kurang mendukung program peduli pemerintah tentang pemanasan global. Karena secara berkala mengeksploitasi lahan pertanian yang ada untuk proses produksinya. Tentunya hal tersebut harus dicarikan solusi agar didapatkan jenis material yang dapat dimanfaatkan untuk konstruksi, tanpa harus mengeksploitasi lahan yang ada.

Dalam proses pembuatan beton ringan tentunya dibutuhkan material campuran yang memiliki berat jenis rendah. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan yaitu, *styrofoam*. *Styrofoam* merupakan salah satu bahan material yang memiliki berat jenis rendah.

Selain harganya yang relatif murah, *styrofoam* atau *expanded polystyrene* yang terbuat dari polisterin atau yang lebih dikenal dengan gabus putih kerap menjadi limbah industri maupun limbah rumah tangga yang menjadi masalah lingkungan karena sifatnya yang tidak dapat membusuk dan terurai di alam.

Salah satu teknologi pemanfaatan limbah *styrofoam* yang dikembangkan saat ini adalah adanya dinding ringan seperti *Hebel*, *Qui panel* dan berbagai penelitian lainnya. Masing-masing produk mempunyai keunggulan tersendiri, misalnya hebel yang mempunyai berat jenis yang sangat ringan yaitu 680kg/m^3 , dengan berat jenisnya yang sangat ringan, maka teknologi ini dapat dengan mudah dilaksanakan pada pekerjaan lapangan sebagai pengganti batu bata yang pelaksanaannya relatif cukup lama (Agus dan Slamet, 2010).

Dengan digunakannya *styrofoam* pada campuran beton, maka secara total berat beton akan lebih ringan serta nilai guna *styrofoam* akan bertambah, namun hal ini dipengaruhi pada kekuatan beton tersebut seiring dengan penambahan *Styrofoam* pada campuran beton.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental “ANALISIS PENGARUH BAHAN TAMBAH *STYROFOAM* TERHADAP KEKUATAN BETON” untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh *styrofoam* dalam campuran beton. Adapun kekuatan yang dimaksud adalah kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur dengan perbandingan *Styrofoam* 0%, 10% dan 30% namun masih memenuhi nilai kuat untuk beton diangkat dan di susun menjadi dinding untuk gedung bertingkat tinggi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka perumusan masalah dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Berapakah besarnya kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur beton sesudah penambahan volume *styrofoam* ?
2. Bagaimana perbedaan penambahan volume *styrofoam* yang bervariasi (0%, 10% dan 30% terhadap volume campuran beton) terhadap kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur pada beton ?
3. Bagaimana perilaku mekanik (kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur) dari beton normal dibandingkan dengan beton dengan *styrofoam* ?

1.3. Lingkup Penelitian

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, mulai dari proses pencampuran benda uji hingga proses pengujian benda uji.
2. Pengolahan data di analisis menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-2832-2000, SNI 1974:2011, SNI 03-2491-2002 dan SNI 4431:2011.
3. Pengambilan data benda uji yang digunakan adalah benda uji silinder berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dan benda uji balok berumur 28 hari.

1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian

1. Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisis campuran beton dengan bahan tambah *Styrofoam* dengan persentase 0%, 10 % dan 30% sehingga dapat di klasifikasikan sebagai beton ringan yang dapat berfungsi sebagai dinding yang memiliki keunggulan yaitu kuat dan ringan.

2. Tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Mengetahui besarnya kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton jika ditambahkan dengan campuran *Styrofoam* dengan persentase 0%, 10% dan 30%.
2. Memperoleh nilai dan membandingkan perilaku mekanik (besarnya kuat tekan, kuat tarik belah dan lentur) dari campuran beton dengan *Styrofoam* dan tanpa *Styrofoam*.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian yang dilakukan, ada beberapa lingkup masalah yang dibatasi untuk mencapai maksud dan tujuan yaitu:

1. Perhitungan *mix desain* dengan *metode Development of Environment* (DOE).
2. Ditentukan target mutu beton normal adalah K100.
3. Ditentukan target mutu beton dengan campuran Styrofoam adalah K100.
4. Variasi perbandingan Styrofoam terhadap volume beton, yaitu dengan komposisi Styrofoam 0%, 10% dan 30%.
5. Pengujian kuat tekan hanya digunakan sampel dengan benda uji silinder.
6. Pengujian kuat tarik belah (fct) digunakan sampel dengan benda uji silinder.
7. Pengujian kuat tarik lentur hanya digunakan sampel dengan benda uji Balok dengan dimensi 200 mm x 100 mm dengan panjang bentang 60 cm pada umur 28 hari.
8. Jumlah sampel yang digunakan tiap pengujian sebanyak 3 buah, hal ini memenuhi standar SNI 2847-2013
9. Styrofoam yang digunakan berdiameter 3 mm-5mm.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa didapat dari penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan di bidang bahan bangunan, khususnya dalam penggunaan dinding dengan menggunakan beton ringan berbahan dasar campuran *styrofoam*. Dan

diharapkan juga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti beton dengan campuran yang umum untuk digunakan pada konstruksi bangunan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Beton adalah campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air yang membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*durability*), durabilitas dan waktu pengerasan (Mc Cormac, 2004:1).

Beton merupakan material yang masih mendominasi pemakaian bahan konstruksi. Hal ini disebabkan bahan pembuatan beton mudah dicari dan didapat, lebih murah dan lebih praktis dalam pengerjaannya serta mampu memikul beban yang cukup besar. Disamping itu, beton juga dapat dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat memperindah bentuk suatu bangunan (Riza dan Zulfira, 2008).

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu, pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Dipohusodo, 1991:1).

Nilai kuat beton relatif tinggi dibandingkan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tekannya hanya berkisar 9%-15% dari kuat tariknya (Nawy 1998:41). Sehingga umumnya beton diperkuat dengan penambahan tulangan baja dengan asumsi bahwa kedua material bekerjasama

dalam menahan gaya yang bekerja dimana tulangan baja menahan gaya tarik dan beton hanya menerima gaya tekan.

Beton Bertulang merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batang-batang baja yang ditanamkan didalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Wang, 1993:1).

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan tulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul didalam sistem (Dipohusodo, 1991:12)

Menurut Mc. Cormac (2004), ada banyak kelebihan dari beton sebagai struktur bangunan, diantaranya adalah:

1. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air.
3. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
4. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi telapak, dinding basement dan tiang tumpuan jembatan.
5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, mulai dari pelat, balok, kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.

6. Di sebagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja yang mungkin saja didatangkan dari daerah lain. Lebih lanjut, Mc Cormac (2004), juga menyatakan kekurangan dari penggunaan beton sebagai suatu bahan struktur, yaitu:

1. Beton memiliki kuat tarik yang rendah.
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap ditempatnya sampai beton tersebut mengeras.
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur bentang panjang dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur.
4. Rendahnya kekuatan per satuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal penting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan-bangunan tinggi dan struktur-struktur berbentang panjang.
5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Selain itu, penguangan dan perawatan beton tidak bisa ditangani seteliti seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti baja dan kayu lapis.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu bahan-bahan campuran beton, perawatan dan keadaan pada saat dilakukan percobaan. Setiap bahan campuran beton tersebut mempunyai variasi sifat yang dipengaruhi oleh beberapa faktor alami yang tidak dapat dihindarkan, namun dengan mengetahui

sifat-sifat bahan baku, maka dapat diketahui kebutuhan dari masing-masing bahan baku dan beberapa kekuatan yang dicapainya.

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, maka perbandingan campuran beton harus ditentukan agar beton yang dihasilkan dapat memberikan hal-hal sebagai berikut:

1. Kemudahan dalam pengerjaan (*workability*).

Yang dimaksud dengan *workability* adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang/dicetak dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Sifat mampu dikerjakan/ *workability* dari beton sangat tergantung pada sifat bahan, perbandingan campuran dan cara pengadukan serta jumlah seluruh air bebas. Dengan kata lain, sifat dapat/mudah dikerjakan suatu adukan beton dipengaruhi oleh:

- a. Konsistensi normal semen.
- b. Mobilitas, setelah aliran dimulai (sebaliknya adalah sifat kekasaran atau perlawanan terhadap gerak).
- c. Kohesi atau perlawanan terhadap pemisahan bahan-bahan.
- d. Sifat paling lekat (ada hubungannya dengan kohesi), berarti bahan penyusunnya tidak akan terpisah-pisah sehingga memudahkan pengerjaan-pengerjaan yang dilakukan.

Jadi, sifat dapat dikerjakan pada beton ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang/dicetak dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan ataupun sifat bahan-bahan itu

secara bersama-sama mempengaruhi sifat dapat dikerjakan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat mudah dikerjakan pada beton antara lain:

- Banyaknya air yang dipakai
 - Penambahan semen kedalam adukan beton
 - Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus
 - Pemakaian butir-butir agregat yang bulat akan mempermudah cara pengerjaan beton
 - Cara pemadatan beton dan/atau jenis alat yang digunakan
2. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (tahan lama dan kedap air).
- a. Sifat tahan lama (*durability*).

Sifat tahan lama pada beton, merupakan sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

- Tahan terhadap pengaruh cuaca; pengaruh cuaca yang dimaksud adalah pengaruh yang berupa hujan dan pembekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering yang silih berganti.
- Tahan terhadap pengaruh zat kimia; daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan air laut; rawa-rawa dan air limbah, zat-zat kimia hasil industri dan air limbahnya, buangan air kotor kota yang berisi kotoran manusia, gula dan sebagainya perlu diperhatikan terhadap keawetan beton.

- Tahan terhadap erosi; beton dapat mengalami kikisan yang diakibatkan oleh adanya orang yang berjalan kaki dan lalu lintas di atasnya, gerakan ombak laut, atau oleh partikel-partikel yang terbawa oleh angin dan atau air.

b. Sifat kedap air

Beton mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai, atau ruangan yang saat mengerjakan (selesai dikerjakan) mengandung air. Air ini menggunakan ruangan-ruangan, dan jika air menguap maka akan meninggalkan rongga-rongga udara. Rongga udara ini merupakan peluang untuk masuknya air dari luar kedalam beton. Semakin banyak rongga ini, maka kemungkinan masuknya air semakin besar dan kemungkinan terbentuknya pipa kapiler makin besar. Sifat kedap air pada beton terutama didapat jika didalam beton itu tidak terdapat pipa kapiler yang menerus, karena melalui pipa kapiler inilah air akan menembus beton. Jika saluran-saluran kapiler tersebut tidak ditutup kembali, sifat beton tersebut tidak kedap air. Rongga kapiler ini dapat menyempit jika hidrasi semen sempurna, karena volume yang terjadi $\pm 2,1$ kali sebesar volume semen kering semula.

3. Memenuhi kekuatan yang hendak di capai.

Secara umum hal ini dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu faktor air semen (fas) dan kepadatan Beton dengan fas kecil sampai dengan jumlah air yang cukup untuk hidrasi semen secara sempurna dan dapat dipadatkan secara

sempurna pula, akan memiliki kekuatan yang optimal. Untuk mencapai kepadatan dan hidrasi sempurna ini, ada beberapa hal yang mempengaruhi, antara lain sebagai berikut (*Wuryati Samekto 2001:42*):

- a. Keadaan selama terjadinya pengerasan.
- b. Karena pegerasan semen memakan waktu, maka perlu waktu yang cukup.
- c. Biasanya waktu 4 minggu dipakai sebagai pedoman umum bagi waktu pengerasan semen/beton.

2.2. Dinding

Dinding merupakan membatasi suatu bangunan dan menyokong struktur lainnya, membatasi ruang dalam bangunan menjadi ruangan-ruangan, atau melindungi atau membatasi suatu ruang di alam terbuka. Tiga jenis utama dinding struktural adalah dinding bangunan, dinding pembatas (boundary), serta dinding penahan (retaining). Dinding bangunan memiliki dua fungsi utama, yaitu menyokong atap dan langit-langit, membagi ruangan, serta melindungi terhadap intrusi dan cuaca. Dinding pembatas mencakup dinding privasi, dinding penanda batas, serta dinding kota. Dinding jenis ini kadang sulit dibedakan dengan pagar. Dinding penahan berfungsi sebagai penghadang gerakan tanah, batuan, atau air dan dapat berupa bagian eksternal ataupun internal suatu bangunan. Jenis – jenis dinding yaitu :

1. Dinding Partisi

Dinding ringan yang memisahkan antar ruang dalam. Terbuat dari gypsum, fiber, tripleks atau Duplex.

2. Dinding Pembatas

Untung menandakan batas lahan. Atau bisa disebut dinding Privasi

3. Dinding Penahan

Digunakan pada tanah yang berkontur dan dibutuhkan struktur tambahan untuk menahan tekanan tanah.

4. Dinding Struktural

Untuk menopang atap dan sama sekali tidak menggunakan cor beton untuk kolom. Konstruksinya 100% mengandalkan pasangan batu bata dan semen

5. Dinding Non-Struktural

Dinding yang tidak menopang beban, hanya sebagai pembatas apabila dinding di robohkan, maka bangunan tetap berdiri. beberapa material dinding non-struktural diantaranya seperti batu bata, batako, bata ringan, kayu dan kaca.

2.3. Beton *Precast*

Berdasarkan SNI 7833 : 2012, desain komponen struktur beton pracetak dan sambungan-sambungan harus mencakup kondisi pembebanan dan kekangan dari saat pabrikan awal sampai akhir penggunaan pada struktur, termasuk pembongkaran cetakan, penyimpanan, pengangkutan dan ereksi. Apabila komponen struktur pracetak dihubungkan ke dalam sistem struktural, maka gaya dan deformasi yang terjadi dalam dan berdekatan dengan sambungan harus diperhitungkan dalam desain.

Konstruksi beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre-assembly*), dan selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*), dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metoda pelaksanaan dari pabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join. (Abduh,2007).

Beberapa prinsip yang dipercaya dapat memberikan manfaat lebih dari teknologi beton pracetak ini antara lain terkait dengan waktu, biaya, kualitas, *predictability*, keandalan, produktivitas, kesehatan, keselamatan, lingkungan, koordinasi, inovasi, *reusability*, serta *relocatability*. (Gibb, 1999 dalam M.Abduh 2007).

Menurut Dwi Dinariana (2013), pengertian konstruksi beton pracetak atau *precast* adalah suatu konstruksi bangunan yang komponen bangunannya dipabrikasi/ dicetak terlebih dahulu dipabrik atau di lapangan, lalu disusun dilapangan untuk membentuk satu kesatuan bangunan gedung. Produksi pracetak bisa dilakukan dipabrik atau site/lapangan, dimana jika dilakukan di lapangan diperlukan lahan produksi/pabrikasi (*casting area*).

Dinding beton *precast* merupakan dinding yang terbuat dari elemen struktur atau komponen yang tidak dicetak atau di-cor di tempat dimana elemen tersebut dipasang, melainkan melakukan proses cetak dan perawatan di tempat lain (pabrik pracetak) dengan metode yang sudah ditentukan. Setelah elemen

tersebut jadi, kemudian beton pracetak tersebut dibawa ke lokasi pemasangan untuk disusun sesuai fungsinya.

Dinding beton *precast* saat ini mulai digunakan atau dipakai untuk gedung-gedung modern. Dalam perkembangannya dinding beton *precast* mulai menggantikan posisi dinding yang menggunakan batu-bata.

Sistem beton pracetak merupakan alternatif teknologi alam perkembangan konstruksi di Indonesia yang mendukung efisiensi waktu, efisiensi energi dan mendukung pelestarian lingkungan (Siti Aisyah Nurjannah,2011).

- Proses Produksi Dinding Beton *Precast*
 - Persiapan awal adalah dengan membuat cetakan atau biasa disebut molding. Ukuran yang dibuat sesuai permintaan atau sesuai desain yang direncanakan.
 - Proses kedua adalah dengan memasang reber, penggunaan reber umumnya adalah untuk panel dinding, biasanya menggunakan wiremesh. Ukuran wiremesh dihitung berdasarkan beban desain yang digunakan.
 - Proses ketiga adalah pemasangan bracket embedded pada bagian tertentu yang nantinya akan digunakan sebagai pengait ke struktur.
 - Proses keempat, saat pengecoran molding atau cetakan digunakan atau diberikan getaran atau fibrasi yang berfungsi agar beton dapat tercor dengan sempurna, tidak berlubang dan rapat sempurna.
 - Keunggulan Menggunakan Dinding Beton *Precast*

Berikut beberapa keunggulan menggunakan dinding beton *precast* dibanding dengan menggunakan dinding batu-bata:

- a. Pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat, karena produksi beton pracetak atau dinding beton precast bisa dilakukan bersamaan saat pengerjaan pondasi. Pekerjaan overlapping tersebut akan lebih menghemat waktu, sehingga lebih efisien dalam pelaksanaan proyek, terutama proyek pembangunan gedung-gedung bertingkat.
 - b. Penggunaan atau pemakaian bekisting lebih sedikit.
 - c. Mutu dinding beton precast lebih terjamin, karena dinding beton precast dibuat dengan metode yang baik dan benar oleh pabrik pembuat beton pracetak.
 - d. Karena pemakaian dinding beton precast sehingga cuaca apapun tidak akan berpengaruh untuk pelaksanaan proyek.
 - e. Dinding beton precast mereduksi biaya konstruksi.
 - f. Proyek menggunakan dinding beton precast, jadi lebih ramah lingkungan karena tidak banyak sisa-sisa beton, bekisting.
- Kekurangan Menggunakan Dinding Beton Precast.

Selain memiliki kelebihan tentunya dinding beton precast juga memiliki kekurangan, berikut beberapa kekurangan penggunaan dinding beton precast:

1. Pada saat proses pemasangan dinding beton precast dibutuhkan peralatan yang memiliki kapasitas besar, pada saat proses pemasangan atau pelaksanaan erection.
2. Biaya tambahan, digunakan untuk transportasi, karena dinding beton precast dicetak di pabrik sehingga untuk menuju lokasi proyek dibutuhkan biaya transportasinya.

3. Pelaksanaan curing atau perawatan dinding beton precast membutuhkan area stok yang luas.
4. Untuk pelaksanaan produksi dinding beton precast juga membutuhkan area yang luas.
5. Kemungkinan akan muncul tambahan biaya atau permasalahan teknis dalam proses pelaksanaan pemasangan dinding beton precast, terutama pada sambungan-sambungannya.

Penggunaan sistem beton pracetak setempat secara struktural dan fasad pada gedung tinggi atau bertingkat semakin berkembang, hal ini dibuktikan dengan pelaksanaan proyek apartemen *The Paramount San Francisco, California USA* yang menjadi bangunan tertinggi yang menggunakan sistem beton pracetak setempat yaitu dengan 39 lantai dan tinggi 128 m didasari dengan desain perencanaan struktur gedung menggunakan zona gempa 4. Pelaksanaan gedung tertinggi dengan metode beton pracetak setempat untuk zona gempa 4 ini dapat dijadikan dasar untuk pelaksanaan proyek gedung bertingkat dengan menggunakan beton pracetak setempat untuk daerah Indonesia.

Secara nasional penggunaan beton pracetak setempat di Indonesia makin banyak digunakan dalam pelaksanaan proyek gedung, hal ini didukung oleh Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 05/PRT/M/2007 Tentang Pembangunan Rumah Susun Sederhana Bertingkat Tinggi. Penggunaan dinding pracetak sendiri telah diterapkan di Medan, sebagai contoh proyek Podomoro City Deli Medan pada tahun 2017.

Untuk perencanaan penggunaan metode pracetak secara struktural harus berpedoman pada standar-standar yang berlaku internasional dan nasional. Hal

yang harus diperhatikan dalam perencanaan beton pracetak setempat secara structural yaitu sambungan pracetak dimana kekuatan sambungan dan ketegaran sambungan diharuskan sesuai dengan ACI 374. 1 Pasal 7.8.

Pedoman pelaksanaan atau penggunaan sistem beton pracetak setempat dan prategang pada gedung bertingkat harus mengikuti:

1. Tata cara Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Beton pracetak setempat dan Prategang untuk Bangunan Gedung;
2. Metoda pengujian dan penentuan parameter perencanaan tahan gempa kotruksi beton pracetak setempat dan Prategang untuk Bangunan Gedung; dan spesifikasi sistem;
3. Material Konstruksi Beton pracetak setempat dan prategang untuk bangunan gedung (Pandu 2017).

Yang menjadi perhatian utama dalam perencanaan komponen beton pracetak seperti pelat lantai, balok, kolom dan dinding adalah sambungan. Selain berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang bekerja, sambungan juga harus berfungsi menyatukan masing-masing komponen beton pracetak tersebut menjadi satu kesatuan yang monolit sehingga dapat mengupayakan stabilitas struktur bangunannya.

Beberapa kriteria pemilihan jenis sambungan antara komponen beton pracetak diantaranya meliputi :

1. Kekuatan (*Strength*)

Sambungan harus memiliki kekuatan untuk dapat menyalurkan gaya-gaya yang terjadi ke elemen struktur lainnya selama waktu layan (*serviceability*), termasuk adanya pengaruh dari rangkai dan susut beton.

2. Daktalitas (*ductility*)

Kemampuan dari sambungan unuk dapat mengalami perubahan bentuk tanpa mengalami keruntuhan. Pada daerah sambungan untuk mendapatkan daktilitas yang baik dengan merencanakan besi tulangan yang meleleh terlebih dahulu dibandingkan dengan keutuhan dari material betonnya.

3. Perubahan Volume (Volume change accommodation)

Sambungan dapat mengantisipasi adanya retak, susut dan perubahan temperature yang dapat menyebabkan adanya tambahan tegangan yang cukup besar.

4. Ketahanan (*durability*)

Apabila kondisi sambungan dipengaruhi cuaca langsung atau korosi diperlukan adanya penambahan bahan-bahan pencegah seperti stainless stell epoxy atau galvanized.

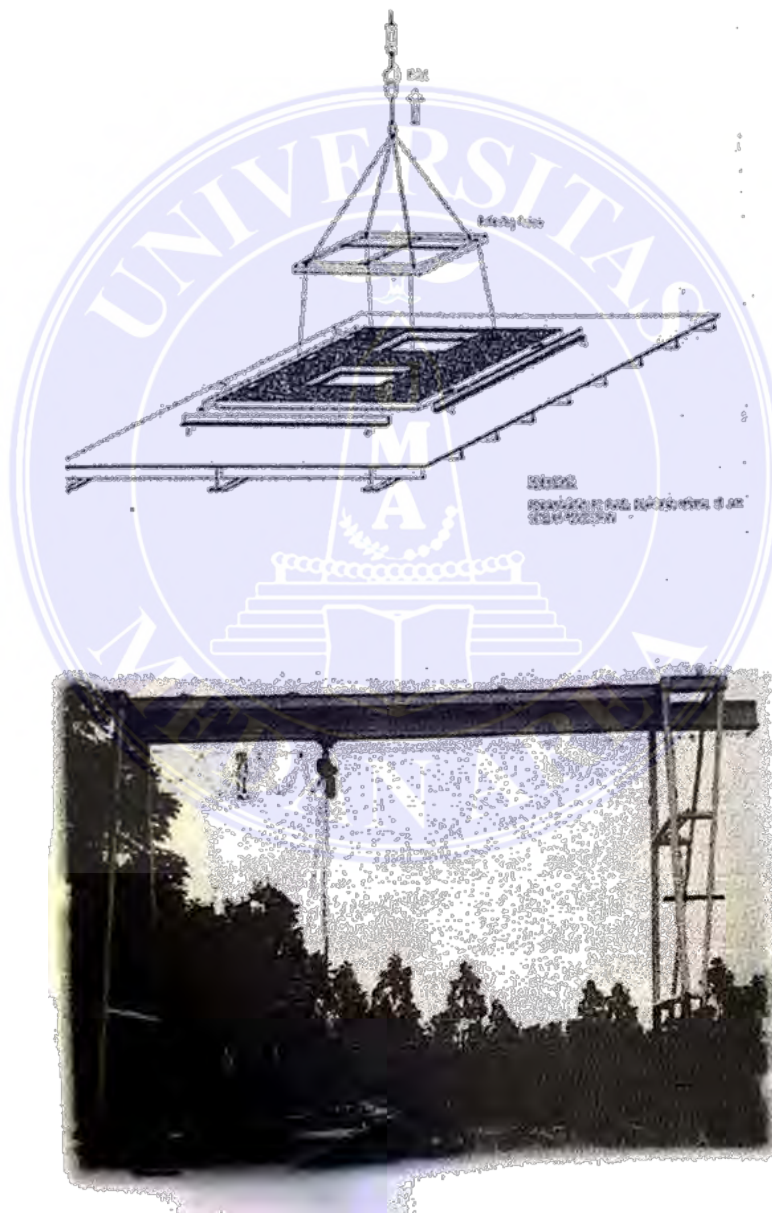
5. Tahan kebakaran (*fire resistance*)

Perencanaan sambungan harus mengantisipasi kemungkinan adanya kenaikan temperatur pada sistem sambungan pada saat kebakaran, sehingga kekuatan dari baja maupun beton dari sambungan tersebut tidak akan mengalami pengurangan.

2.4. Pengangkatan/Demoulding Beton *Precast*

Pengangkatan PC Panel dari cetakan dilakukan setelah umur beton 18 jam, untuk memperkecil resiko pada saat pengangkatan, perlu dipasang tambahan pengaku dari besi siku untuk menambah kekakuan panel pada saat pengangkatan, atau dengan mengaplikasikan meja angkat sampai dengan kemiringan 70 derajat,

selanjutnya dilakukan pengangkatan pc panel dari meja cetak. Pengangkatan ini dilaksanakan dengan memberi penandaan pada produk, membuka separator dinding, menempatkan hook pada lubang titik angkat, mengangkat produk secara vertical secara hati-hati dan Panjang masing- masing seling diusahakan sama, dan menempatkan produk pada tempat penyimpanan sementara. Dengan kriteria umur beton dan kekuatan beton mencapai minimal 150 kg/cm^2 (Rasdina Cristiani, 2018).



Gambar 2.1. Pengangkatan/Demoulding Dinding Pracetak

Sumber: Skripsi Rasdina Cristiani, Analisa Pekerjaan Dinding Pracetak Pada Proyek Podomoro City Deli Medan, 2018.

2.5. Beton Ringan

Beton normal merupakan bahan yang cukup berat, dengan berat sendiri mencapai 2400 kg/m^3 . Untuk mengurangi beban mati pada suatu struktur beton maka telah banyak dipakai jenis beton ringan. Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847 tahun 2002, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg/m^3 . Dalam membuat beton ringan tentunya dibutuhkan material yang memiliki berat jenis ringan pula. Pada umumnya berat jenis yang lebih ringan dapat dicapai jika berat beton diperkecil yang berpengaruh pada menurunnya kekuatan beton tersebut. Pembuatan beton ringan pada prinsipnya adalah membuat rongga didalam beton. Semakin banyak rongga udara dalam beton semakin ringan beton yang dihasilkan. Ada 3 macam cara membuat rongga udara dalam beton, yaitu:

- a. Yang paling sederhana yaitu dengan memberikan agregat ringan.
Agregat itu bisa berupa batu apung, batu alwa atau abu terbang (*fly ash*) yang dijadikan batu. Adapun spesifikasi agregat ringan yang digunakan dalam pembuatan beton ringan yang digunakan dalam pembuatan beton dengan pertimbangan utama adalah ringannya bobot dan tinggi kekuatan yang meliputi: persyaratan komposisi kimia dan sifat agregat sesuai standar SNI 03-2461-2002.
- b. Menghilangkan agregat halus (agregat halus disaring, contohnya debu/abu terbangnya dibersihkan).
- c. Meniup atau mengisi udara di dalam beton. Cara ketiga ini terbagi lagi menjadi secara mekanis dan secara kimiawi. Bahan campuran antara lain

pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air dan dicampur alumunium pasta sebagai bahan pengembang secara kimiawi.

Secara umum, kandungan udara mempengaruhi kekuatan beton. kekuatan beton berkurang 5,5% dari kuat tekan setiap pemasukan 1% dari volume campuran. Beton dengan bahan pengisi udara mempunyai kekuatan 10% lebih kecil daripada beton tanpa pemasukan udara pada kadar semen dan workabilitas yang sama (Murdock & book, 1999). Pada beton dengan kekuatan menengah dan tinggi, tiap 1% peningkatan kandungan udara akan mengurangi kekuatan tekan beton sekitar 5% tanpa perubahan air semen (Mehta, 1986). Pada penelitian ini material tambahan yang digunakan adalah *Styrofoam*.

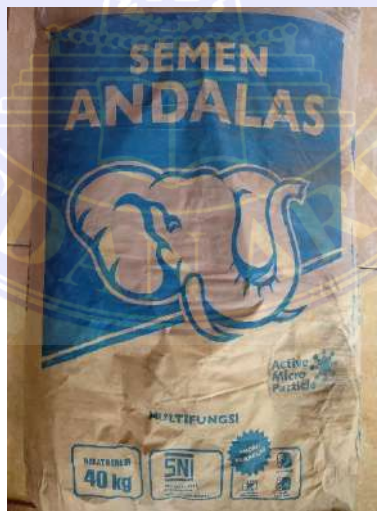
Styrofoam pada penelitian ini berfungsi sebagai pembentuk rongga pada beton sehingga peneliti tidak terfokus pada durabilitas *Styrofoam*. Namun secara umum beton ringan memiliki standar yang berhubungan dengan durabilitas yakni “*Freezing and Thawing Test for Concrete, Method A*” berdasarkan JIS A1148. Hal ini berhubungan dengan faktor lingkungan (cuaca) khususnya di daerah dingin. Pengujian dilakukan dengan melakukan perendaman dalam air. pada kasus ini, beton dengan agregat ringan yang dibasahi terlebih dahulu, hingga memiliki kandungan air sebesar 25-30%. namun hasil pengujian ini tidak bisa menunjukkan secara akurat tentang ketahanan beton ringan sebab dapat dipengaruhi oleh beberapa kondisi diantaranya, durasi siklus “*freezing and thawing*” pada cuaca, temperatur minimum dan perubahan temperatur secara drastis.

2.6. Material Penyusun Beton Ringan *Styrofoam*

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 4%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%- 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Pencampuran bahan-bahan tersebut menghasilkan suatu adukan yang mudah dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan, karena adanya hidrasi semen oleh air maka adukan tersebut akan mengeras dan mempunyai kekuatan untuk memikul beban.

Penggunaan material lain yang memiliki berat jenis ringan dalam campuran beton akan mengurangi berat beton secara keseluruhan. Adapun material penyusun beton ringan yang digunakan pada penelitian ini yakni semen PCC, agregat kasar dan halus, air, serta *Styrofoam* dengan perbandingan variasi berbeda-beda, yakni 10% dan 20% terhadap volume keseluruhan.

1. Semen Portland Komposit



Gambar 2.2. Semen Portland Komposit
Sumber: Penelitian Laboratorium, 2018

Semen berasal dari bahasa latin cementum yang berarti bahan perekat.

Hak paten diberikan kepada Yoseph Aspidin (1824) atas penemuannya

berupa semen. Dalam pengertian umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang mempunyai sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Perekat ini ditemukan pada batu kapur yang serbuknya telah digunakan sebagai bahan adonan (mortar) dalam pembuatan bangunan lebih dari 2000 tahun lalu di negara Italia. Usaha untuk membuat semen pertama kali dilakukan dengan cara membakar batu kapur dan tanah liat. Yoseph Aspidin yang merupakan orang Inggris, pada tahun 1824 mencoba membuat semen dari kalsinasi campuran batu kapur dengan tanah liat yang telah dihaluskan, digiling, dan dibakar menjadi lelehan dalam tungku, sehingga terjadi penguraian batu kapur (CaCO_3) menjadi batu tohor (CaO) dan karbon dioksida (CO_2). Batu kapur tohor (CaO) bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk klinker kemudian digiling sampai menjadi tepung yang kemudian dikenal dengan Portland. Semen portland adalah suatu bahan konstruksi yang paling banyak dipakai serta merupakan jenis semen hidrolis yang terpenting. Penggunaannya antara lain meliputi beton, adukan, plesteran, bahan penambal, adukan encer (grout) dan sebagainya. Semen portland dipergunakan dalam semua jenis beton struktural seperti tembok, lantai, jembatan, terowongan dan sebagainya, yang diperkuat dengan tulangan atau tanpa tulangan. Selanjutnya semen portland itu digunakan dalam segala macam adukan seperti fundasi, telapak, dam, tembok penahan, perkerasan jalan dan sebagainya. Apa bila semen portland dicampur dengan pasir atau kapur, dihasilkan adukan yang dipakai untuk pasangan bata atau batu, atau sebagai bahan plesteran untuk permukaan

tembok sebelah luar maupun sebelah dalam. Bila mana semen portland dicampurkan dengan agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan agregat halus (pasir) kemudian dibubuhi air, maka terdapatlah beton. Semen portland didefinisikan sesuai dengan ASTM C150, sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang pada umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama dengan bahan utamanya. Semen juga adalah suatu jenis bahan yang memiliki adhesi (adhesive) dan kohesif (cohesive) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen portland komposit merupakan bahan pengikat hidrolik hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace slag), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari massa semen portland komposit. Semen portland komposit dikategorikan sebagai semen ramah lingkungan dan digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.

a. Sifat – Sifat Semen Portland

Kualitas semen portland ditentukan oleh sifat kimia senyawa utama dan sifat fisika suatu massa yang dihasilkan.

- Sifat Kimia

1. Loss On Ignition (LOI)

LOI menyatakan bagian dari zat yang akan terbebaskan sebagai gas pada saat terpanaskan atau dibakar (temperatur tinggi). Pada

bahan baku umpan kiln ini berarti semakin tinggi LOI-nya maka makin sedikit umpan kiln yang menjadi produk clinker. Karena itu LOI bahan baku maksimal dipersyaratkan untuk mengurangi inefisiensi proses karena adanya mineral-mineral yang dapat diuraikan pada saat pembakaran. Komponen utama LOI adalah uap air yang berasal dari kandungan air (moisture) dalam bahan baku (raw mix) dan gas CO₂ yang akan dihasilkan dari proses kalsinasi CaCO₃.

2. Insoluble Residue (IR)

Yaitu impuritis/zat pengotor yang tetap tinggal setelah semen tersebut direaksikan dengan asam klorida dan natrium karbonat. Insoluble residue dibatasi untuk mencegah tercampurnya semen portland dengan bahan-bahan alami lainnya yang tidak dapat dibatasi dari persyaratan fisika.

3. Modulus-modulus semen

Modulus-modulus semen digunakan sebagai dasar untuk menentukan jenis semen yang akan diproduksi dan digunakan untuk menghitung perbandingan bahan baku yang digunakan.

- Hydraulic Modulus

Umumnya nilai HM antara 1,7-2,3; makin tinggi nilai HM akan menyebabkan keperluan panas untuk pembakaran makin banyak, kuat awal tinggi dan panas hidrasi naik. Jika $HM < 1,7$ maka mutu semen rendah karena kekuatan semen yang dimiliki kurang baik.

- Silica Ratio

Merupakan indikator tingkat kesulitan pembakaran raw material yang menunjukkan perbandingan antara jumlah SiO_2 terhadap jumlah Fe_2O_3 dan Al_2O_3 . Silika ratio yang tinggi akan menurunkan liquid fase serta meningkatkan burnability, sebaliknya SR kecil akan mengakibatkan pembakaran clinkermudah dan pembentukan coating dalam kiln. Umumnya SR berkisar 1,9-3,2 tetapi disarankan antara 2,3-3,7.

- Alumina Ratio

Harga AR biasanya 1,3-1,6; nilai yang tinggi akan mengakibatkan berkurangnya komposisi fase cair dalam clinker sehingga menyulitkan proses pembakaran. $\text{AR} = 0,64$ maka kedua oksida berada pada perbandingan BM-nya sehingga hanya C_4AF yang dapat terbentuk dalam clinkertanpa C_3A . Clinker ini dinamakan Ferrari Cement yang mempunyai panas hidrasi rendah.

- Lime Saturation Factor

Merupakan jumlah maksimum CaO yang diperlukan untuk bereaksi dengan oksida-oksida lain sehingga tidak terjadi frelime di clinker. Untuk mencapai kejenuhan CaO yang sempurna maka seluruh CaO harus dikombinasikan sebagai C_3S , seluruh oksida besi harus berkombinasi dengan

jumlah yang ekuivalen dengan alumina dalam C4AF dan sisa alumina harus berkombinasi dalam C3A.

- Liquid Phase

Fase lelehan berkisar 20-30 % dan untuk semen portland 24-26%. Jumlah lelehan yang terbentuk tergantung dari komposisi dan temperatur pembakaran. Pada AR 1,63 lelehan mulai terbentuk pada suhu 12800C. Pembentukan clinker berlangsung ketika telah mencapai temperatur sintering dan dalam fasa cair.

- Sifat Fisika

1. Fineness (Kehalusan)

Kehalusan semen biasanya diukur dengan menggunakan luas permukaan spesifik yang ditentukan dengan berbagai macam cara. Cara yang umum dilakukan berdasarkan permeabilitas udara yang dikembangkan oleh Blaine. Kehalusan semen mempengaruhi kecepatan hidrasi, makin halus semen maka kecepatan hidrasi semakin meningkat dan mempercepat perkembangan kekuatan. Pengaruh kehalusan semen terutama terhadap kuat tekan 7 hari pertama. Reaksi antara semen dan air adalah reaksi heterogen. Faktor lain yang berpengaruh terhadap ukuran partikel semen adalah distribusi ukuran grinding media, penggunaan grinding air, kadar gypsum, komposisi dan struktur terak. Kehalusan partikel semen yang banyak berperan terhadap kekuatan semen adalah ukuran sampai 30 micron sebesar 60%.

2. Soundness (Kekekalan Volume/Kekenyalan)

Soundness adalah pengembangan atau pemuaian semen yang disebabkan oleh frelime atau magnesium. Proses hidrasi terjadi apabila semen bereaksi terhadap air yang mengakibatkan timbulnya pengerasan pasta semen.

3. Setting Time (Waktu Pengikatan)

Setting time ditentukan bila pasta semen telah mengalami setting (yang telah mengental) dan hardening (yang telah mengeras) selama beberapa jam. Pada reaksi semen C3A akan bereaksi paling cepat menghasilkan CAH berbentuk gel dan bersifat kaku. CAH akan bereaksi dengan gypsum membentuk ettringite yang akan membungkus permukaan CAH dan C3A sehingga reaksi C3A akan dihalangi dan proses setting akan dicegah. Namun demikian lapisan tersebut karena adanya fenomena osmosis akan pecah dan reaksi hidrasi C3A akan terjadi lagi, tetapi segera pula akan terbentuk ettringite yang baru kembali, Proses ini akan menghasilkan setting time. Semakin banyak ettringite yang terbentuk maka setting time akan makin panjang dan ini diperoleh dengan adanya gypsum.

Setting pasta semen portland secara normal disebabkan oleh pembentukan struktur yang dihasilkan oleh hidrasi mineral clinker terutama C3S dan C3A kecepatan reaksi C3A sangat cepat dengan air, dikenal 2 macam setting time:

- Initial setting time (waktu pengikatan awal) yaitu waktu mulai adonan terjadi sampai mulai terjadi kekakuan tertentu dimana adonan sudah mulai tidak workable.
- Final setting time (waktu pengikatan akhir) yaitu waktu adonan mulai terjadi sampai terjadi kekakuan penuh. Setting time awal biasanya berkisar 2-5 jam dan setting time akhir 3-6 jam.

4. Compressive Strength (Kuat Tekan)

Mengontrol kemampuan menerima beban tekan dari mortar yang akan dibuat. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan semen adalah komposisi kimia (kadar C3S, C2S, C3A, C4AF) dimana kuat tekan sangat tergantung pada distribusi keempat mineral tersebut. C3S berperan pada perkembangan kuat tekan terakhir, C4AF berperan dalam panas hidrasi.

1. Reaktivitas mineral clinker (kondisi pembakaran kiln).
2. Distribusi alkali (kadar alkali dan SO₃).
3. Panas Hidrasi

Apabila ke dalam semen ditambahkan air maka terjadilah reaksi antara komponen-komponen semen dengan air yang dinamakan reaksi hidrasi yang akan menghasilkan senyawa-senyawa hidrat yang terdiri dari kalsium silikat hidrat, calcium aluminat hidrat, calcium sulfuric aluminat hidrat yang semuanya dalam bentuk gel. Kecepatan reaksi hidrasi harus diketahui karena menentukan waktu pengikatan awal dan pengerasan semen.

Pengikatan awal harus cukup lambat agar adonan semen dapat dihitung. Panas hidrasi yang tinggi akan mengakibatkan penguapan air selama pembentukan pasta sehingga air tidak cukup membentuk pasta, akibatnya terjadi rongga-rongga diantara agregat, yang menyebabkan beton kurang kuat dan retak-retak.

2. Klasifikasi Semen Portland

Menurut SNI 15-2049-1994 dan ASTM C-150-1998, semen Portland diklasifikasikan dalam 5 tipe yaitu:

a. Tipe I (Ordinary Portland Cement)

Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang dipersyaratkan pada tipe-tipe lain. Tipe semen ini paling banyak diproduksi dan banyak dipasarkan.

b. Tipe II (Moderate Sulfat Resistance)

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang. Tipe II ini mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah dibanding semen Portland Tipe I. Pada daerah-daerah tertentu dimana suhu agak tinggi, maka untuk mengurangi penggunaan air selama pengeringan agar tidak terjadi Srinkage (penyusutan) yang besar perlu ditambahkan sifat moderat "Heat of hydration". Semen Portland tipe II ini disarankan untuk dipakai pada bangunan seperti bendungan, dermaga dan landasan berat yang ditandai adanya kolom-kolom dan dimana proses hidrasi rendah juga merupakan pertimbangan utama.

c. Tipe III (High Early Strength)

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen tipe III ini dibuat dengan kehalusan yang tinggi blaine biasa mencapai 5000 cm²/gr dengan nilai C₃S nya juga tinggi. Beton yang dibuat dengan menggunakan semen Portland tipe III ini dalam waktu 24 jam dapat mencapai kekuatan yang sama dengan kekuatan yang dicapai semen Portland tipe I pada umur 3 hari, dan dalam umur 7 hari semen Portland tipe III ini kekuatannya menyamai beton dengan menggunakan semen portland tipe I pada umur 28 hari.

d. Tipe IV (Low Heat Of Hydration)

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah. Penggunaan semen ini banyak ditujukan untuk struktur Concrete (beton) yang massive dan dengan volume yang besar, seperti bendungan, dam, lapangan udara. Dimana kenaikan temperatur dari panas yang dihasilkan selama periode pengerasan diusahakan seminimal mungkin sehingga tidak terjadi pengembangan volume beton yang bisa menimbulkan cracking (retak). Pengembangan kuat tekan (strength) dari semen jenis ini juga sangat lambat jika dibanding semen portland tipe I.

e. Tipe V (Sulfat Resistance Cement)

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Semen jenis ini cocok digunakan untuk pembuatan beton pada daerah yang tanah dan airnya mempunyai

kandungan garam sulfat tinggi seperti : air laut, daerah tambang, air payau dan sebagainya.

3. Penyediaan Bahan Baku & Proses Pembuatan Semen Portland Secara Umum.

1. Penyediaan Bahan Baku

Untuk membuat semen Portland ada beberapa persenyawaan yang harus terdapat dalam bahan dasar (The Four Main Elemen), yaitu :

- Oksida calcium (CaO)
- Oksida Silikon (SiO_2)
- Oksida Alumunium (Al_2O_3)
- Oksida Besi (Fe_2O_3)

Untuk memenuhi bahan tersebut, PTSP menggunakan

- Bahan mentah utama :
 - Batu Kapur

Batu kapur ini sebagai sumber Calsium Oksida yang persentasenya terdapat dalam batu kapur sebesar 50%.

Sedangkan penggunaan tanah liat sendiri di dalam bahan baku secara keseluruhan adalah sebanyak 80%.

- Batu Silika

Bahan ini digunakan sebagai sumber silisium Oksida dan Alumunium Oksidan dan Oksida besi. Bahan ini mengandung 65% oksida silisium, 13% oksida alumunium dan 7% oksida besi.

Kebutuhan bahan ini dalam bahan pengolahan bahan dasar adalah + 10%

- Tanah Merah

Digunakan sebagai sumber Alumunium Oksida (29%) dan Oksida besi (10%). Kebutuhan secara keseluruhan + 10%. Hal yang menyulitkan di dalam pemakaian bahan ini adalah kandungan air (30%) dan batu (3%).

- Bahan Mentah Tambahan :

- Pasir Besi

Untuk membuat semen Portland yang berwarna lebih gelap maka perlu ditambahkan bahan mentah pasir besi yang didatangkan dari cilacap. Bahan ini mengandung oksida besi sekitar 83% dan dipakai sebanyak + 2 %. Kegunaan sebagai flux dalam pembakaran dan mempengaruhi warna semen.

- Gypsum

Merupakan bahan mentah tambahan dalam industri semen yang kegunaannya untuk memperbaiki sifat-sifat semen.

2. Proses Pembuatan Semen

Secara umum proses pembuatan semen dibedakan atas dua proses yaitu proses basah (wet process) dan proses kering (dry process).

- Proses Basah

Proses ini yaitu dengan penambahan air sewaktu penggilingan bahan mentah, sehingga hasil gilingan mentah berupa lumpur yang disebut slurry dengan kadar air sekitar 30 – 36 %.

- Proses Kering

Proses ini dengan pengeringan bahan mentah sejalan dengan penggilingannya, sehingga hasil gilingan bahan mentah berupa tepung/bubuk yang disebut raw mix (raw meal), dengan kadar airnya < 1 %.

3. Tahapan Proses

Secara umum proses pembuatan semen dapat dibagi menjadi 4 (empat) tahapan, yaitu:

- a. Penyediaan bahan bahan baku
- b. Pengolahan bahan bahan baku
- c. Pembakaran raw mix/slurry menjadi klinker
- d. Penggilingan klinker dan Gypsum menjadi semen

Penyediaan bahan baku dan proses pembuatan semen di PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan cara menggiling terak/clinker yang mengandung senyawa kalsium silikat yang ditambah dengan gypsum. Disebut hidrolik karena senyawa-senyawa yang terkandung di dalam semen dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat perekat terhadap batuan. Semen memiliki sifat sebagai berikut :

1. Dapat mengeras apabila dicampur dengan air.
2. Tidak larut dalam air.
3. Plastis sementara apabila dicampur dengan air.
4. Dapat melekatkan batuan apabila dicampur dengan air.

Tabel 2.1. Spesifikasi Semen Portland Komposit

Jenis Pengujian	Satuan	SNI 15 – 7064 – 2004	Semen PCC
Pengujian Kimia			
SO ₃		Max 4.0	2.16
MgO		Max 6.0	0.97
Hilang Pijar		Max 5.0	1.98
Pengujian Fisika			
Kehalusan			
- Dengan Alat	m ² /kg	Min 280	365
<i>Belaine</i>	%	-	9.0
- Sisa diatas ayakan 0.045 mm			
Waktu Pengikatan (Alat Vicast)			
- Setting awal	menit	Min. 45	120
- Setting akhir	menit	Max. 375	300
Kekekalan dengan <i>Autoclave</i>			
- Pemuaian	%	Max 45	-
- Penyusutan	%	Max 375	0.02
Kuat Tekan			
- 3 hari	Kg/cm ²	Min 125	185
- 7 hari	Kg/cm ²	Min 200	263
- 28 hari	Kg/cm ²	Min 250	410
Panas hidrasi			
- 7 hari	Cal/gr	-	65.00
- 28 hari	Cal/gr	-	72.21
Kandungan Udara	%	Max 12	5.25
Mortar			

Sumber: Binamarga, 2013

Keunggulan dari PCC (*Portland Composite Cement*) yaitu lebih mudah dikerjakan, suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak, permukaan acian dan beton lebih halus, lebih kedap air, mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibanding OPC (*Ordinary Portland Cement*).

4. Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau

adukan semen hidraulik. Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar. 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 yang penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan dengan kepadatan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik pula. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran 8 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. (Saifuddin et al., 2013). Agregat harus mempunyai gradasi yang baik dan memenuhi syarat agar seluruh massa beton dapat berfungsi secara utuh, homogen dan padat, dimana agregat yang berukuran kecil dapat mengisi rongga-rongga yang ada diantara agregat yang berukuran besar. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat yang baik dalam pembuatan beton harus memenuhi persyaratan, yaitu (*PBI,1971*): harus bersifat kekal, berbutir tajam dan kuat, tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar, tidak

mengandung bahan-bahan organik dan zat-zat reaktif alkali, serta harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.

a. Agregat Halus



Gambar 2.3. Pasir Sungai
Sumber: Penelitian Laboratorium, 2018

Agregat halus menurut SNI 03-2834-2000 adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.2 . Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.3 sampai dengan 2.6 untuk mempermudah pemahaman.

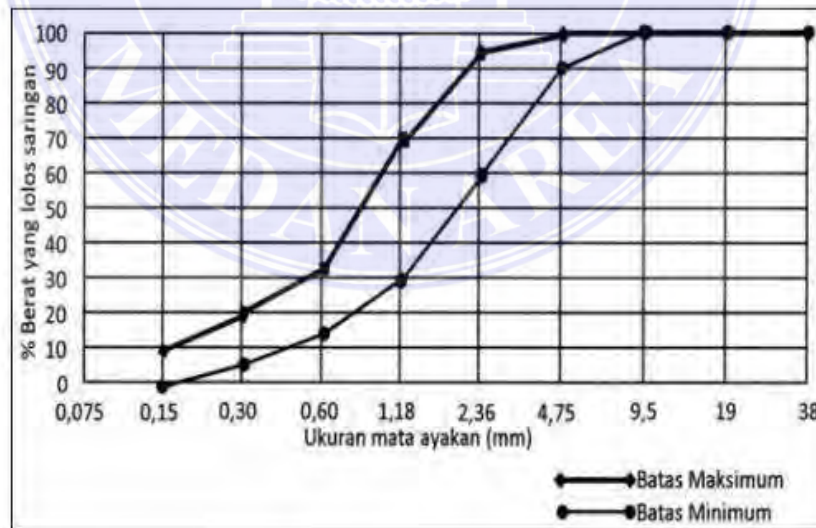
Tabel 2.2. Batas gradasi agregat halus

Ukuran mata ayakan (mm)	No	Persen berat butir lewat ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No. 4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No. 8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No. 16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No. 30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No. 50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No. 100	0-10	0-10	0-10	0-15

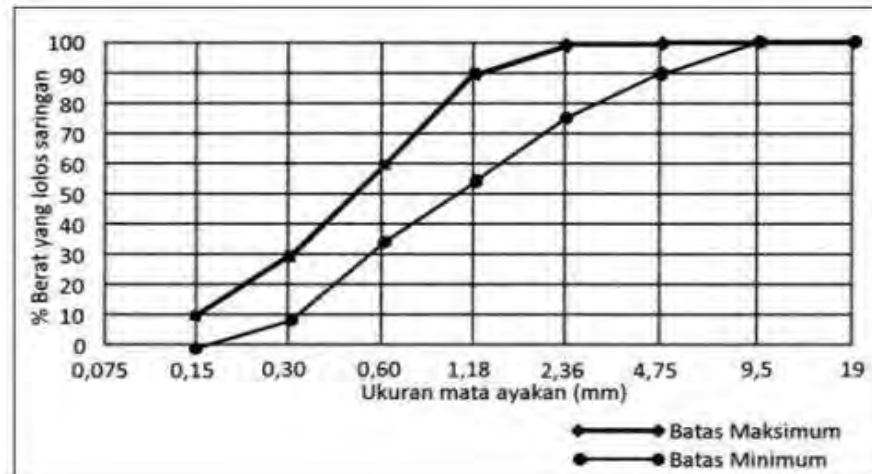
Sumber: SNI-2834-2000

Keterangan:

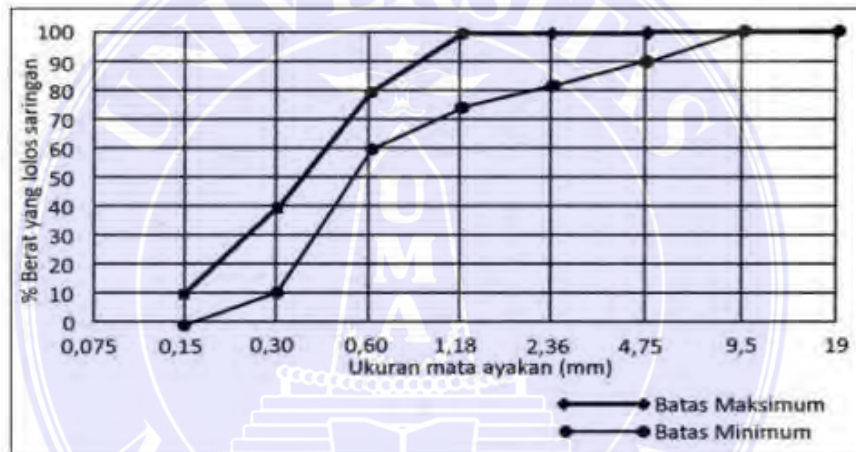
- Daerah gradasi I = Pasir kasar
- Daerah gradasi II = Pasir sedang
- Daerah gradasi III = Pasir agak halus
- Daerah gradasi IV = Pasir halus



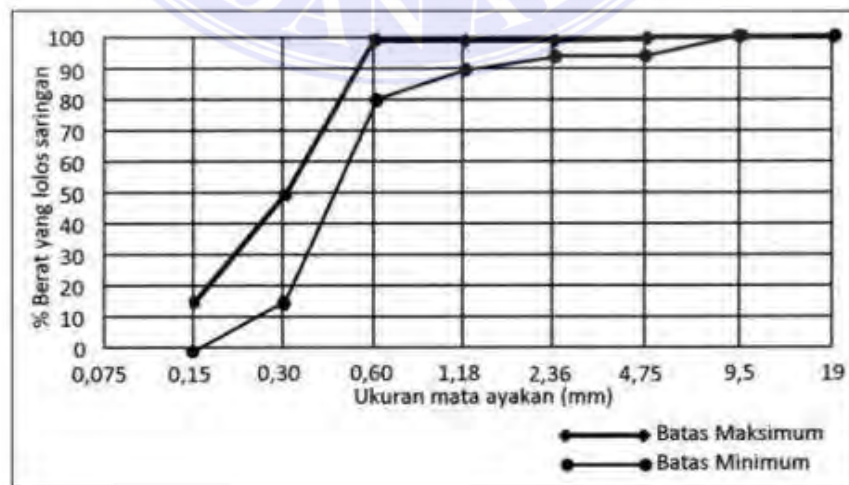
Gambar 2.4. Daerah Gradasi Pasir Kasar
Sumber: SNI-2834-2000



Gambar 2.5. Daerah Gradasi Pasir Sedang
Sumber: SNI-2834-2000



Gambar 2.6. Daerah Gradasi Pasir Agak Halus
Sumber: SNI-2834-2000



Gambar 2.7. Daerah Gradasi Pasir Halus
Sumber: SNI-2834-2000

Dalam penelitian ini digunakan agregat halus yang berasal dari sungai Patumbak, Sumatera Utara. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Ukurannya bervariasi antara No. 4 dan No.100 saringan standar Amerika.

Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis (*Wuryati Samekto 2001:16*):

1. Pasir Galian

Pasir galian dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali dari dalam tanah. Pada umumnya pasir jenis ini tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan.

2. Pasir Sungai

Pasir sungai diperoleh langsung dari sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, karena akibat proses gesekan yang terjadi sehingga daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik.

3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diperoleh dari pantai. Bentuk butiran halus dan bulat karena proses gesekan. Pada jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada didalam pasir ini menyerap kandungan air dalam udara, sehingga mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik,

lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100 atau bahan bahan lain yang dapat merusak campuran beton. (Edward G. Nawy hal:14) Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil desintegrasi “alami” batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batuan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. (SK SNI 03-2847-2002).

b. Agregat Kasar

Agregat kasar menurut SNI 03-2834-2000 adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Jenis agregat kasar yang umum adalah:

- Batu pecah alami:

Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.

- Kerikil alami:

Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.

- Agregat kasar buatan:

Terutama berupa slag atau shale yang bisa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari blast-furnace dan lain-lain.

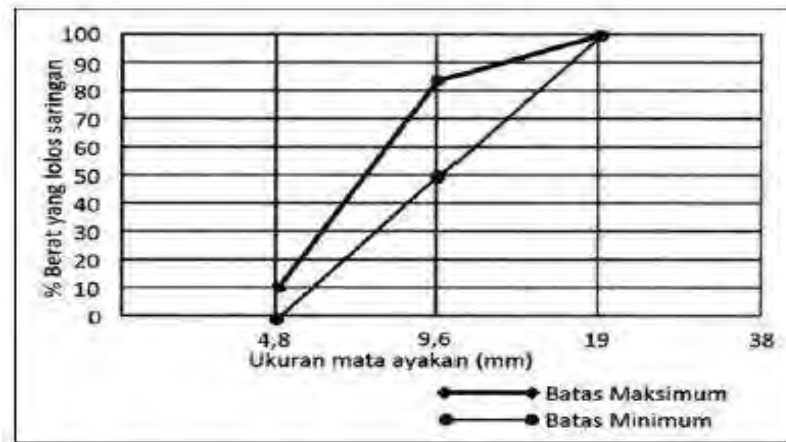
- Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat:

Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk perlindungan dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang diklasifikasi disini misalkan baja pecah, barit, magnetit, dan limonit. (Pane, Tanudjaja, & Windah, 2015). Agregat kasar yang digunakan pada campuran harus memenuhi persyaratan-persyaratan pada Tabel 2.3. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.7. sampai dengan Gambar 2.9. untuk mempermudah pemahaman.

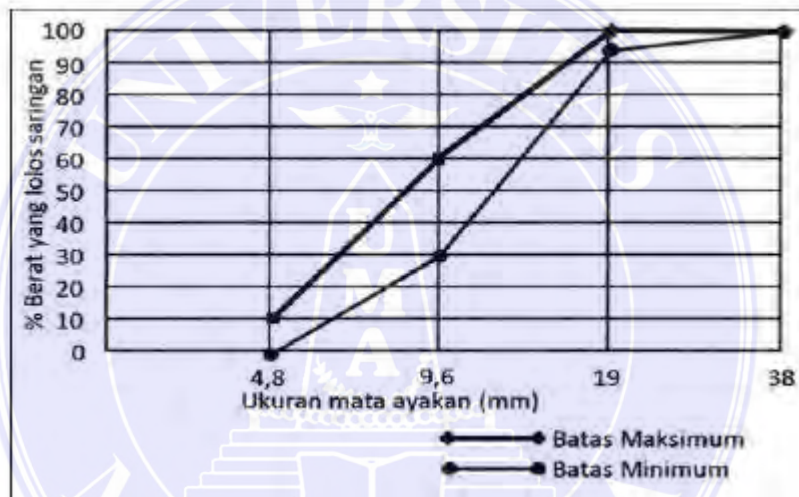
Tabel 2.3. Persyaratan batas-batas susunan berat butir agregat kasar

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	38 - 7,76	19,0 - 4,76	9,6 - 4,76
38,1	95 - 100	100	
19,0	37 - 70	95-100	100
9.5	10 - 40	30 - 60	50 - 85
4,76	0 - 5	0 - 10	0 - 10

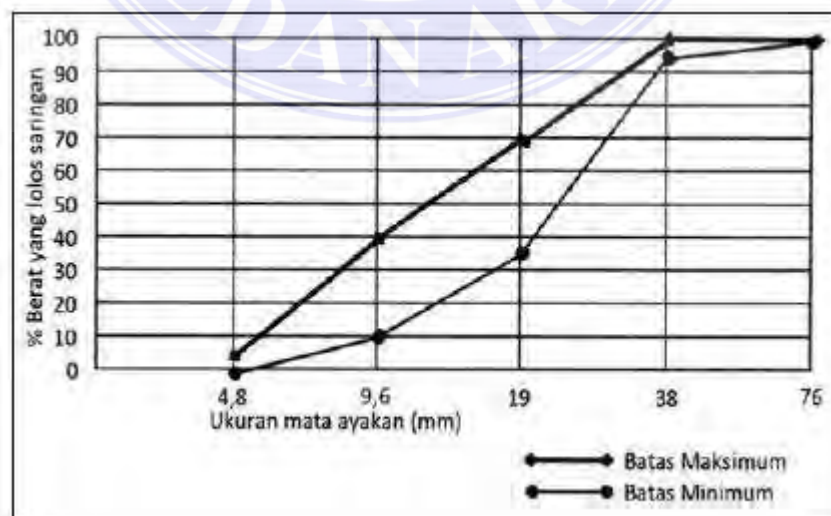
Sumber: SNI-2834-2000



Gambar 2.8. Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 10 mm.
Sumber: SNI-2834-2000



Gambar 2.9. Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 20 mm.
Sumber: SNI-2834-2000



Gambar 2.10. Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 40 mm.
Sumber: SNI-2834-2000

Dalam penelitian ini digunakan agregat kasar yang berasal dari sungai Patumbak, Sumatera Utara dengan ukuran maksimum 20 mm. Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat alami dapat di klasifikasikan kedalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sediment dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakkan memecah, menyaring dan seterusnya. Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi $\frac{1}{4}$ in (6 mm).



Gambar 2.11. Batu Pecah (*chipping*)
Sumber: Penelitian Laboratorium, 2018

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap desintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen (Nawy 1998 : 13).

c. Air

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, 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 kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi blending, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada:

- a. Sifat *workability* adukan beton.
- b. Besar kecilnya nilai susut beton.
- c. Kelangsungan reaksi dengan semen Portland, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.

Air adalah bahan dasar pembuat beton. Berfungsi untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen. Selain itu air yang demikian dapat mengurangi afinitas antara agregat dengan pasta semen dan mungkin pula mempengaruhi kemudahan pengerjaannya. (Nawy 1998:12). Air yang diperlukan dipengaruhi faktor-faktor dibawah ini:

1. Ukuran agregat maksimum: diameter membesar, maka kebutuhan air menurun
2. Bentuk butir: bentuk bulat, maka kebutuhan air menurun (batu pecah perlu banyak air).
3. Gradasi agregat: gradasi baik, maka kebutuhan air menurun untuk kelecakan yang sama.
4. Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar): agregat halus lebih sedikit, maka kebutuhan air menurun. (Paul Nugraha 2007:74).

Adapun air yang digunakan pada penelitian ini adalah air PDAM yang berada di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan. Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi daya kerjanya menjadi berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar dapat memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaannya, tetapi kekuatan hancur beton akan menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam Faktor Air Semen (*water cement ratio*) atau yang sering kita singkat dengan FAS, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dibagi dengan berat semen dalam adukan beton tersebut. Beton untuk konstruksi gedung biasanya memiliki nilai rasio semen sebesar 0,45 hingga 0,65. Dengan rasio tersebut dapat dihasilkan beton yang kedap air, namun mutu beton tetap dipengaruhi cara pemadatan dan daya kerjanya. Bilamana daya kerja beton rendah, maka diperlukan zat *additive*, sehingga daya kerja beton menjadi lebih baik, tanpa mempengaruhi kekuatan atau faktor air-

semen. Kebutuhan kualitas air untuk beton mutu tinggi tidak jauh berbeda dengan air untuk beton normal. Pengerasan beton dipengaruhi reaksi semen dan air, maka air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan air minum yang memenuhi syarat untuk bahan campuran beton, tetapi air untuk campuran beton adalah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% dari kekuatan beton yang menggunakan air suling. Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur (benda-benda melayang lain) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
- d. Air harus bebas terbebas dari zat-zat yang membahayakan beton, dimana pengaruh zat tersebut antara lain:
 - Mortar atau beton dapat mengalami kerusakan oleh pengaruh asam dalam air. Serangan asam pada beton atau mortar akan mempengaruhi ketahanan pasta mortar dan beton.
 - Air yang mengandung lumpur atau bahan padat apabila dipakai untuk mencampur semen dan agregat maka proses pencampuran atau pembentukan pasir kurang sempurna, karena permukaan agregat akan terlapisi lumpur sehingga ikatan agregat kurang sempurna antar satu dengan yang lain. Akibatnya agregat akan

lepas dan mortar atau beton akan tidak kuat; (Nurzal & Mahmud, 2013).

d. *Styrofoam*



Gambar 2.12. *Styrofoam*
Sumber: Penelitian Laboratorium, 2018

Styrofoam yang memiliki nama lain polystyrene, begitu banyak digunakan oleh manusia dalam kehidupannya sehari-hari. Begitu *Styrofoam* diciptakan pun langsung marak digunakan di Indonesia. Banyak keunggulan pada *Styrofoam* yang akan sangat menguntungkan bagi para penjual makanan seperti tidak mudah bocor, praktis dan ringan sudah pasti lebih disukai sebagai pembungkus makanan mereka. Bahkan kita tidak dapat dalam satu hari saja tidak menggunakan bahan polimer sintetik. Polistirena merupakan salah satu polimer yang ditemukan pada sekitar tahun 1930, dibuat melalui proses polimerisasi adisi dengan cara suspensi. Stirena dapat diperoleh dari sumber alam yaitu petroleum. Stirena merupakan cairan yang tidak berwarna

menyerupai minyak dengan bau seperti benzena dan memiliki rumus kimia $C_6H_5CH=CH_2$ atau ditulis sebagai C_8H_8 .

a. Sifat-Sifat *Styrofoam*

- Ketahanan kerja pada suhu rendah (dingin) : Jelek
- Kuat Tensile 256 (j/12) : 0,13-0,34
- Modulus elastisitas tegangan ASTM D747 (MNm x 10⁻⁴)
- Kuat kompresif ASTM D696 (MNm) : 74,9-110
- Muai termal ASTM 696 (mm C x 10) : 6-8
- Titik leleh (lunak 0C) : 82-103
- Berat jenis ASTMd 792 : 1,04-1,1
- Elongasi tegangan ASTM 638 (%) : 1,0-2,5
- Kuat fexural ASTM D790 (mmM) : 83,9-118
- Tetapan elektrik ASTM 150 (10 Hz) : 2,4-3,1
- Kalor jenis (kph) (Kg) : 1,3-1,45

b. Contoh Polisterina

Salah satu jenis *polistirena* yang cukup populer di kalangan masyarakat produsen maupun konsumen adalah *polistirena* foam. Polistirena foam dikenal luas dengan istilah *Styrofoam* yang seringkali digunakan secara tidak tepat oleh publik karena sebenarnya *Styrofoam* merupakan nama dagang yang telah dipatenkan oleh perusahaan Dow Chemical. Oleh pembuatnya *Styrofoam* dimaksudkan untuk digunakan sebagai insulator pada bahan konstruksi bangunan. Polistirena foam dihasilkan dari campuran 90-95% *polistirena* dan 5-10% gas seperti n-butana atau

n-pentana. Polistirena foam dibuat dari monomer stirena melalui polimerisasi suspensi pada tekanan dan suhu tertentu, selanjutnya dilakukan pemanasan untuk melunakkan resin dan menguapkan sisa blowing agent. *Polistirena foam* merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator panas yang sangat baik. *Polistirena foam* begitu banyak dimanfaatkan dalam kehidupan, tetapi tidak dapat dengan mudah direcycle sehingga pengolahan limbahnya harus dilakukan secara benar agar tidak merugikan lingkungan. Pemanfaatan polistirena bekas untuk bahan aditif dalam pembuatan aspal polimer merupakan salah satu cara meminimalisir limbah tersebut.

c. Kegunaan/ Kelebihan

Stirena pertama kali diproduksi secara komersil pada tahun 1930 sebelum terjadi perang dunia ke-II dan memegang peranan penting dalam perkembangan kimia polimer. Setelah perang dunia II sudah banyak pengolahan stirena menjadi polistirena dan kopolimernya secara komersial. Polistirena banyak dipakai dalam produk-produk elektronik sebagai casing, kabinet dan komponen-komponen lainnya. Peralatan rumah tangga yang terbuat dari polistirena, a.l: sapu, sisir, baskom, gantungan baju, ember.

d. Cara Pembuatan

Secara laboratorium dapat dibuat melalui dehidrogenasi etil benzene, yaitu dengan melewati etilena melalui cairan benzena dengan tekanan yang cukup dan aluminiumklorida sebagai katalisnya. Etil benzena didehidrogenasi menjadi stirena dengan melewatkannya melalui katalis oksida aktif. Pada suhu sekitar 600°C stirena disuling dengan cara destilasi maka didapatkan polistirena. Polistirena padat murni adalah sebuah plastik tak berwarna, keras dengan fleksibilitas yang terbatas yang dapat dibentuk menjadi berbagai macam produk dengan detail yang bagus. Penambahan karet pada saat polimerisasi dapat meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan kejut. Polistirena jenis ini dikenal dengan nama High Impact Polystyrene (HIPS). Polistirena murni yang transparan bisa dibuat menjadi beraneka warna melalui proses compounding. Polistirena foam yang dihasilkan dari campuran 90-95% polistirena dan 5-10% gas-gas tertentu seperti n-butana atau n-pentana. Dahulu, blowing agent yang digunakan adalah berupa senyawa CFC (Freon), karena golongan senyawa ini dapat merusak lapisan ozon oleh karenanya saat ini tidak dipergunakan lagi, kini yang digunakan adalah blowing agent yang lebih ramah lingkungan. Polistirena yang dibuat dari monomer stirena dilakukan melalui proses polimerisasi. Polistirena foam yang dibuat dari monomer stirena melalui polimerisasi suspensi pada tekanan-tekanan dan suhu tertentu, selanjutnya dilakukan

pemanasan untuk melunakkan resin yang ada serta ikut menguapkan sisa-sisa blowing merupakan insulator-insulator yang baik. Sedangkan monomer polistirena foam merupakan bahan plastik yang memiliki sifat tertentu atau khusus dengan struktur yang tersusun dari beberapa butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat di dalam ruang-ruang antar butiran yang berisi udara minuman-minuman beralkohol atau bersifat asam juga meningkatkan laju migrasi.

e. Bahaya

Dibalik semua keunggulan *styrofoam* itu dapat menimbulkan kerugian yang sangat merugikan bagi manusia dan alam. Bila ditinjau dari faktor alam atau lingkungan sudah kita semua tahu kalau *styrofoam* sangat berbahaya karena bila sampahnya terus menumpuk dan tidak ada upaya untuk mendaur maka akan dapat menimbulkan timbunan sampah yang sulit untuk diurai. Walaupun faktanya sudah banyak pengrajin yang menggunakan *styrofoam* sebagai bahan utamanya untuk diolah lebih lanjut tetapi jumlah sampah *styrofoam* tetap saja masih meningkat setiap harinya. Bila sampah *styrofoam* yang mengalir ke arah laut maka sudah tentu biota laut akan terganggu ekosistemnya karena *styrofoam* akan bereaksi dengan air laut dan menyebabkan biota laut terganggu kehidupannya. Dampak yang lainnya adalah bagi kesehatan manusia, kandungan yang terdapat pada *styrofoam* seperti benzen, *carsinogen*, dan *styrene* akan bereaksi dengan cepat begitu makanan

dimasukkan kedalam *styrofoam*. Uap panas dari makanan akan memicu rekasi kimia ini terjadi lebih cepat, misalnya saja zat benzen yang bila sudah bereaksi dan masuk kedalam tubuh dan masuk kedalam jaringan darah dan terakumulasi selama bertahun tahun akan menimbulkan kerusakan pada sum sum tulang belakang, menimbulkan anemia dan bahkan mengurangi produksi sel darah merah yang sangat dibutuhkan tubuh untuk mengangkut saripati makana dan oksigen ke seluruh tunuh. Bila jumlah sel darah merah kita semakin berkurang akibat dari reaksi styrofoam ini maka tubuh kita akan mengalmi beberapa gejala yang kurang wajar. Lalu zat yang tidak kalah bahayanya adalah carsinogen yang dapat mengakibatkan kanker, carsinoge akan lebih berbahaya bila pemakai wadah styrofoam atau plastik digunakan berulang ulang karena carsinogen mudah larut. Lalu styrene pada penelitian di New Jersey ditemukan 75% ASI (air susu ibu) terkontaminasi styrene. Hal ini terjadi akibat si ibu menggunakan wadah styrofoam saat mengonsumsi makanan. Penelitian yang sama juga menyebutkan bahwa styrene bisa bermigrasi ke janin melalui plasenta pada ibu-ibu yang sedang mengandung. Terpapar dalam jangka panjang, tentu akan menyebabkan penumpukan styrene dalam tubuh. Akibatnya bisa muncul gejala saraf, seperti kelelahan, gelisah, sulit tidur, dan anemia.

f. Pencegahan

Sebenarnya banyak pencegaham yang dilakukan para pedagang atau penjual makanan , salah satunya adalah dengan melapisi styrofoam dengan plastik transparan. Sebenarnya hal ini akan menambah jumlah reaksi zat kimia yang terjadi pada pengemasan makanan bertambah banyak, karena plastik juga bahan yang berbahaya untuk pembungkus makanan, jadi langkah ini dianggap kurang cocok untuk mengurangi bahaya styrofoam . Jadi antisipasi yang dapat kita lakukan untuk mengurangi bahaya syrofoam bagi kesehatan kita adalah dengan membawa sendiri wadah yang akan kita gunakan untuk membungkus makanan dan segeralah pindahkan makanan yang sudah dibungkus dengan styrofoam kedalam wadah yang lebih aman seperti piring kaca atau mangkuk kaca. Setelah itu kumpulkan bahan pembungkus makanan styrofoam ini agar nantinya dapa di daur ulang. Banyak sudah negara yang mengeluarkan peraturan untuk tidak menggunakan styrofoam contohnya kanada, korea, jepang dan masih banyak lagi. *Polystyrene* ini dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH_9CH_{12}$) yang mempunyai gugus *phnyl* yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. *styrofoam* ini memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , kuat tarik sampai 40 MN/m^2 , dan modulus lentur sampai 3 GN/m^2 , modulus geser sampai $0,99 \text{ GN/m}^2$, angka poisson $0,33$ (Dharmagiri, I.B, dkk, 2008). Dalam bentuk butiran (*granular*) *expanded polystyrene* mempunyai berat satuan sangat kecil yaitu $13\text{-}22 \text{ kg/m}^3$. Sehingga

expanded polystyrene dalam campuran beton sangat cocok digunakan untuk mendapatkan berat jenis beton yang ringan. Penggunaan styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan styrofoam dibandingkan dengan rongga udara dalam beton adalah styrofoam mempunyai kuat tarik, kerapatan atau berat jenis beton dengan campuran styrofoam dapat diatur dengan mengontrol jumlah campuran styrofoam dalam beton (Dharmagiri, I.B, dkk, 2008). Pada penelitian ini digunakan *expanded polystyrene* yang memiliki ukuran butiran sebesar 3 mm - 5 mm. Persentase penggunaan *expanded polystyrene* pada campuran beton bervariasi yaitu sebesar 10% dan 20% dari volume beton. Penetapan persentase *expanded polystyrene* yang bervariasi dimaksudkan untuk mengetahui perilaku mekanik beton (kuat tekan, kuat tarik belah serta kuat lentur) terbaik dalam campuran beton. Pada penelitian ini tidak dilakukan *treatment* khusus pada styrofoam sesuai dengan standar pengujian beton ringan sebelum dapat digunakan/dicampur dengan beton, sebab peneliti ingin menerapkan secara langsung dilapangan tentang penggunaan styrofoam dalam campuran beton.

g. Massa Jenis *Styrofoam*

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah

benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air). Satuan SI massa jenis adalah kilogram per meter kubik ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Massa jenis berfungsi untuk menentukan zat. Setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Dan satu zat berapapun massanya berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama.

Rumus untuk menentukan massa jenis adalah

$$\rho = \frac{m}{V}$$

dengan

ρ adalah massa jenis,

m adalah massa,

V adalah volume.

Satuan massa jenis dalam 'CGS [centi-gram-sekon]' adalah: gram per sentimeter kubik (g/cm^3).

$$1 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Massa jenis air murni adalah $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ atau sama dengan $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Selain karena angkanya yang mudah diingat dan mudah dipakai untuk menghitung, maka massa jenis air dipakai perbandingan untuk rumus ke-2 menghitung massa jenis, atau yang dinamakan Massa Jenis Relatif. Rumus massa jenis relatif = Massa bahan / Massa air yang volumenya sama. Contoh Massa Jenis Beberapa Material ($1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$)

Untuk polipropilena dan PETE/PVC

Tabel 2.4. Daftar Massa Jenis Material (*Styrofoam*)

Material	ρ dalam kg/m ³	Catatan
Medium antarbintang	10-25 – 10-15	Assuming 90% H, 10% He; variable T
Atmosfer Bumi	1.2	Pada permukaan lbaut
Aerogel	1 – 2	
<i>Styrofoam</i>	30 – 120	
Gabus	220 – 260	
Air	1000	Pada kondisi standar untuk suhu dan tekanan
Plastik	850 – 1400	
Bumi	5515.3	Rata-rata keseluruhan
Tembaga	8920 – 8960	Mendekati suhu ruangan
Timah	11340	Mendekati suhu ruangan
Inti Bumi	Perut ~13000	Seperti yang tercantum dalam bumi
Uranium	19100	Mendekati suhu ruangan
Iridium	22500	Mendekati suhu ruangan
Inti Matahari	~150000	
Inti Atom	$\sim 3 \times 10^{17}$	Seperti yang tercantum dalam neutron star
Bintang neutron	8.4×10^{16} – 1×10^{18}	
Black hole	4×10^{17}	Mean density inside the Schwarzschild radius of an earth-mass black hole (theoretical)

Nama zat	ρ dalam kg/m ³	ρ dalam gr/cm ³
Air (4 derajat Celcius)	1.000 kg/m ³	1 gr/cm ³
Alkohol	800 kg/m ³	0,8 gr/cm ³
Air raksa	13.600 kg/m ³	13,6 gr/cm ³
Aluminium	2.700 kg/m ³	2,7 gr/cm ³
Besi	7.900 kg/m ³	7,9 gr/cm ³
Emas	19.300 kg/m ³	19,3 gr/cm ³
Kuningan	8.400 kg/m ³	8,4 gr/cm ³
Perak	10.500 kg/m ³	10,5 gr/cm ³
Platina	21.450 kg/m ³	21,45 gr/cm ³
Seng	7.140 kg/m ³	7,14 gr/cm ³
Udara (27 derajat Celcius)	1,2 kg/m ³	0,0012 gr/cm ³
Es	920 kg/m ³	0,92 gr/cm ³

Sumber: Norma Aswabi, 2019

Penggunaan styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Beton styrofoam adalah sejenis beton ringan dengan bahan penyusunnya berupa semen, pasir dan *styrofoam* serta mempunyai berat jenis sekitar 600 kg/m^3 . Panel styrofoam adalah panel yang terbuat dari beton styrofoam sehingga panel *styrofoam* lebih ringan 35,5% dari berat bata biasa (Darmawan, 1994). Bahan polystrene atau *styrofoam* juga sering digunakan pada balok beton bertulang sebagai bahan dasar untuk perkerasan, yaitu sebagai bahan konstruksi (Ravindrarajah dan Tuck, 1994). *Styrofoam* ini diperoleh dari Toko Plastik Jaya Medan yang merupakan salah satu distributor plastik dan *styrofoam* yang berada di kota Medan, Sumatera Utara.

2.7. Perencanaan Pembuatan Campuran (Mix Design) Menurut SNI 03-2834-2000

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah: menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') pada umur tertentu dan menghitung nilai deviasi standar (S). Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada Tabel 2.5. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 2.5. Faktor pengali deviasi standar berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f_c' + 12 \text{ MPa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Sumber: SNI 03-2834-2000

1. Penghitungan nilai tambah/margin (m) ditentukan menggunakan tingkat mutu pekerjaan pembetonan yang dijelaskan pada Tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.6. Tingkat mutu pekerjaan pembetonan

Tingkat mutu pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: Mulyono, 2004

2. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan menggunakan Pers. di bawah ini:

$$f'_{cr} = f'_c + S + m \quad (2.1)$$

dengan:

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata perlu (MPa).

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa).

S = Standar deviasi (MPa).

m = Nilai tambah (MPa).

3. Penetapan jenis semen portland . Pada cara ini dipilih semen tipe I.

4. Penetapan jenis agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, berupa agregat alami (batu pecah atau pasir buatan).

5. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

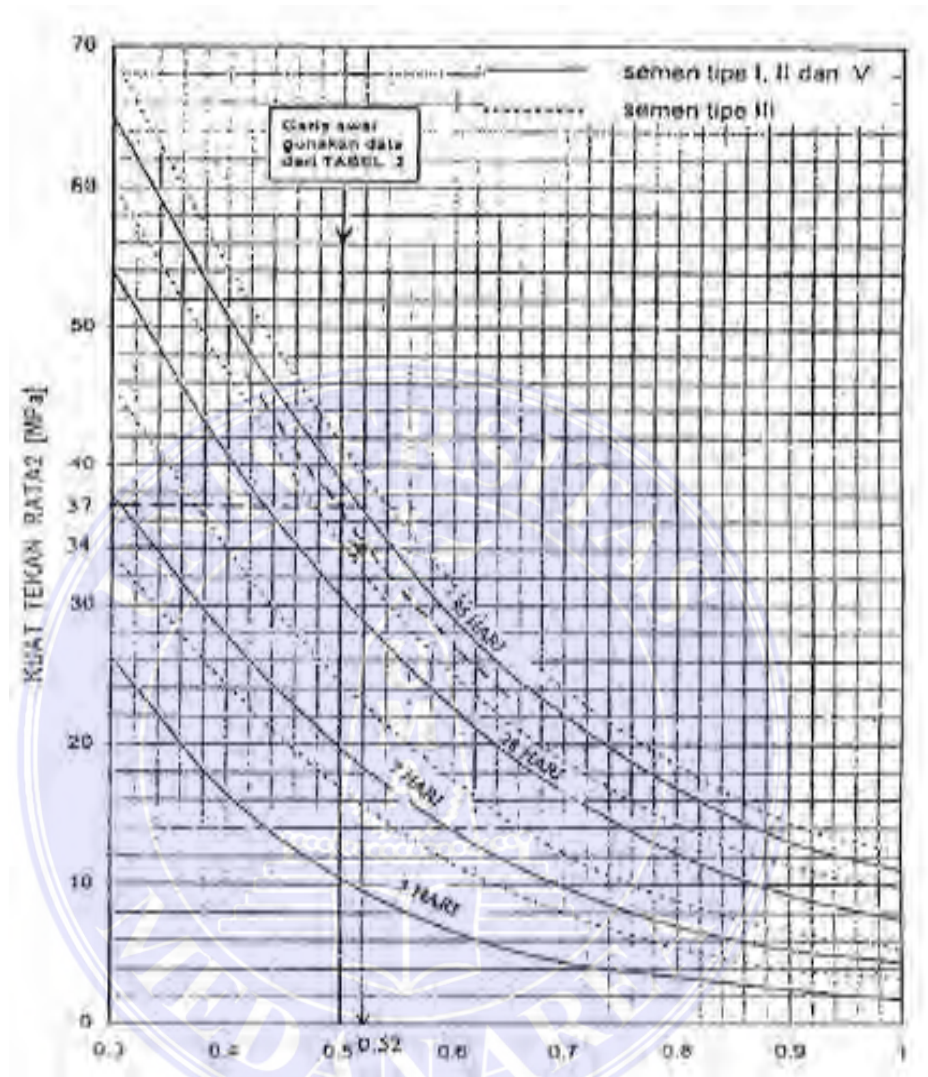
Tabel 2.7. Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan factor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

Jenis Semen	Jenis Agregat	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk Uji
		Pada Umur (hari)				
Semen Portland Tipe I	Kasar	3	7	28	29	Bentuk Uji
	Batu tak pecah	17	23	28	40	
	Batu pecah	19	27	33	45	Silinder
	Batu tak pecah	20	28	37	48	
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu pecah	25	32	40	54	Kubus
	Batu tak pecah	21	28	45	44	
	Batu pecah	25	33	38	48	Silinder
Semen portland tipe III	Batu tak pecah	25	31	46	53	
	Batu pecah	30	40	53	60	Kubus

Sumber: PBSDM PU, 2017

Dari tabel 2.7. diketahui untuk jenis agregat kasar, maupun tipe semen untuk kekuatan tekan umur 28 hari yang diharapkan sesuai dengan bentuk benda uji. Harga ini dipakai untuk membuat kurva yang harus diikuti menurut Gambar 2.12 dalam usaha mencari faktor air semen untuk beton yang direncanakan dengan cara berikut ini: Dari titik kekuatan tekan pada umur 28 hari sesuai dengan jenis agregat kasar, jenis semen, dan bentuk benda uji yang digunakan, tarik garis datar hingga memotong garis tengah yang menunjukkan faktor air semen 0,50. Melalui titik potong ini lalu gambarkan kurva yang berbentuk kira-kira sama dengan kurva disebelah atas dan di sebelah bawahnya (garis putus-putus). Kemudian dari titik kekuatan tekan beton yang dirancang tarik garis datar hingga memotong kurva garis putus-putus tadi. Dari titik potong ini ditarik garis

tegak lurus ke bawah hingga memotong sumbu x (absiska) dan baca faktor air semen yang diperoleh.



Gambar 2.13. Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton

Sumber: PBSDM PU, 2017

6. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan

Dalam hal faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 2.8 tidak sama dengan yang ditetapkan. Untuk perhitungan selanjutnya dipakai nilai faktor air semen yang lebih kecil.

7. Penetapan nilai slump.

Penetapan nilai slump ditentukan, berupa 0-10mm, 10-30mm, 30-60mm atau 60-180 mm.

8. Penetapan besar butir agregat maksimum.

Penetapan besar butir maksimum agregat pada beton standar ada 3, yaitu 10mm, 20mm atau 40mm.

9. Jumlah kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 2.8

Tabel 2.8. Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung dengan

menggunakan Pers. berikut: $\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$.

10. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan

menggunakan Pers. di bawah ini:

$$W_{smn} = 1/Fas * W \text{ air (2.3)}$$

Fas = Faktor air per meter kubik beton

11. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

12. Menentukan jumlah semen semimumimum mungkin.

Dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut:

Tabel 2.9. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan:	275	0,6
a. Keadaan keliling non- korosif	325	0,52
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif		
Beton di luar ruangan bangunan:	325	0,6
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari dalam tanah		Lihat tabel 2.10
Beton kontinyu berhubungan:		Lihat tabel 2.11
a. Air tawar		
b. Air laut		

Sumber: SNI 03-2834-2000

Tabel 2.10. Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat

Kadar sulfat	Konsentrasi sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			f.a.s
	Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah g/l		40	20	10	
	mm	mm			mm	mm	mm	
1	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300	350	0,5
2	0,2-0,5	1,0-0,9	0,3-1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,50
				Tipe I Pozolan (15-40%) atau semen portland pozolan	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe V	250	290	340	0,55
3	0,51-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I Pozolan (15-40%) atau semen portland pozolan	340	380	430	0,45
				Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50
4	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
5	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V Lapisan Pelindung	330	370	420	0,45

Sumber: SNI 03-2834-2000

Tabel 2.11. Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air.

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor air maks.	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran nominal Maksimum agregat 40 mm	20 mm
Bertulang atau prategang	Air tawar	0,50	Tipe - V	280	300
	Air payah	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau semen portland pozolan	340	380
		0,5	Tipe II atau Tipe V		
	Air laut	0,45	Tipe II atau Tipe V		

Sumber: SNI 03-2834-2000

13. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.

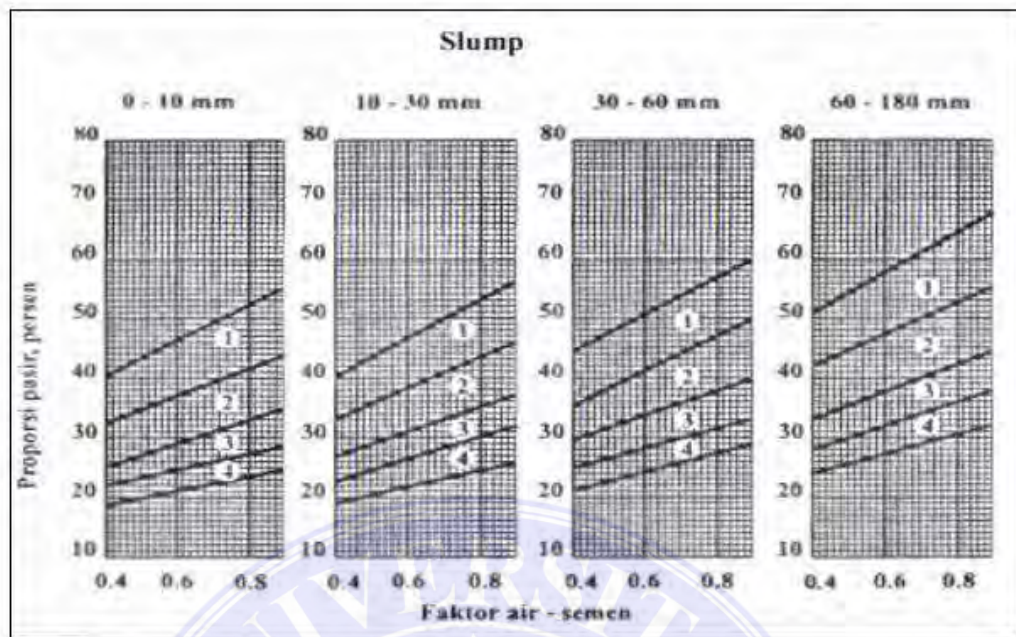
14. Penetapan jenis agregat halus:

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 2.3.), agak kasar (Gambar 2.4.), agak halus (Gambar 2.5.) dan pasir halus (Gambar 2.6.).

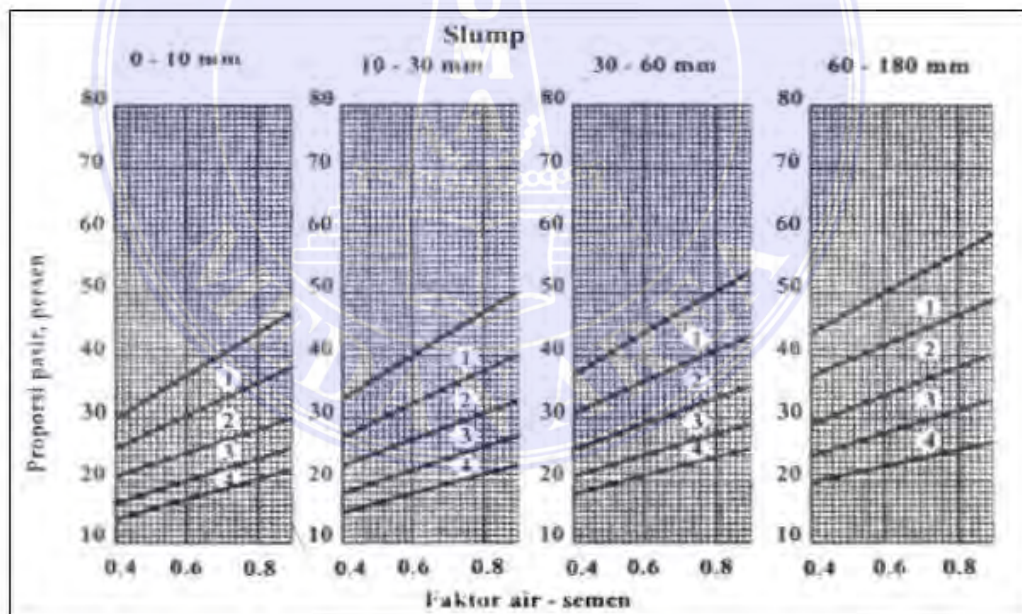
15. Penetapan jenis agregat kasar

16. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

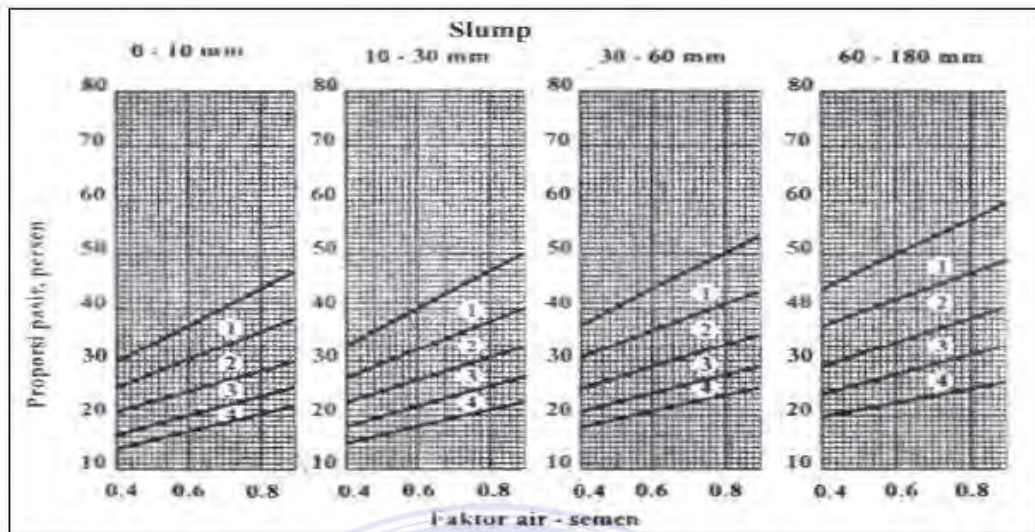
Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 2.12, Gambar 2.13, dan Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm
Sumber: SNI 03-2834-2000



Gambar 2.15. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm
Sumber: SNI 03-2834-2000



Gambar 2.16. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

Sumber: SNI 03-2834-2000

17. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_j \text{ camp} = K_h/100 \times B_{j_h} + K_k/100 \times B_{j_k} \quad (2.4)$$

Dimana:

$B_j \text{ camp}$ = berat jenis agregat campuran.

B_{j_h} = berat jenis agregat halus.

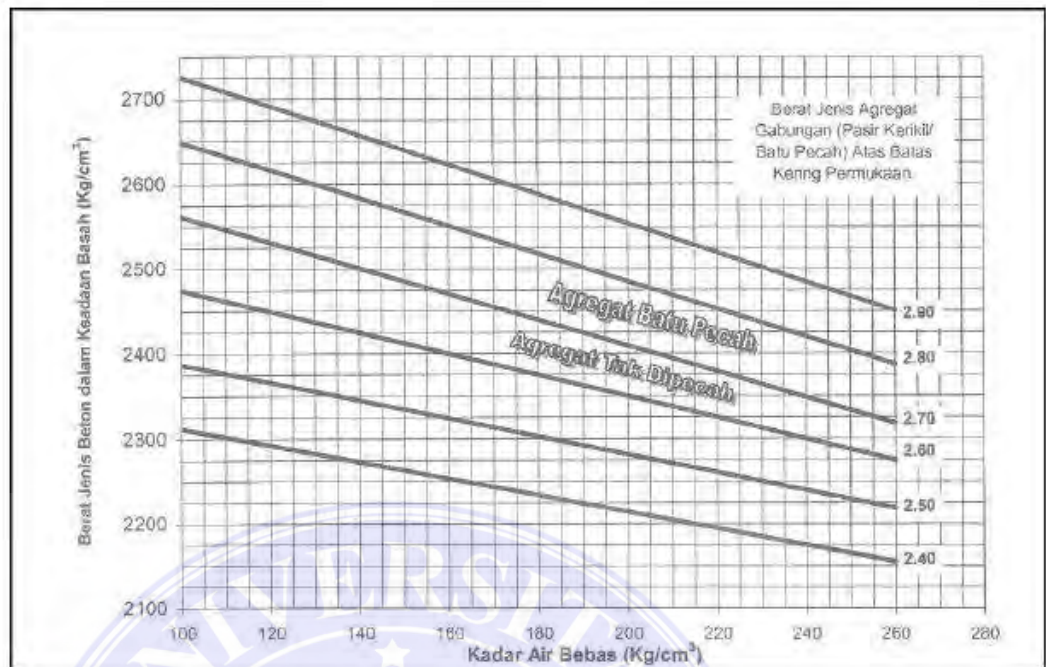
B_{j_k} = berat jenis agregat kasar.

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

18. Perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 2.14



Gambar 2.17. Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

Sumber: SNI 03-2834-2000

19. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,camp} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \quad (2.5)$$

Dengan:

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg/m³).

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg/m³).

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg/m³).

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg/m³).

20. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah

(18) dan (21).

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,h} = K_h \times W_{agr,camp} \quad (2.6)$$

Dengan:

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%).

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m³).

21. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (21) dan (22). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,k} = K_k \times W_{agr,camp}$$

Dengan :

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (%).

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m³).

22. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m³ adukan.

23. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat.

Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut

rumus sebagai berikut:

a. $Air = B - (C_k - C_a) \times C100 - (D_k - D_a) \times D100$

b. $Agregat\ halus = C + (C_k - C_a) \times C100$

c. $Agregat\ kasar = D + (D_k - D_a) \times D100$

Dengan:

B : jumlah air (kg/m³).

C adalah agregat halus (kg/m³).

D adalah jumlah agregat kasar (kg/m³).

Ca adalah absorpsi air pada agregat halus (%).

Da adalah absorpsi agregat kasar (%).

Ck adalah kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%).

2.8. Kekuatan Beton

Sifat-sifat utama beton yang berhubungan dengan kepentingan praktisnya adalah mengenai kekuatan, karakteristik, tegangan-tegangan, penyusutan dan deformasi, respon terhadap suhu, daya serap air dan ketahanannya. Diantara sifat-sifat beton yang paling mendapat perhatian adalah kekuatan beton, karena hal tersebut yang merupakan gambaran umum mengenai kualitas beton.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dari material penyusunnya ditentukan oleh faktor air semen, porositas dan faktor-faktor instristik lainnya seperti kekuatan agregat, kekuatan pasta semen, kekuatan ikatan/lekatan antara semen dengan agregat.

a. Persyaratan Kekuatan Lentur

Menurut Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung

SNI 03-2847-2002, persyaratan kekuatan lentur adalah:

$$\phi M_n \geq M_u \dots\dots\dots(1)$$

Dimana ϕ untuk lentur murni adalah 0,8.

Persyaratan diatas dapat juga dituliskan

$$\mu \leq \phi M_n \dots\dots\dots(2)$$

Dengan persyaratan perencanaan $\mu \leq \phi M_n$, dapat diselesaikan permasalahan analisis dan perencanaan balok lentur beton bertulang tunggal.

2.9. Jenis Keruntuhan Lentur Berdasarkan Tulangan

Menurut SNI 4431-1997 dan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847—2002, pada perencanaan lentur balok beton bertulang.

a. Keruntuhan Tarik

Keruntuhan tarik adalah keruntuhan yang terjadi akibat tegangan baja telah mencapai f_y terlebih dahulu sebelum beton hancur (mencapai μ) atau dengan kata lain baja leleh terlebih dahulu sebelum beton hancur. Keruntuhan tarik ini disebut juga keruntuhan “*under reinforced*”.

Pada perencanaan tulangan lentur balok beton bertulang, keruntuhan tarik ini terjadi bila:

$$P < P_b \dots\dots\dots (4)$$

Pada perencanaan beton bertulang, jenis keruntuhan tarik ini dipilih agar tidak terjadi keruntuhan yang tiba-tiba.

b. Keruntuhan Tekan

Keruntuhan tekan adalah keruntuhan yang terjadi akibat beton hancur terlebih dahulu (mencapai μ) sebelum tegangan baja mencapai f_y atau

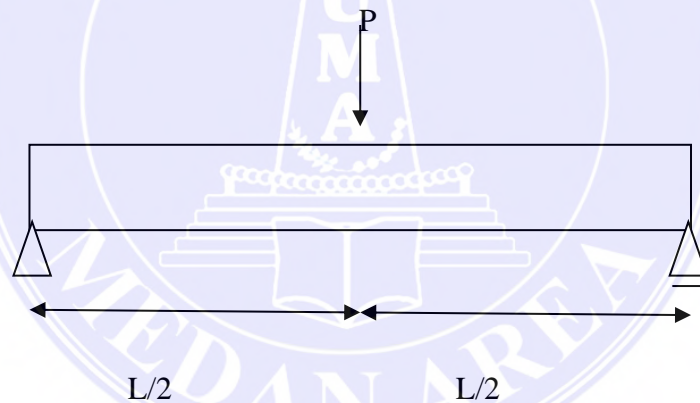
dengan kata lain beton hancur sebelum baja leleh. Keruntuhan tekan juga keruntuhan ini disebut juga keruntuhan “over reinforced”.

Pada perencanaan tulangan lentur balok bertulang, keruntuhan tekan ini terjadi bila:

$$P < P_b \dots\dots\dots (5)$$

c. Pemodelan Benda Uji

Benda uji untuk kuat tekan adalah Silinder berukuran diameter 15 dan tinggi 30 cm dan untuk kuat tarik atau lentur dimodelkan sebagai balok sederhana dua tumpuan dengan beban terpusat ditengah bentang seperti gambar 2.17. Benda uji direncanakan terhadap balok yang mengalami keruntuhan tarik.



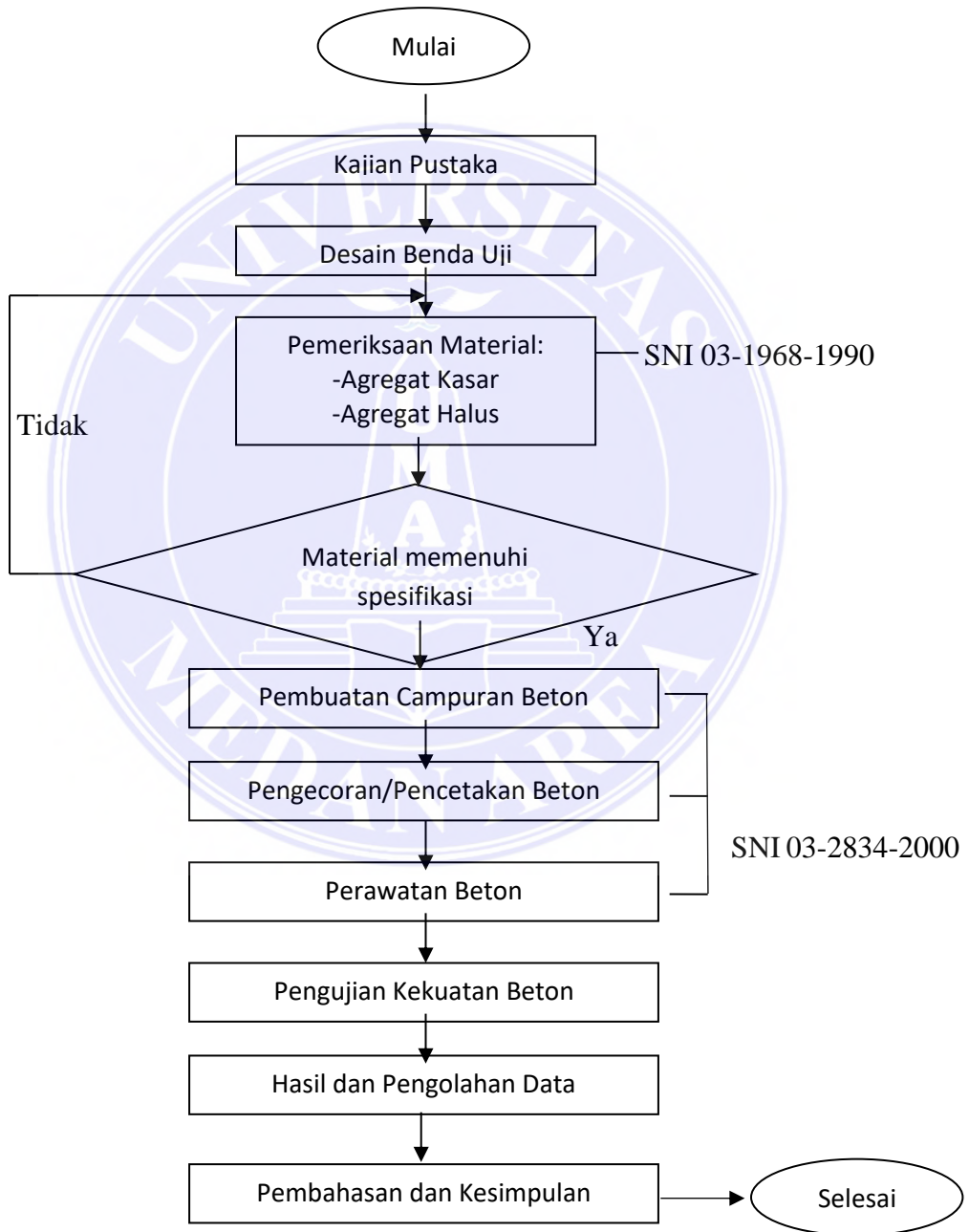
Gambar 2.18. Model Benda Uji

Sumber: Jurnal Riza Aryanti: Pengujian Lentur Balok Beton Bertulang, 2008

BAB III

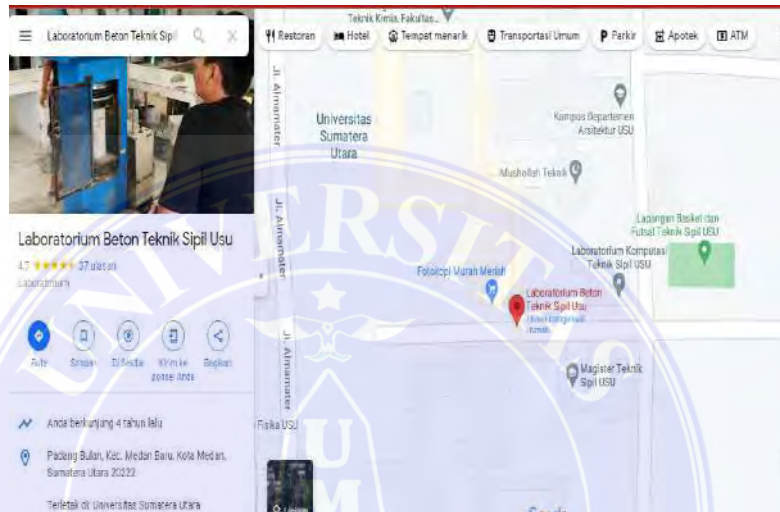
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi yang dipilih untuk penelitian adalah Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama 3 bulan, terhitung dari bulan Februari 2018 sampai April 2018.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Laboratorium Beton USU
Sumber: *Google Maps*, 2021



Gambar 3.2. Laboratorium Beton USU
Sumber: *Penelitian Laboratorium*, 2018

3.3. Metode Analisis Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perhitungan berdasarkan beberapa peraturan SNI.

3.4. Instrumen Penelitian

Untuk menguji kuat tekan dan kuat tarik beton *Styrofoam* digunakan alat yang namanya Alat Uji Tekan Beton (*Universal Testing Machine*).



Gambar 3.3. Alat Uji Tekan Beton (*Universal Testing Machine*)
Sumber: Penelitian Laboratorium, 2018

3.5. Teknik Mengumpulkan data

Pengumpulan data di lapangan harus dilakukan dengan cara seteliti mungkin agar diperoleh data akurat dan memenuhi. Data yang dibutuhkan untuk proses perhitungan akan dilakukan langsung dan beberapa diminta kepada pihak Laboratorium tempat melakukan penelitian dan hasil pengujian Laboratorium untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur, dimana laboratorium yang digunakan adalah Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Ada beberapa data yang akan dikumpulkan untuk kebutuhan skripsi ini. Diantaranya

adalah data hasil laboratorium beton, yaitu data pengujian yang dimiliki adalah data hasil pengujian yang nantinya akan digunakan untuk membandingkan kuat tekan dan kuat tarik dari masing-masing kadar campuran.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan 30% *styrofoam* dari volume beton dapat dikategorikan sebagai beton ringan dengan *range* berat volume maksimal 1900 kg/m^3 , karena dari hasil penelitian beton dengan campuran 30% *styrofoam* memiliki berat $1633,45 \text{ kg/m}^3$. Penelitian ini menghasilkan berat satuan rata-rata yang lebih ringan dibandingkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh I.B Dharma Gili, I Ketut Sudarsana dan N.L.P Eka Agustiningsih (2008) dengan campuran 30% *styrofoam* dengan berat $1864,319 \text{ kg/m}^3$.
2. Kuat tekan beton umur 28 hari dengan campuran 0% *styrofoam* adalah 26,76 MPa atau dapat dikonversikan menjadi $328,668 \text{ kg/cm}^2$, campuran 10% *styrofoam* memiliki nilai kuat tekan sebesar 11,96 MPa atau dapat dikonversikan menjadi $146,955 \text{ kg/cm}^2$ dan campuran 30% *styrofoam* memiliki nilai kuat tekan sebesar 10,02 MPa atau $123,100 \text{ kg/cm}^2$.
3. Kuat tarik belah beton umur 28 hari dengan campuran 0% *styrofoam* adalah 4,23 MPa, campuran 10% *styrofoam* adalah 3,42 MPa dan campuran 30% *styrofoam* adalah 2,68 Mpa. Penelitian ini menghasilkan nilai kuat tarik belah lebih besar dibandingkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh I.B Dharma Gili, I Ketut Sudarsana dan N.L.P Eka

Agustiningsih (2008) dengan campuran 0% *styrofoam* adalah 3,449 MPa, campuran 10% *styrofoam* adalah 2,870 MPa, campuran 30% *styrofoam* adalah 2,206 MPa dan campuran 40% *Styrofoam* adalah 2,095 MPa.

4. Kuat lentur beton umur 28 hari dengan campuran 0% *styrofoam* adalah 7,00 MPa, campuran 10% *styrofoam* adalah 6,59 MPa dan 30% *styrofoam* adalah 6,07 MPa. Penelitian ini menghasilkan nilai kuat lentur lebih besar dibandingkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh I.B Dharma Gili, I Ketut Sudarsana dan N.L.P Eka Agustiningsih (2008) dengan campuran 0% *styrofoam* adalah 4,868 MPa, campuran 10% *styrofoam* adalah 3, 731 MPa, campuran 30% *styrofoam* adalah 3,435 MPa dan campuran 40% *styrofoam* adalah 3,506 MPa.
5. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh besarnya volume *styrofoam* dalam campuran beton. Dimana semakin besar volume *styrofoam* maka semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan. Nilai kuat tekan dengan volume *styrofoam* 0%, 10% dan 30% rata-rata pada umur 28 hari berturut-turut adalah 26,76 MPa (328,668 kg/cm²); 11,96 MPa (146,955 kg/cm²) dan 10,02 MPa (123,100 kg/cm²).
6. Dari hasil uji tarik belah, diperoleh fakta bahwa semakin besar volume *styrofoam* maka semakin rendah kuat tarik belah yang dihasilkan dengan penurunan maksimum terhadap beton normal sebesar 36,64% pada volume 30% *styrofoam* .
7. Untuk uji kuat lentur, persentase penurunan kuat lentur pada penambahan volume *styrofoam* 10% dan 30% terhadap beton normal berturut-turut sebesar 5,85% dan 13,28%. Sehingga semakin besar volume *styrofoam*

yang ditambahkan pada beton, maka semakin rendah nilai kuat lentur yang dihasilkan.

8. Untuk keseluruhan pengujian, beton dapat dimanfaatkan sebagai dinding precast yang berguna untuk membatasi suatu ruangan (partisi), namun belum dapat digunakan untuk gedung tinggi, karena adanya syarat minimal kuat tekan beton untuk pengangkatan dinding pracetak, yaitu 150 kg/cm^2 . Hasil Penelitian beton *styrofoam* 10% dan 30% belum memenuhi syarat tersebut, sehingga dapat disimpulkan beton akan runtuh pada saat diangkat.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka diajukan beberapa saran berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut pada beton ringan *styrofoam* untuk meningkatkan sifat mekanik beton yaitu kuat tekan, kuat tarik belah, serta kuat lentur.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk metode pemadatan campuran beton ringan (*styrofoam*) adar pada saat digetarkan, *styrofoam* tidak naik ke permukaan, sehingga campuran bisa lebih merata dan terikat sempurna.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan kuat tekan minimal 150 kg/cm^2 , sebagai syarat kuat tekan beton minimal untuk proses pengangkatan/*demoulding* gedung tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus S., dan Slamet, W. 2010. Jurnal: *Efek Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Daya Lekat dan Lentur Pada Rehabilitasi Struktur Beton dengan Self Compacting Repair Mortar (SCRM)*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Aryanti, Riza dan Mirani Zulfira. 2008. Jurnal: *Pengujian Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan Modifikasi Alat Uji Tekan*. Padang: Universitas Andalas, Politeknik Negeri Padang.
- Darmawan, F. 2004. *Beton Styrofoam Ringan Pracetak Untuk Bahan Panel Dinding*, Yogyakarta: Tesis Program Sarjana. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada.
- Putra, Fadillah A. 2015. *Karakteristik Beton Ringan dengan Bahan Pengisi Styrofoam*, Makassar: Skripsi Program Sarjana. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
- Christina, R. 2018. *Analisa Pekerjaan Dinding Beton Pracetak Pada Proyek Podomoro City Deli Medan*. Medan: Skripsi Program Sarjana. Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.
- M.C Cormac, Jack C. 2010. *Desain Beton Bertulang Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Nurjannah, Siti Aisyah. 2011. Jurnal: *Perkembangan Sistem Struktur Beton Pracetak Sebagai Alternatif Pada Teknologi Konstruksi Indonesia Yang Mendukung Efisiensi Energi Ramah Lingkungan*. Palembang: Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Wang, Chu-Kia dan Salmon, C.G. 1993. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.

I.B Dharma Giri, I Ketut S, N.L.P E.Agustiningsih, *Kuat Tarik Belah dan Lentur Beton dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon)*, Denpasar: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil: Universitas Udayana.

_____. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. BSN.

_____. 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. SNI 1974:2011. BSN.

_____. 2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. SNI 03-2491-2002. BSN.

_____. 2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. SNI 4431:2011. BSN.

_____. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* SNI 03-2847-2002. BSN.



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

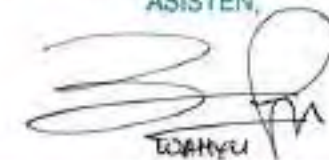
Access From (repository.uma.ac.id)28/6/22

 LABORATORIUM BETON DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK USU JL. PERKUTAKAAN NO.19		<h2 style="text-align: center;">LAPORAN PENGUJIAN KOKOH TEKAN BETON</h2> No:											
Jenis Benda Uji Jumlah Benda Uji		PEMOHON PENGUJIAN ANGGA WINAWAN HAKIM				LEMBAR KE 1		No:					
		PROYEK PENELITIAN BETON STYROFOAM						No:					
		LOKASI LAB. BETON DEP TEKNIK SIPIL USU						No:					
		DIPERIKSA : 1. EKA Asisten : 2. Widy 3.						No:					
No	Nomor Benda Uji	CAMPURAN			BLUMP (cm)	BAHAN TAMBAHAN	TANGGAL		UMUR BETON (hari)	BERAT uji (kg)	BEBAN TEKAN AKTUAL (kN)	KOKOH TEKAN (kg/cm ²)	
		PC	PSR	KR			FAS	cetak				uji	sewaktu pengujian
1.	A7/0					-	02.05.2018	09.05.2018	7	13,159	273,87	158,031	
2.	B7/0					-	02.05.2018	09.05.2018	7	12,888	266,12	153,559	
3.	C7/0					-	02.05.2018	09.05.2018	7	13,088	271,52	156,675	
4.	A14/0					-	02.05.2018	16.05.2018	14	13,23	358,56	206,900	
5.	B14/0					-	02.05.2018	16.05.2018	14	13,248	344,95	199,046	
6.	C14/0					-	02.05.2018	16.05.2018	14	13,382	359,96	207,708	
7.	A28/0					-	02.05.2018	30.05.2018	28	13,314	469,99	271,198	
8.	B28/0					-	02.05.2018	30.05.2018	28	13,737	462,95	267,136	
9.	C28/0					-	02.05.2018	30.05.2018	28	13,330	485,79	280,315	
10.	A7/0					15% Styrofoam	16.05.2018	23.05.2018	7	10,064	577,08	102,18	
11.	B7/0					"	16.05.2018	23.05.2018	7	9,762	177,2	102,24	
12.	C7/0					"	16.05.2018	23.05.2018	7	9,816	181,27	104,59	

LABORATORIUM BETON FT - USU
 ASISTEN


Jenis Benda Uji		DIPERIKSA :		No :										
Jumlah Benda Uji		Asisten :		Lembar Ke 2										
No.	Nomor Benda Uji	CAMPURAN				SLUMP (cm)	BAHAN TAMBAHAN	TANGGAL		UMUR BETON (hari)	BERAT uji (kg)	BEBAN TEKAN AKTUAL (kN)	KOKOH TEKAN (kg/cm ²)	
		PC	PSR	KR	FAS			cetak	uji				sewaktu pengujian	estimasi 28 hari
13	A 14/10						10% Styrofoam	30.05.2018	13.06.2018	14	9,860	205,645	118,46	
14	B 14/10						"	30.05.2018	13.06.2018	14	10,273	199,88	115,336	
15	C 14/10						"	30.05.2018	13.06.2018	14	9,876	202,819	117,052	
16	A 28/10						10% Styrofoam	13.06.2018	12.07.2018	28	10,486	206,82	119,341	≤ 100
17	B 28/10						"	13.06.2018	12.07.2018	28	10,513	213,33	123,097	≤ 100
18	C 28/10						"	13.06.2018	12.07.2018	28	10,479	214,2	123,6	≤ 100
19	A 7/30						30% Styrofoam	22.06.2018	20.06.2018	7	7,892	101,79	58,755	
20	B 7/30						"	22.06.2018	20.06.2018	7	8,142	103,97	59,993	
21	C 7/30						"	22.06.2018	20.06.2018	7	8,104	103,72	59,849	
22	A 14/30						30% Styrofoam	22.06.2018	6.07.2018	14	8,163	152,83	88,187	
23	B 14/30						"	22.06.2018	6.07.2018	14	8,234	135,58	78,23	
24	C 14/30						"	22.06.2018	6.07.2018	14	8,261	137,97	79,61	

LABORATORIUM BETON FT - USU
ASISTEN,



LABORATORIUM BETON		LAPORAN PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON													
 FAKULTAS TEKNIK USU JURUSAN TEKNIK SIPIL MEDAN		No:		PEMOHON PENGUJIAN						Angga		Lembar Ke: 1			
		PROYEK		LOKASI											
Jenis Benda Uji		Jumlah Benda Uji		DIPERIKSA		1. Fy/B _u									
				Aksi		2. $\frac{4}{3}$									
				3.											
No.	Nomor Benda Uji	UKURAN BENDA UJI (cm)			F A S	SLUMP (cm)	BAHAN TAMBAHAN	TANGGIAL		UMUR BETON (hari)	BEHAT uji (kg)	BEBAN TEKAN (kN)	BENTANG PERLETAKAN TUMPUAN L (cm)	KUAT LENTUR BENDA UJI, σ (kg/cm ²)	#
		L	b	h				celak	uji						
1.	A0	60	15	15				02.05.2018	30.05.2018	28	29,81	132,6		75,53	1
2.	B0	60	15	15				"	30.05.2018	28	29,62	140,1		75,163	2
3.	C0	60	15	15				"	30.05.2018	28	29,57	136,5		75,205	3
4.	A10	60	15	15		10% Styro	16.05.2018	13.06.2018	28	21,968	128,96			61,653	4
5.	B10	60	15	15		"	"	"	13.06.2018	28	22,361	128,43		61,862	5
6.	C10	60	15	15		"	"	"	13.06.2018	28	22,476	127,91		60,670	6
7.	A30	60	15	15		30% Styro	24.06.2018	27.07.2018	28	20,871	118,42			51,214	7
8.	B30	60	15	15		"	29.06.2018	27.07.2018	28	20,362	117,91			52,68	8
9.	C30	60	15	15		"	29.06.2018	27.07.2018	28	20,106	118,36			52,319	9

Disaksikan oleh:

LABORATORIUM BETON FT - USU
ASISTEN

NB: - Keaslian sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium.
- Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/6/22



LEMBAR PRAKTIKUM MAHASISWA

Kls. : Kel. : Nama : **ANGGA WINAWAN HAKIM** Tgl. Prakt. : Tgl. Selesai :

Perhitungan Kadar Air Agregat, Koreksi Air Campuran, dan Kebutuhan Bahan

Data Komposisi Campuran Beton [kg/m³] sebelum Koreksi (Agregat SSD)

Semen (Kg)	Agr. Halus (Kg)	Agr. Kasar (Kg)	Air (Kg)	Berat Total (kg)
336,1167	537,47	1224,744	201,67	2300,00

Data Daya Serap (DS) Agregat

DS Agr. Hls (%) =	3,852 %	DS Agr. Ksr (%) =	0,561 %
-------------------	---------	-------------------	---------

PENCAMPURAN KE : **1** (Beton normal / 0% styrofoam).

1. Jenis Percobaan dan Volume Beton yang Diperlukan

Jenis Percobaan	Vol. Camp (m ³)
1. 9 buah silinder untuk pengujian kuat tekan umur 7, 14 dan 28.	0,0477
2. 3 buah silinder untuk pengujian kuat tarik belah umur 28	0,0159
3. 3 buah balok P=60 t=15 t=15 untuk pengujian kuat lentur.	0,0405
Jumlah Volume Camp (m ³) =	0,1041
Jumlah Volume Beton (m ³) =	0,1301

Faktor Pengali = 1,25

2. Data Pemeriksaan Kadar Air (KA) Agregat Halus

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat alami (A) gram	500,97	500,66	
Berat agregat kering oven (B) gram	494,63	494,50	
KA Agr. Hls (%) = $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	1,28	1,25	1,265 %

3. Data Pemeriksaan Kadar Air (KA) Agregat Kasar

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat alami (A) gram	1007,23	1004,34	
Berat agregat kering oven (B) gram	1001,88	998,73	
KA Agr. Ksr (%) = $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	0,58	0,56	0,545 %

4. Komposisi Campuran Beton [kg/m³] setelah Koreksi Kadar Air Agregat

Bahan Campuran	Perhitungan Koreksi	Berat (kg)
1. Semen	= Tetap	336,1167
2. Agregat Halus	= Agr Hls SSD + (KA-DS) x Agr Hls SSD	523,565
3. Agregat Kasar	= Agr Ksr SSD + (KA-DS) x Agr Ksr SSD	1224,548
4. Air	= Air SSD - (Koreksi Agr Hls) - (Koreksi Agr Ksr)	215,769
Berat Total setelah Koreksi (Kg) =		2300,00

5. Kebutuhan Bahan Campuran Beton

Bahan Campuran	Vol. Camp (m ³)	Berat Bahan (kg)
1. Semen	0,1301	43,728
2. Agregat Halus	0,1301	68,115
3. Agregat Kasar	0,1301	159,313
	0,1301	28,071

Catatan Praktikum:
 Jlh. Air =
 Slump rata2 =
 Jlh. Bahan =

DAFTAR ISI AN RENCANA CAMPURAN BETON

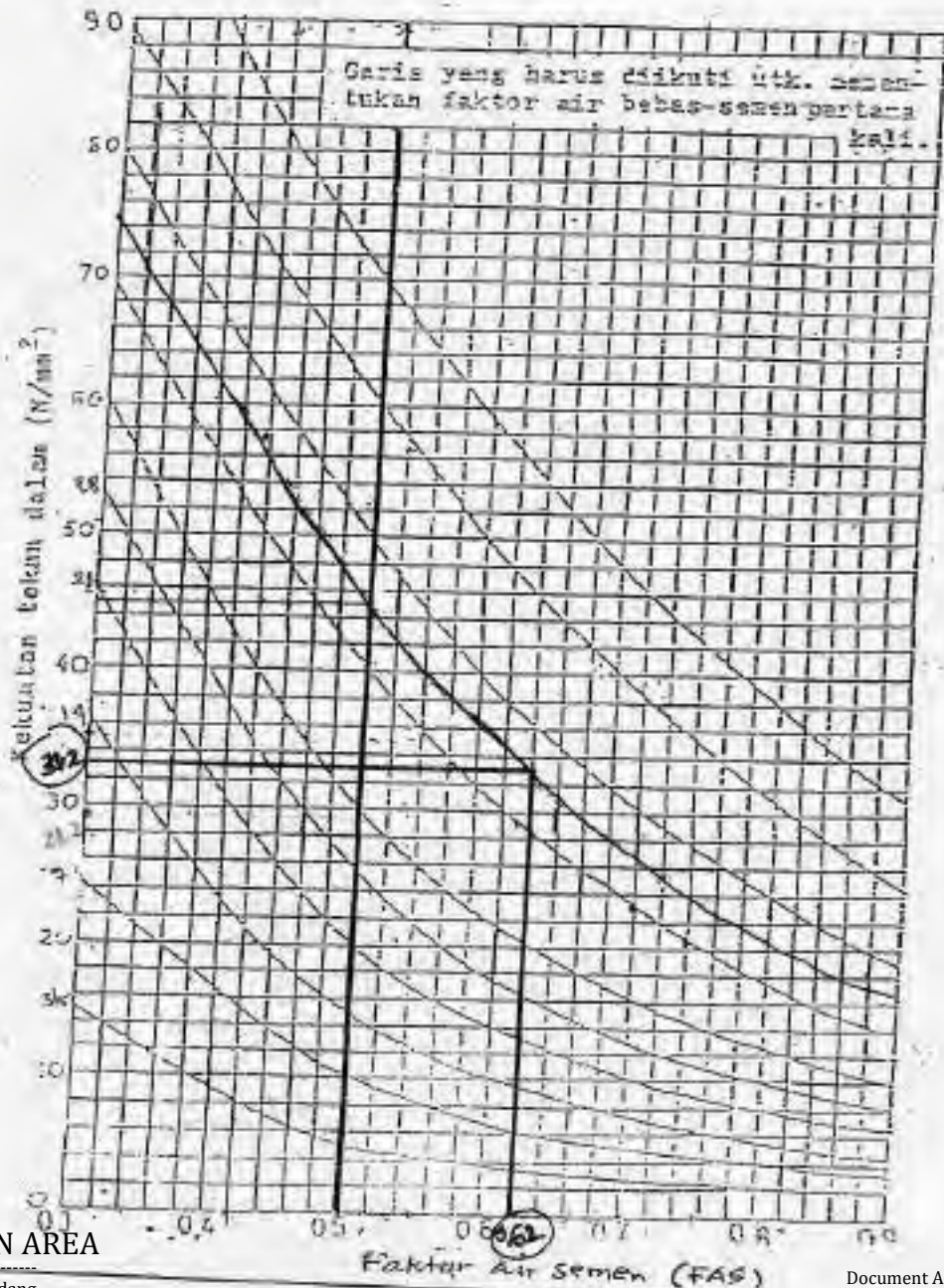
URAIAN	TABEL/GRAFIK PERHITUNGAN	NILAI
1. Kuat Tekan Karakteristik	Ditetapkan	20,0 N/mm ² pada 28 hari
2. Deviasi Standar	Diketahui	5 N/mm ² atau tanpa data
3. Nilai Tambah		$1,64 \times 5 = 8,2$ N/mm ²
4. Kekuatan Rata-rata yang Hendak Dicapai	(1+3)	$20,0 + 8,2 = 28,2$ N/mm ²
5. Jenis Semen	Ditetapkan	Type 1
6. Jenis Agregat : Kasar		Batu Pecah
Jenis Agregat : Halus		Pasir
7. Faktor air/semen bebas	Tabel 5.2/ Grafik 5.2	0,63
8. Faktor air /semen minimum	Ditetapkan	0,6 - Gunakan Fas terendah
9. Slump	Ditetapkan	60 - 90 mm
10. Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	Ø 20 mm
11. Kadar air bebas	Tabel 5.5	201,67 kg/m ³
12. Kadar Semen	(11:8)	$201,67 \cdot 0,6 = 336,116$ kg/m ³
13. Kadar Semen Minimum	Ditetapkan	275
14. Faktor air semen yang disesuaikan	Kadar air semen min., dipakai	-
15. Gradasi agregat halus	Grafik 2.2 s/d 2.5	Zona 4
16. Persen agregat halus	Grafik 5.6	30,5 %
17. Persen agregat kasar	(100%- No. 16)	69,5 %
18. Persen Styrofoam	Ditetapkan	0 %
19. Berat jenis semen gabungan (kering permukaan)	Diketahui	$(30,5\% \times 2,415) + (69,5\% \times 2,825)$ $0,73 + 1,516 = 2,246$
20. Berat Jenis Beton Basah	Grafik 5.5	2300
21. Kadar Agregat Gabungan	(19-12-11)	$2300 - 336,116 - 201,67 = 1762,214$
22. Kadar Agregat Halus		$30,5\% \times 1762,214 = 537,47$ kg/m ³
23. Kadar Agregat Kasar	(20-21)	$1762,214 - 537,47 = 1224,744$ kg/m ³

BANYAKNYA BAHAN	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (kg)
1m ³	336,1167	537,47	1224.744	201,67.

TABLE 5.2

Jenis semen	Jenis agregat	Kekuatan tekan (N/mm^2)			
		Umur (hari) 3	7	28	91
Semen portland biasa S 550	Alami (tidak dip _e cah) Batu pecah	20	28	40	46
		23	32	45	53
Semen portland biasa S 475	Alami (tidak di- pecah) dan Batu pecah	13	19	31	42

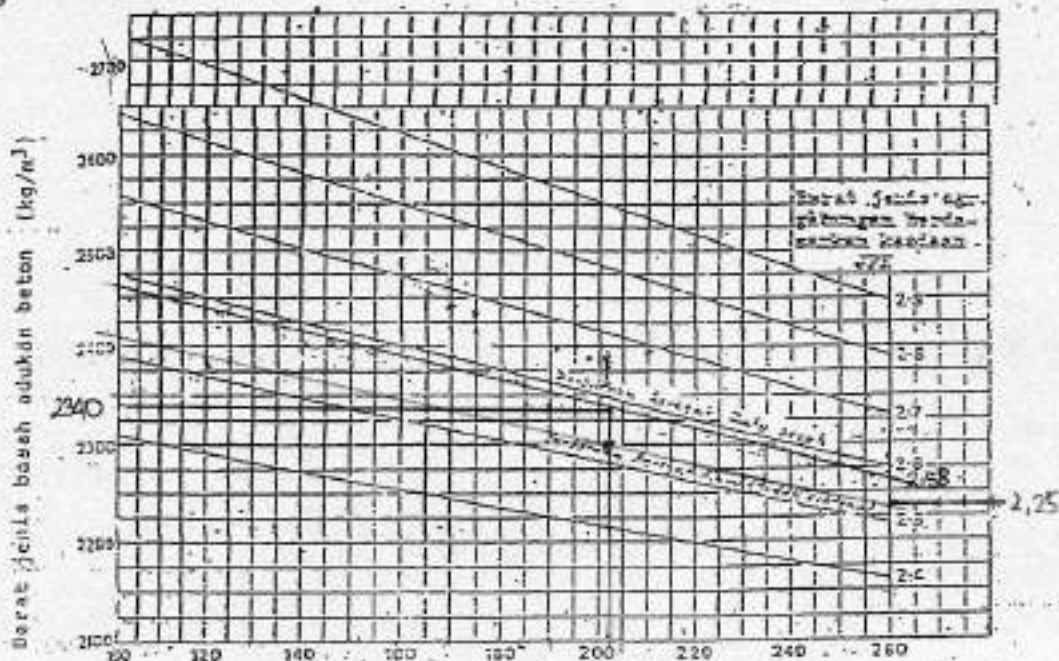
GRAFIK 5.2



Jumlah semen minimum dan nilai faktor air-semen maksimum.

Uraian	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air - semen
Beton didalam ruangan bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif.	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,50
Beton yang masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat, alkali dari tanah atau air tanah	375	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air :		
a. Air tawar	275	0,57
b. Air laut	375	0,52

GRAFIK 5.5

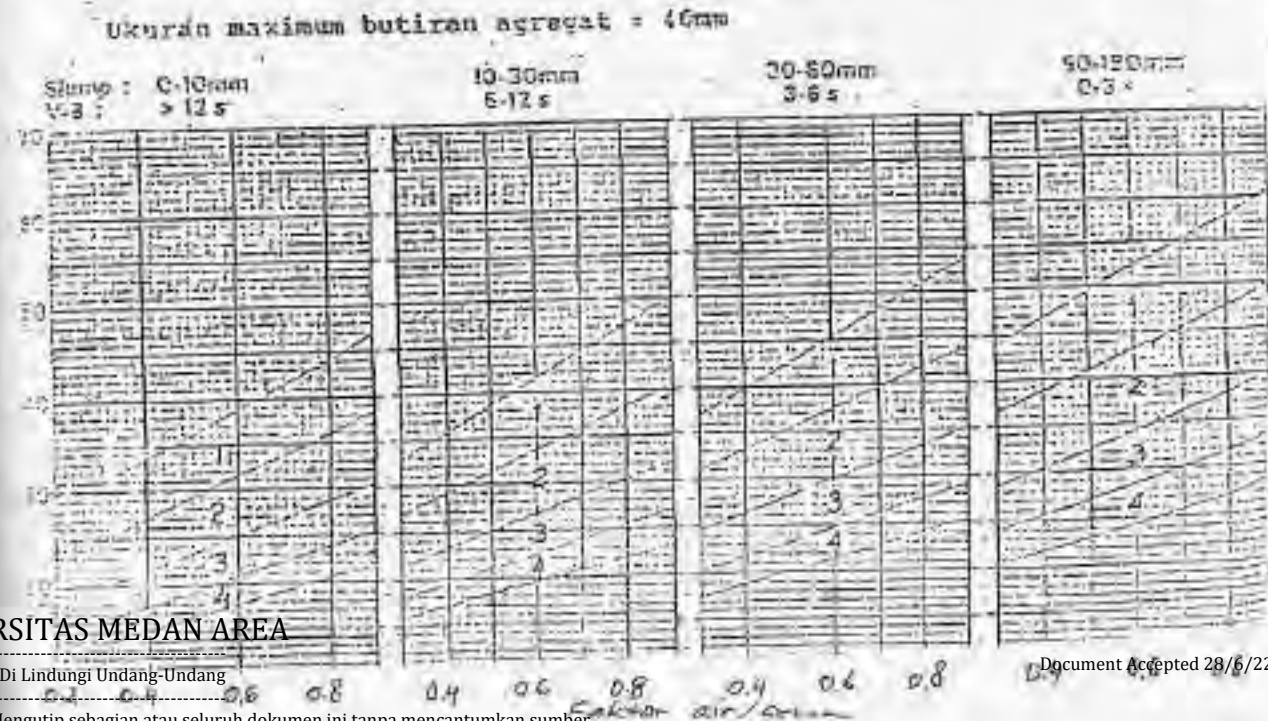
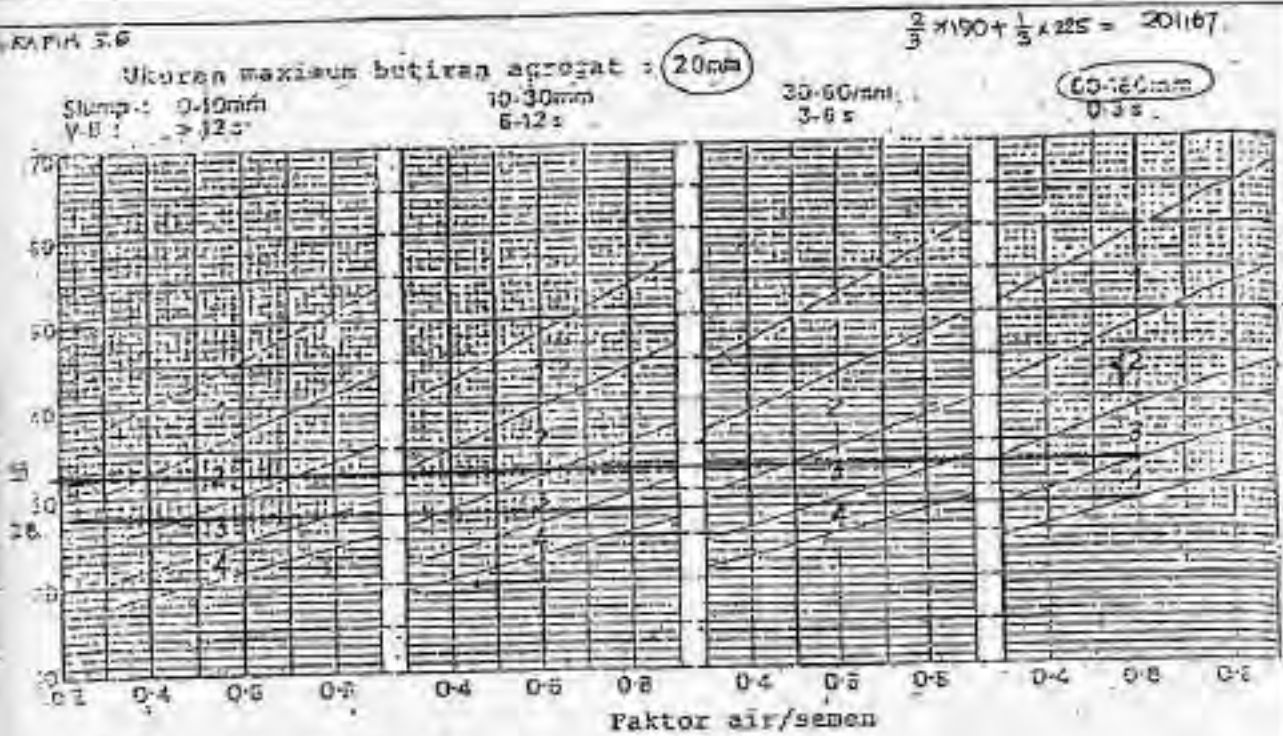


Gambar. Kadar air-bebas (kg/m³)
Perkiraan Berat Jenis beton basah yang didapatkan dengan paku

TABEL 5.5

Slump (mm)		0-20	10-30	30-60	60-150
V.B. (detik)		12	6-12	3-6	0-3
Ukuran maksimum dari agregat (mm)	Jenis agregat	Kadar air-bebas dalam (kg/m ³)			
10	alami	150	180	205	225
	batu pecah	180	205	230	250
20	alami	135	160	180	190
	batu pecah	170	190	210	225
40	alami	115	140	160	175
	batu pecah	155	175	190	205

KARTA 5.6





UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/6/22



LEMBAR PRAKTIKUM MAHASISWA

Kls. / Kel. : Nama : **ANGGA WINAWAN H** / Tgl. Prakt. : Tgl. Selesai :

Perhitungan Kadar Air Agregat, Koreksi Air Campuran, dan Kebutuhan Bahan

Data Komposisi Campuran Beton [kg/m³] sebelum Koreksi (Agregat SSD)

Semen (Kg)	Agr. Halus (Kg)	Agr. Kasar (Kg)	Air (Kg)	Berat Total (Kg)
336,1167	354,47	691,516	20,67	1283,77

Data Daya Serap (DS) Agregat

DS Agr. Hls (%) =	3,852%	DS Agr. Ksr (%) =	0,561%
-------------------	--------	-------------------	--------

PENCAMPURAN KE : 2 (Beton + Styrofoam 10%)

1. Jenis Percobaan dan Volume Beton yang Diperlukan

Jenis Percobaan	Vol. Camp. (m ³)
1. 9 buah silinder untuk pengujian kuat tekan umur 7, 14, 28	0,0977
2. 3 buah silinder untuk pengujian kuat tarik beda umur 28	0,0159
3. 3 buah balok f = 60, l = 15, t = 15 untuk pengujian kuat lentur	0,0405
Jumlah Volume Camp (m ³) =	0,1041
Faktor Pengali = Jumlah Volume Beton (m ³) =	0,1301

2. Data Pemeriksaan Kadar Air (KA) Agregat Halus

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat alami (A) gram	900,97	800,66	
Berat agregat kering oven (B) gram	494,63	494,90	
KA Agr. Hls (%) = $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	1,28	1,25	1,265%

3. Data Pemeriksaan Kadar Air (KA) Agregat Kasar

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat alami (A) gram	1007,23	1004,34	
Berat agregat kering oven (B) gram	1001,88	998,73	
KA Agr. Ksr (%) = $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	0,53	0,56	0,545%

4. Komposisi Campuran Beton [kg/m³] setelah Koreksi kadar Air Agregat

Bahan Campuran	Perhitungan Koreksi	Berat (kg)
1. Semen	= Tetap	336,1167
2. Agregat Halus	= Agr Hls SSD + (KA-DS) x Agr Hls SSD	345,209
3. Agregat Kasar	= Agr Ksr SSD + (KA-DS) x Agr Ksr SSD	691,405
4. Air	= Air SSD - (Koreksi Agr Hls) - (Koreksi Agr Ksr)	210,95
Berat Total setelah Koreksi (Kg) =		1583,77

5. Kebutuhan Bahan Campuran Beton

Bahan Campuran	Vol. Camp (m ³)	Berat Bahan (kg)
1. Semen	0,1301	43,728
2. Agregat Halus	0,1301	44,923
3. Agregat Kasar	0,1301	89,951
4. Air	0,1301	27,444
1,301 kg → 10% dari volume.		

Catatan Praktikum:
 Jth. Air =
 Slump test =
 Jth. Bahan =

Dik. Styrofoam = 100 kg/cm³.

DAFTAR ISI AN RENCANA CAMPURAN BETON

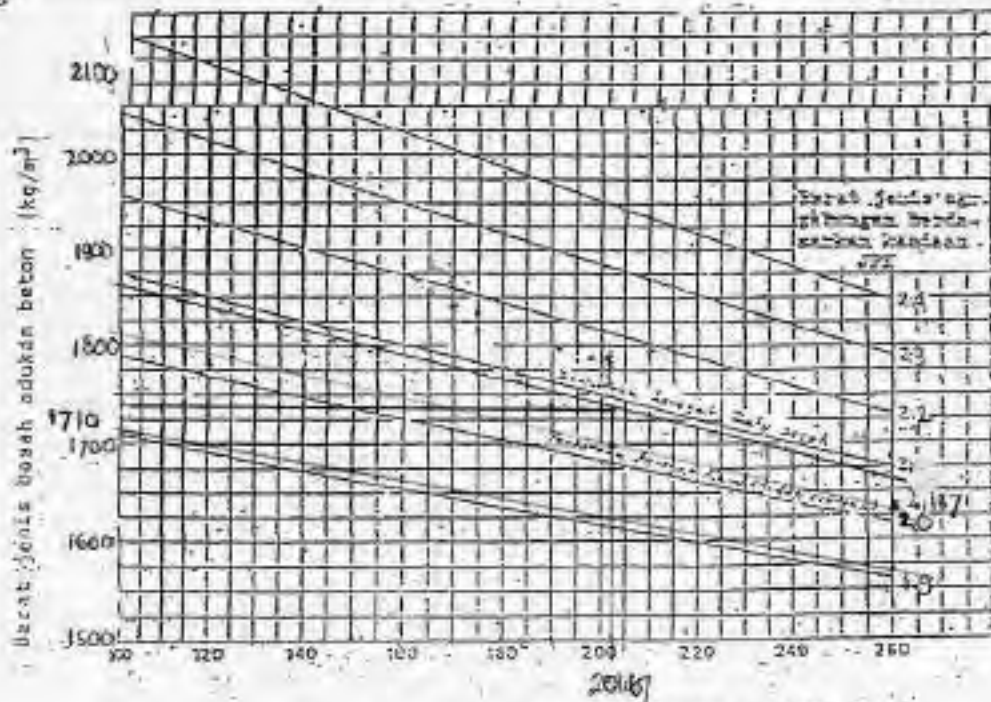
URAIAN	TABEL/GRAFIK PERHITUNGAN	NILAI
1. Kuat Tekan Karakteristik	Ditetapkan	20,0 N/mm ² pada 28 hari
2. Deviasi Standar	Diketahui	5 N/mm ² atau tanpa data
3. Nilai Tambah		1,64 x 5 = 8,2 N/mm ²
4. Kekuatan Rata-rata yang Hendak Dicapai	(1+3)	20,0 + 8,2 = 28,2 N/mm ²
5. Jenis Semen	Ditetapkan	TYPE 1
6. Jenis Agregat : Kasar Jenis Agregat : Halus		Batu Pecah Pasir
7. Faktor air/semen bebas	Tabel 5.2/ Grafik 5.2	0,63
8. Faktor air /semen minimum	Ditetapkan	0,6 Gunakan Fas terendah
9. Slump	Ditetapkan	60-90 mm
10. Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	φ 20 mm
11. Kadar air bebas	Tabel 5.5	201,67 kg/m ³
12. Kadar Semen	(11:8)	201,67 : 0,6 = 336,1167 kg/m ³
13. Kada Semen Minimum	Ditetapkan	275
14. Faktor air semen yang disesuaikan	Kadar air semen min, dipakai	-
15. Gradasi agregat halus	Grafik 2.2 s/d 2.5	Zona 4
16. Persen agregat halus	Grafik 5.6	30,5 %
17. Persen agregat kasar	(100%- No. 16)	59,5 %
18. Persen Styrofoam	Ditetapkan	10 %
19. Berat jenis semen gabungan (kering permukaan)	Diketahui	(30,5% x 3,115) + (59,5% x 2,825) + (10% x 1,04) 0,755 + 1,298 + 0,104 = 2,157 1200 kg/m ³
20. Berat Jenis Beton Basah	Grafik 5.5	1700
21. Kadar Agregat Gabungan	(19-12-11)	1700 - 336,1167 - 201,67 = 1162,213
22. Kadar Agregat Halus		30,5% x 1162,213 = 354,47 kg/m ³
23. Kadar Agregat Kasar	(20-21)	59,5% x 1162,213 = 691,516 kg/m ³

BANYAKNYA BAHAN	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (kg)
1m ³	336,1167	354,47	691,516	201,67

Jumlah semen minimum dan nilai faktor air-semen maksimum.

Uraian	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air - semen
Beton didalam ruangan bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif.	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,50
Beton yang masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat, alkali dari tanah atau air tanah	375	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air :		
a. Air tawar	275	0,57
b. Air laut	375	0,52

GRAFIK 5.3

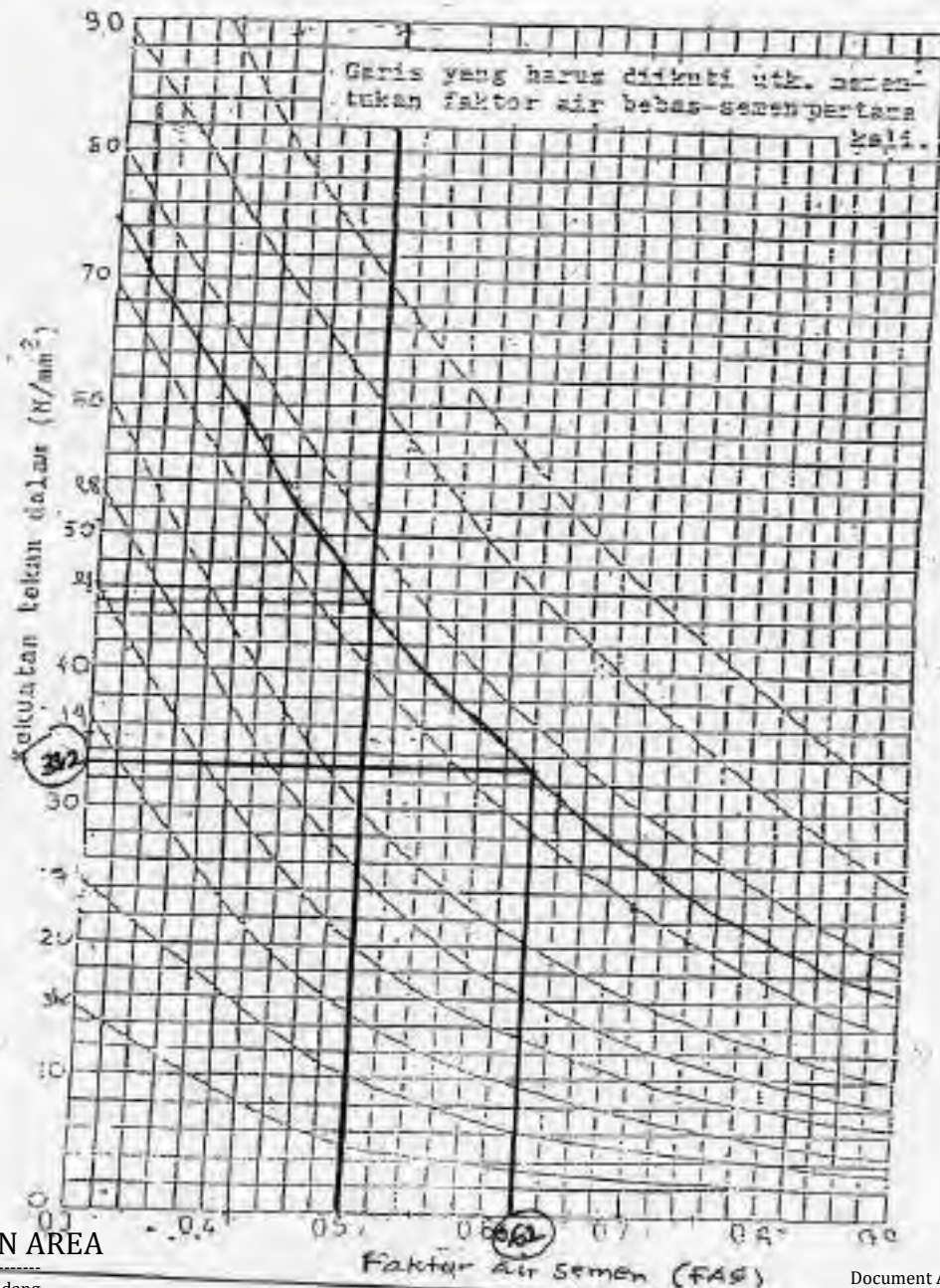


Gambar. Rasio air-besi (kg/m³)
Perkiraan Berat Jenis beton basah yang didapatkan dengan perub

Tabel 5.2

Jenis semen	Jenis agregat	Kekuatan tekan (N/mm ²)			
		Umur (hari) 3	7	28	91
Semen portland biasa S 550	Alami (tidak dipecah) Batu pecah	20	28	40	46
		23	32	45	53
Semen portland biasa S 475	Alami (tidak dipecah) dan Batu pecah	13	19	31	42

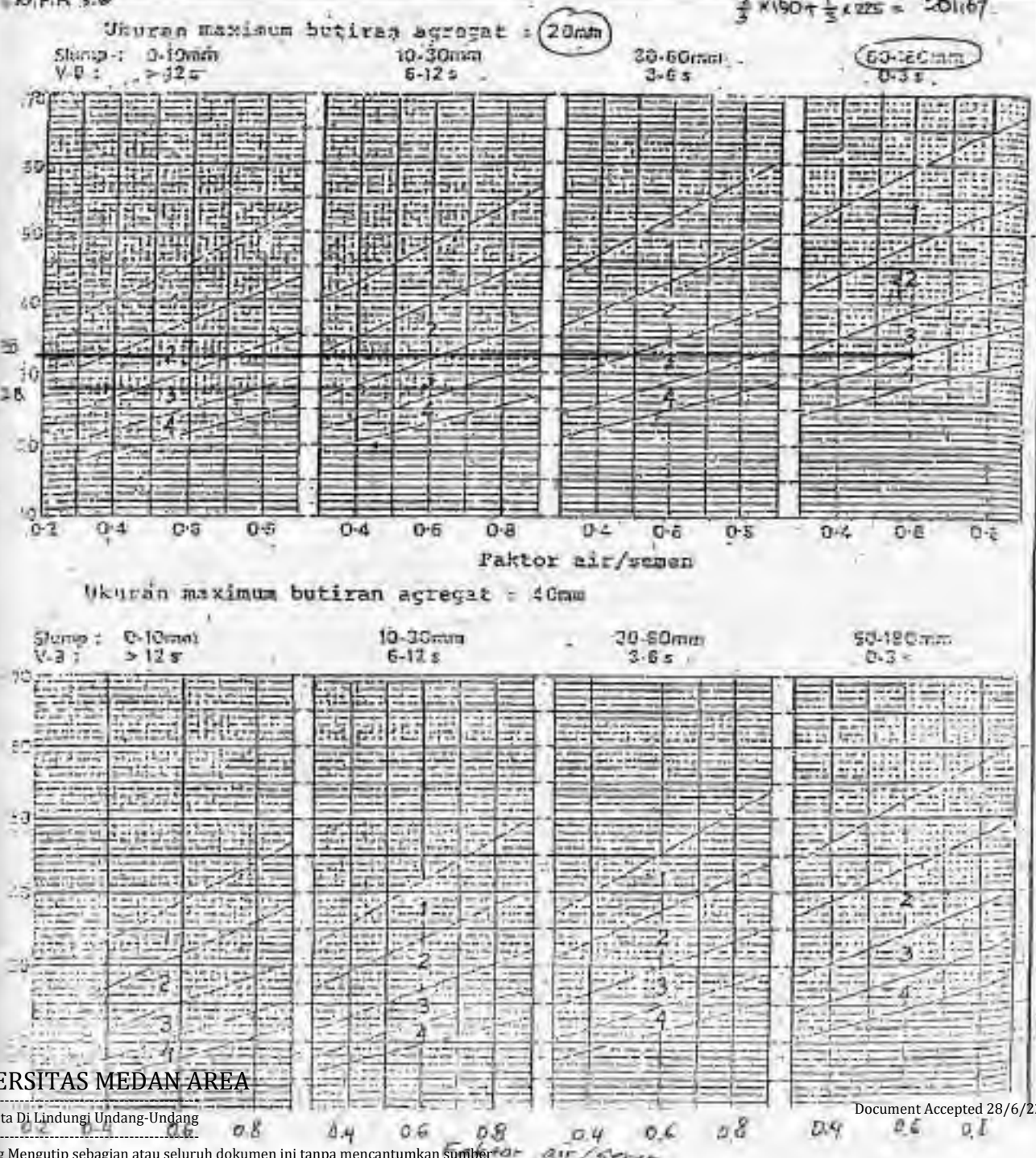
Grafik 5.2



TABEL 5.5

S ₁₀₀ (mm)		0-10	10-30	30-60	60-120
V.B. (astik)		12	6-12	3-6	0-3
Ukuran maksimum dari agregat (mm)	Jenis agregat	Kadar air-bebas dalam (kg/m ³)			
10	alami	150	180	205	225
	batu pecah	180	205	230	250
20	alami	135	160	180	190
	batu pecah	170	190	210	225
40	alami	115	140	160	175
	batu pecah	155	175	190	205

GRAFIK 5.6





UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/6/22



LEMBAR PRAKTIKUM MAHASISWA

Kls. : Kel. : Nama : **ANGGA WINAWAN HAKIM** Tgl. Prakt. : Tgl. Selesai :

Perhitungan Kadar Air Agregat, Koreksi Air Campuran, dan Kebutuhan Bahan

Data Komposisi Campuran Beton [kg/m³] sebelum Koreksi (Agregat SSD)

Semen (Kg)	Agr. Halus (Kg)	Agr. Kasar (Kg)	Air (Kg)	Berat Total (Kg)
336,1167	317,875	411,674	201,67	1267,337

Data Daya Serap (DS) Agregat

DS Agr. Hls (%) = **3,852%**

DS Agr. Ksr (%) = **0,561%**

PENCAMPURAN KE : 3 (Beton + Styrofoam 30%)

1. Jenis Percobaan dan Volume Beton yang Diperlukan

Jenis Percobaan	Vol. Camp (m ³)
1. 9 buah silinder untuk pengujian kuat tekan umur 7, 14, 28	0,0477
2. 3 buah silinder untuk pengujian kuat tarik belah umur 28	0,0139
3. 3 buah balok P=60 L=15 E=15 untuk pengujian kuat lentur	0,0405
Jumlah Volume Camp (m ³) =	0,1041
Jumlah Volume Beton (m ³) =	0,1301

Faktor Pengali =

2. Data Pemeriksaan Kadar Air (KA) Agregat Halus

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat alami (A) gram	500,97	500,66	
Berat agregat kering oven (B) gram	494,63	494,50	
KA Agr. Hls (%) = $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	1,28	1,25	1,265%

3. Data Pemeriksaan Kadar Air (KA) Agregat Kasar

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat alami (A) gram	1007,23	1004,34	
Berat agregat kering oven (B) gram	1001,88	998,73	
KA Agr. Ksr (%) = $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	0,53	0,56	0,545%

4. Komposisi Campuran Beton [kg/m³] setelah Koreksi Kadar Air Agregat

Bahan Campuran	Perhitungan Koreksi	Berat (kg)
1. Semen	= Tetap	336,1167
2. Agregat Halus	= Agr Hls. SSD + (KA-DS) x Agr Hls. SSD	309,651
3. Agregat Kasar	= Agr Ksr SSD + (KA-DS) x Agr Ksr SSD	411,608
4. Air	= Air SSD - (Koreksi Agr Hls) - (Koreksi Agr Ksr)	209,958
Berat Total setelah Koreksi (Kg) =		1267,33

5. Kebutuhan Bahan Campuran Beton

Bahan Campuran	Vol. Camp (m ³)	Grat. Bahan (kg)
1. Semen	0,1301	43,728
2. Agregat Halus	0,1301	40,285
3. Agregat Kasar	0,1301	53,550
4. Air	0,1301	27,315

Catatan Praktikum:

Jlh. Air =
 Slump rata2 =
 Jlh. Bahan =

3,903 kg. → 30% dari Volume.
Dik P styrofoam = 100 kg/cm³.

DAFTAR ISI AN RENCANA CAMPURAN BETON

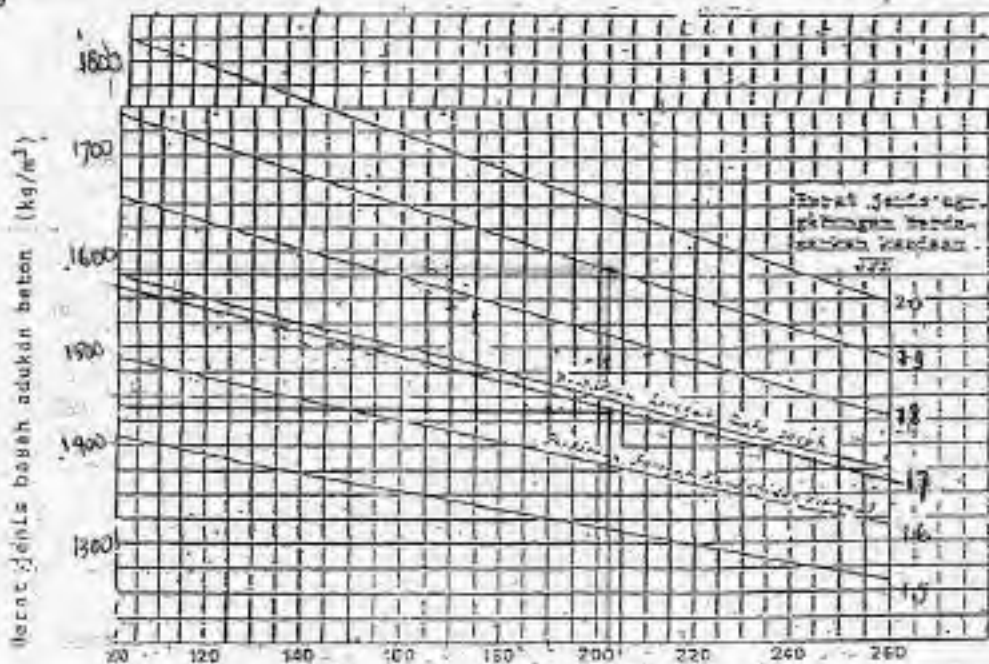
URAIAN	TABEL/GRAFIK PERHITUNGAN	NILAI
1. Kuat Tekan Karakteristik	Ditetapkan	20,0 N/mm ² pada 28 hari
2. Deviasi Standar	Diketahui	5 N/mm ² atau tanpa data
3. Nilai Tambah		$1,64 \times 5 = 8,2$ N/mm ²
4. Kekuatan Rata-rata yang Hendak Dicapai	(1+3)	$20,0 + 8,2 = 28,2$ N/mm ²
5. Jenis Semen	Ditetapkan	TYPE 1
6. Jenis Agregat : Kasar Jenis Agregat : Halus		Batu Pecah Pasir
7. Faktor air/semen bebas	Tabel 5.2/ Grafik 5.2	0,61
8. Faktor air /semen minimum	Ditetapkan	0,6 Gantikan Fas terendah
9. Slump	Ditetapkan	60-90 mm
10. Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	φ 10 mm
11. Kadar air bebas	Tabel 5.5	201,67 kg/m ³
12. Kadar Semen	(11:8)	$201,67 \cdot 0,6 = 386,1167$ kg/m ³
13. Kada Semen Minimum	Ditetapkan	275
14. Faktor air semen yang disesuaikan	Kadar air semen min., dipakai	-
15. Gradasi agregat halus	Grafik 2.2 s/d 2.5	Zona 4
16. Persen agregat halus	Grafik 5.6	30,5 %
17. Persen agregat kasar	(100%- No. 16)	39,5 %
18. Persen Styrofoam	Ditetapkan	30 %
19. Berat jenis semen gabungan (kering permukaan)	Diketahui	$(30,5\% \times 2,415) + (39,5\% \times 2,1825) + (30\% \times 1,09)$ $0,735 + 0,862 + 0,312 = 1,909$
20. Berat Jenis Beton Basah	Grafik 3.5	1580
21. Kadar Agregat Gabungan	(19-12-11)	$1580 - 386,1167 - 201,67 = 1042,213$
22. Kadar Agregat Halus		$30,5\% \times 1042,213 = 317,875$ kg/m ³
23. Kadar Agregat Kasar	(20-21)	$39,5\% \times 1042,213 = 411,674$ kg/m ³

BANYAKNYA BAHAN	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (kg)
1m ³	336,1167	317,875	411,674	201,67

Jumlah semen minimum dan nilai faktor air-semen maksimum.

Uraian	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air - semen
Beton didalam ruangan bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif.	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,50
Beton yang masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air :		
a. Air tawar	275	0,57
b. Air laut	375	0,52

GRAFIK 5.5

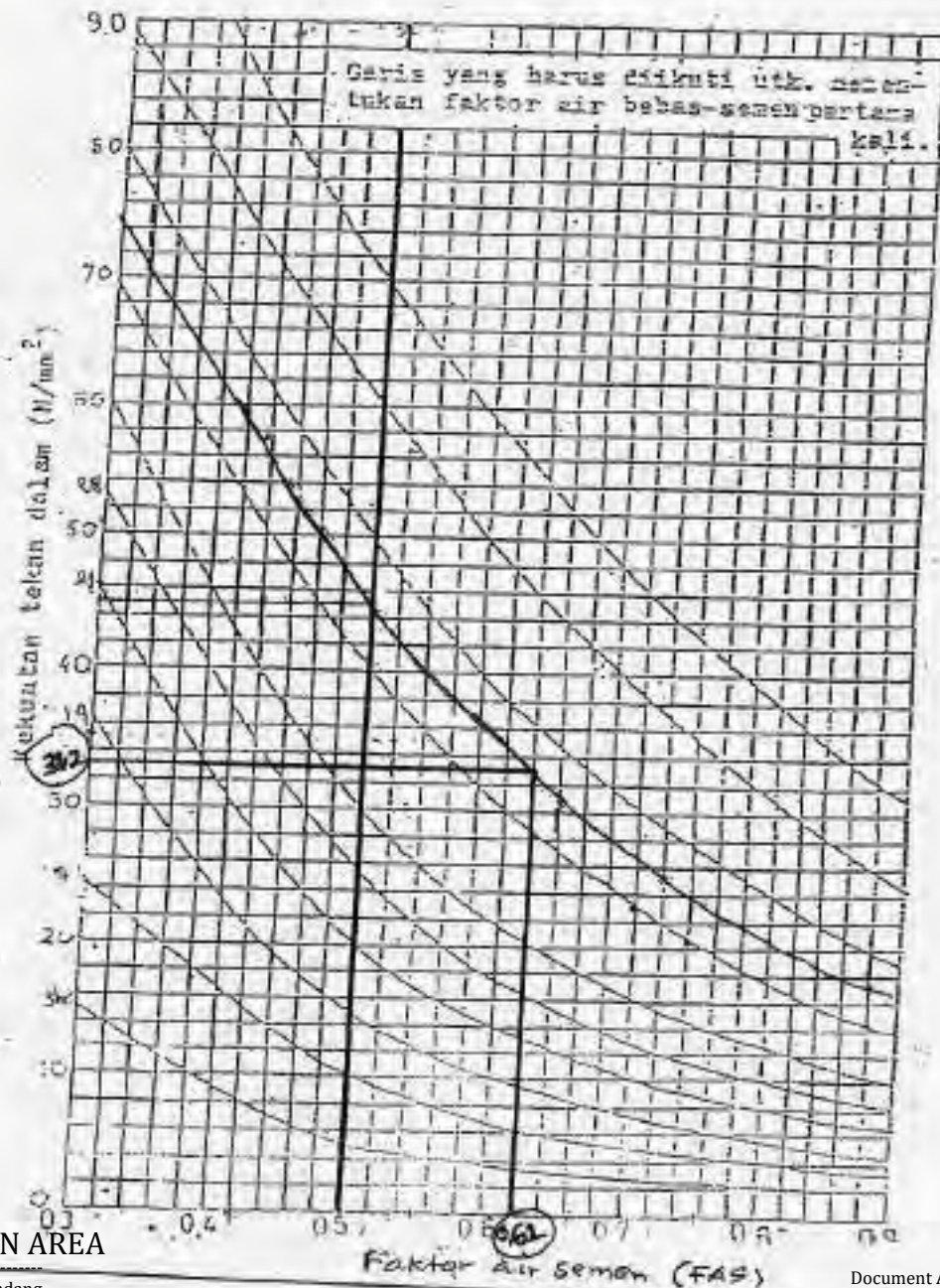


Dapur, Rasio air-besi (kg/m³)
 Perkiraan Berat Jenis Beton basah yang didapatkan dengan panah

TABEL 5.2

Jenis semen	Jenis agregat	Kekuatan tekan (N/mm^2)			
		Umur (hari) 3	7	28	51
Semen portland biasa S 550	Alami (tidak dipecah) Batu pecah	20	28	40	45
		23	32	45	53
Semen portland biasa S 475	Alami (tidak dipecah) dan Batu pecah	13	19	31	42

GRAFIK 5.1



TABEL 5.5

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-250
V.B. (detik)		12	6-12	3-6	0-3
Ukuran maksimum dari agregat (mm)	Jenis agregat	Kadar air-bebas dalam (kg/m ³)			
10	alami	150	180	205	225
	batu pecah	130	205	230	250
20	alami	135	160	180	190
	batu pecah	170	190	210	225
40	alami	115	140	160	175
	batu pecah	155	175	190	205

GRAFIK 5.6

$$\frac{2}{3} \times 190 + \frac{1}{3} \times 225 = 201,67$$

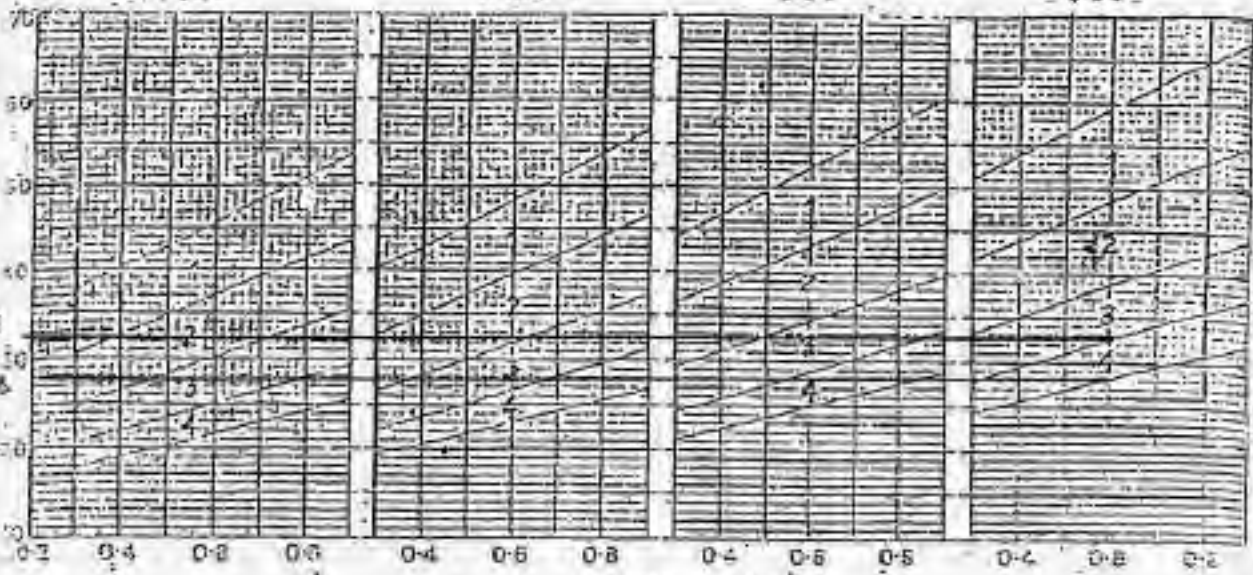
Ukuran maksimum batiran agregat : 20mm

Slump : 0-10mm
V.B : > 12s

10-30mm
6-12s

30-60mm
3-6s

60-250mm
0-3s



Ukuran maksimum batiran agregat : 40mm

Slump : 0-10mm
V.B : > 12s

10-30mm
6-12s

30-60mm
3-6s

60-250mm
0-3s





UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/6/22



LEMBAR PRAKTIKUM MAHASISWA			
Kelas :	Kelompok :	Tgl. Prakt. : 25 April 2018	Pengesahan Pengajar :

Berat Jenis dan Daya Serap Agregat Kasar

Pemeriksaan :		I	II	
Berat Agregat SSD	(A) gram	500,18	500,15	
Berat bejana + Agregat SSD + Air	(B) gram	1565	1563	
Berat bejana + Air	(C) gram	1293,12	1293,12	
Berat agregat kering oven	(D) gram	497,25	497,45	
Perhitungan :		I	II	Rata-Rata
Berat Jenis Kering (Bulk)	$= \frac{D}{A + C - B}$	2,178	2,160	2,169 $\frac{g}{cm^3}$
Berat Jenis SSD	$= \frac{A}{A + C - B}$	2,191	2,172	2,1815 $\frac{g}{cm^3}$
Days Serap (%)	$= \frac{A - D}{D} \times 100\%$	0,58 %	0,543 %	0,561 %



LEMBAR PRAKTIKUM MAHASISWA

Kelas : Kelompok : Tgl. Prakt. : 25 APRIL 2018 Pengesahan Pengajar :

Berat Jenis dan Daya Serap Agregat Halus

Pemeriksaan :		I	II	
Berat Agregat SSD	(A) gram	500,56	500,71	
Berat bejana + Agregat SSD + Air	(B) gram	1575,67	1595,15	
Berat bejana + Air	(C) gram	1293,12	1293,42	
Berat agregat kering oven	(D) gram	481,8	482,32	
Perhitungan :		I	II	Rata-Rata
Berat Jenis Kering (Bulk)	$= \frac{D}{A + C - B}$	2,209 $\frac{gr}{cm^3}$	2,424 $\frac{gr}{cm^3}$	2,318 $\frac{gr}{cm^3}$
✓ Berat Jenis SSD	$= \frac{A}{A + C - B}$	2,205 $\frac{gr}{cm^3}$	2,518 $\frac{gr}{cm^3}$	2,407 $\frac{gr}{cm^3}$
Daya Serap (%)	$= \frac{A - D}{D} \times 100\%$	3,893 %	3,812 %	3,852 %



LABORATORIUM REKAYASA BETON
JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MEDAN
 Jl. Airmamater Kampus USU - Medan 20155 - Tel. (061) 8213951
 Telp. 061-8213951, 8211235, Jur.Si. ext. 603, 604, Lab.Si. ext. 701, 702
 Jur.Si. (061) 77369181 Fax. 061 - 821 5845

Nama Praktikan	ANGGA WINAWAN HAKIM	Pengesahan
Tanggal	25 APRIL 2018.	
Nama Dosen	:	
Nilai	:	

Pemeriksaan Kadar Air Agregat Besar Halus

		Berat Contoh (gram)	
		I	II
Berat Benda uji asli (dari lepangan)	(A)	500,97	500,66
Berat Benda Uji setelah di oven	(B)	494,63	494,50
Kadar air =	$\frac{(A - B)}{B} \times 100\%$	1,28	1,25
Kadar air rata-rata (%)		1,265 .	

No	Nama	T.tangan	Catatan :
1	ANGGA WINAWAN HAKIM	Angga H.	
2			
3			
4			
5			



LABORATORIUM REKAYASA BETON
JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MEDAN
 Jl. Almamater Kampus USU - Medan 20155 - Tel. (061) 8213951

Telp.061-8213951, 8211235, Jur.Si. ext. 603, 604, Lab.Si. ext. 701, 702
 Jur.Si. (061) 77369181 Fax. 061 - 821 5845

Nama Praktikan	: ANEGA WINAWAN HAKIM	Pengesahan
Tanggal	: 25 APRIL 2018 .	
Nama Dosen		
Nilai		

Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar			
()			
		Berat Contoh (gram)	
		I	II
Berat Benda uji asil (dari lapangan)	(A)	1007,23	1004,34
Berat Benda Uji setelah di oven	(B)	1001,88	998,73
Kadar air =	$\frac{(A - B)}{B} \times 100\%$	0,53	0,56
Kadar air rata-rata (%)		0,545 .	

No	Nama	T.tangan	Catatan :
1	ANEGA WINAWAN HAKIM	<i>Angga</i>	
2			
3			
4			
5			





UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estata/Jalan PBSI Nomor 1 ☎ (061) 7368878, 7360168, 7364348, 7366781, Fax (061) 7368998 Medan 2022
Kampus II : Jalan Sebeludji Nomor 79 / Jalan Sei Sarayu Nomor 70 A, ☎ (061) 8225602, Fax (061) 8226331 Medan 20122
 Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 199/FT.1/01.10/I/2018
 Lamp : -
 Hal : Pengambilan Data Tugas Akhir

26 Januari 2018

Yth. Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara
 Jl. Almamater Kampus USU
 Di
 Medan

Dengan hormat,

Kami mohon kesediaan saudara berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini :

NO	NAMA	NPM	PRODI
1	Angga Winawan Hakim	168110128	Teknik Sipil

Untuk melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir pada perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu Pimpin.

Perlu kami jelaskan bahwa Pengambilan Data tersebut adalah semata-mata untuk tujuan ilmiah dan Skripsi yang merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa tersebut untuk mengikuti ujian sarjana lengkap pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan tidak untuk dipublikasikan, dengan judul penelitian :

Analisa Pengaruh Bahan Tambah Styrofoam Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Pada Dinding Precast

Atas perhatian dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.

Tembusan :
 1. Ka. BAMA
 2. Mahasiswa
 3. File


 Prof. Dr. Dadan Raudan, M.Eng, M.Sc.




UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM BAHAN DAN REKAYASA BETON
 email: labbetonusu@gmail.com



Jalan Perpustakaan No. 19 Kampus USU Medan 20155

Medan, 25 Oktober 2018

Nomor : 90/LB/S/X/2018
 Perihal : Surat Balasan Izin Pengambilan Data Tugas Akhir
 Lampiran :-

Kepada Yth.
 Dekan Fakultas Teknik
 Universitas Medan Area (UMA)
 Di Tempat

Dengan Hormat,

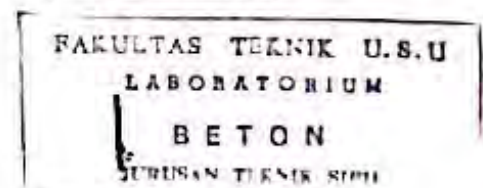
Menindaklanjuti Surat No.199/FT.1/01.10.1/2018 tanggal 26 Januari 2018 perihal Pengambilan Data Tugas Akhir, memberitahukan bahwa telah memberi izin kepada mahasiswa Universitas Medan Area melakukan pengambilan data tugas akhir di Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton Universitas Sumatera Utara dengan data mahasiswa sebagai berikut:

No	Nama Mahasiswa	NPM	Program Studi
1	Angga Winawan Hakim	168110128	Teknik Sipil

Pengambilan data tugas akhir tersebut telah dilakukan mulai tanggal 9 Maret s/d 8 Juni 2018 .

Demikian surat ini kami sampaikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui:
 Kepala Laboratorium



Ir. Torang Sitorus M.T.
 NIP. 1957 10021986011001

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/6/22