

TUGAS AKHIR

**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN LIMBAH PECAHAN
BETON SEBAGAI *FILLER* PADA AGREGAT HALUS**

(Studi Penelitian)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

TIARA PRILLOLLA
1307210295



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Tiara Prillolla

NPM : 1307210295

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Dengan Limbah Pecahan Beton Sebagai *Filler* Pada Agregat Halus (*Studi Penelitian*)

Bidang ilmu : Struktur.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2017

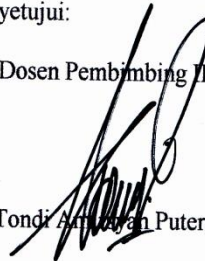
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Ir. Ellyza Chairina, MSi

Dosen Pembimbing II / Peguji



Tondi Anwarhan Putera, ST, MT

Dosen Pembanding I / Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dosen Pembanding II / Peguji



Dr. Ade Faisal, ST, MSc



Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Ade Faisal, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Tiara Prillolla

Tempat / Tanggal Lahir: Medan / 16 April 1995

NPM : 1307210295

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Dengan Limbah Pecahan Beton Sebagai *Filler* Pada Agregat Halus”,

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2017

Saya yang menyatakan,

Tiara Prillolla



ABSTRAK

PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN LIMBAH PECAHAN BETON SEBAGAI *FILLER* PADA AGREGAT HALUS (*STUDI PENELITIAN*)

Tiara Prillolla

1307210295

Ir. Ellyza Chairina, MSi

Tondi Amirsyah Putera, ST, MT

Beton merupakan bagian terpenting dari suatu konstruksi. Beton dapat digunakan untuk berbagai bangunan, misalnya pada bangunan gedung, bangunan air, jalan raya, dan lain-lain. Hampir sebagian proyek pembangunan memiliki limbah beton yang dibiarkan/dibuang begitu saja karena sulitnya mencari tempat pembuangan. Maka limbah beton dapat diolah kembali untuk menemukan produk baru yang berkualitas dan ramah lingkungan. Pada penelitian ini limbah pecahan beton dibuat sebagai bahan pengisi pada agregat halus. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh dari limbah pecahan beton terhadap campuran beton. Penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-1993 dan ASTM. Setelah melakukan penelitian, diketahui beton normal didapat kuat tekan 32,33 MPa, beton dengan limbah pecahan beton sebesar 20% didapat kuat tekan 33,08 MPa, dan beton dengan limbah pecahan beton sebesar 25% didapat kuat tekan 33,36 MPa. Melihat hasil diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan limbah pecahan beton dapat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Beton dengan variasi limbah pecahan beton sebesar 20% dan 25% mengalami kenaikan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal.

Kata kunci: Beton *filler* agregat halus, Limbah pecahan beton, kuat tekan beton.

ABSTRACT

EXAMINATION OF CONCRETE WITH CONCRETE WASTE AS FILLER ON FINE AGGREGATE (RESEARCH STUDY)

Tiara Prillolla

1307210295

Ir. Ellyza Chairina, MSi

Tondi Amirsyah Putera, ST, MT

Concrete can be used for various buildings, for example in buildings, water buildings, highways, etc. Almost half of the development projects have waste of concrete left/thrown away because of the difficult of finding a dump. So waste concrete can be reprocessed to find new products of quality and environmentally friendly. In this study, the waste of concrete is made as a filler material on fine aggregate. The purpose of this research is to know the effect of waste of concrete to a of concrete mixture. This research uses SNI-03-2834-1993 and ASTM method. After doing the research, it strong compress 32,33 Mpa, concrete with 20% concrete waste obtained by compressive strength 33,08 Mpa, and concrete with 25% concrete waste obtained by compressive strength 33,36 Mpa. See the above results, it can be concluded that the use of waste concrete waste can affect the compressive strength of concrete with 20% and 25% concrete waste variations experienced increased waste compressive strength compared with normal concrete.

Keywords: Concrete, fine aggregate filler, Concrete waste, Compressive strength of concrete.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Dengan Limbah Pecahan Beton Sebagai *Filler* Pada Agregat Halus” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Ellyza Chairina, MSi, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tondi Amirsyah Putera, ST, MT, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, MSc, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansyuri Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Suhartoyo, dan Dra, Azlina, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Kakek dan nenek penulis: H. Abdul Aziz Tanjung dan Almh. Hj. Nuraini Siregar yang telah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Kakak dan adik penulis: Viyonalita, Shela Alda Evelin, Shilvina dan Shilvira yang telah memberi dukungan dan semangat kepada penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Sahabat-sahabat penulis: Ade Hasmudi, Pungky Gustari, Rahmat Hidayat, Sri Ulina Sidauruk, Wahyuni, Firmansyah Lubis, Jubaidah Pasaribu, rekan-rekan teknik sipil 13, dan Keluarga Besar Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Oktober 2017

Tiara Prillolla

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	5
2.2. Material Penyusun Campuran Beton	6
2.2.1 Semen	6
2.2.1.1 Semen <i>Portland</i>	6
2.2.2 Air	8
2.2.3 Agregat	9
2.2.3.1 Agregat Halus	9
2.2.3.2 Agregat Kasar	13
2.2.3.3 Limbah Beton	15
2.3. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03- 2834-1993	15
2.4. <i>Slump Test</i>	24

2.5.	Perawatan Beton	25
2.6.	Kuat Tekan	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Umum	28
3.1.1	Metodologi Penelitian	28
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.3.	Bahan dan Peralatan	30
3.3.1	Bahan	30
3.3.2	Peralatan	30
3.4.	Persiapan Penelitian	31
3.5.	Pemeriksaan Agregat	31
3.6.	Pemeriksaan Agregat Halus	31
3.6.1	Kadar Air Agregat Halus	31
3.6.2	Kadar Lumpus Agregat Halus	32
3.6.3	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	33
3.6.4	Berat Isi Agregat Halus	34
3.6.5	Analisa Saringan Agregat Halus	35
3.7.	Pemeriksaan Agregat Kasar	38
3.7.1	Kadar Air Agregat Kasar	38
3.7.2	Kadar Lumpus Agregat Kasar	39
3.7.3	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	40
3.7.4	Berat Isi Agregat Kasar	41
3.7.5	Analisa Saringan Agregat Kasar	41
3.7.6	Keausan Agregat dengan <i>Mesin Los Angeles</i>	44
3.8.	Perencanaan Campuran Beton	45
3.9.	Pelaksanaan Penelitian	46
3.9.1	<i>Trial Mix</i>	46
3.9.2	Pembuatan Benda Uji	46
3.9.3	Pengujian <i>Slump</i>	46
3.9.4	Perawatan Beton	46
3.9.5	Pengujian Kuat Tekan	46

BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Perencanaan Campuran	48
4.1.1	Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i>	57
4.2.	Pembuatan Benda Uji	62
4.3.	<i>Slump Test</i>	63
4.4	Kuat Tekan Beton	64
4.4.1	Kuat Tekan Beton Normal	63
4.4.2	Kuat Tekan Beton Dengan Limbah Pecahan Beton 20%	66
4.4.3	Kuat Tekan Beton Dengan Limbah Pecahan Beton 25%	68
4.5.	Pembahasan	71
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1.	Kesimpulan	75
5.2.	Saran	76
	DAFTAR PUSTAKA	77
	LAMPIRAN	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Semen <i>Portland</i>	7
Tabel 2.2	Batas Gradasi Agregat Halus	10
Tabel 2.2	Batas Gradasi Agregat Kasar	14
Tabel 2.4	Faktor Pengali untuk Sandar Deviasi Berdasarkan Jumlah Benda Uji yang Tersedia	15
Tabel 2.5	Tingkat Mutu Pekerjaan Pembetonan	16
Tabel 2.6	Faktor Air Semen Minimum	18
Tabel 2.7	Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m ³) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	18
Tabel 2.8	Toleransi Waktu Agar Pengujian Kuat Tekan Tidak Keluar dari Batasan Waktu yang Telah Ditoleransi	27
Tabel 2.9	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton pada Berbagai Umur	27
Tabel 3.1	Data-data Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Halus	30
Tabel 3.2	Data-data Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Halus	32
Tabel 3.3	Data-data Hasil Penelitian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	33
Tabel 3.4	Data-data Hasil Penelitian Berat Isi Agregat Halus	34
Tabel 3.5	Data-data Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Halus	35
Tabel 3.6	Data-data Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Kasar	38
Tabel 3.7	Data-data Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Kasar	39
Tabel 3.8	Data-data Hasil Penelitian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	40
Tabel 3.9	Data-data Hasil Penelitian Berat Isi Agregat Kasar	41
Tabel 3.10	Data-data Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Kasar	42
Tabel 3.11	Data-data Hasil Penelitian Keausan Agregat	44
Tabel 4.1	Perencanaan Campuran Beton	49
Tabel 4.2	Banyak Agregat Kasar yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 1 Benda Uji	52

Tabel 4.3	Banyak Agregat Halus yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 1 Benda Uji	52
Tabel 4.4	Banyaknya Limbah Pecahan Beton yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji	53
Tabel 4.5	Banyak Agregat Kasar yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 48 Benda Uji	55
Tabel 4.6	Banyak Agregat Halus yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 48 Benda Uji	56
Tabel 4.7	Jumlah Kadar Air Bebas yang Ditentukan	59
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i>	64
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	65
Tabel 4.10	Hasil pengujian kuat tekan beton dengan limbah pecahan beton 20%	67
Tabel 4.11	Hasil pengujian kuat tekan beton dengan limbah pecahan beton 25%	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daerah Gradasi Pasir Kasar	11
Gambar 2.2	Daerah Gradasi Pasir Sedang	11
Gambar 2.3	Daerah Gradasi Pasir Agak Halus	12
Gambar 2.4	Daerah Gradasi Pasir Halus	12
Gambar 2.5	Batas Gradasi Agregat Kasar	14
Gambar 2.6	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Kubus Beton	17
Gambar 2.7	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm	20
Gambar 2.8	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	21
Gambar 2.9	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	21
Gambar 2.10	Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton	22
Gambar 3.1	Tahapan Singkat Penelitian yang Dilaksanakan	29
Gambar 3.2	Grafik Gradasi Agregat Halus	37
Gambar 3.3	Grafik Gradasi Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm	44
Gambar 4.1	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton	54
Gambar 4.2	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	60
Gambar 4.3	Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton	61
Gambar 4.4	Beban Tekan Pada Benda Uji Kubus	65
Gambar 4.5	Grafik Kuat Tekan Beton Pada umur 14 Hari	70
Gambar 4.6	Grafik Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 hari	70
Gambar 4.7	Grafik Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 Hari dan 28 Hari	71
Gambar 4.8	Grafik Besar Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 14 Hari	72
Gambar 4.9	Grafik Besar Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 28 Hari	73
Gambar 4.10	Perbandingan Grafik Besar Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 14 Hari dan 28 Hari	73

DAFTAR NOTASI

A	= luas penampang	(cm ²)
B _j	= berat jenis	(gr/mm ³)
B _{jh}	= berat jenis agregat halus	(gr/mm ³)
B _{j_{camp}}	= berat jenis agregat campuran	(gr/mm ³)
FM	= modulus kehalusan	-
f _c	= kuat tekan	(MPa)
f _{cr}	= kuat tekan rata-rata perlu	(MPa)
m	= nilai tambah	(MPa)
n	= jumlah benda uji	(Buah)
P	= beban tekan	(kg)
t	= tinggi benda uji	(cm)
V	= volume	(cm ³)
W	= berat	(kg)
Kh	= persentasi berat agregat halus terhadap agregat campuran	(%)
Kk	= persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran	(%)
B	= jumlah air	(kg/m ³)
C	= agregat halus	(kg/m ³)
D	= jumlah agregat kasar	(kg/m ³)
Ca	= absorpsi air pada agregat halus	(%)
Da	= absorpsi agregat kasar	(%)
Ck	= kandungan air dalam agregat halus	(%)
Dk	= kandungan air dalam agregat kasar	(%)
W _{btm}	= Berat beton per meter kubik beton	(kg/m ³)
W _{air}	= Berat air per meter kubik beton	(kg/m ³)
W _{sm}	= Berat semen per meter kubik beton	(kg/m ³)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton adalah bagian terpenting dari suatu konstruksi. Beton dapat digunakan untuk berbagai bangunan, misalnya pada bangunan gedung, bangunan air, jalan raya, dan lain lain. Untuk bangunan gedung, beton digunakan sebagai struktur pondasi, balok, kolom, dan plat lantai. Sedangkan untuk bangunan air beton digunakan untuk saluran drainase, gorong-gorong, bendungan, dan bendung. Beton mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi tetapi mempunyai kuat tarik yang rendah. (Tjokrodimuljo, 1996).

Seiring dengan banyaknya pembangunan dengan melaksanakan pengecoran pada pelaksanaan konstruksi, perlu adanya pembuatan benda uji untuk mengetahui kuat tekan beton rencana sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan (Mulyati dan Arman A, 2014). Sehingga banyak meninggalkan limbah beton yang menumpuk sehingga perlu memanfaatkannya kembali.

Penggunaan limbah beton tersebut agar dapat menemukan produk baru yang berkualitas dan ramah lingkungan. Dapat dikatakan ramah lingkungan karena dalam melakukan penelitian ini dapat menghemat pemakaian pasir dengan menggunakan tambahan agregat halus berupa limbah pecahan beton.

Penggunaan limbah pecahan beton dalam penelitian ini mencoba agar dapat memanfaatkannya kembali. Dengan melakukan studi tentang beton dengan tambahan campuran limbah pecahan beton sebagai *filler* pada agregat halus agar dapat menghemat pemakaian pasir, karena diperkirakan limbah pecahan beton ini masih banyak mengandung silika. Sehingga pada penggunaan limbah pecahan beton ini diharapkan beton yang dihasilkan dapat merujuk pada kuat tekan yang optimal sehingga menjadi sebuah produk berteknologi tepat guna dan ramah lingkungan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulyati dan Arman A pada tahun 2014. Menyimpulkan bahwa penggunaan limbah beton sebagai agregat kasar dengan proporsi 60 % memiliki nilai kuat tekan 24,82 MPa dan dengan

penggunaan limbah beton sebagai agregat halus dengan proporsi 80 % memiliki nilai kuat tekan 25,82 MPa. Jadi nilai kuat tekan beton $f'c$ 25 MPa yang dihasilkan dari limbah beton sebagai agregat kasar lebih kecil dibandingkan dengan limbah beton sebagai agregat halus. Untuk itu pada tugas akhir ini saya akan meneliti pemeriksaan kuat tekan beton dengan limbah pecahan beton sebagai *filler* pada agregat halus.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa persen penambahan limbah pecahan beton sebagai *filler* pada agregat halus ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan limbah pecahan beton terhadap nilai kuat tekan ?
3. Apakah dengan penambahan limbah pecahan beton pada campuran beton dapat menaikkan atau menurunkan kuat tekan pada beton ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui penambahan limbah pecahan beton sebagai *filler* pada agregat halus sebanyak 20% dan 25% dengan $f'c$ 30 MPa terhadap kuat tekan 14 dan 28 hari.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah pecahan beton sebagai *filler* pada agregat halus pada campuran beton yang akan dibuat masing-masing variasi, terhadap nilai kuat tekan.
3. Untuk membandingkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan limbah pecahan beton, dapat menaikkan atau menurunkan kuat tekan pada beton.

1.4. Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas Akhir penulis membatasi permasalahan dalam pengujian kedalam hal-hal dibawah ini :

- Semen yang digunakan pada pengujian yaitu *Portland Pozoland Cement* .

- Agregat yang digunakan berasal dari Binjai.
- Menggunakan limbah beton yang berasal dari proyek The Manhattan Mall & Condominium.
- Menggunakan limbah pecahan beton sebagai *filler* agregat halus yang tertahan disaringan No.100.
- Benda uji kubus beton dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm sebanyak 48 benda uji.
- Variasi limbah pecahan beton yang digukan sebesar 20% dan 25%.

1.5. Manfaat Penelitian

Pemanfaatan limbah beton sebagai alternatif *filler* pada agregat halus diharapkan dapat menekan biaya konstruksi disamping mereduksi masalah lingkungan karena berkaitan dengan daur ulang limbah secara general.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi pengenalan tentang beton dan serta bahan – bahan pengujiannya.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

Bab ini berusaha menguraikan analisis perhitungan dan pemecahan permasalahan yang ada dalam penelitian ini.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini menguraikan kesimpulan yang diperoleh dari analisis yang telah dilakukan berikut saran-saran dari penulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton secara umum bermanfaat untuk bahan bangunan. Penyusun beton tersebut antara lain air, semen portland, dan agregat (pasir dan kerikil), dengan bahan tambah ataupun tanpa bahan tambah. Perencanaan campuran beton (*mix design*) bertujuan untuk memperoleh beton yang baik dan bermutu tinggi, baik dalam segi kuat tekan, kemudahan pengerjaan, tahan lama, murah dan tahan aus (Tjokrodimuljo, 1996). Beton yang baik adalah mempunyai kuat tekan, tarik, dan lekat yang tinggi, tahan ausan, tahan cuaca, tahan terhadap zat – zat kimia (terutama sulfat), elastisitasnya (modulus elastis) tinggi, tidak ada pori setelah dilepas cetakannya, tidak banyak air atau rapat air, tidak ada gelembung, apabila dicampur sudah tidak kelihatan campurannya seperti pasir, batu pecah, semen ataupun air, bisa mengalir adonannya, dan susutan pengerasnya kecil.

a. Kelebihan Beton

- Kekuatan tekannya yang tinggi sehingga beton cocok untuk dipakai sebagai elemen yang terutama memikul gaya tekan.
- Tahan lama karena tidak busuk atau berkarat.
- Daya tahanya yang cukup tinggi terhadap air dan api.
- Kemudahan dalam pembentukannya yaitu dalam keadaan plastis beton dan mudah dibentuk sesuai cetakan atau bekisting.

b. Kekurangan Beton

- Beton merupakan bahan yang getas dan mempunyai tegangan tarik yang rendah.
- Beton juga mempunyai sifat susut yang perlu diperhatikan dalam perencanaan.

2.2. Material Penyusun Campuran Beton

2.2.1. Semen

Semen dipakai sebagai petunjuk sekelompok bahan ikat hidrolik untuk pembuatan beton. Hidrolik berarti:

- semen bereaksi dengan air dan membentuk suatu batuan massa.
- suatu produksi keras (batuan-semen) yang kedap air.

Semen adalah suatu hasil produksi yang dibuat di pabrik-semen. Pabrik-pabrik semen memproduksi bermacam-macam jenis semen dengan sifat dan karakteristik yang berlainan.

Semen dibedakan dalam dua kelompok utama yaitu :

1. Semen dari bahan klinker-semen-*Portland*.

- Semen *Portland*.
- Semen *Portland* abu terbang.
- Semen *Portland* berkadar besi.
- Semen tanur tinggi (*Hoogovenement*).
- Semen *Portland Tras/Puzzolan*.
- Semen *Portland* putih.

2. Semen – semen lain.

- Alumunium semen.
- Semen bersulfat.

Menurut Gideon (1993), dalam hal kecepatan dari perkembangan kekuatan, jenis-jenis semen dibedakan dalam tiga kelas :

- Kelas A : semen dengan kekuatan awal yang normal.
- Kelas B : semen dengan kekuatan awal yang tinggi.
- Kelas C : semen dengan kekuatan awal yang sangat tinggi.

2.2.1.1. Semen *Portland*

Semen *Portland* adalah bahan penyusun beton yang secara umum terdiri dari *silica*, kapur, dan *alumina*. Semen *Portland* berfungsi sebagai bahan ikat pada beton. Semen apabila diaduk dengan air akan menjadi pasta, dan apabila diaduk dengan air dan pasir akan menjadi mortar semen, kemudian apabila ditambah dengan kerikil atau batu pecah akan menjadi beton. Fungsi semen adalah untuk

merekatkan butir-butir agregat pada beton agar menjadi suatu massa padat. Semen juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga antar butiran agregat. Semen biasanya hanya mengisi 10% dari keseluruhan volume beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Komposisi semen *Portland* dan senyawa yang terkandung didalamnya.

Tabel 2.1: Komposisi semen *Portland*.

Oksida	Kandungan (%)
CaO	60 – 67
SiO ₂	17 – 25
AL ₂ O ₃	3 – 8
Fe ₂ O ₃	0,5 – 0,6
MgO	0,1 – 4
Alkalis	0,2 – 1,3
SO ₃	1 – 3

Berdasarkan persentase kandungan penyusun, semen *portland* terdiri dari 5 tipe yaitu:

1. Semen *Portland* Tipe I adalah semen *Portland* umum (*normal portland cement*) yang digunakan dalam konstruksi beton secara umum dan tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
2. Semen *Portland* Tipe II adalah semen *Portland* yang mempunyai panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Semen ini digunakan pada bangunan drainase dengan sulfat agak tinggi, dinding penahan tanah tebal yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen *Portland* Tipe III adalah semen *Portland* dengan kekuatan awal yang tinggi (*high early strenght Portland cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan serta dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *Portland* Tipe IV adalah semen *Portland* dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat Portland cement*). Jenis ini merupakan

jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Pertumbuhan kekuatannya lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi tinggi.

5. Semen *Portland* Tipe V adalah semen *Portland* yang tahan Sulfat (*sulfat resisting Portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang digunakan hanya untuk bangunan yang terkena sulfat, seperti di tanah/air yang kadar alkalinya tinggi.

2.2.2. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat merubah sifat-sifat semen.

Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya. (Nawy, 1998).

Proporsi air 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.

Menurut SNI 03-2874-2002, proses pengikatan, pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

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

2.2.3. Agregat

2.2.3.1. Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir hasil buatan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Syarat-syarat agregat halus (*SK SNI S-04-1989 – F*):

- a. Agregat halus terdiri dari butiran – butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekersan ≤ 2.2 .
- b. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti matahari dan hujan.
- c. Sifat kekal, di uji dengan larutan garam sulfat.

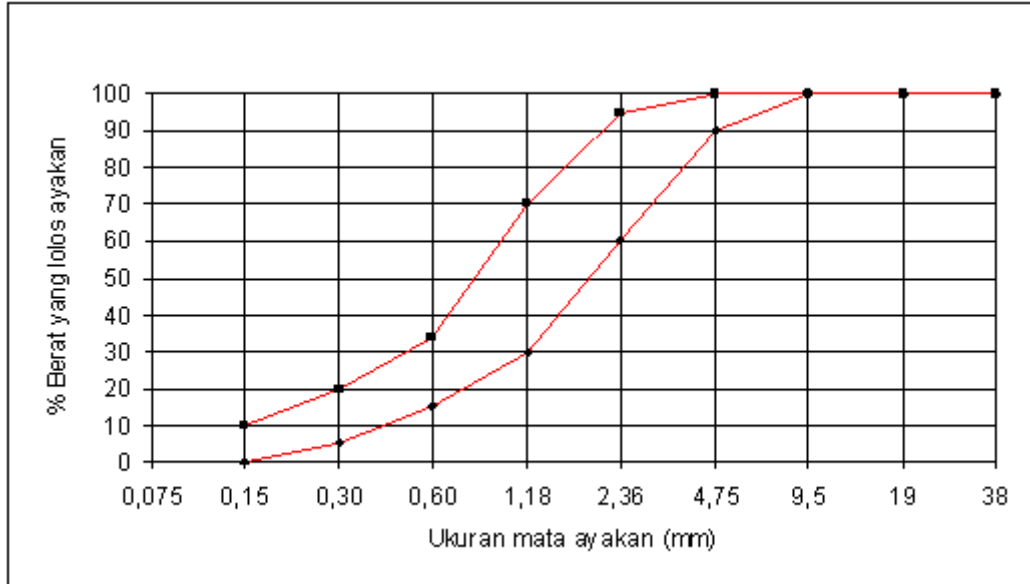
- d. Kadar lumpur tidak boleh melebihi 5% dari berat pasir, apabila kadar lumpur melebihi 5% maka pasir sebelum digunakan harus dicuci terlebih dahulu.
- e. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna *Abrams – Herder*. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding. Jika Agregat halus tidak memenuhi percobaan diatas, maka agregat dapat dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95 % dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dahulu dalam larutan 3% NaOH kemudian dicuci hingga bersih dengan air pada umur yang sama.
- f. Susunan besar butir agregat halus mempunyai modulus kehalusan antara 1.5 – 3.8 dan harus terdiri dari butir- butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menurut Zone 1, 2, 3, atau 4 (*BS.882*) dan harus memenuhi syarat.

Tabel 2.2: Batas gradasi agregat halus (SK. SNI T-15-1990-03).

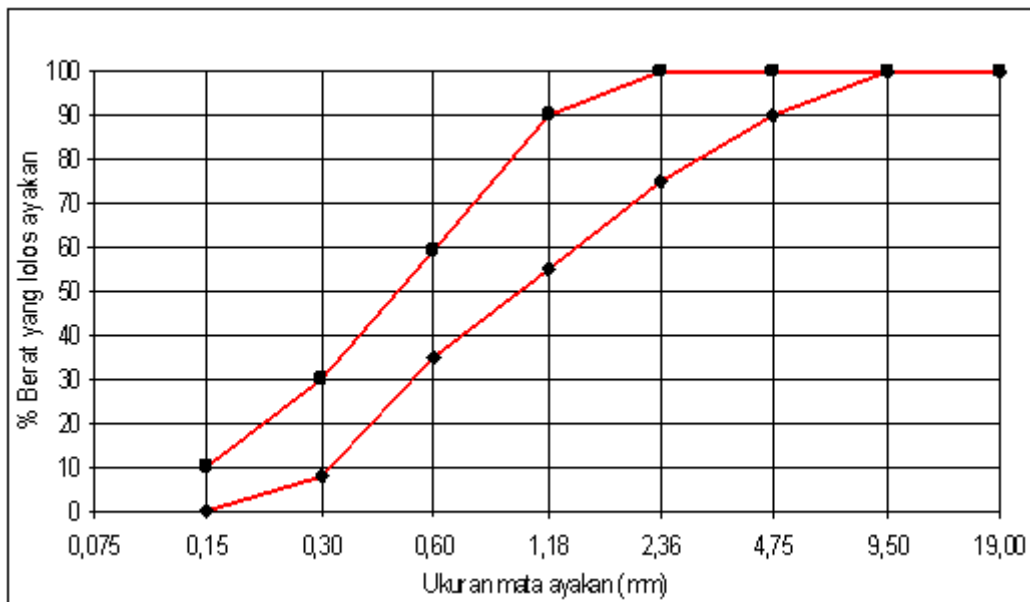
Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan: - Daerah Gradasi I = Pasir Kasar.
 - Daerah Gradasi II = Pasir Sedang.

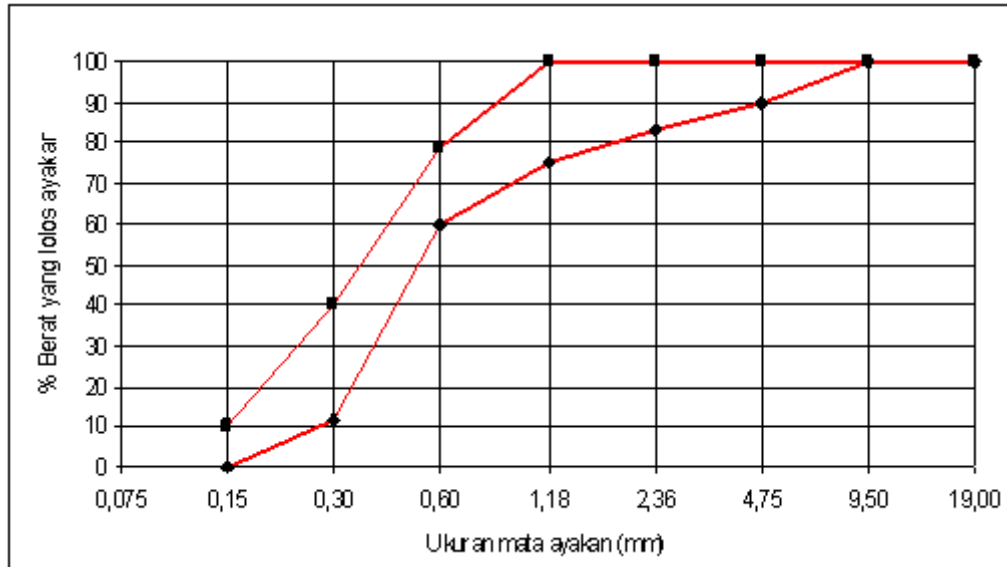
- Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus.
- Daerah Gradasi IV = Pasir Halus.



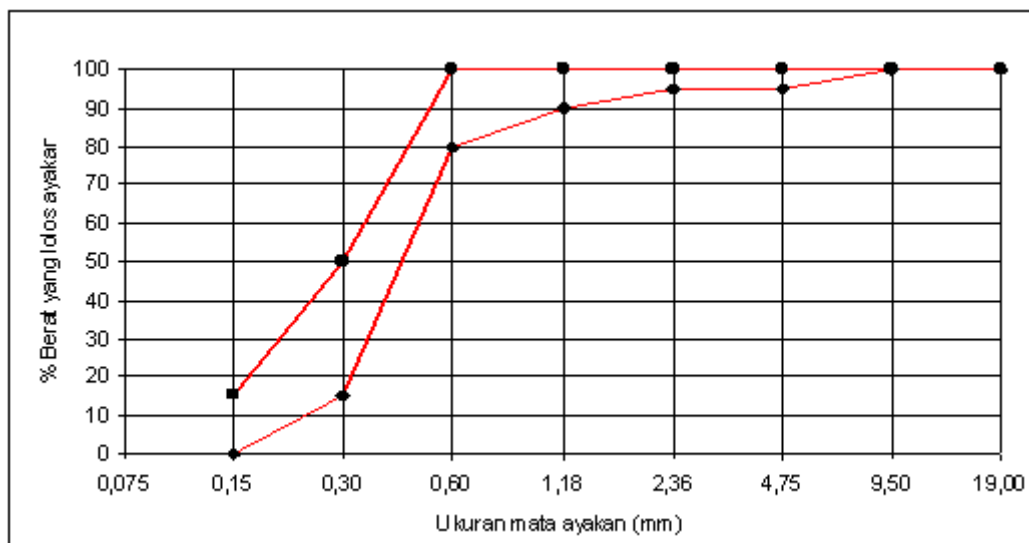
Gambar 2.1: Daerah gradasi pasir kasar (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.2: Daerah gradasi pasir sedang (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.3: Daerah gradasi pasir agak halus (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir halus (SNI 03-2834-1993).

Pemeriksaan material ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI, agregat halus diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*Absorpsi*).

4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.

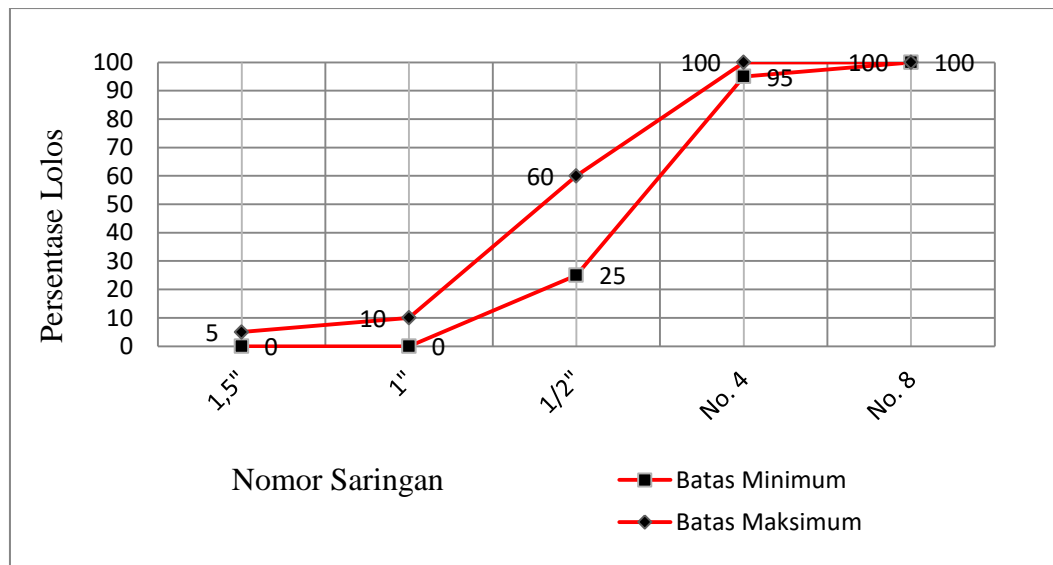
2.2.3.2. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, granit, atau beton semen hidrolis yang dipecah. Agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut (*SK SNI S-04 - 1989 - F*):

- a. Kerikil atau batu pecah maupun granit harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori. Kadar bagian yang lemah bila diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%. Kekerasan agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian *Rudolff* dengan beban pengujian 20 ton.
- b. Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
- c. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti matahari dan hujan.
- d. Sifat kekal, diuji dengan larutan garam sulfat.
- e. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian hancur maksimum 12 %.
- f. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian hancur maksimum 10 %.
- g. Tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali .
- h. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
- i. Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7.1 dan harus memenuhi syarat – syarat berikut :
 - Sisa diatas ayakan 38 mm harus maksimum 0% berat.
 - Sisa diatas ayakan 4.8 mm harus berkisar antara 90 dan 98 % berat.

Tabel 2.3: Batas gradasi agregat kasar (ASTM C33, 1986).

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (½ in)	25	60
4,75 (No.4)	95	100
2,36 (No. 8)	100	100



Gambar 2.5: Batas gradasi agregat kasar (ASTM C33,1986).

Pemeriksaan material agregat kasar ini sesuai dengan standar ASTM C33 (1986), agregat kasar diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*Absorpsi*).
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.

6. Berat isi.
7. Keausan agregat.

2.2.3. Limbah Beton

Limbah adalah bahan buangan dari suatu proses produksi, baik industri maupun rumah tangga yang kehadirannya tidak dikehendaki, menurunkan kualitas lingkungan serta tidak mempunyai nilai ekonomi yang baik. Salah satu jenis limbah yang banyak menumpuk yaitu limbah beton. Hampir sebagian besar proyek pembangunan gedung memiliki limbah beton yang dibiarkan/dibuang begitu saja karena sulitnya mencari tempat pembuangan.

Salah satu solusi untuk menanggulangi limbah beton yang dibiarkan begitu saja yaitu dengan memanfaatkannya menjadi beton kembali. Pemanfaatan kembali limbah beton dapat meningkatkan umur penggunaan material dari limbah beton tersebut.

2.3. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-1993

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan $f'c$ pada umur tertentu.
2. Penghitungan nilai deviasi standar (S)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji 30 atau lebih dapat dilihat pada Tabel 2.4. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar dengan bahan uji coba kurang dari 15, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan harus diambil tidak kurang dari ($f'c + 12$ MPa).

Tabel 2.4: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia kurang dari 30 (SNI 03-2834-1993).

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'c + 12$ MPa

Tabel 2.4 : *Lanjutan.*

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
16	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Perhitungan nilai tambah (margin).

Tabel 2.5: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

Tingkat mutu pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir Memuaskan	3,5
Sangat Baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

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

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus:

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

dengan:

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata perlu, MPa

$f'c$ = kuat tekan yang disyaratkan, MPa

m = nilai tambah, MPa

5. Penetapan jenis semen *Portland*.

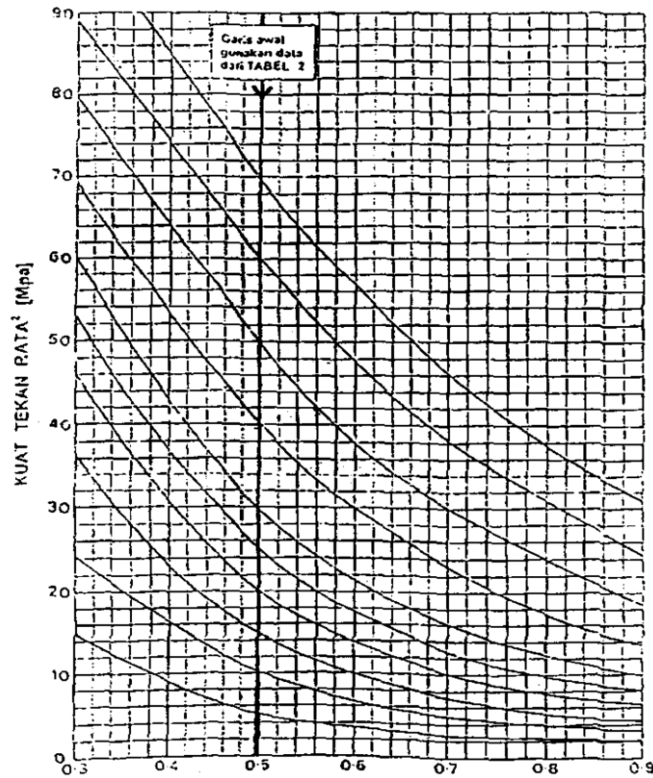
Pada cara ini dipilih semen tipe I.

6. Penetapan jenis agregat.

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

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

Nilai faktor air semen bebas dapat diperoleh dari dari grafik yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.6: Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Kubus Beton (Benda Uji Bentuk Kubus 150 x 150 x 150 mm) (SNI 03-2834-1993).

8. Faktor air semen maksimum.

Persyaratan jumlah semen minimum dari faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Faktor air semen maksimum.

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton didalam ruang bangunan.		
a. Keadaan keliling non-khorosif	375	0,65
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
- Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti.	325	0,55

9. Penetapan nilai *slump*.

Penetapan nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834, 1993).

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

Tabel 2.7 : *Lanjutan.*

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
	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

10. Penetapan besar butir agregat maksimum.

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

11. Jumlah kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 2.7.

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_H + \frac{1}{3} W_K \quad (2.2)$$

W_H adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_K adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

12. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan:

$$W_{smn} = 1/F_{as} * W_{air} \quad (2.3)$$

F_{as} = Faktor air per meter kubik beton

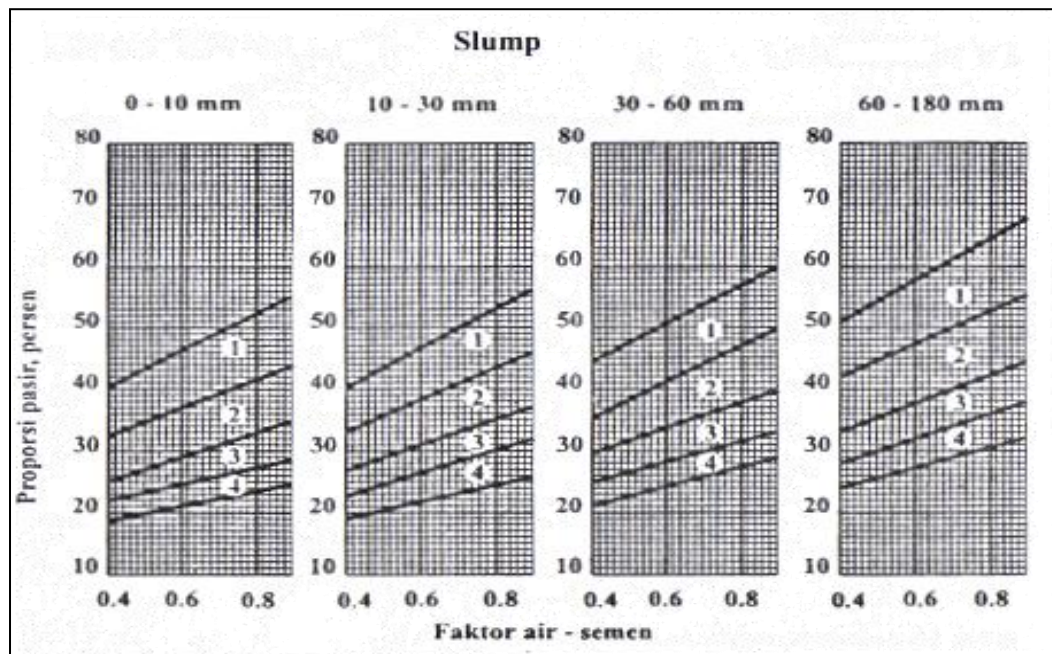
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 2.6. Dari tabel tersebut dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

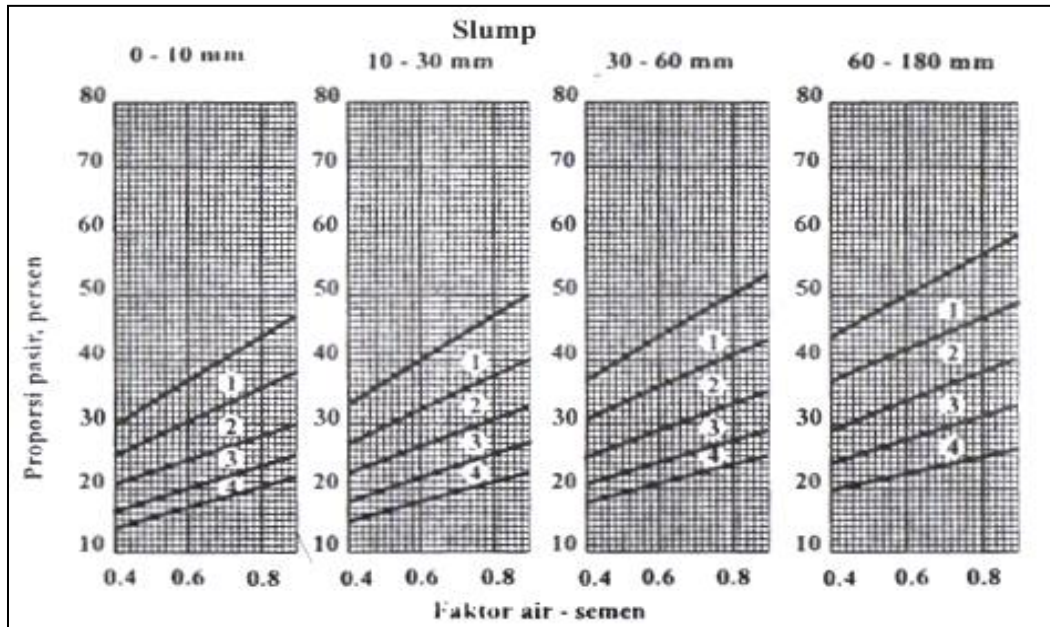
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Penetapan jenis agregat halus:

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 2.1) , pasir sedang (Gambar 2.2), pasir agak halus (Gambar 2.3) dan pasir halus (Gambar 2.4).
17. Penetapan jenis agregat kasar menurut Gambar 2.5.
18. Persen agregat halus terhadap agregat campuran.

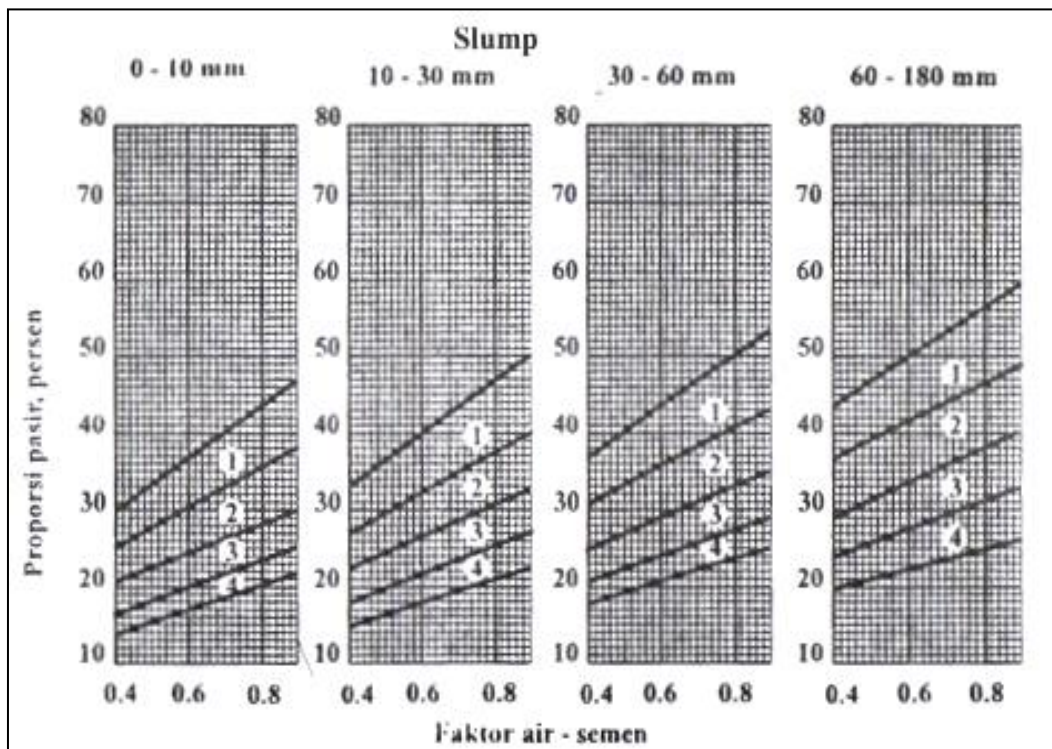
Persen agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkannya dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 2.7, Gambar 2.8, dan Gambar 2.9.



Gambar 2.7: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.8: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang d anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.9: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_{j \text{ camp}} = K_h/100 \times B_{jh} + K_k/100 \times B_{jk}$$

Dimana:

$B_{j \text{ camp}}$ = berat jenis agregat campuran

B_{jh} = berat jenis agregat halus

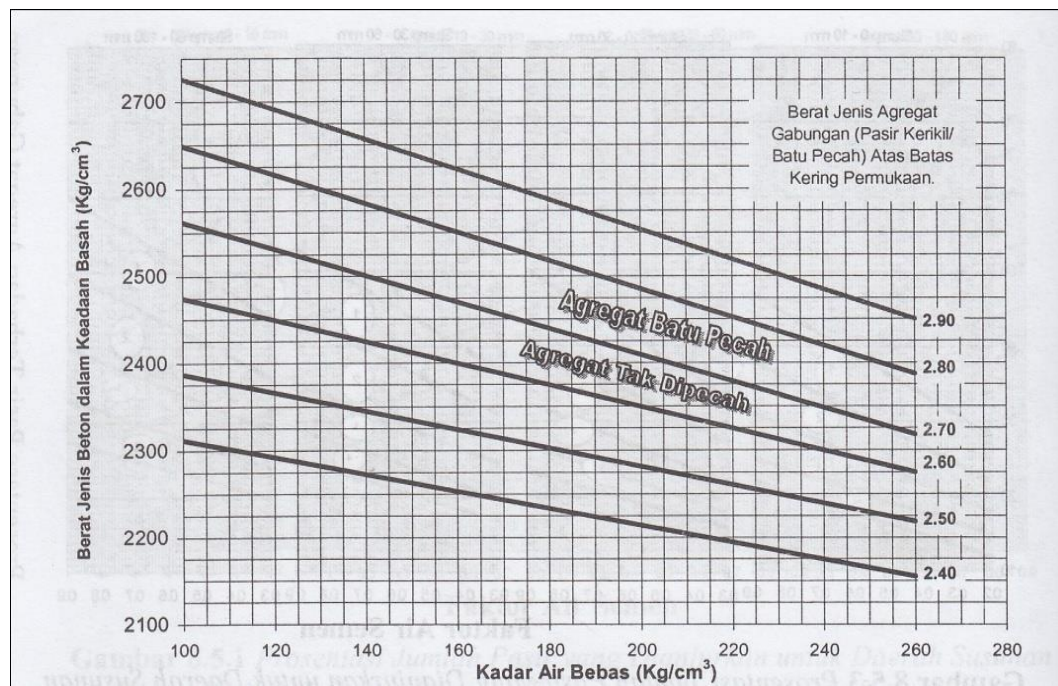
B_{jk} = berat jenis agregat kasar

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

K = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

20. Perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 2.10.



Gambar 2.10: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-1993).

21. 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/m^3).

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg/m^3).

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg/m^3).

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg/m^3).

22. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21).

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

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

Dengan:

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

$W_{agr, camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3).

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr, k} = Kk \times W_{agr, camp} \quad (2.7)$$

Dengan :

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

$W_{agr, camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3).

24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering Permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m^3 adukan.

25. 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:

$$\text{a. Air} = B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \quad (2.8)$$

$$\text{b. Agregat halus} = C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \quad (2.9)$$

$$\text{c. Agregat kasar} = D + (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \quad (2.10)$$

Dengan:

B adalah jumlah air (kg/m^3).

C adalah agregat halus (kg/m^3).

D adalah jumlah agregat kasar (kg/m^3).

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 (%).

2.4. Slump Test

Uji *slump* adalah suatu uji empiris/metode yang digunakan untuk menentukan/kekakuan dari campuran beton untuk menentukan tingkat *workability* nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk uji *slump* menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air. Dalam suatu adukan/campuran beton, kadar air sangat diperhatikan karena menentukan tingkat *workability* nya atau tidak. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu kering menyebabkan adalah tidak merata dan sulit untuk dicetak. Uji *slump* mengacu pada SNI 1972-2008 dan ICS 91.100.30. Hasil dari uji slump beton yaitu nilai *slump*. Nilai yang tertera dinyatakan dalam satuan internasional (SI).

Cara pengujiannya dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams*. Cara pengujiannya adalah:

- a. Peralatan uji *slump* yaitu kerucut *abrams*, dengan ukuran diameter diatas 10 cm dan diameter dibawah 30 cm. Tongkat besi yang berdiameter 16 mm.

- b. Kerucut *abrams* diletakkan pada bidang rata dan rata namun tidak menyerap air, biasanya menggunakan alas berupa tripleks.
- c. Isi 1/3 cetakan dengan beton, padatkan dengan tongkat besi dengan cara merojok. Pastikan besi menyentuh dasar lakukan 25 kali rojokan.
- d. Isi 1/3 bagian berikutnya dengan hal yang sama sebanyak 25 kali rojokan. pastikan besi menyentuh lapisan pertama.
- e. Isi 1/3 bagian berikutnya dengan hal yang sama sebanyak 25 kali rojokan pastikan besi menyentuh lapisan kedua. Setelah terisi penuh kemudian ratakan permukaan benda uji.
- f. Kemudian angkat cetakan perlahan tegak lurus keatas.
- g. Ukur nilai *slump* dengan membalikkan kerucut disebelahnya dengan menggunakan perbedaan tinggi rata-rata dari benda uji.

2.5. Perawatan Beton

Hidrasi pada semen terjadi karena adanya air yang dicampurkan ke dalam adukan beton. Jika beton terlalu cepat mengering, maka akan terjadi retak pada permukaannya.

Kekuatan beton akan berkurang sebagai akibat retak ini, juga akibat kegagalan mencapai reaksi kimiawi penuh. Kondisi perawatan beton yang baik dapat dicapai dengan melakukan beberapa langkah, yaitu:

1. *Water (Standar Curing)*

Perawatan ini dilakukan dengan menggunakan media air. Beton direndam didalam air selama waktu yang diperlukan untuk menggunakan beton tersebut.

2. *Exposed Atmosfer*

Disini beton dibiarkan setelah dibuka dari cetakan didalam ruangan menurut temperatur ruangan tersebut.

3. *Sealed* atau *wrapping*

Perawatan beton dengan cara ini membalut dan menutupi semua permukaan beton. Beton dilindungi dengan karung basah agar uap air yang terdapat dalam beton tidak hilang.

4. *Steam Curing* (perawatan uap)

Perawatan dengan uap seringkali digunakan untuk beton yang dihasilkan dari pabrik. Temperatur perawatan uap ini 80-150°C dengan tekanan udara 76 mmHg dan biasanya lama perawatan satu hari.

5. *Autoclave*

Perawatan beton dengan cara memberikan tekanan yang tinggi pada beton dalam ruangan tertutup, untuk mendapatkan beton mutu tinggi.

2.6. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kekuatan desak beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Tes uji kuat tekan bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton karakteristik (kuat tekan maksimum yang dapat diterima oleh beton sampai beton mengalami kehancuran).

Untuk melakukan pengujian kuat tekan benda uji digunakan alat *Universal Testing Machine*. Beban yang bekerja akan didistribusikan secara merata dan kontinyu melalui titik berat sepanjang sumbu longitudinal dengan tegangan yang dihasilkan sebesar:

$$f(\text{saat pengujian}) = \frac{P}{A} \quad (2.11)$$

Dimana:

$$f(\text{saat pengujian}) = \text{kuat tekan saat pengujian (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P = \text{Beban tekan (kg)}$$

$$A = \text{Luas penampang (cm}^2\text{)}$$

Menurut ASTM C-39 (1993), pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat melakukan pengetesan, tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan, sesuai dengan Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah di toleransikan (ASTM C-39, 1993).

Umur Pengujian	Toleransi Waktu yang Diizinkan
24 jam	0,5 jam atau 2,1 %
3 hari	2 jam atau 2,8 %
7 hari	6 jam atau 3,6 %
28 hari	20 jam atau 3,0 %
90 hari	48 jam atau 2,2 %

Pengujian kuat tekan beton dilakukan umumnya pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuat tekan dapat destimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefesien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

$$f \text{ (estimasi 28 hari)} = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefesien}} \quad (2.12)$$

Dimana:

f (estimasi 28 hari) = kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm²).

f (saat pengujian) = kuat tekan saat pengujian (kg/cm²).

koefisien = koefisien dari umur beton.

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 2.9 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 2.9: Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodinuljo, 2007).

Umur (hari)	7	14	21	28
Koefisien	0,65	0,88	0,95	1,00

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

3.1.1. Metodologi Penelitian

Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

1. Data primer

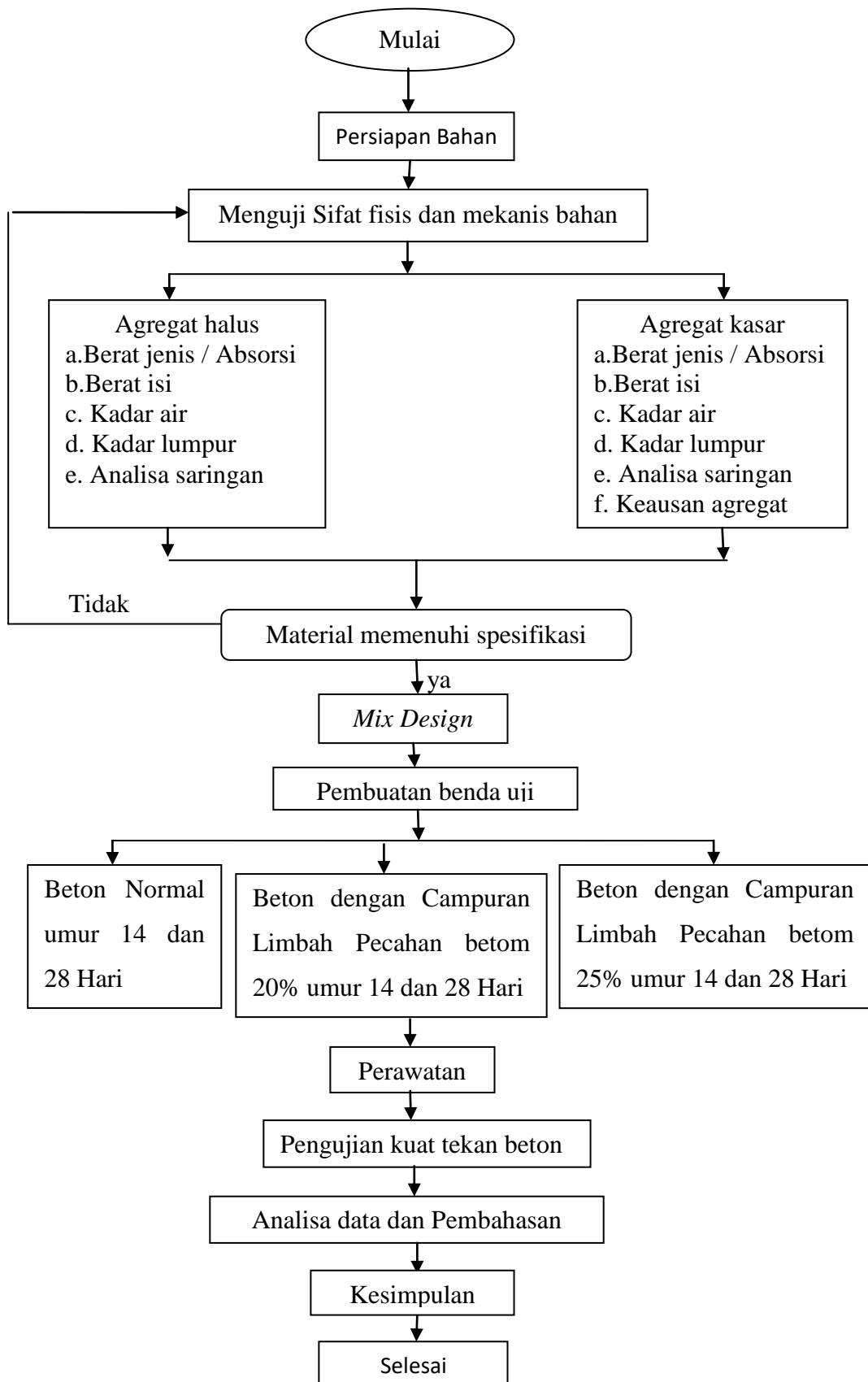
Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

- Analisa saringan agregat.
- Berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan kadar air agregat.
- Pemeriksaan berat isi agregat.
- Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- Kekentalan adukan beton segar (*Slump*).
- Uji kuat tekan beton.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur). Data teknis mengenai SNI-03-2834 (1993), PBI (Peraturan Beton Indonesia), ASTM (1985) serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Maret 2017 hingga September 2017. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen.

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PPC (*Portland Pozzolan Cement*).

b. Agregat Halus.

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai.

c. Agregat Kasar.

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari daerah Binjai.

d. Air.

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Limbah beton.

Limbah beton yang dipergunakan adalah limbah beton yang dibuang.

f. Pecahan limbah beton.

Hasil penumbukan beton.

3.3.2. Peralatan

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

a. Alat-alat pendukung pengujian material.

b. Timbangan digital.

c. Alat pengaduk beton (*mixer*).

d. Cetakan benda uji berbentuk kubus.

e. Mesin kompres (*compression test*).

3.4. Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material.

3.5. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari ASTM tentang pemeriksaan agregat.

3.6. Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi.
- Pemeriksaan analisa saringan.

3.6.1. Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.1 sehingga di ketahui kadar air agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.1: Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus.

Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Average
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	1079	1136	1108
Berat contoh SSD	900	950	925

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	1060	1116	1088
Berat wadah (W3)	179	186	183
Berat air (W1-W2)	19	20	20
Berat contoh kering (W2-W3)	881	930	906
Kadar air $((W1-W2) / (W2-W3)) \times 100\%$	2,16	2,15	2,15

Berdasarkan Tabel 3.1 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat halus, didapat rata-rata kadar air sebesar 2,15%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 2,16%, sedangkan contoh kedua didapat kadar air sebesar 2,15%. Hasil pada tabel 3.1 tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2%-20%.

3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 117. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.2 sehingga diketahui kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.2: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A(gr)	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	478	480	479
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	22	20	21

Tabel 3.2: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	4,4	4	4,2

Berdasarkan Tabel 3.2 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 4,4%, dan sampel kedua sebesar 4%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 4,2%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu <5%.

3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 128. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.3: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample 1	Sample 2	Average
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (E)	492	492	492
Berat piknometer penuh air (D)	699	696	698
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	1006	1002	1004
Berat jenis contoh kering $E/(B+D-C)$	2.55	2,54	2,54

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample 1	Sample 2	Average
Berat jenis contoh SSD $B/(B+D-C)$	2,59	2,58	2,58
Berat jenis contoh semu $E/(E+D-C)$	2,66	2,65	2,65
Penyerapan $((B-E)/E) \times 100\%$	1,63	1,63	1,63

Berdasarkan Tabel 3.3 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu dengan nilai rata-rata $2,54 \text{ gr/cm}^3 < 2,58 \text{ gr/cm}^3 < 2,65 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,63%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang *absorpsi* yang baik adalah dibawah 2% dan nilai *absorpsi* agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

3.6.4. Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.4 sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.4: Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus.

No	Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	19869	20403	21175	20482,33
2	Berat wadah (gr)	5300	5300	5300	5300
3	Berat contoh (gr)	14569	15103	15875	15182
4	Volume wadah (cm^3)	10952,23	10952,23	10952,23	10952,23
5	Berat Isi (gr/cm^3)	1,330	1,379	1,449	1,386

Berdasarkan Tabel 3.4 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar $1,386 \text{ gr/cm}^3$. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu $>1,125 \text{ gr/cm}^3$.

3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 33. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.5 dan batas gradasi agregat halus pada Gambar 3.2, sehingga diketahui modulus kehalusan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.5: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.

No. Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
9.50 (No 3/8 in)	0	0	0	0	0	100
4.75 (No. 4)	79	121	200	6,63	6,63	93,37
2.36 (No. 8)	114	193	307	10,18	16,81	83,19
1.18 (No.16)	203	260	463	15,35	32,16	67,84
0.60 (No. 30)	291	342	633	20,99	53,15	46,85
0.30 (No. 50)	312	361	673	22,31	75,46	24,54
0.15 (No. 100)	203	297	500	16,58	92,04	7,96
Pan	97	143	240	7,96	100,00	0,00
Total	1299	1717	3016	100		

Berdasarkan Tabel 3.5 menjelaskan pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-1993, yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat. Apakah agregat yang dipakai termasuk zona pasir kasar, sedang, agak halus, atau pasir halus. Penjelasan nilai kumulatif agregat didapat dari penjelasan berikut ini:

Total berat pasir = 3016 gram.

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{200}{3016} \times 100\% = 6,63 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{307}{3016} \times 100\% = 10,18 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{463}{3016} \times 100\% = 15,35 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{633}{3016} \times 100\% = 20,99 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{673}{3016} \times 100\% = 22,31 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{500}{3016} \times 100\% = 16,58 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{240}{3016} \times 100\% = 7,96 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\text{No.4} = 0 + 6,63 = 6,63 \%$$

$$\text{No.8} = 6,63 + 10,18 = 16,81 \%$$

$$\text{No.16} = 16,81 + 15,35 = 32,16 \%$$

$$\text{No.30} = 32,16 + 20,99 = 53,15 \%$$

$$\text{No.50} = 53,15 + 22,31 = 75,46 \%$$

$$\text{No.100} = 75,46 + 16,58 = 92,04 \%$$

$$\text{Pan} = 92,04 + 7,96 = 100,00 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 276,26 %

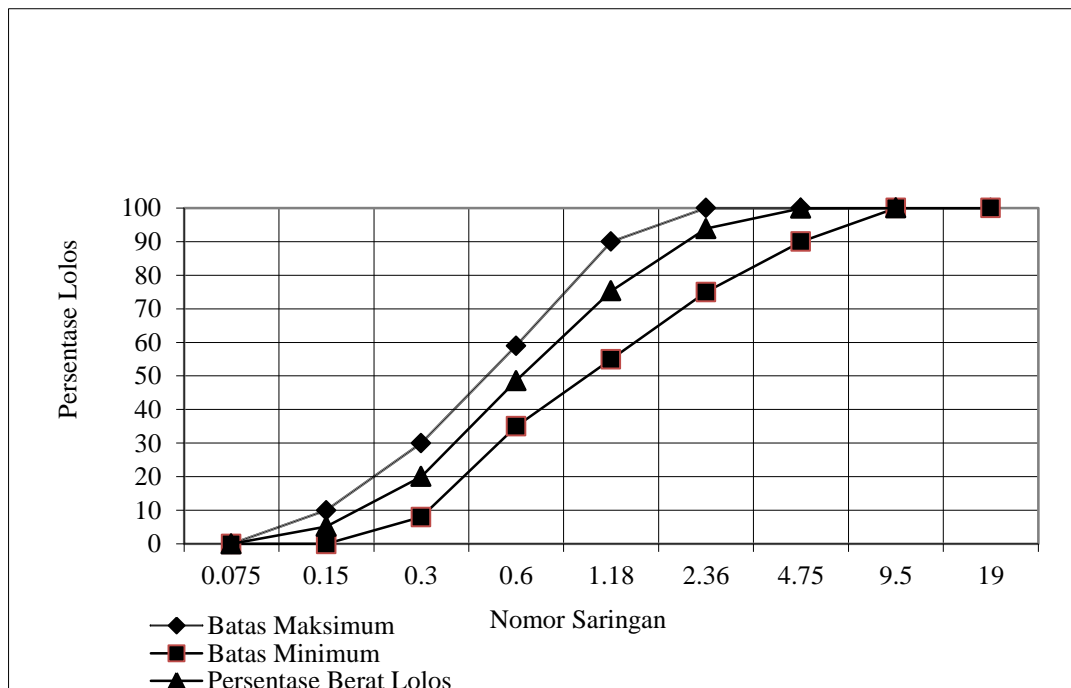
$$\text{FM (Modulus kehalusan)} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100}$$

$$= \frac{276,26}{100}$$

$$\text{FM} = 2,76$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	6,63	=	93,97	%
No.8	=	100	-	16,81	=	83,19	%
No.16	=	100	-	32,16	=	67,84	%
No.30	=	100	-	53,15	=	46,85	%
No.50	=	100	-	75,46	=	24,54	%
No.100	=	100	-	92,04	=	7,96	%
Pan	=	100	-	100,00	=	0,00	%



Gambar 3.2: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

Berdasarkan Gambar 3.2 menjelaskan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada Tabel 3.5 diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,76 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 (pasir sedang) seperti Gambar 3.2.

3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi.
- Pemeriksaan analisa saringan.
- Keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*.

3.7.1 Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.6 sehingga diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.6: Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar.

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Average
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	3301	3345	3323
Berat contoh SSD	2765	2800	2783
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	3283	3331	3307
Berat wadah (W3)	536	545	541
Berat air (W1-W2)	18	14	16
Berat contoh kering (W2-W3)	2747	2786	2767
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100$	0,66	0,50	0,58

Berdasarkan Tabel 3.6 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat kasar didapat rata-rata kadar air sebesar 0,58%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 0,66%,

sedangkan contoh kedua didapat kadar air sebesar 0,50%. Hasil diatas tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu yaitu 0,5% - 1,5%.

3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 117. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.7: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Average
Berat contoh kering: A(gr)	1400	1400	1400
Berat contoh setelah dicuci: B (gr)	1389	1390	1389,5
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci: C(gr)	11	10	10,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	0,79	0,71	0,8

Berdasarkan Tabel 3.7 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel yang menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,79%, dan sampel kedua sebesar 0,71%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,8%. Menurut PBI 1971 hasil pemeriksaan kadar lumpur pada Tabel 3.7 telah memenuhi syarat yaitu <1%.

3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3,8 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.8: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample 1	Sample 2	Average
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A)	2800	2850	2825
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (C)	2778	2830	2804
Berat contoh jenuh (B)	1754	1793	1773,5
Berat jenis contoh kering ($C/(A-B)$)	2,66	2,68	2,67
Berat jenis contoh SSD ($A/(A-B)$)	2,68	2,70	2,69
Berat jenis contoh semu ($C/(C-B)$)	2,71	2,73	2,72
Penyerapan ($(A-C)/C \times 100\%$)	0,79	0,71	0,75

Berdasarkan hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorbtion*) pada agregat halus yang diteliti. Pada Tabel 3.8 terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering sebesar 2,67 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,69 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,72 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,75% dan berdasarkan ASTM C 127 nilai ini berada di bawah nilai absorpsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4%.

3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga diketahui berat isi agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.9: Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar.

No	Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	30871	31940	32954	31921,67
2	Berat wadah (gr)	6440	6440	6440	6440
3	Berat contoh (gr)	24431	25500	26514	25482
4	Volume wadah (cm ³)	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,580	1,649	1,714	1,648

Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,648 gr/cm³. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,580 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,649 gr/cm³. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,714 gr/cm³ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yang yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 33. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.10: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar.

No Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
	38,1 (1.5 in)	117	122	239		
19.0 (3/4 in)	1238	1354	2592	42,86	46,81	53,19
9.52 (3/8 in)	787	957	1744	28,84	75,64	24,36
4.75 (No. 4)	709	764	1473	24,36	100,00	0,00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1.18 (No.16)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0,00	100	0
Total	2851	3197	6048	100		

Berdasarkan Tabel 3.10, didapatkan nilai kumulatif agregat dan modulus kehalusan agregat kasar yang diperoleh dari persentase jumlah keseluruhan kumulatif tertahan agregat. Percobaan ini dilakukan dua kali, nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C33 (1986), yang pada pengerjaan *Mix Design*. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 6048 gram.

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= \frac{239}{6048} \times 100\% = 3,95 \% \\
 \frac{3}{4} &= \frac{2592}{6048} \times 100\% = 42,86 \% \\
 \frac{3}{8} &= \frac{1744}{6048} \times 100\% = 28,84 \% \\
 \text{No. 4} &= \frac{1473}{6048} \times 100\% = 24,36 \%
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 0 + 3,95 = 3,95 \% \\
 \frac{3}{4} &= 3,95 + 42,86 = 46,81 \% \\
 \frac{3}{8} &= 46,81 + 28,84 = 75,64 \% \\
 \text{No.4} &= 75,65 + 24,36 = 100,00 \%
 \end{aligned}$$

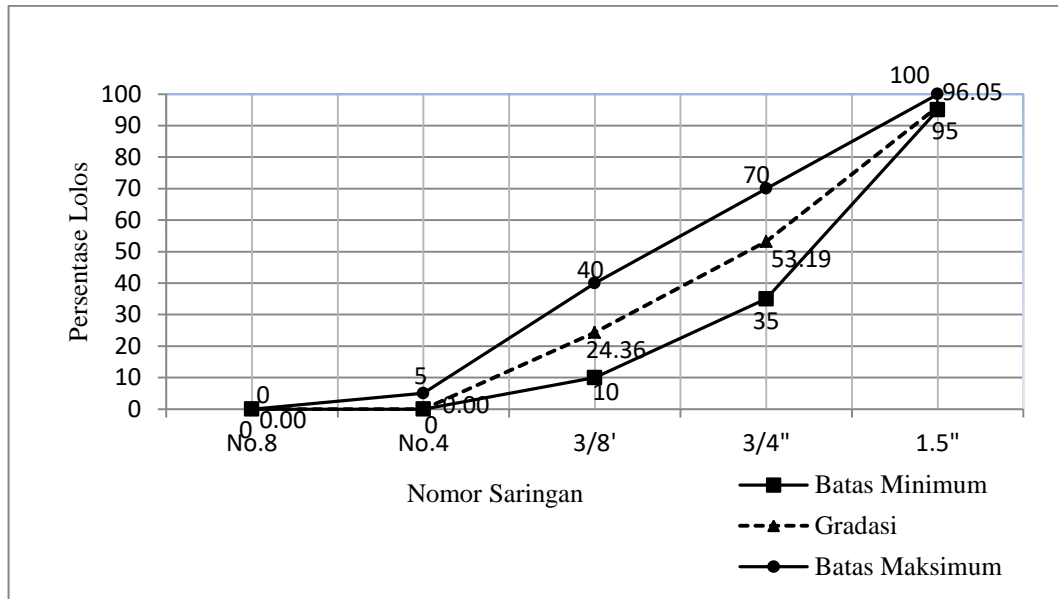
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 727,10

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{727,10}{100} \\
 \text{FM} &= 7.27
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 100 - 3,95 = 96,05 \% \\
 \frac{3}{4} &= 100 - 46,81 = 53,19 \% \\
 \frac{3}{8} &= 100 - 75,64 = 24,36 \% \\
 \text{No. 4} &= 100 - 100 = 0 \%
 \end{aligned}$$

Batas gradasi batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm.

Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-1993, dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* kerikil maksimum 40 mm.

3.7.6. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM 131. Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut:

- Berat sampel sebelum pengujian = 5000 gr

Berat tiap-tiap ayakan tercantum dalam Tabel 3.11. Nilai keausan agregat didapatkan dari perbandingan persentase dari berat akhir agregat yang tertahan dengan saringan No.12 dengan berat awal agregat yang diambil. Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar ketahanan agregat terhadap gesekan.

Tabel 3.11: Data-data dari hasil pengujian keausan agregat.

No Saringan	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)
12,5 (1/2 in)	2500	1578
9,50 (3/8 in)	2500	575

Tabel 3.11: *Lanjutan.*

No Saringan	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)
4,75 (No. 4)	-	957
2,36 (No. 8)	-	403
1,18 (No. 16)	-	-
0,60 (No. 30)	-	-
0,30 (No. 50)	-	-
0,15 (No. 100)	-	-
Pan	-	751
Total	5000	4264
	Berat lolos saringan No. 12	736
	<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)	14,720

$$\begin{aligned}
 \text{Abrasion} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5000 - 4264}{5000} \times 100\% = 14,720\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan di dapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4264 gr dan nilai *abrasion* (keausan) sebesar 14,720%. Nilai tersebut telah memenuhi standar PBI 1971 bahwa nilai keausan agregat tidak lebih dari 50%.

3.8. Perencanaan Campuran Beton

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.9. Pelaksanaan Penelitian

3.9.1. Trial Mix

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

3.9.2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk kubus dengan sisi berukuran 15 cm yang berjumlah 48 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.9.3. Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2834-1993.

3.9.4. Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 14 dan 28 hari.

3.9.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak:

- Beton normal umur 14 hari : 8 buah.
- Beton normal umur 28 Hari : 8 buah.
- Beton variasi 20 % umur 14 hari : 8 buah.
- Beton variasi 20 % umur 28 hari : 8 buah.
- Beton variasi 25 % umur 14 hari : 8 buah.
- Beton variasi 25 % umur 28 hari : 8 buah.
- Total : 48 buah.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan.

Dari hasil percobaan didapati data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar = 2,69 gr/cm³
- Berat jenis agregat halus = 2,58 gr/cm³
- Kadar lumpur agregat kasar = 0,8 %
- Kadar lumpur agregat halus = 4,2 %
- Berat isi agregat kasar = 1,64 gr/cm³
- Berat isi agregat halus = 1,38 gr/cm³
- FM agregat kasar = 7,27
- FM agregat halus = 2,76
- Kadar air agregat kasar = 0,58 %
- Kadar air agregat halus = 2,15 %
- Penyerapan agregat kasar = 0,75 %
- Penyerapan agregat halus = 1,63 %
- Nilai slump rencana = 30-60 mm
- Ukuran agregat maksimum = 40 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data – data diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 30 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834-1993.

Tabel 4.1: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-1993).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus)	Ditetapkan		30 MPa	
2	Deviasi Standar	-		12 MPa	
3	Nilai tambah (margin)	-		5,7 MPa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		47,7 MPa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat:	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
	- kasar - halus	Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas	-		0,44	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7		170 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11:7		386,364 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		386,364 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,44	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2		34%	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	-		2.65	
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2425 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		1868,636 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		635,336 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1233,3 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	386,364	170	635,336	1233,3
- Tiap campuran uji m ³	1	0,439	1,644	3,192	

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
24	- Tiap campuran uji 0,003375 m ³ (1 kubus)	1,304	0,573	2,145	4,162
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	386,364	169	638,356	1231,203
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,439	1,652	3,186
	- Tiap campuran uji 0,003375m ³ (1 kubus)	1,304	0,570	2,154	4,155

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m³ adalah:

$$\begin{array}{cccccc}
 \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\
 386,364 & : & 638,356 & : & 1231,203 & : & 169 \\
 1 & : & 1,652 & : & 3,186 & : & 0,439
 \end{array}$$

a. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan kubus

dengan ukuran:

$$\text{Sisi} = 15 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Kubus} &= \text{Sisi} \times \text{Sisi} \times \text{Sisi} \\
 &= 15 \times 15 \times 15 \\
 &= 3375 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,003375 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji} \\
 &= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 386,364 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3 = 1,304 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
 = $638,356 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 = 2,154 kg
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak kerikil x Volume 1 benda uji
 = $1231,203 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 = 4,155 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = $169 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 = 0,570 kg

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 1,304 : 2,154 : 4,155 : 0,570

Berdasarkan analisa saringan diatas maka didapat diperoleh berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	3,95	$\frac{3,95}{100} \times$	4,155	0,164
¾	42,86	$\frac{42,86}{100} \times$	4,155	1,781
3/8	28,84	$\frac{28,84}{100} \times$	4,155	1,198
No. 4	24,36	$\frac{24,36}{100} \times$	4,155	1,012
Total				4,155

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan bahwa jumlah yang berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,164 kg, saringan 3/4 sebesar 1,781 kg, saringan 3/8 sebesar 1,198 kg dan saringan No.4 sebesar 1,012 kg. Total keseluruhan dari agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 4,155 kg.

Tabel 4.3: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	6,63	$\frac{6,63}{100} \times$	2,154	0,143
No.8	10,18	$\frac{10,18}{100} \times$	2,154	0,219
No.16	15,35	$\frac{15,35}{100} \times$	2,154	0,331
No.30	20,99	$\frac{20,99}{100} \times$	2,154	0,452
No.50	22,31	$\frac{22,31}{100} \times$	2,154	0,481
No.100	16,58	$\frac{16,58}{100} \times$	2,154	0,357
Pan	7,96	$\frac{7,96}{100} \times$	2,154	0,171
Total				2,154

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan bahwa jumlah berat yang tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 0,143 kg, saringan No.8 sebesar 0,219 kg, saringan No.16 sebesar 0,331 kg, saringan No.30 sebesar 0,452 kg, saringan No.50 sebesar 0,481 kg, saringan NO.100 sebesar 0,357 kg, dan pan sebesar 0,171 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,154 kg.

b. Bahan *filler* agregat halus

Untuk penggunaan bahan *filler* agregat halus tertahan saringan nomor No. 100 menggunakan pecahan beton sebesar 20% dan 25% dapat dilihat pada Tabel 4.4.

- Pecahan beton yang dibutuhkan sebanyak 20% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned} &= \frac{20}{100} \times \text{Berat agregat halus} \\ &= \frac{20}{100} \times 2,154 \text{ kg} \\ &= 0,431 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pecahan beton yang dibutuhkan sebanyak 25% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned} &= \frac{25}{100} \times \text{Berat agregat halus} \\ &= \frac{25}{100} \times 2,154 \text{ kg} \\ &= 0,539 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Banyak limbah pecahan beton yang dibutuhkan untuk 1 benda uji.

Penggunaan Bahan Ganti	Berat Pecahan Beton (kg)
20%	0,431
25%	0,539

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah penggunaan *filler* dan agregat halus sebesar 20% adalah 0,431 kg dan untuk berat agregat halus, jumlah bahan *filler* dan agregat halus sebesar 25% adalah 0,539 kg.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 48 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 48 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 48 benda uji
- $$\begin{aligned} &= \text{Banyak semen 1 benda uji} \times 48 \text{ benda uji} \\ &= 1,304 \times 48 \\ &= 62,590 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 48 benda uji
 - = Banyak pasir untuk 1 benda uji x 48
 - = $2,154 \times 48$
 - = $103,392 \text{ kg}$
- Pasir tertahan saringan No.100 yang dibutuhkan untuk 48 benda uji
 - Untuk beton normal
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 16
 - = $0,357 \times 16$
 - = $5,712 \text{ kg}$
 - Untuk beton bahan *filler* 20%
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 16
 - = $0,431 \times 16$
 - = $6,896 \text{ kg}$
 - Untuk beton bahan *filler* 25%
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 16
 - = $0,539 \times 16$
 - = $8,624 \text{ kg}$

Maka, jumlah pasir tertahan No.100 yang dibutuhkan untuk 48 benda uji adalah:
 $5,712 + 6,896 + 8,624 = 21,232 \text{ kg}$

Sedangkan untuk jumlah tiap ayakan secara keseluruhan pasir yang dibutuhkan untuk 48 benda uji.

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 48 benda uji
 - = Banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 48
 - = $4,155 \times 48$
 - = $199,44 \text{ kg}$
- Air yang dibutuhkan untuk 48 benda uji
 - = Banyak air untuk 1 benda uji x 48
 - = $0,570 \times 48$
 - = $27,36 \text{ kg}$

Perbandingan untuk 48 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 62,590 : 103,39 : 199,44 : 27,36

Berdasarkan analisa saringan untuk 48 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 48 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat batu pecah	
1,5	3,95	$\frac{3,95}{100} \times$	199,44	7,88
$\frac{3}{4}$	42,86	$\frac{42,86}{100} \times$	199,44	85,47
$\frac{3}{8}$	28,84	$\frac{28,84}{100} \times$	199,44	57,51
No. 4	24,36	$\frac{24,36}{100} \times$	199,44	48,58
Total				199,44

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 48 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 7,88 kg, saringan $\frac{3}{4}$ sebesar 85,47kg, saringan $\frac{3}{8}$ sebesar 57,51 kg dan saringan No.4 sebesar 48,58 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 48 benda uji sebesar 199,44 kg.

Tabel 4.6: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 48 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	6,63	$\frac{6,63}{100} \times$	103,39	6,85
No.8	10,18	$\frac{10,18}{100} \times$	103,39	10,53
No.16	15,35	$\frac{15,35}{100} \times$	103,39	15,87
No.30	20,99	$\frac{20,99}{100} \times$	103,39	21,70
No.50	22,31	$\frac{22,31}{100} \times$	103,39	23,07
No.100	16,58	$\frac{16,58}{100} \times$	103,39	17,14
Pan	7,96	$\frac{7,96}{100} \times$	103,39	8,23
Total				103,39

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 48 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 6,85 kg, saringan No.8 sebesar 10,53kg, saringan No.16 sebesar 15,87 kg, saringan No.30 sebesar 21,70 kg, saringan No.50 sebesar 23,07 kg, saringan No.100 sebesar 17,00 kg, dan Pan sebesar 8,23 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 48 benda uji sebesar 103,39 kg.

4.1.1. Metode Pengerjaan Mix Design

Pelaksanaan Mix Design dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 30 MPa untuk umur 28 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.4.
3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.5.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}

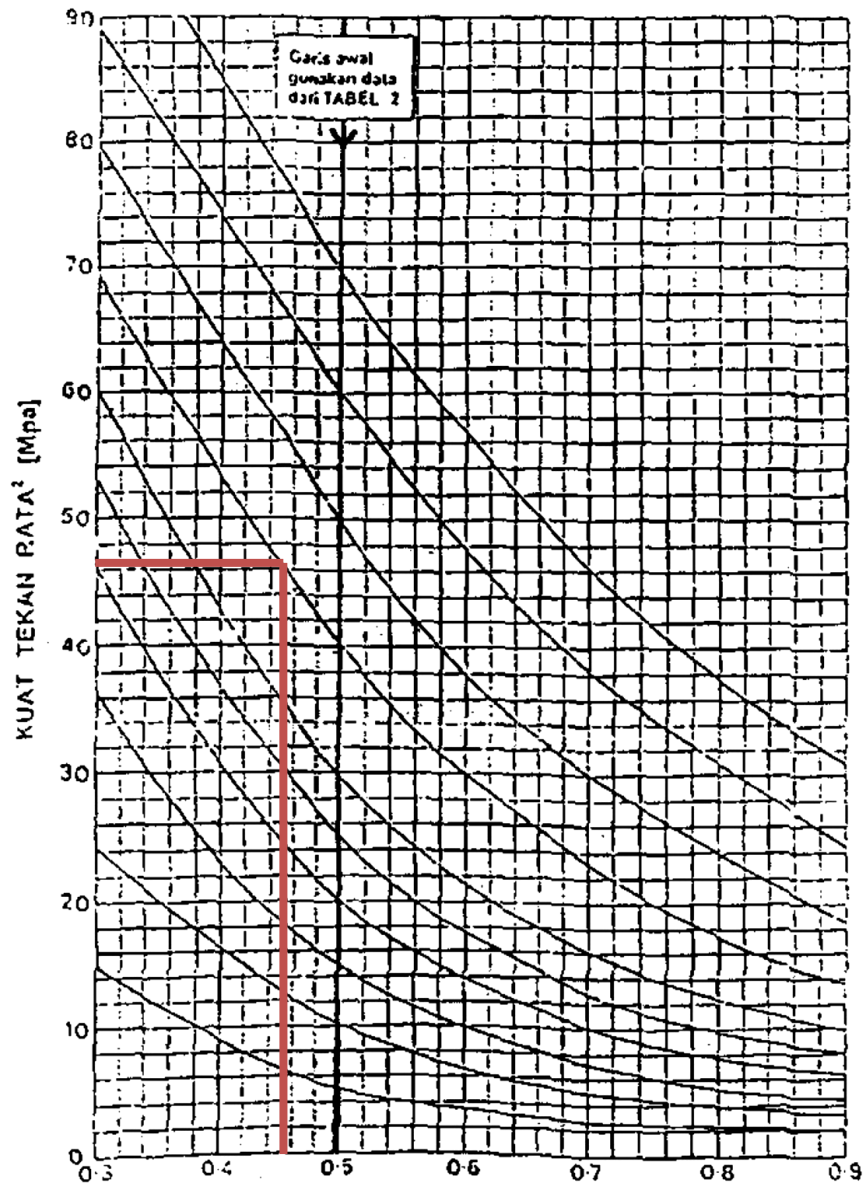
Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.1.

$$f'_{cr} = f'_c + m$$

$$f'_{cr} = 30 + (12 + 5,7)$$

$$= 47,7 \text{ MPa}$$

5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
6. Jenis agregat diketahui :
 - agregat kasar = batu pecah
 - agregat halus alami = pasir
7. Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 47,7 MPa tarik garis datar menuju zona 28 hari, lalu tarik garis ke bawah yang menunjukkan faktor air semen, seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton (SNI 03-2834-1993).

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0.60 berdasarkan Tabel 2.6. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.1 tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air semen yang lebih kecil.
9. Nilai slump ditetapkan setinggi 30-60 mm berdasarkan Gambar 2.7.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 40 mm.

11. Jumlah kadar air bebas ditentukan berdasarkan Tabel 2.7 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Jumlah kadar air bebas yang ditentukan.

Slump (mm)	30-60	
Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	batu tak dipecahkan	batu pecah
40	160	190

Setelah interpolasi memakai Pers. 4.1.

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (4.1)$$

Dengan:

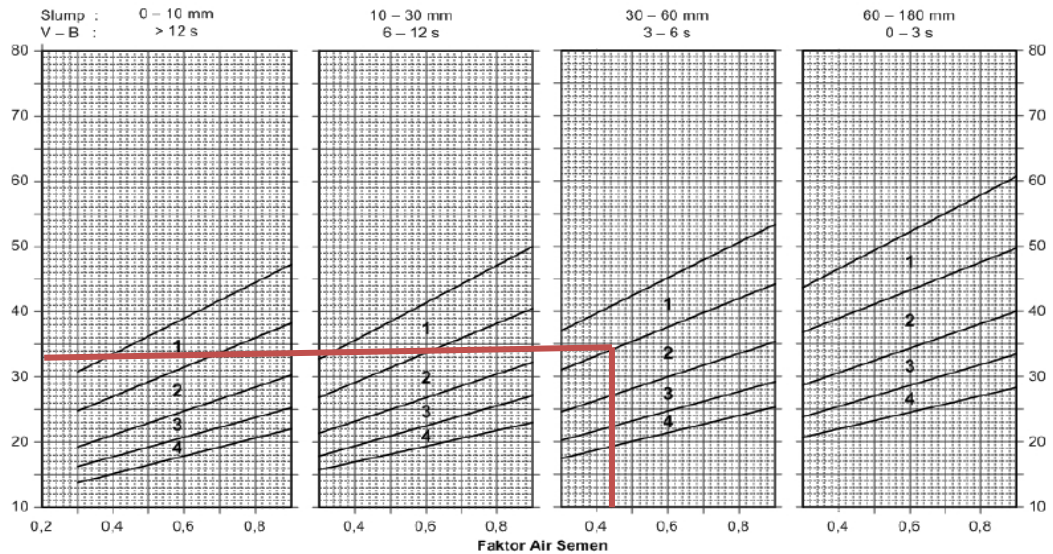
W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2}{3} \times 160 + \frac{1}{3} \times 190 \\
 &= 170 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Jumlah semen, yaitu: $170 : 0.44 = 386,363 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 berdasarkan Tabel 2.6. Seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.
15. Faktor air-semen yang disesuaikan: dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.2.
17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.5.

18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,8 mm ini dicari dalam Gambar 2.9 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air-semen 0,44. Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir No.2 diperoleh harga nilai 34%. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).

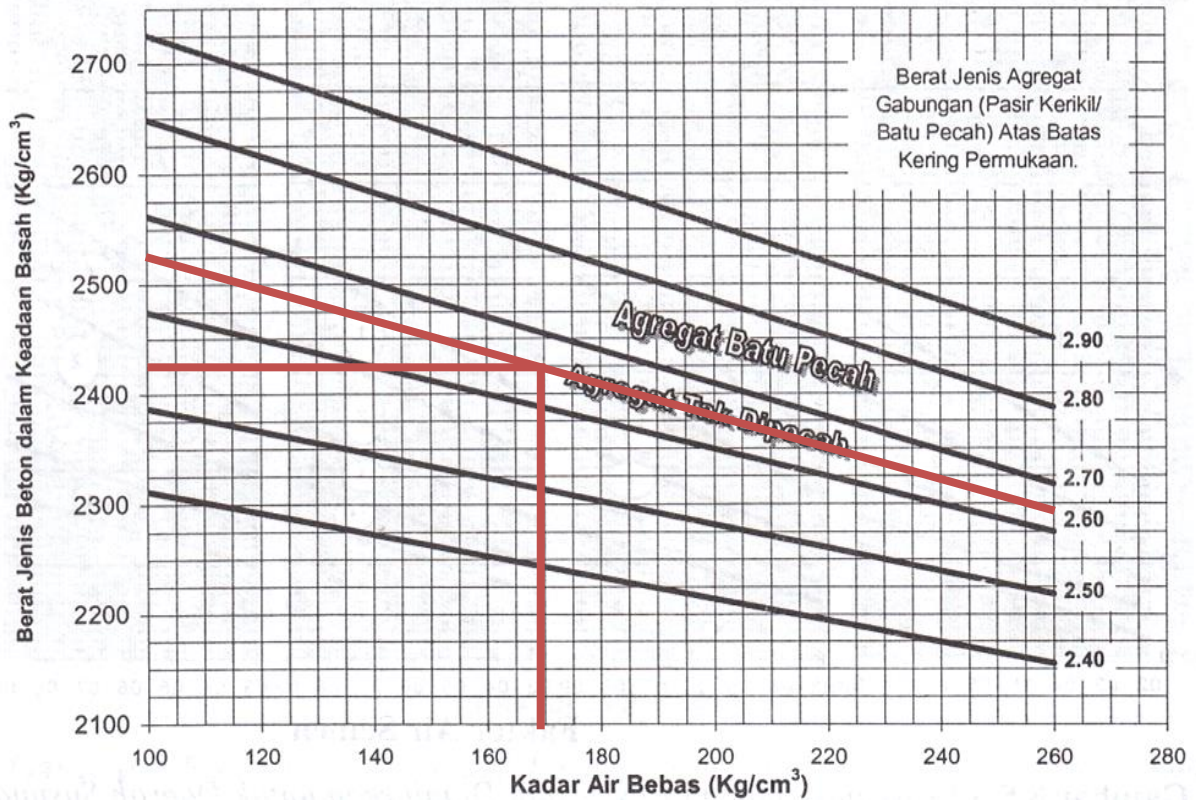
19. Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena itu agregat halus dalam hal ini merupakan gabungan dari dua macam agregat halus lainnya, maka berat jenis sebelum menghitung berat jenis agregat gabungan antara pasir dan kerikil.

Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut

- BJ agregat halus = 2,58
- BJ agregat kasar = 2,69
- BJ agregat gabungan halus dan kasar = $(0,34 \times 2,58) + (0,66 \times 2,69)$
= 2,65

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.3 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,65. Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air

bebas (dalam hal ini 170 kg/m^3), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka 2425 kg/m^3 .



Gambar 4.3: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SN I 03-2834-1993).

21. Kadar agregat gabungan = (berat isi beton) – (jumlah kadar semen + kadar air).

$$= 2425 - (386,364 + 170) = 1868,636 \text{ kg/m}^3.$$

22. Kadar agregat halus = (Persen agregat halus) x (Kadar agregat gabungan).

$$= \frac{34}{100} \times 1868,636 = 635,336 \text{ kg/m}^3.$$

23. Kadar agregat kasar = Kadar agregat gabungan - Kadar agregat halus.

$$= 1868,636 - 635,336 = 1233,3 \text{ kg/m}^3.$$

24. Proporsi campuran dari langkah (1) hingga (23) kita dapatkan susunan campuran beton teoritis.

untuk tiap m^3 sebagai berikut:

- Semen = 386,364 kg
- Air = 170 kg/lt
- Agregat halus = 635,336 kg
- Agregat kasar = 1233,3 kg

25. Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yaitu yang akan kita pakai sebagai campuran uji, angka-angka teoritis tersebut perlu dibenarkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang akan dipakai. Dengan menggunakan Pers. 2.8, 2.9, dan 2.10, didapat koreksi proporsi campuran untuk air sebesar:

$$\begin{aligned} &= B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \\ &= 170 - (2,15 - 1,63) \times \frac{635,336}{100} - (0,58 - 0,75) \times \frac{1233,3}{100} \\ &= 169 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned} &= C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \\ &= 635,336 + (2,15 - 1,63) \times \frac{635,336}{100} \\ &= 638,639 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned} &= D + (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \\ &= 1233,3 + (0,58 - 0,75) \times \frac{1233,3}{100} \\ &= 1231,203 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

4.2. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan kubus sebagai benda uji dengan ukuran sisi 15 cm, jumlah benda uji yang di buat adalah sebanyak 48 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton.

Beton diaduk menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula-mula tuang sebagian air (kira-kira 75 % dari jumlah air yang ditetapkan) dimasukkan kedalam bejana pengaduk, kemudian agregat kasar, lalu agregat halus, dan semen. Setelah diaduk rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan campuran tampak homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan.

Sebelum beton di masukkan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*Slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah di sediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk menggunakan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton.

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu direndam di dalam air (terendam keseluruhan) hingga umur yang telah ditentukan. Ruang penyimpanan harus bebas gataran selama 48 jam pertama setelah perendaman.

4.3. *Slump Test*

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari

isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap–tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2,5 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *Slump*.

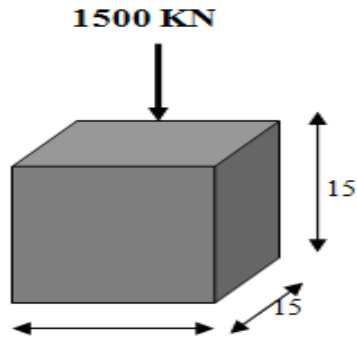
Tabel 4.8: Hasil pengujian nilai *Slump*.

	Beton Normal		Beton dengan <i>filler</i> limbah pecahan beton 20%		Beton dengan <i>filler</i> limbah pecahan beton 25%	
	14	28	14	28	14	28
<i>Slump</i> (cm)	4	4	4,5	4	4,5	4
	3,5	3,5	4	4	4	3,5
	3,5	3	3,5	3,5	4	3

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan hasil slump test beton normal, beton dengan *filler* limbah pecahan beton 20% dan 25% sebesar 3 sampai 4,5 cm.

4.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN, benda uji yang akan dites adalah berupa kubus dengan panjang sisi 15 cm dan jumlah benda uji 48 buah, seperti pada Gambar 4.4, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar.4.4: Beban tekan pada benda uji kubus.

Ada beberapa macam cetakan benda uji yang dipakai, diantaranya adalah kubus dengan sisi 15 cm. Serta silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Perbedaannya terletak pada perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton yang didapat setelah diuji. Yakni faktor untuk kubus adalah 1, sedangkan faktor dari silinder adalah 0,83.

4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal (saat pengujian).

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 8 buah. Hasil kuat tekan beton normal 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c / 0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	64500	28,67	32,58	31,44
2	72000	32,00	36,36	
3	63000	28,00	31,82	
4	60000	26,67	30,30	
5	61500	27,33	31,06	
6	60000	26,67	30,30	
7	57000	25,33	28,79	
8	60000	26,67	30,30	

Tabel 4.9: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Kuat tekan 28 hari $f'_c / 1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	81000	36,00	36,00	32,33
2	72000	32,00	32,00	
3	69500	30,89	30,89	
4	75000	33,33	33,33	
5	73500	32,67	32,67	
6	69500	30,89	30,89	
7	72000	32,00	32,00	
8	69500	30,89	30,89	

Berdasarkan Tabel 4.9 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 14 dan 28 hari. Dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,44 MPa pada umur beton 14 hari dan 32,33 MPa pada umur beton 28 hari.

4.4.2. Kuat Tekan Beton dengan Limbah Pecahan Beton 20% (saat pengujian).

Pengujian beton dengan variasi *filler* limbah pecahan beton sebesar 20% dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 8 buah. Hasil kuat tekan beton dengan limbah pecahan beton 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kuat tekan beton dengan limbah pecahan beton 20%.

Benda Uji	Beban tekan	A= 225cm ²	Estimasi 28 hari	f'_c rata-rata (MPa)
	(P) (kg)	$f'_c = (P/A)$ (MPa)	$f'_c / 0,88$ (MPa)	
Umur 14 hari				
1	60000	26,67	30,30	32,07
2	67500	30,00	34,09	
3	64500	28,67	32,58	
4	73500	32,67	37,12	
5	58000	25,78	29,29	
6	66000	29,33	33,33	
7	61500	27,33	31,06	
8	57000	25,33	28,79	
Umur 28 hari				
Benda Uji	Beban tekan	A= 225cm ²	Kuat tekan 28 hari	f'_c rata-rata (MPa)
	(P) (kg)	$f'_c = (P/A)$ (MPa)	$f'_c / 1,00$ (MPa)	
Umur 28 hari				
1	73500	32,67	32,67	33,08
2	71500	31,78	31,78	
3	75000	33,33	33,33	
4	82500	36,67	36,67	
5	73500	32,67	32,67	
6	71500	31,78	31,78	
7	81000	26,67	26,67	
8	73500	32,67	32,67	

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi *filler* dengan limbah pecahan beton sebesar 20% didapat kuat tekan rata-rata pada umur beton 14 hari sebesar 32,07 MPa dan 33,08 MPa pada umur beton 28 hari.

4.4.3. Kuat Tekan Beton dengan Limbah Pecahan Beton 25% (saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi *filler* serbuk kaca sebesar 25% dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 8 buah. Hasil kuat tekan beton dengan limbah pecahan beton 14 hari dan estimasi 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.11.

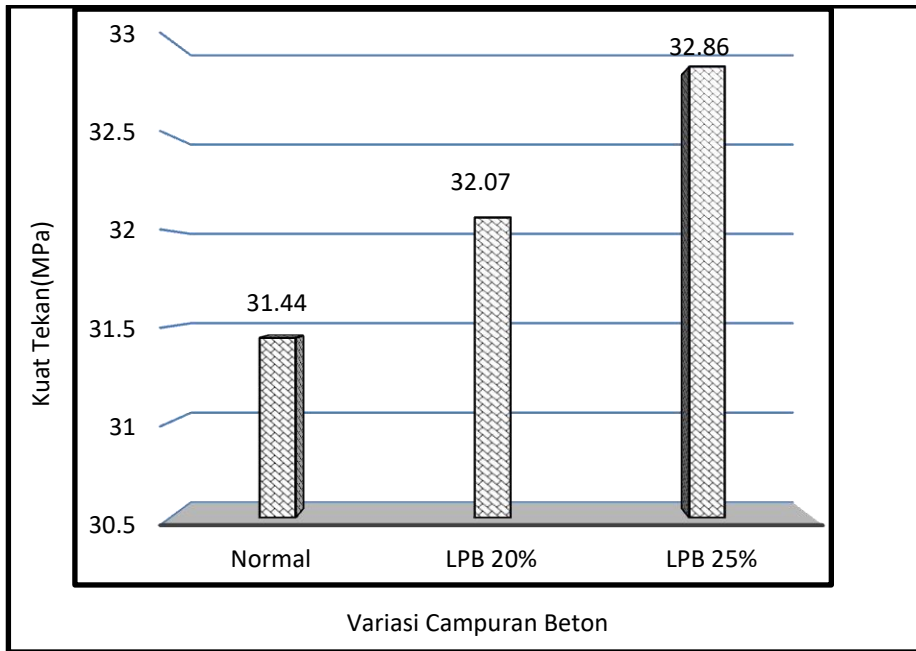
Tabel 4.11: Hasil pengujian kuat tekan beton dengan limbah pecahan beton 25%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 225cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c / 0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	66000	29,33	33,33	32,86
2	57000	25,33	28,79	
3	64500	28,67	32,58	
4	70500	31,33	35,61	
5	63000	28,00	31,82	
6	70500	31,33	35,61	
7	64500	28,67	32,57	
8	72000	32,00	32,57	

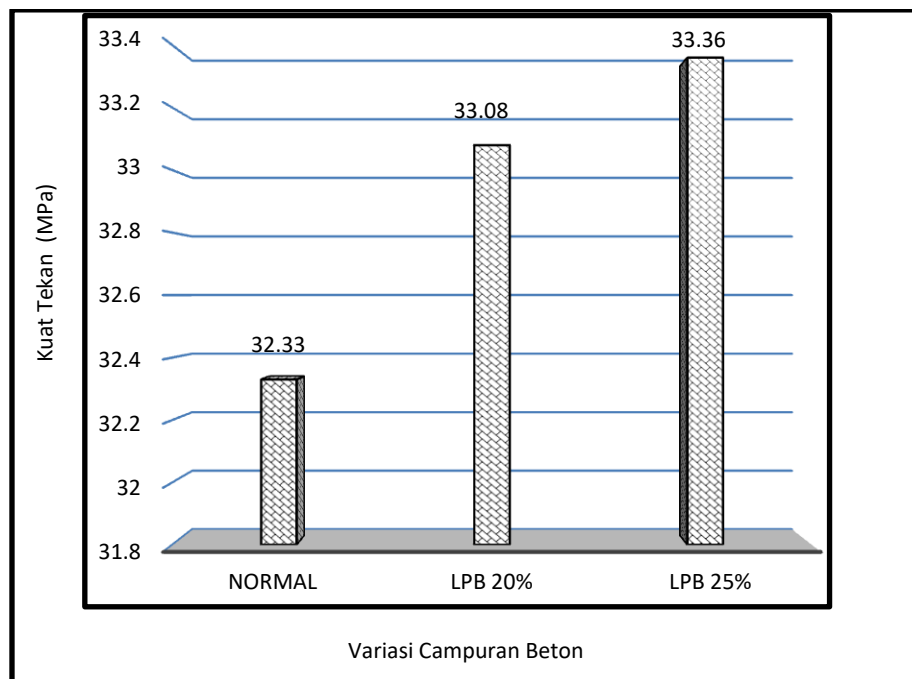
Tabel 4.11: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 225cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Kuat tekan 28 hari $f'_c / 1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	72000	32,00	32,00	33,36
2	81000	36,00	36,00	
3	71500	31,78	31,78	
4	73000	32,44	32,44	
5	82500	36,67	36,67	
6	77000	34,22	34,22	
7	71500	31,78	31,78	
8	72000	32,00	32,00	

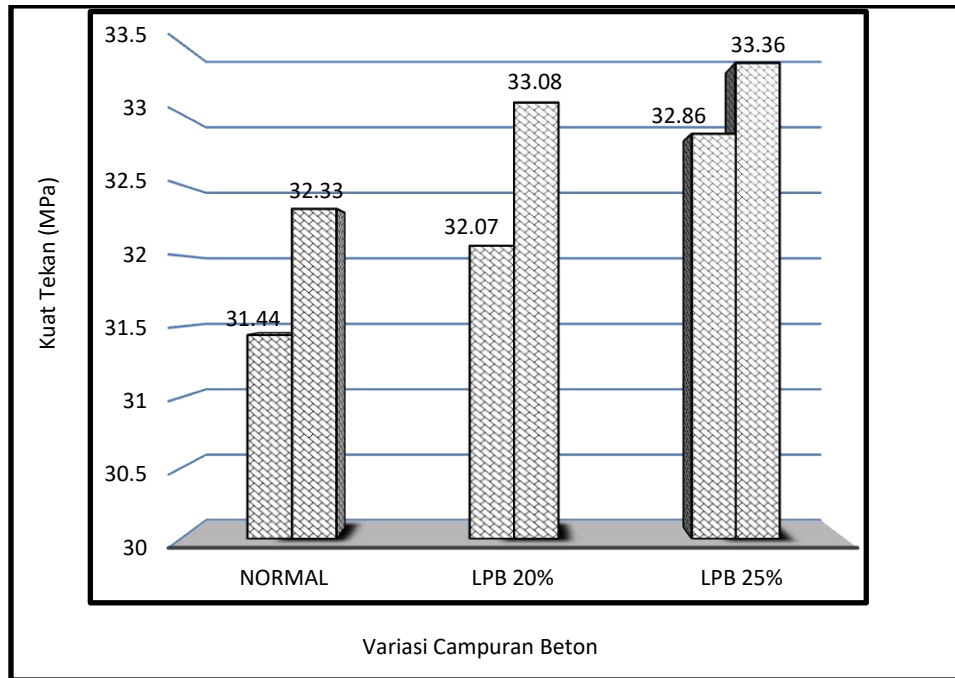
Berdasarkan Tabel 4.11 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi *filler* limbah pecahan beton sebesar 25% didapat kuat tekan rata-rata pada umur beton 14 hari sebesar 32,86 MPa dan 33,36 MPa pada umur beton 28 hari.



Gambar 4.5: Grafik kuat tekan beton pada umur 14 hari.



Gambar 4.6: Grafik kuat tekan beton pada umur 28 hari.



Gambar 4.7: Grafik kuat tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari.

Dari hasil Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada penambahan limbah pecahan beton 20%, dan 25% terjadi kenaikan pada umur 14 hari dan 28 hari.

4.5. Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan limbah pecahn beton, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan limbah pecahan beton sebanyak 20%, dan 25% mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Pengisian limbah pecahan beton 20% .

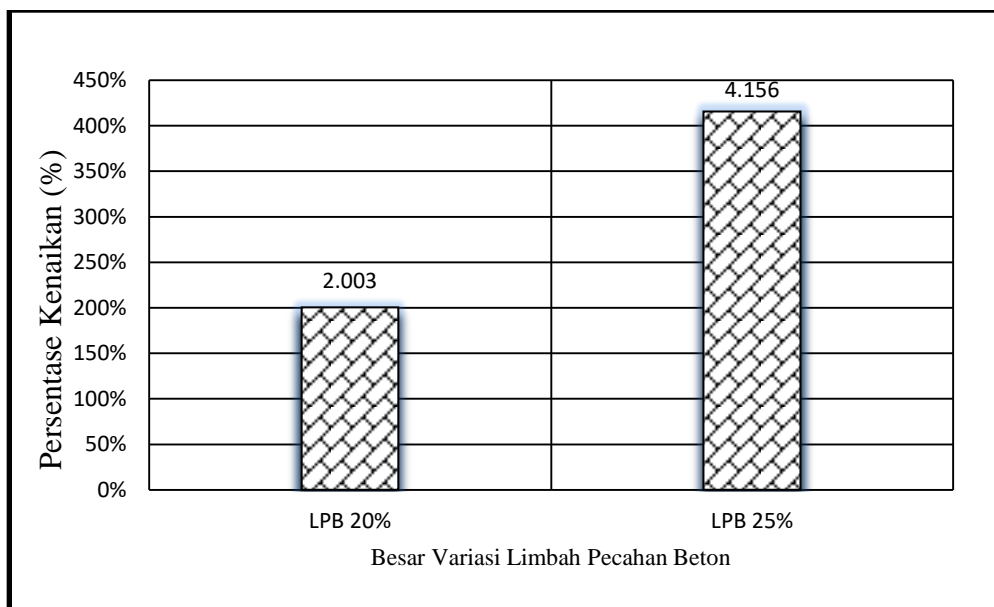
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} &= \frac{32,07 - 31,44}{31,44} \times 100\% \\ &= 2,003\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{33,08 - 32,33}{32,33} \times 100\% \\ &= 2,319\% \end{aligned}$$

- Pengisian limbah pecahan beton 25%.

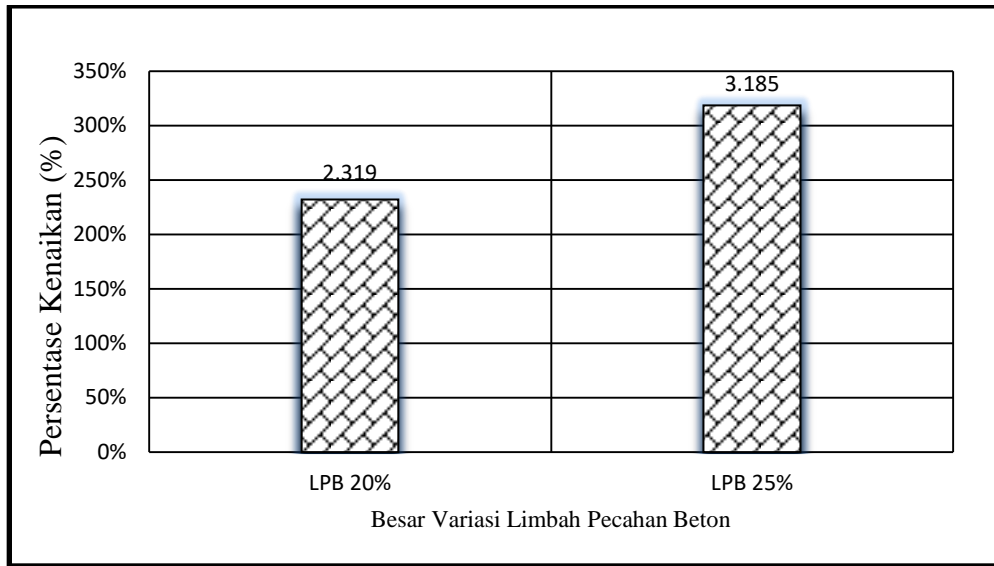
$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} &= \frac{32,86 - 31,44}{31,44} \times 100\% \\ &= 4,516\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{33,36 - 32,33}{32,33} \times 100\% \\ &= 3,185\%\end{aligned}$$



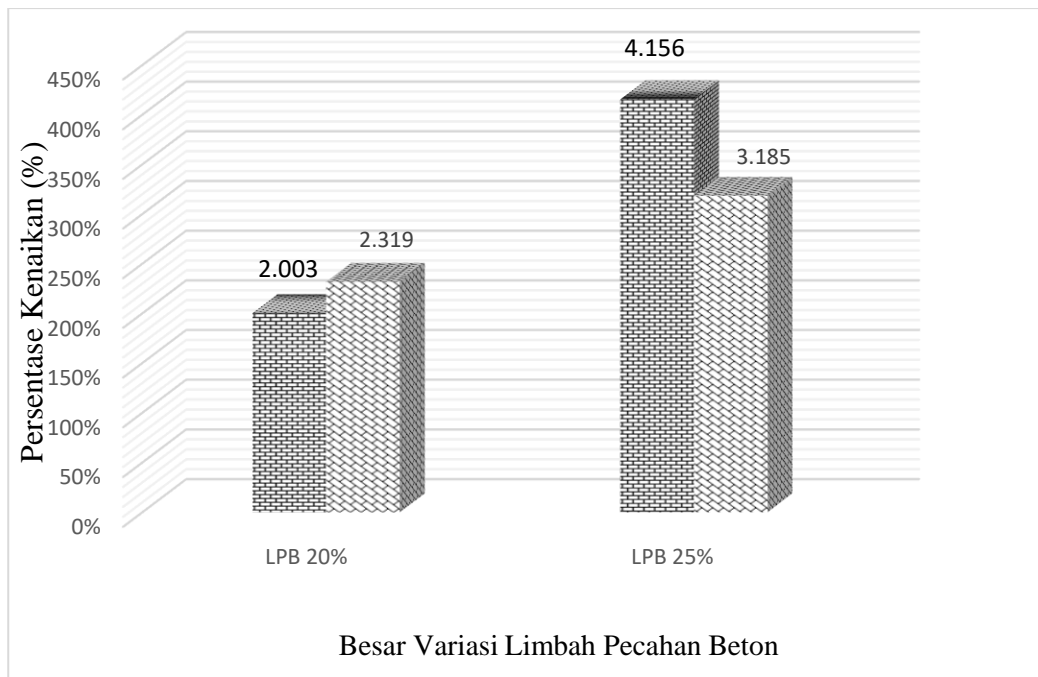
Gambar 4.8: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari.

Dari hasil Gambar 4.8 dan dapat dilihat bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada penambahan limbah pecahan beton 20%, dan 25% terjadi kenaikan pada umur 14 hari sebesar 2,003% untuk limbah pecahan beton 20% dan 4,156% untuk limbah pecahan beton 25%.



Gambar 4.9: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari.

Dari hasil Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada penambahan limbah pecahan beton 20%, dan 25% terjadi kenaikan pada umur 28 hari sebesar 2,319% untuk limbah pecahan beton 20% dan 3,185% untuk limbah pecahan beton 25%.



Gambar 4.10: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari dan 28 hari.

Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan kuat tekan beton, dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 serta perbandingan mengenai besar persentase kenaikan yang ditunjukkan pada Gambar 4.10. Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat menaikkan kuat tekan. Adapun faktor yang dapat yang mengakibatkan hal ini terjadi adalah karena persentase kimia silika yang ada pada limbah pecahan beton .

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil Pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Dengan penambahan limbah pecahan beton sebagai bahan pengisi (*filler*) pada agregat halus sebesar 20% dan 25% dapat meningkatkan kuat tekan beton pada umur 14 dan 28 hari. Hal ini dikarenakan bahan kimia yang terkandung didalam limbah pecahan beton dan semen memiliki persentase zat kimia yang tinggi dan itu yang dapat mengakibatkan kuat tekan beton semakin meningkat.
2. Berdasarkan data dari kuat tekan yang dihasilkan bahwa beton dengan *filler* limbah pecahan beton 20% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari estimasi 28 hari sebesar 32,07 MPa dan 33,08 MPa pada 28 hari. Kuat tekan yang dihasilkan dengan *filler* limbah pecahan beton 25% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari estimasi 28 hari sebesar 32,86 MPa dan 33,36 MPa untuk kuat tekan 28 hari.
3. Berdasarkan data dari kuat tekan beton yang di dapat, bahwa beton diberi pengisi (*filler*) dengan limbah pecahan beton mempunyai kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan beton normal tanpa bahan pengisi (*filler*). Pada beton normal didapat kuat tekan sebesar 31,44 MPa dengan umur 14 hari sedangkan beton dengan umur 28 hari memiliki kuat tekan beton sebesar 32,33 MPa.

Pada beton dengan *filler* limbah pecahan beton di dapat sebagai berikut:

- Pengisi (*filler*) limbah pecahan beton 20% didapati kenaikan sebesar 2,319%.
- Pengisi (*filler*) limbah pecahan beton 25% didapati kenaikan sebesar 3,185%.

5.2. Saran

1. Dari hasil penelitian campuran yang diperoleh, campuran dengan limbah pecahan beton sebesar 20% sebagai *filler* pada agregat halus tidak disarankan karena hasil penelitian menunjukkan persentase penurunan nilai kuat tekan beton, sedangkan campuran dengan limbah pecahan beton sebagai *filler* pada agregat halus dapat menaikkan nilai kuat tekan beton, maka disarankan penggunaannya pada campuran beton.
2. Penggunaan limbah pecahan beton dengan variasi sebesar 25% mengalami kenaikan dan dapat pula disaran untuk penggunaan limbah pecahan beton dengan variasi yang dinaikkan sebesar 30% atau lebih.
3. Perlu melakukan pegujian lebih lanjut untuk pengujian kuat tarik dan kuat lentur beton akibat pengaruh pada penggunaan limbah pecahan beton sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee (1993) *Guide for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. American Concrete Institute: Detroit Michigan.
- American Society for Testing and Materials C 128. *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 127. *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 136. *Standards test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 29. *Standards test for bulk density (unit weight) and voids in aggregate*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C150 (1985) *Standards Specification For Portland Cement*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C33 (1982, 1986) *Standards Specification For Aggregates*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C39 (1993) *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, Philadelphia: ASTM.
- Cahyadi, W (2012) *Studi Kuat Tekan Beton Normal Mutu Normal Yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) Dan Limbah Adukan Beton (CSW). Laporan Tugas Akhir. Universitas Indonesia.*

Dinas Pekerjaan Umum (1971) *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-1971)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Indonesia.

Dinas Pekerjaan Umum (1990) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SK SNI T-15-1990-03)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Indonesia.

Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Metode Pengujian Kadar Air Agregat (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.

Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.

Dinas Pekerjaan Umum (2002) *Tata cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. (SNI 03-2847-2002). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.

Dinas Pekerjaan Umum (1996) *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm)* (SNI 03-4142-1996). Pusjatan-Balitbang PU.

Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 1969:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU.

Dinas Pekerjaan Umum (2008). *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat halus (SNI 1969:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU.

Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Slump Beton (SNI 1972:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.

Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (SNI 2147:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU.

Kusuma, G (1993) *Pedoman Pengerjaan Beton*, Jakarta: Erlangga.

Mulyati, A A. (2014) *Pengaruh penggunaan limbah beton sebagai agregat kasar dan agregat halus terhadap kuat beton normal*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Padang.

Nur, B (2016) *Penelitian Beton Mutu Tinggi Terhadap Limbah Kaca Sebagai Filler Untuk Pemeriksaan Kuat Tekan Beton*. Laporan Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Nawy, E (1998) *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Bandung: Rafika Aditama

Tjokrodinuljo, K (1996) *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Nafiri.

Tjokrodinuljo, K (2007) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro.

LAMPIRAN

LAMPIRAN:

Tabel L1: Satu set saringan agregat kasar.

Nomor Saringan	Ukuran Lubang		Keterangan
	mm	Inchi	
-	76,20	3	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 2 (diameter agregat antara ukuran 100 mm – 19 mm) Berat minimum contoh: 35 kg
-	63,50	2,5	
-	50,80	2	
-	37,50	1,5	
-	25,00	1	
-	50,80	2	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 467 (diameter agregat antara ukuran 50 mm – 4,76 mm) Berat minimum contoh: 20 kg
-	37,50	1,5	
-	25,00	1	
-	19,10	$\frac{3}{4}$	
-	12,50	$\frac{1}{2}$	
-	9,50	$\frac{3}{8}$	
-	4,76	-	
-	25,00	1	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 67 (diameter agregat antara ukuran 25 mm – 2,38 mm) Berat minimum contoh: 10 kg
-	19,10	$\frac{3}{4}$	
-	12,50	$\frac{1}{2}$	
-	9,50	$\frac{3}{8}$	
No. 4	4,76	-	
No. 8	2,38	-	
-	12,50	$\frac{1}{2}$	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 8 (diameter agregat antara ukuran 100 mm – 19 mm) Berat minimum contoh: 2,5 kg
-	9,50	$\frac{3}{8}$	
No.4	4,76	-	
No.8	2,38	-	
No.16	1,19	-	

Tabel L2: Satu set saringan agregat halus.

Nomor saringan	Ukuran		Keterangan
	mm	Inchi	
-	9,50	3/8	Satu set saringan untuk agregat halus (pasir) Berat minimum:500 gram
No.4	4,76	-	
No.8	2,38	-	
No.16	1,19	-	
No.30	0,59	-	
No.50	0,297	-	
No.100	0,149	-	
No.200	0,075	-	

Tabel L3: Perbandingan kekuatan beton berbagai umur (hari).

Umur Beton	Faktor	Umur Beton	Faktor
3	0,400	23	0,964
4	0,463	24	0,971
5	0,525	25	0,979
6	0,588	26	0,986
7	0,650	27	0,993
8	0,683	28	1,000
9	0,718	35	1,023
10	0,749	36	1,026
11	0,781	45	1,055
12	0,814	46	1,058
13	0,847	50	1,071
14	0,880	51	1,074
15	0,890	55	1,087
16	0,900	56	1,090
17	0,910	65	1,119
18	0,920	66	1,123
19	0,930	90	1,200
20	0,940	350	1,342
21	0,950	360	1,347
22	0,957	365	1,350

Tabel L4: Perbandingan kekuatan beton pada beberapa beberapa benda uji.

Benda Uji	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder Ø 15 x 30 cm	0,83

DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN BERLANGSUNG DI
LABORATORIUM BETON PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA



Gambar L1: Material agregat kasar yang akan digunakan.



Gambar L2: Material agregat halus yang akan digunakan.



Gambar L3: Semen Padang Tipe 1 PPC.



Gambar L4: Limbah pecahan beton..



Gambar L5: Limbah pecahan beton yang tertahan disaringan No.100.



Gambar L6: Hasil pengujian *slump test*.



Gambar L7: Beton sebelum diuji kuat tekan.



Gambar L8: Beton setelah diuji kuat tekan



Gambar L9: Uji kuat tekan beton normal 28 hari: 75 T.



Gambar L10: Uji kuat tekan beton dengan campuran limbah pecahan beton 20%
28 hari: 81 T



Gambar L11: Uji kuat tekan beton dengan campuran limbah pecahan beton 25%
28 hari: 82,5 T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Tiara Prillolla
Panggilan : Tiara
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 16 April 1995
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Jalan Nibung III No.1 Kel. Jati Makmur Kec. Binjai Utara
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Suhartoyo
Ibu : Dra, Azlina
No. HP : 082273352457
E-mail : tiaraprillolla407@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok : 1307210295
Mahasiswa
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD PAB UTAMA BINJAI	2007
2	SMP	NEGERI 11 BINJAI	2010
3	SMA	SMK NEGERI 2 BINJAI	2013
4	Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai selesai.		