

TUGAS AKHIR

**EVALUASI UMUR RENCANA TERHADAP KUAT
TEKAN BETON DENGAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI
FILLER
(*Studi Penelitian*)**

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

Disusun Oleh:

JUBAIDAH PASARIBU
1307210226



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Jubaidah Pasaribu

NPM : 1307210226

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Umur Rencana Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Abu Sekam Padi Sebagai *Filler* (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

Dosen Pembimbing II / Peguji

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Peguji

Ir. Ellyza Chairina, M,Si

Tondi Amirsyah Putera, ST, MT

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Jubaidah Pasaribu

Tempat /Tanggal Lahir: Sibuhuan Julu Kel. Pasar Sibuhuan / 18 Agustus 1994

NPM : 1307210226

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

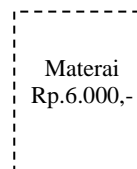
“Evaluasi Umur Rencana Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Abu Sekam Padi Sebagai *Filler*”,

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,

Jubaidah Pasaribu

ABSTRAK

EVALUASI UMUR RENCANA TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI *FILLER* (*STUDI PENELITIAN*)

Jubaidah Pasaribu

1307210226

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Beton adalah suatu campuran dengan komposisi bahan-bahan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu, dimana air dan semen membentuk pasta yang semakin lama akan mengeras dan semakin kuat. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh evaluasi umur rencana dengan abu sekam padi sebagai filler. Penelitian ini menggunakan metode ASTM dan SK SNI 03-2834-1993. Setelah penelitian dilakukan didapat nilai kuat tekan rata-rata beton normal dengan umur 7 hari sebesar 34,22 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton normal dengan umur 14 hari sebesar 35,16 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton normal dengan umur 21 hari sebesar 36,87 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton normal dengan umur 28 hari sebesar 37,93 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton campuran abu sekam padi 5% dengan umur 7 hari sebesar 35,40 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton campuran abu sekam padi 5% dengan umur 14 hari sebesar 36,71 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton campuran abu sekam padi 5% dengan umur 21 hari sebesar 37,50 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton campuran abu sekam padi 5% dengan umur 28 hari sebesar 38,69 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton campuran abu sekam padi 10% dengan umur 7 hari sebesar 36,97 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton campuran abu sekam padi 10% dengan umur 14 hari sebesar 37,19 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton campuran abu sekam padi 10% dengan umur 21 hari sebesar 37,95 MPa, nilai kuat tekan rata-rata beton campuran abu sekam padi 10% dengan umur 28 hari sebesar 39,89 MPa. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai filler yang diambil dari proses pengolahan padi dan dibakar sebagai bahan pengganti dengan variasi tertentu dapat menaikkan nilai kuat tekan beton rata-rata.

Kata kunci: Beton, Abu sekam padi, Kuat tekan beton.

ABSTRACT

EVALUATION OF AGE PLAN TOWARDS STRONG PRESS WITH RICE HUSBAND RICE AS FILLER (RESEARCH STUDY)

Jubaidah Pasaribu

1307210226

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Concrete is a mixture with a composition of materials consisting of fine aggregates, coarse aggregates and cement incorporated by water in a particular ratio, in which water and cement form an increasingly long paste of the harder and stronger. This research is intended to know the effect of evaluation of plan age with rice husk ash as filler. This research use ASTM method and SK SNI 03-2834-1993. After the experiment, the average compressive strength value of normal concrete with age of 7 days was 34,22 MPa, normal compressive strength value of normal concrete with age of 14 days was 35,16 MPa, normal compressive strength value of normal concrete with age 21 days of 36.87 MPa, the average compressive strength value of normal concrete with a 28 day lifespan of 37.93 MPa, the average compressive strength value of 5% gray ash mix concrete with 7 days age of 35.40 MPa, average compressive strength of 5% a day mixture of rice husk ash concrete by 36.71 MPa, average compressive strength value of 5% mixed ash mixture with age of 21 days is 37,50 MPa, average concrete mixture of rice husk ash 5% with age 28 days 38,69 MPa, average compressive strength value of concrete mixture of rice husk ash 10% with age 7 day equal to 36,97 MPa, average compressive strength value of concrete mix of ash rice husk 10% with age 14 day equal to 37,19 MPa, average compressive strength value of concrete mix of husk ash paddy 10% with age 21 day equal to 37,95 MPa, average compressive strength value of concrete mixture of rice husk ash 10% with age 28 day equal to 39,89 MPa. Based on the results of the research, it can be concluded that the use of rice husk ash as filler taken from the processing of rice and burned as a substitute with certain variations can increase the value of the compressive strength of the average concrete.

Keywords: Concrete, Rice Husk Ash, Strong concrete press.

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 “Evaluasi Umur Rencana Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Abu Sekam Padi Sebagai *Filler*” 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. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, MSc, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Prodi Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Ir. Ellyza Chairina, MSi, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Pelaksana Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Tondi Amirsyah Putera, ST, MT, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Rahmatullah ST, MSc 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 ketekniksipilan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Drs. Rusman Pasaribu dan Dra. Hermida Nasution, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis, kakak tercinta Risky Holija Saputri, Skh dan adek-adek tercinta Djamaludin R Pasaribu, dan Asrul Yusuf Pasaribu.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Pungky Gustari, Wahyuni, Sri Ulina Sidauruk, Tiara Prillolla, Firmansyah Lubis, Rahmat Hiadayat, Ade Hasmudi, Novi Yanti Sihotang, S.Sos, Ari Supanti, S.Pd, Desi Novita Sari, S.E, Mutia Ramadhani Manurung, Dian Ferdina Nasution, S.Sos, Afifah, S.H, Yunda Nila Sari, S.E, Anggi Tri Anita nasution, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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

Jubaidah Pasaribu

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 NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian Beton	4
2.2. Material Pembentuk Campuran Beton	5
2.2.1. Semen	5
2.2.2. Agregat	7
2.2.3. Air	13
2.2.4. Abu Sekam Padi	14
2.3. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-1993	15
2.4. <i>Slump Test</i>	23
2.5. Perawatan Beton	23
2.6. Pengujian Kuat Tekan	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1. Umum	26

3.1.1. Metodologi Penelitian	26
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.3. Bahan dan Peralatan	28
3.3.1. Bahan	28
3.3.2. Peralatan	28
3.4. Persiapan Penelitian	29
3.5. Pemeriksaan Agregat	29
3.6. Pemeriksaan Agregat Halus	29
3.6.1. Kadar Air agregat Halus	29
3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus	30
3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	31
3.6.4. Berat Isi Agregat Halus	32
3.6.5. Analisa Saringan Agregat halus	32
3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar	35
3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar	35
3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar	36
3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	37
3.7.4. Berat Isi agregat Kasar	37
3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar	38
3.7.6. Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	40
3.8. Perencanaan Campuran Beton	42
3.9. Pelaksanaan Penelitian	42
3.9.1. <i>Trial Mix</i>	42
3.9.2. Pembuatan Benda Uji	42
3.9.3. Pengujian <i>Slump</i>	42
3.9.4. Perawatan Beton	42
3.9.5. Pengujian Kuat Tekan	43
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	44
4.1.1. Data-Data Campuran Beton	44
4.1.2. Metode Pengerjaan <i>Mix design</i>	52
4.2. Pembuatan Benda Uji	57

4.3. <i>Slump Test</i>	58
4.4. Kuat Tekan Beton	59
4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal	60
4.4.2. Kuat Tekan Beton Campuran <i>Abu Sekam Padi</i> 5%	61
4.4.3. Kuat Tekan Beton Campuran <i>Abu Sekam Padi</i> 10%	63
4.5. Pembahasan	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persyaratan Mutu dari Sifat-sifat Kimia Semen	6
Tabel 2.2	Batas Gradasi Agregat Halus	8
Tabel 2.3	Batas Gradasi Agregat Kasar	12
Tabel 2.4	Kandungan Zat Kimia Dalam Air yang Diizinkan	13
Tabel 2.5	Kandungan Kimia Dalam Abu Sekam Padi	14
Tabel 2.6	Faktor Pengali untuk Deviasi Standar	16
Tabel 2.7	Tingkat Mutu Pejerjaan Pembetonan	16
Tabel 2.8	Perkiraan Kadar Air Bebas	18
Tabel 2.9	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Maksimum	18
Tabel 2.10	Toleransi Waktu Pengujian Kuat Tekan	25
Tabel 2.11	Perbandingan Kekuatan Beton pada Berbagai Umur	25
Tabel 3.1	Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	29
Tabel 3.2	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	30
Tabel 3.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	31
Tabel 3.4	Data Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus	32
Tabel 3.5	Data Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	32
Tabel 3.6	Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	35
Tabel 3.7	Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	36
Tabel 3.8	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	37
Tabel 3.9	Data-Data Dari Hasil Penyelidikan Berat Isi Agregat Kasar	38
Tabel 3.10	Data Dari Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Kasar	38
Tabel 3.11	Hasil Pengujian Kekerasan Agregat	41
Tabel 4.1	Perencanaan Campuran Beton	45
Tabel 4.2	Banyak Agregat Kasar yang Dibutuhkan	47
Tabel 4.3	Banyak Agregat Halus yang Dibutuhkan	47
Tabel 4.4	Banyak Abu Sekam Padi dan Agregat Halus	49
Tabel 4.5	Banyak Agregat Kasar yang Dibutuhkan Tiap Saringan	51
Tabel 4.6	Banyak Agregat Halus yang Dibutuhkan Tiap Saringan	51
Tabel 4.7	Jumlah Kadar Air Bebas yang Ditentukan	53
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i>	59

Tabel 4.9	Hasil pengujian kuat tekan beton normal	60
Tabel 4.10	Hasil pengujian kuat tekan beton campuran <i>Abu Sekam Padi</i> 5%	62
Tabel 4.11	Hasil pengujian kuat tekan beton campuran <i>Abu Sekam Padi</i> 10%	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gradasi Pasir Kasar	9
Gambar 2.2	Gradasi Pasir Sedang	10
Gambar 2.3	Gradasi Pasir Agak Halus	10
Gambar 2.4	Gradasi Pasir Halus	11
Gambar 2.5	Gradasi Agregat Kasar	12
Gambar 2.6	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton	17
Gambar 2.7	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm	19
Gambar 2.8	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	20
Gambar 2.9	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	20
Gambar 2.10	Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton	21
Gambar 3.1	Tahapan penelitian yang dilaksanakan	27
Gambar 3.2	Gradasi Agregat Halus (zona 2 pasir sedang)	34
Gambar 3.3	Gradasi Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm	40
Gambar 4.1	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton	53
Gambar 4.2	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	55
Gambar 4.3	Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Beton	56
Gambar 4.4	Beban Tekan Pada Benda Uji Silinder	60
Gambar 4.5	Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari	64
Gambar 4.6	Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 Hari	64
Gambar 4.7	Kuat Tekan Beton Pada Umur 21 Hari	65
Gambar 4.8	Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari	65
Gambar 4.9	Kuat Tekan Beton dengan Variasi Campuran Pada Umur 7, 14, 21 dan 28	66

Gambar 4.10	Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 7 Hari	67
Gambar 4.11	Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 14 Hari	68
Gambar 4.12	Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 21 Hari	68
Gambar 4.13	Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 28 Hari	69
Gambar 4.14	Perbandingan Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 7, 14, 21 dan 28 Hari	69

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 _{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)

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Nawy (1985) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

Kuat tekan beton berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 sebagai beban maksimum per unit luas yang diderita sampel beton sebelum mengalami keruntuhan tekan. Kuat tekan yang disyaratkan yaitu f_c' adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur dipakai dalam perencanaan struktur beton dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa).

Padi merupakan produk utama pertanian di negara-negara agraris, termasuk Indonesia. Indonesia merupakan salah satu Negara dengan tingkat konsumsi beras terbesar di dunia. Produksi padi di Indonesia bertambah setiap tahunnya (Puslitbang, 2012). Penggilingan padi menghasilkan 72% beras, 5,8% dedak, dan 20% sekam padi (Prasad dkk., 2001).

Sekam padi adalah limbah pertanian yang merupakan hasil penggilingan padi dan hampir terdapat di seluruh wilayah di Indonesia. Sekam dapat dijumpai pada hampir semua anggota rumput-rumputan, meskipun pada beberapa jenis budidaya ditemukan pula variasi bulir tanpa sekam, Limbah sekam padi banyak sekali terdapat di daerah pedesaan, dengan potensi yang melimpah. Sekam padi merupakan bahan berligno-selulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Kandungan kimia sekam padi terdiri atas 50% selulosa, 25 – 30% lignin, dan 15 – 20% silica (Ismail dan Waliuddin, 1996).

Berdasarkan penjelasan diatas, dilakukanlah penelitian dengan membandingkan evaluasi umur rencana kuat tekan beton normal dengan beton campuran abu sekam padi sebagai bahan filler pada campuran beton. Dimana penelitian ini dilakukan agar abu sekam padi tidak dibuang begitu saja, karena dapat digunakan untuk suatu pencampuran dalam teknologi beton dengan memanfaatkan limbah yang tidak memiliki nilai jual, sehingga nantinya campuran beton tersebut memiliki nilai yang lebih ekonomis.

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian diatas dapat ditarik beberapa hal yang menjadi permasalahan yaitu:

1. Apakah pemakaian abu sekam padi untuk kuat tekan beton pada masing-masing umur rencana 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari dapat memberi pengaruh yang maksimal untuk uji kuat tekan beton?
2. Apakah variasi persentase abu sekam padi 5%, 10% dapat mempengaruhi kuat tekan beton dengan waktu perawatan 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari?

1.3. Batasan Masalah

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

1. Sebelum dilakukan pencampuran pada pencetakan beton, dilakukan *treatment* penjemuran sekam padi kemudian pembakaran pada limbah sekam padi yang bertujuan untuk menghilangkan sifat organik dari bahan tambah tersebut, serta disaring menggunakan saringan lolos no. 50.
2. Abu sekam padi sebagai bahan tambah di peroleh dari Namu Ukur, Kabupaten Langkat.
3. Metode untuk perencanaan campuran adukan beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-1993).
4. Kuat tekan rencana beton yang dipakai pada penelitian ini sebesar 30 MPa.
5. Penelitian ini menggunakan cetakan silinder ukuran 15 cm x 30 cm dengan sebanyak 4 buah sampel untuk masing-masing variasi.
6. Pengujian kuat tekan beton setelah perendaman 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui hasil pengujian pada beton normal dan beton campuran abu sekam padi pada masing-masing variasi pada umur rencana 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

2. Untuk membandingkan beton normal dan beton yang di beri bahan pengganti abu sekam padi sebagai agregat halus dengan berbagai variasi persentase pada umur 7 hari, 14 hari 21 hari dan 28 hari, apakah terjadi kenaikan atau penurunan kuat tekan.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai sumbangan informasi dan pengetahuan bagi semua pihak terutama yang berhubungan dengan penelitian beton dengan evaluasi umur rencana yang menggunakan abu sekam padi sebagai filler.
2. Memberi tambahan referensi dalam bidang ilmu pengetahuan untuk Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.6. Sitematika Penulisan

Sistematika pembahasan masing-masing bab adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan dan membahas mengenai beton, mix design, slump, perawatan beton, kuat tekan beton dan metode analisa data.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memberikan gambaran mengenai metode pelaksanaan secara keseluruhan meliputi bagan alir, waktu dan tempat penelitian, bahan dan alat yang digunakan serta prosedur penelitian.

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang analisis penelitian dan hasil penelitian data yang diperoleh dari penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan kesimpulan akhir dari penelitian serta saran yang membangun untuk penelitian lebih lanjut.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton adalah suatu campuran dengan komposisi bahan-bahan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu, dimana air dan semen membentuk pasta yang semakin lama akan mengeras dan semakin kuat. Struktur beton sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas bahan-bahan pencampur beton, yang dibatasi oleh kemampuan kuat tekan beton (*in a state of compression*) seperti yang tercantum dalam perencanaannya (Mulyono, 2005).

Menurut SNI 03-2834 (1993), Beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Beton adalah material komposit. Sebagai material komposit, sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur penyusunnya. Beton terdiri dari campuran yang dipilih dari bahan yang mengikat seperti kapur atau semen, agregat halus dan kasar, air dan adonan (untuk memproduksi beton dengan sifat khusus). Dalam pencampuran beton, air dan semen membentuk perekat atau matriks yang mana sebagai tambahan mengisi kekosongan agregat halus, melapisi permukaan agregat halus dan kasar, serta mengikat mereka bersama-sama. Matriks biasanya 22 - 34% dari total volume (Duggal, 2008).

Karakteristik beton umum yang ada di pasaran memiliki massa jenis rata-rata 2000 - 2500 kg/m³, tekanannya sekitar 3 - 50 MPa (Lakum, 2008). Selain itu, Komposisi bahan pembentuk beton berdasarkan jumlah persentase yang biasanya terdapat pada suatu campuran beton.

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75% (Mulyono, 2005). Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. Kekuatan beton akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya umur. Berdasarkan standar, karakteristik kuat tekan beton ditentukan ketika beton

telah berumur 28 hari, karena kekuatan beton akan naik secara cepat atau linier sampai umur 28 hari. Sifat beton diantaranya mudah diaduk, disalurkan, dicor, dipadatkan dan diselesaikan, tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan adukan dan mutu beton yang disyaratkan oleh konstruksi tetap dipenuhi. Secara umum kelebihan dan kekurangan beton yaitu:

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b. Mampu memikul beban yang berat.
- c. Tahan terhadap temperatur tinggi.
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil.
- e. Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah.
- f. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

Menurut Mehta (1986) bahwa beton dapat dibedakan berdasarkan berat isi beton dan kuat tekan beton. Terhadap isi beton dapat diklasifikasikan pada tiga kategori umum yaitu:

1. Beton Ringan (*Light Weight Concrete/LWC*)

Beton ringan mempunyai berat 1800 kg/m^3 . Pada beton ini terdapat banyak sekali agregat yang diterapkan misalnya agregat sintesis (agregat alam) yang diproses atau dibentuk sehingga berubah karakteristik mekanisnya.

2. Beton Normal (*Normal Weight Concrete*)

Beton yang mempunyai berat 2400 kg/m^3 dan mengandung pasir, kerikil alam dan batu pecah sebagai agregat.

3. Beton Berat (*Heavy Weight Concrete*)

Beton ini selalu digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi yang beratnya lebih besar 3200 kg/m^3 .

2.2. Material Pembentuk Campuran Beton

2.2.1 Semen

Menurut ASTM C150 (1985), semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen *portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi Standar

Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986 atau SII. 0013-81 yang diadopsi dari ASTM C 150 (1985). Berikut adalah tabel yang menjelaskan persyaratan mutu dari sifat-sifat berbagai tipe semen berdasarkan ASTM C 150 (1985). Pada Tabel 2.1 ini, disebutkan persentase batas-batas maksimum zat yang terkandung pada tipe semen. Tipe semen sendiri ada 5 macam, mulai dari tipe I, II, III, IV, dan V. Keseluruhan tipe ini memiliki perbedaan antara satu dengan yang lain, baik itu secara fungsional, tempat pemakaian, maupun ketahanan dan kelemahan terhadap zat tertentu.

Tabel 2.1: Persyaratan mutu dari sifat-sifat kimia semen (ASTM C 150, 1985).

Uraian	Tipe Semen				
	I	II	III	IV	V
MgO, % maksimum	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
SO ₃ , % maksimum	-	-	-	-	-
C ₃ A ≤ 8,0 %	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
C ₃ A ≤ 8,0 %	3,5	-	4,5	-	-
Hilang Pijar, % maksimum	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5
Bagian tak larut, % maksimum	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Alkali sebagai Na ₂ O, % maksimum	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
C ₂ S, % maksimum	-	-	-	35	-
C ₃ S, % maksimum	-	-	-	40	-
C ₃ A, % maksimum	-	8	15	7	5
C ₃ AF + 2C ₃ A, atau	-	-	-	-	20
C ₄ AF + C ₂ F, maksimum					
C ₃ S + C ₃ A, % maksimum	-	58	-	-	-

Penjelasan mengenai tipe semen yang disebutkan pada tabel 2.1 adalah:

1. Semen Portland Tipe I adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
2. Semen Portland Tipe II adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen Portland Tipe III adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Portland Tipe IV adalah semen dengan panas hidrasi yang rendah. Jenis ini khusus digunakan untuk penggunaan panas hidrasi serendah-rendahnya.

5. Semen Portland Tipe V adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.2.2. Agregat

Agregat merupakan bahan penyusun beton yang dominan, yaitu berkisar antara 60% - 80%, maka sifat-sifat agregat ini mempunyai pengaruh cukup besar terhadap perilaku beton, akan tetapi berpengaruh juga pada ketahanan (*durability*). Mutu agregat harus benar-benar diperhatikan agar didapat mutu beton yang baik. Agregat harus mempunyai gradasi yang baik dan memenuhi syarat agar seluruh massa beton dapat berfungsi secara utuh, homogen dan padat, dimana agregat yang berukuran kecil dapat mengisi rongga-rongga yang ada diantara agregat yang berukuran besar.

Menurut sumbernya, agregat dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Agregat alami.

Terbentuk melalui proses alami yaitu proses erosi dan degradasi sehingga membentuk partikel-partikel bulat yang permukaannya licin, agregat alami ini dapat diperoleh dari alam.

- b. Agregat yang mengalami proses pengolahan terlebih dahulu

Agregat ini dapat ditemukan didaerah pegunungan dan perbukitan sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat dipergunakan sebagai agregat campuran beton.

- c. Agregat buatan (*Artificial Aggregates*)

Di Indonesia, bahan dasar agregat buatan ini adalah lempung. Berat jenis agregat buatan ini berkisar 0,8 - 1,0 t/m³ sehingga dikenal sebagai agregat ringan buatan.

Agar kekuatan yang diinginkan dapat tercapai, maka dalam pelaksanaan dilapangan, agregat tersebut harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan menurut ASTM C 33. Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu:

- a. Agregat Halus

Menurut ASTM agregat halus adalah agregat yang mempunyai ukuran butiran berkisar antara 0,075 mm sampai dengan 4,75 mm dan memenuhi

persyaratan. Penggunaan agregat halus dapat berupa pasir dari laut dengan syarat harus dibersihkan terlebih dahulu dari pengotoran garam (klorida) ataupun kulit kerang dan pasir yang diperoleh dari penggalian dengan syarat harus dibersihkan dari lempung atau tanah liat. Agregat halus dan pasir mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semen dalam beton.

Fungsi agregat dalam desain campuran beton adalah sebagai pengisi. Ditinjau dari berat jenis agregat halus yang digunakan maka beton yang dihasilkan dapat berbobot ringan, normal atau berat.

Maksud penggunaan agregat halus didalam adukan beton adalah:

1. Menghemat pemakaian semen.
2. Menambah kekuatan beton.
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.

Penilaian terhadap mutu agregat halus dapat ditinjau dari beberapa segi:

1. Ada atau tidaknya bahan campuran yang terkandung di dalam pasir, misalnya pasir yang berasal dari sungai biasanya banyak mengandung lumpur dan bahan organik maka sebelum digunakan sebaiknya terlebih dahulu dibersihkan agar didapat beton dengan mutu yang diinginkan.
2. Butiran pasir harus cukup keras, maksudnya butiran pasir ini tidak hancur atau pecah karena perubahan cuaca.
3. Melakukan analisa saringan untuk mendapatkan agregat halus dengan ukuran yang sesuai.

Persyaratan batas gradasi agregat halus juga dijelaskan pada SNI-03-2834-1993 seperti pada Tabel 2.2, Gambar 2.1, Gambar 2.2, Gambar 2.3, dan Gambar 2.4.

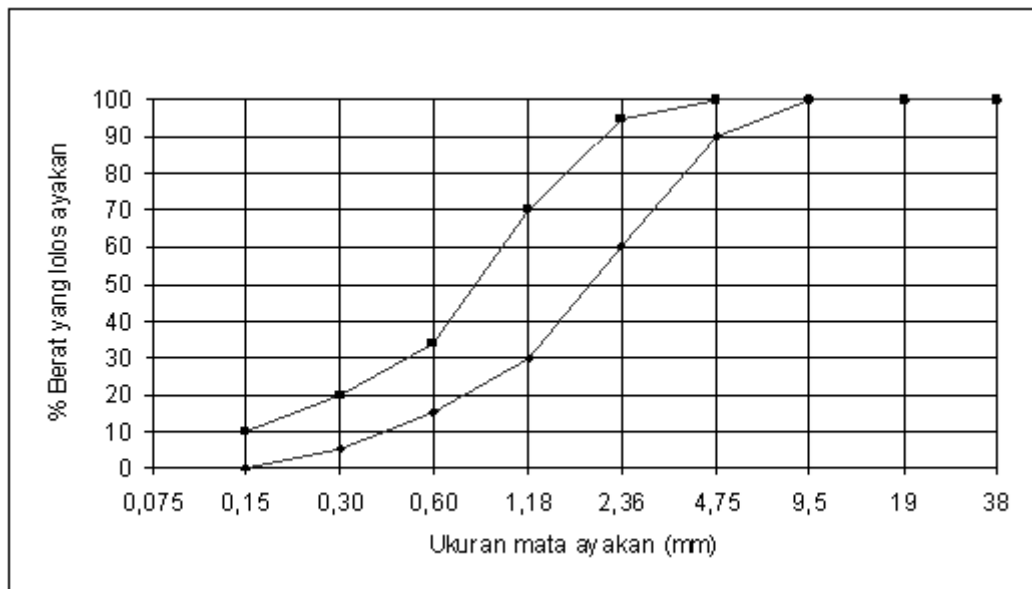
Tabel 2.2: Batas gradasi agregat halus (SNI-03-2834-1993).

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

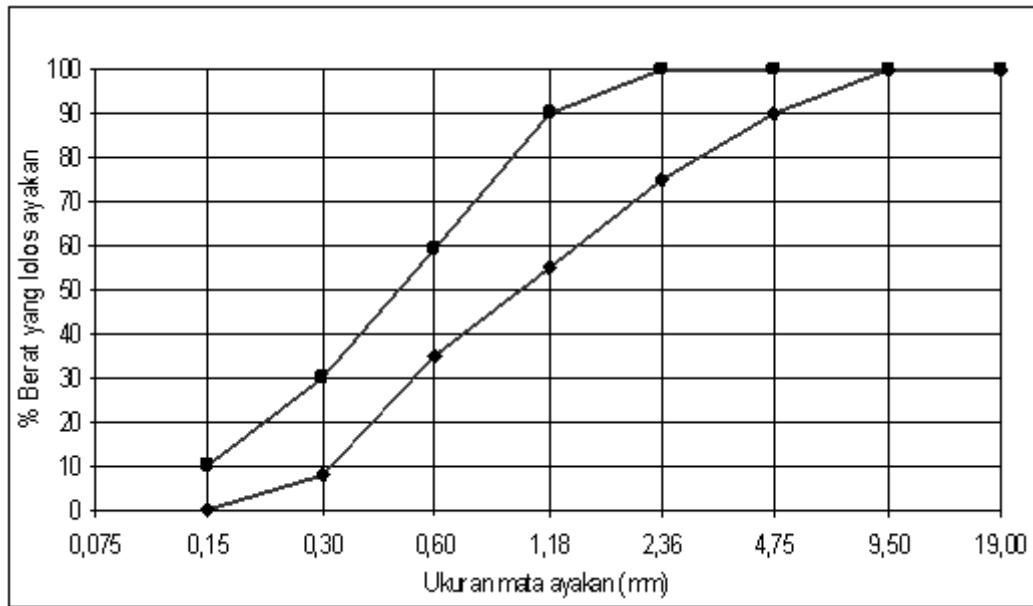
Tabel 2.2: Lanjutan.

Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
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

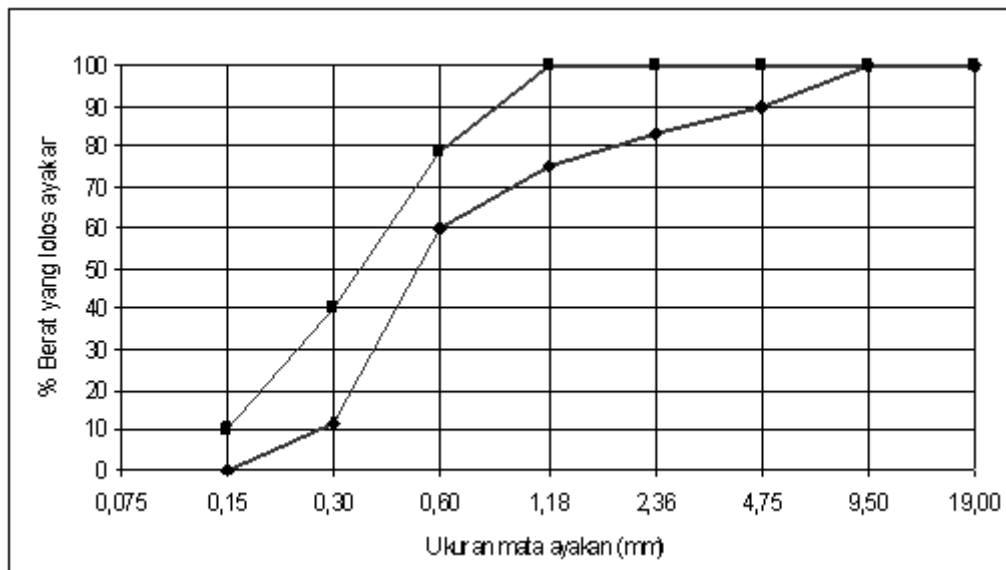
- Keterangan :
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Sedang
 - Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Halus



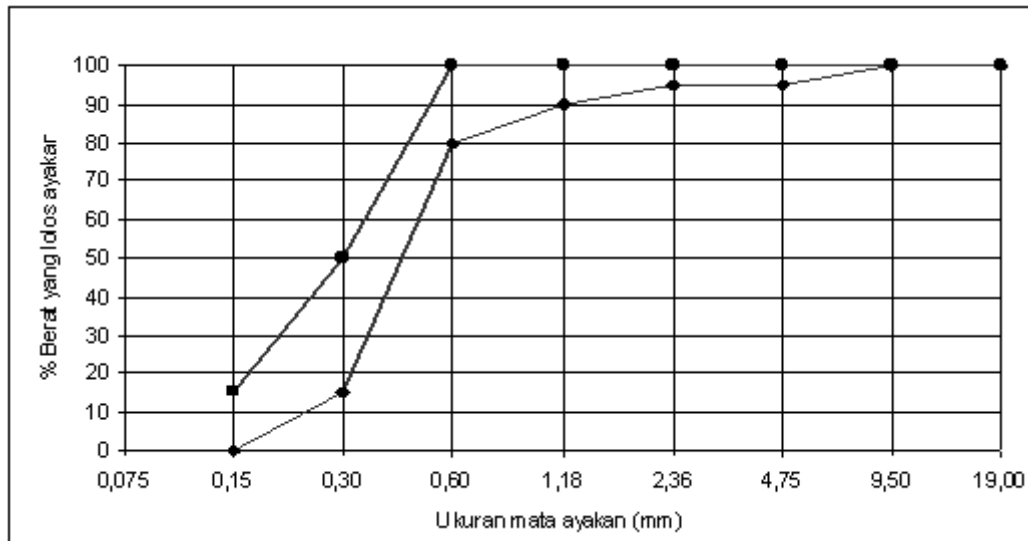
Gambar 2.1: Daerah gradasi pasir kasar (SNI 03-2834-1993).



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).

Pada penelitian ini sesuai dengan standar SNI, agar agregat halus diteliti terhadap:

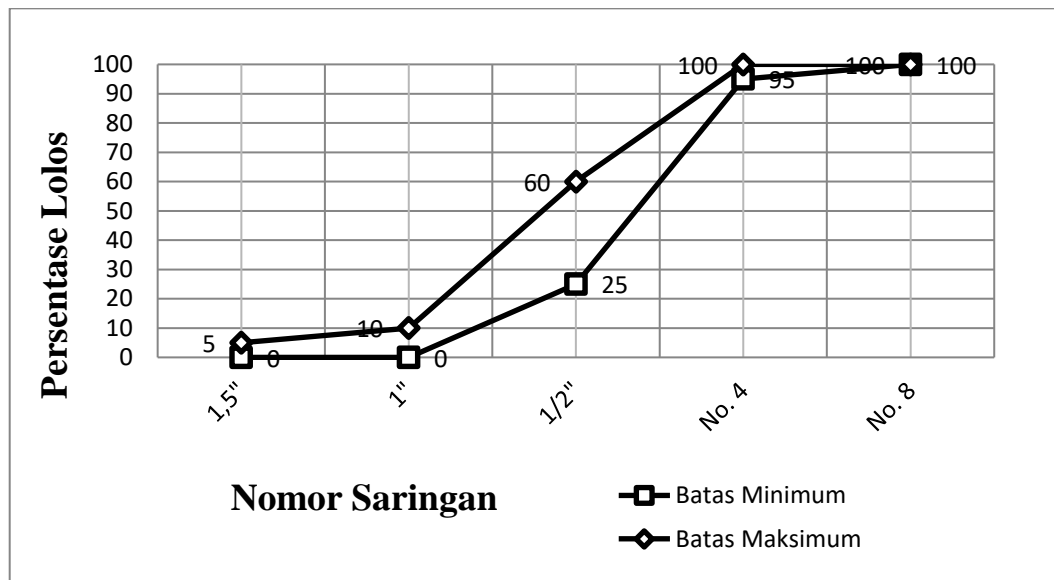
1. Modulus kehalusan
2. Berat jenis
3. Absorpsi
4. Kadar air
5. Kadar lumpur
6. Berat isi
 - a. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil gesintergrasi alami dari batuan atau batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu. Pada umumnya agregat kasar memiliki ukuran minimum lebih besar dari 4,75 mm.

Agregat kasar memiliki butir-butir kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.

Tabel 2.3: Batas gradasi agregat kasar (Panduan pelaksanaan praktikum beton).

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 C 33, 1986).

Pada penelitian ini sesuai dengan standar SNI, agregat kasar diteliti terhadap :

1. Modulus kehalusan
2. Berat jenis
3. Absorpsi air
4. Kadar air
5. Kadar lumpur
6. Berat isi
7. Keausan agregat

2.2.3. Air

Air yang dimaksud disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton. Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Dengan rasio tersebut dapat dihasilkan beton yang kepadatannya, 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.

Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara semen dan faktor air. Persyaratan Mutu Air menurut SNI 03-2847-2002, adalah sebagai berikut:

1. Air harus bersih, tidak berbau, tidak mempunyai rasa, dan dapat dikonsumsi sebagai air minum.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, benda-benda terapung yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung alkali atau garam-garam yang terlarut dan dapat merusak beton.
4. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gr/lit.
5. Kandungan klorida tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO_4 , dimana ppm adalah singkatan dari *part per million* yaitu kandungan zat kimia yang masih diperbolehkan.
6. Dianalisa secara kimia dan mutunya dievaluasi menurut pemakaian.
7. Bila dibandingkan kekuatan tekannya dengan yang mengandung air suling sebagai pencampuran maka persentase kekuatan tekan yang terjadi tidak boleh lebih dari 10%.

Tabel 2.4 yang menjelaskan tentang konsentrasi maksimum kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan:

Tabel 2.4: Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan (Mulyono, 2005).

Kandungan Unsur kimia	Konsentrasi (Maksimum)
Chloride	

Tabel 2.4: *Lanjutan.*

Kandungan Unsur kimia	Konsentrasi (Maksimum)
a. Beton prategang	500 ppm
b. Beton bertulang	1000 ppm
Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ k}_2\text{O}$)	600 ppm
Sulfat (SO_4)	1000 ppm
Total solid	50000 ppm

2.2.4. Abu Sekam Padi

Limbah adalah sesuatu yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik / rumah tangga yang sudah tidak bisa dipakai lagi. Dimana masyarakat bermukim, disanalah berbagai jenis limbah akan dihasilkan. Proses penghancuran limbah secara alami berlangsung lambat, sehingga limbah tidak saja mengganggu lingkungan sekitarnya tetapi juga mengganggu kesehatan manusia.

Sekam padi merupakan bahan berligno-selulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Kandungan kimia sekam padi terdiri atas 50% selulosa, 25 – 30% lignin, dan 15 – 20% silika (Ismail dan Waliuddin, 1996). Sekam padi saat ini telah dikembangkan sebagai bahan baku untuk menghasilkan abu yang dikenal di dunia sebagai RHA (*rice husk ash*). Abu sekam padi yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi pada suhu $400^0 - 500^0\text{C}$ akan menjadi silika amorphous dan pada suhu lebih besar dari 1.000^0C akan menjadi silika kristalin.

Silika amorphous yang dihasilkan dari abu sekam padi diduga sebagai sumber penting untuk menghasilkan silikon murni, karbid silikon, dan tepung nitrid silikon (Katsuki dkk., 2005). Konversi sekam padi menjadi abu silika setelah mengalami proses karbonisasi juga merupakan sumber pozzolan potensial sebagai SCM (*Supplementary Cementitious Material*).

Tabel 2.5: Kandungan kimia dalam abu sekam padi menurut DTC – IPB.

Komposisi	Jumlah %
SiO_2 (% berat)	72,28
Al_2O_3 (% berat)	0,37

Tabel 2.5: *Lanjutan.*

Komposisi	Jumlah %
Fe ₂ O ₃ (% berat)	0,32
CaO (% berat)	0,65
Hilang pijar (% berat)	21,43

Pozzolan merupakan bahan alami atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat (SiO₂) dan aluminat (Al₂O₃). *Pozzolan* berbentuk serbuk halus dan jika dicampur dengan kapur padam aktif atau Ca(OH)₂ berikut air akan mengeras, membentuk massa padat yang sukar larut dalam air. Salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai bahan *pozzolan* beton adalah abu sekam padi (ASP). Dari penelitian (Houston, 1972; Priyosulistyo dkk., 1999), ASP dengan kandungan silika yang cukup tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan *pozzolan* untuk pembuatan beton. Penelitian tentang abu sekam digunakan sebagai bahan *pozzolan* sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya.

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 dapat dilihat pada Tabel 2.6. 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 benda uji kurang dari 15, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f_{cr} harus diambil tidak kurang dari ($f'_c + 12 \text{ Mpa}$).

3. Perhitungan nilai tambah (margin) dapat dilihat pada Tabel 2.7.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus di bawah ini:

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

dengan:

$$f'_{cr} = \text{Kuat tekan rata-rata perlu, MPa}$$

- f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan, MPa
 m = Nilai tambah, MPa

Tabel 2.6: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834, 1993).

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

Tabel 2.7: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

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

5. Penetapan jenis semen portland
 Pada cara ini dipilih semen type 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 diambil dari Gambar 2.6 berikut yang menjelaskan tentang hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder, (SNI-03-2834-1993).
8. Faktor air semen maksimum.
9. Penetapan nilai *slump*.
 Penetapan nilai *slump* ditentukan, berupa 0 - 10 mm, 10 - 30 mm, 30 - 60 mm atau 60 - 180 mm.
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 2.8.

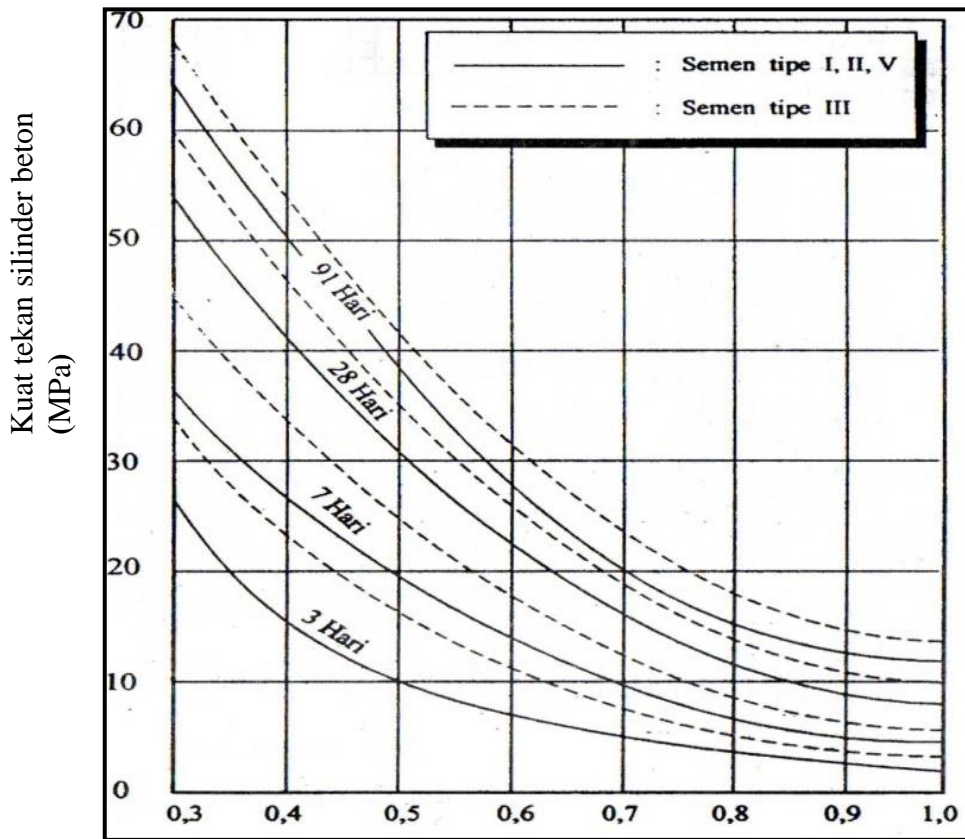
Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \tag{2.2}$$

dengan:

Wh adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

Wk adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar



FAKTOR AIR SEMEN

Gambar 2.6: Hubungan faktor-air-semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2834-1993).

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

$$Wsmn = \frac{1}{Fas} * W air \tag{2.3}$$

Fas = Faktor air per meter kubik beton

Tabel 2.8: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) 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
	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

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

14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 2.9. Dari Tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

Tabel 2.9: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834, 1993).

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m^3 beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
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

Tabel 2.9: *Lanjutan.*

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55

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.

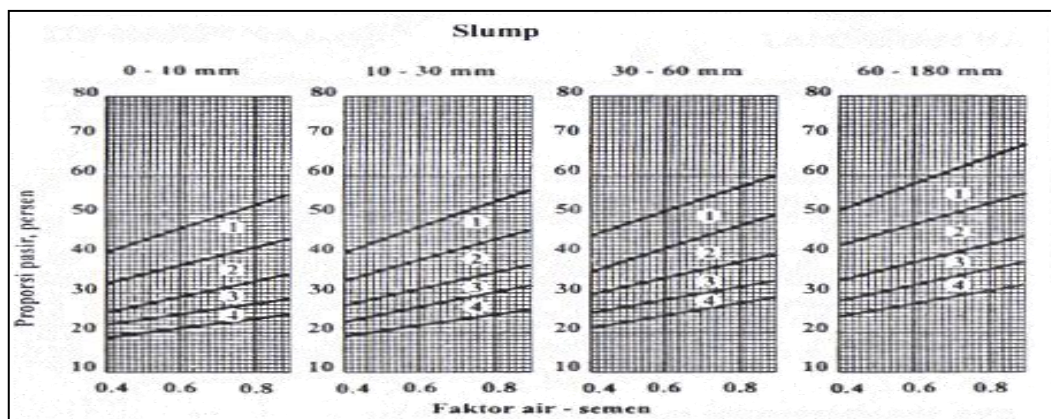
16. Penetapan jenis agregat halus:

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 2.1), sedang (Gambar 2.2), agak halus (Gambar 2.3) dan pasir halus (Gambar 2.4).

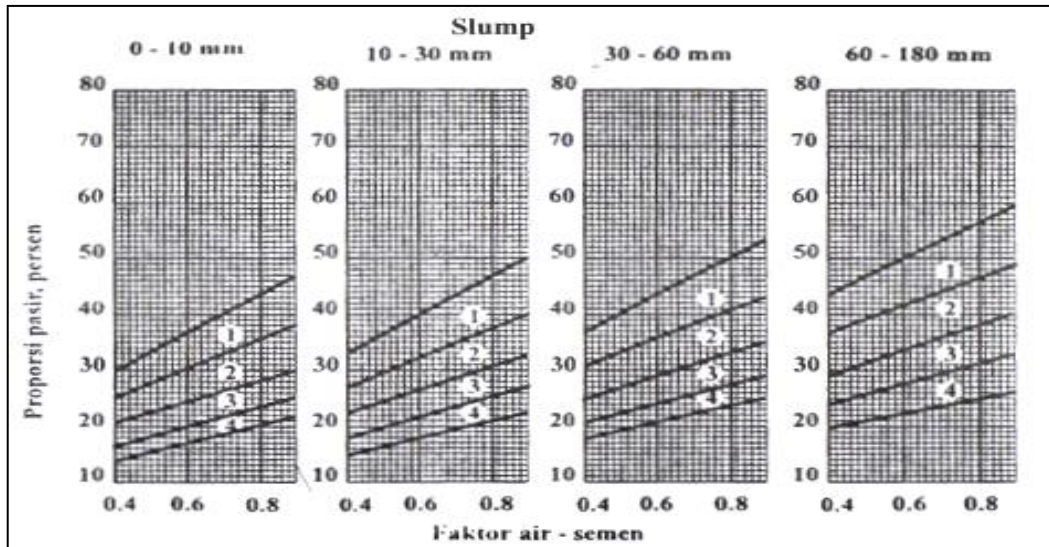
17. Penetapan jenis agregat kasar.

18. Persentase agregat halus terhadap agregat campuran.

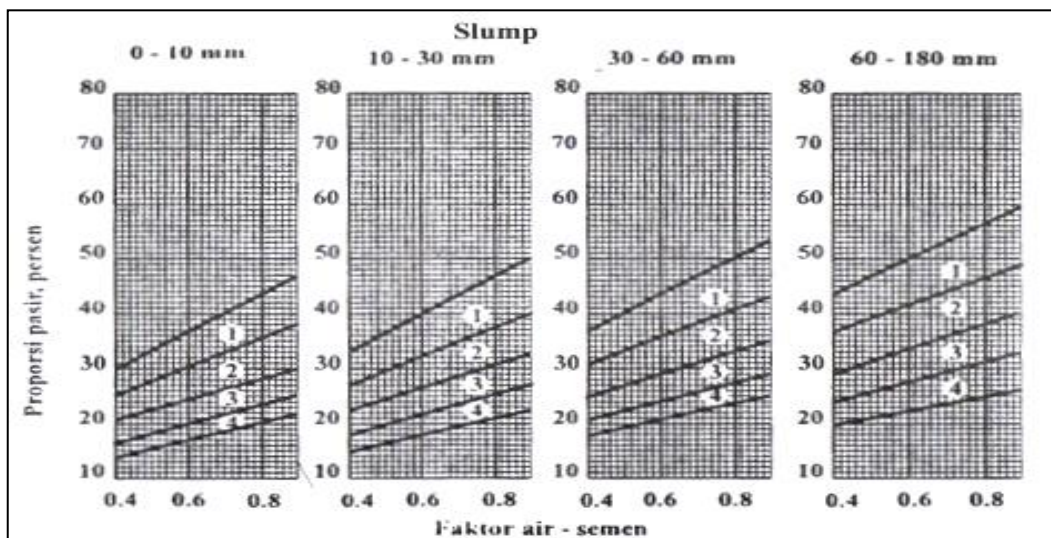
persentase agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan faktor air semen menurut butir 15, dan daerah susunan butir 16, secara tegak lurus berpotongan dengan mengetahui nilai slump test menurut butir 9, dapat dilihat pada Gambar 2.7, Gambar 2.8, dan Gambar 2.9.



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



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



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

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_{j \text{ camp}} = K_h/100 \times B_{jh} + K_k/100 \times B_{jk} \quad (2.4)$$

Dimana:

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

B_{jh} = berat jenis agregat halus

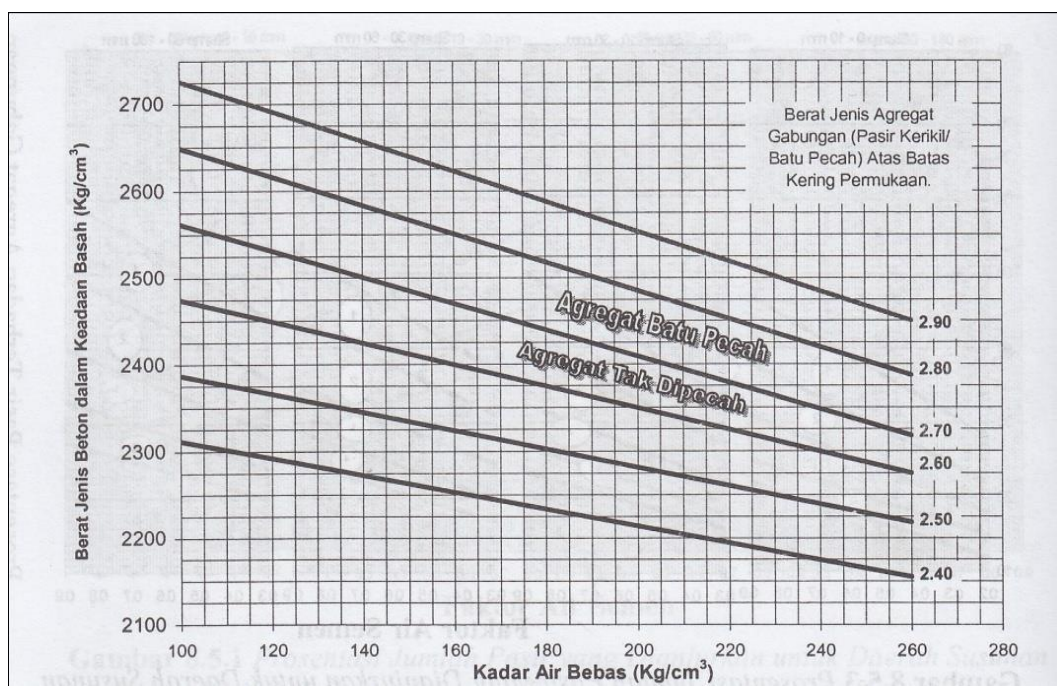
B_{jk} = berat jenis agregat kasar

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

K_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 kejadian 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:

a. Air $= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (2.8)$

b. Agregat halus $= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (2.9)$

c. Agregat kasar $= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (2.10)$

Dengan:

B adalah jumlah air (kg/m^3)

C adalah agregat halus (kg/m^3)

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

C_a adalah absorpsi air pada agregat halus (%)

D_a adalah absorpsi agregat kasar (%)

Ck adalah kandungan air dalam agregat halus (%)

Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

2.4. Slump Test

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing–masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambahi (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat.

2.5. Perawatan Beton

Hidrasi pada semen terjadi karena adanya air yang dicampurkan ke dalam adukan beton. Kondisi ini harus dipertahankan agar reaksi hidrasi kimiawi terjadi dengan sempurna. 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, *film plastic* atau kertas perawatan tanah air, 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. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan (*compressive strength*) untuk setiap umur beton dan kuat tekan rata-ratanya tergantung pada karakteristik pemakain semen, penggunaan bahan lain pembentuk beton dan kehalusan bahan tambahan.

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

P = Beban tekan (kg)

A = Luas penampang (cm²)

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 2.12.

Tabel 2.10: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah Ditoleransikan (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, 14, 21 dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuat tekan dapat destimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefisien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

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

Dimana:

f (estimasi 28 hari) = kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm^2)

f (saat pengujian) = kuat tekan saat pengujian (kg/cm^2)

koefisien = koefisien dari umur beton

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 2.11 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 2.11: 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

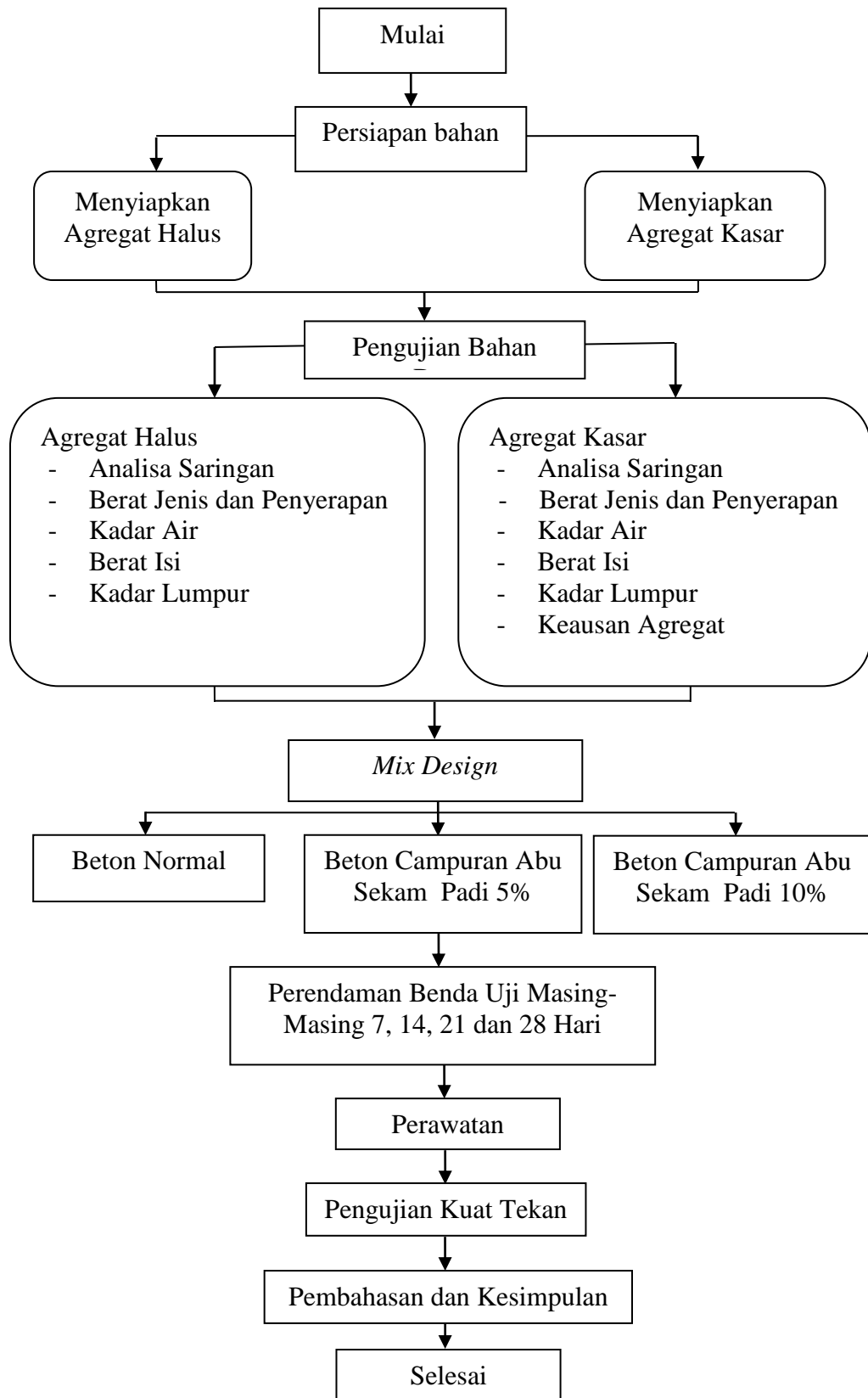
Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

- Analisa saringan agregat.
- Berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi agregat.
- Pemeriksaan kadar air 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) dan konsultasi langsung dengan Kepala Laboratorium Beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai SNI-03-2834 (1993), PBI (Peraturan Beton Indonesia), ASTM C 33 (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 penelitian yang dilaksanakan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan April 2017 hingga Agustus 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 Andalas 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. Abu sekam padi

Hasil dari pembakaran sekam padi.

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 silinder.

e. Mesin kompres (*compression test*).

3.4. Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material sampai di lokasi penelitian, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian yang akan dilaksanakan nantinya 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.

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 diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa.

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

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	1094	1177	1136
Berat contoh SSD	1000	1050	1025
Berat contoh SSD dan berat wadah (W2)	1173	1155	1114
Berat wadah (W3)	177	168	173
Berat air (W1-W2)	21	22	22
Berat contoh kering (W2-W3)	896	987	948

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
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 yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU, didapat rata-rata kadar air sebesar 2,24%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 2,34%, sedangkan contoh kedua didapat kadar air sebesar 2,14%. Hasil diatas 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)	480	482	481
Berat kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci C (gr)	20	18	19
Persentase kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (%)	4	3,6	3,8

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%, dan sampel

kedua sebesar 3,6%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,8%. 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.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (E)	491	492	492
Berat piknometer penuh air (D)	696	698	697
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	1001	1002	1002
Berat jenis contoh kering $E/(B+D-C)$	2,52	2,51	2,51
Berat jenis contoh SSD $B/(B+D-C)$	2,56	2,55	2,56
Berat jenis contoh semu $E/(E+D-C)$	2,64	2,62	2,63
Penyerapan $((B-E)/E) \times 100\%$	1,83	1,63	1,73

Berdasarkan Tabel 3.3 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan. Pada Tabel 3.3 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 $2,51 \text{ gr/cm}^3 < 2,56 \text{ gr/cm}^3 < 2,63 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,73%. 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)	19954	20431	21187	20524
2.	Berat wadah (gr)	5300	5300	5300	5300
3.	Berat contoh (gr)	14654	15131	15887	15224
4.	Volume wadah (cm)	10952,23	10952,23	10952,23	10952,23
5.	Berat Isi (gr/cm ³)	1,34	1,38	1,45	1,39

Berdasarkan Tabel 3.4 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar 1,39 gr/cm³. 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 gr/cm³.

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	Contoh 2	Total Berat	%	Tertahan	Lolos
	(gr)	(gr)	(gr)			
9.50 (No 3/8 in)	0	0	0	0	0	100

Tabel 3.5: *Lanjutan.*

No. Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1	Contoh 2	Total Berat	%	Tertahan	Lolos
	(gr)	(gr)	(gr)			
4.75 (No. 4)	97	102	199	7,00	7,00	93,00
2.36 (No. 8)	132	141	273	9,60	16,60	83,40
1.18 (No.16)	218	233	451	15,86	32,46	67,55
0.60 (No. 30)	297	285	582	20,46	52,92	47,08
0.30 (No. 50)	332	342	674	23,70	76,62	23,38
0.15 (No. 100)	233	238	471	16,56	93,18	6,82
Pan	88	106	194	6,82	100,00	0,00
Total	1397	1447	2844	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 = 2844 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$No. 4 = \frac{199}{2844} \times 100\% = 7,00 \%$$

$$No. 8 = \frac{273}{2844} \times 100\% = 9,60 \%$$

$$No. 16 = \frac{451}{2844} \times 100\% = 15,86 \%$$

$$No. 30 = \frac{582}{2844} \times 100\% = 20,46 \%$$

$$No. 50 = \frac{674}{2844} \times 100\% = 23,70 \%$$

$$No. 100 = \frac{471}{2844} \times 100\% = 16,56 \%$$

$$Pan = \frac{194}{2844} \times 100\% = 6,82 \%$$

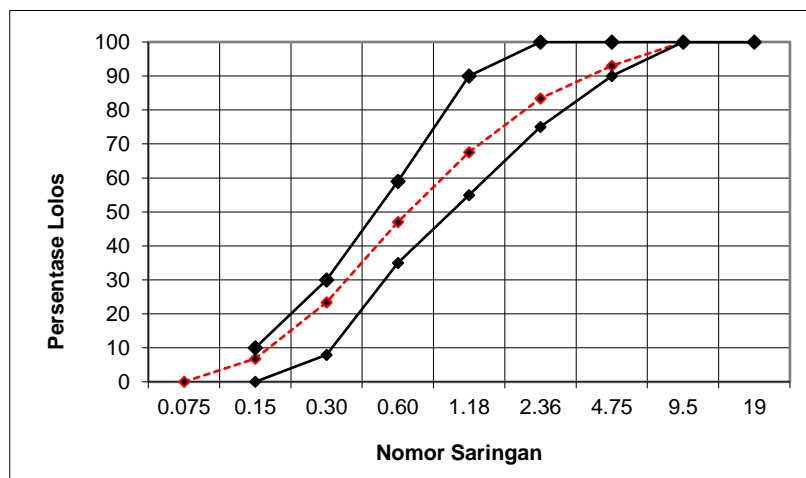
- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$No. 4 = 0 + 7,00 = 7,00 \%$$

$$\begin{aligned}
 \text{No. 8} &= 7,00 + 9,60 = 16,60 \% \\
 \text{No. 16} &= 16,60 + 15,86 = 32,46 \% \\
 \text{No. 30} &= 32,46 + 20,46 = 52,92 \% \\
 \text{No. 50} &= 52,92 + 23,70 = 76,62 \% \\
 \text{No. 100} &= 76,62 + 16,56 = 93,18 \% \\
 \text{Pan} &= 93,18 + 6,82 = 100,00 \% \\
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{278,76}{100} \\
 \text{FM} &= 2,79
 \end{aligned}$$

• Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
 \text{No. 4} &= 100 - 7,00 = 93,00 \% \\
 \text{No. 8} &= 100 - 16,60 = 83,40 \% \\
 \text{No. 16} &= 100 - 32,45 = 67,55 \% \\
 \text{No. 30} &= 100 - 52,92 = 47,08 \% \\
 \text{No. 50} &= 100 - 76,62 = 23,38 \% \\
 \text{No. 100} &= 100 - 93,18 = 6,82 \% \\
 \text{Pan} &= 100 - 100,00 = 0,00 \%
 \end{aligned}$$



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 2,79 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 (pasir sedang) seperti gambar diatas.

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.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD & berat wadah (W1)	3436	3401	3419
Berat contoh SSD	2900	2950	2925
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	3417	3385	3401
Berat wadah (W3)	536	451	494
Berat air (W1-W2)	19	16	18
Berat contoh kering (W2-W3)	2881	2980	2908
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	0,66	0,55	0,60

Berdasarkan Tabel 3.6 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar yang menggunakan dua sampel yang kemudian dirata-ratakan. Dari hasil pengujian didapat nilai kadar air agregat kasar pada contoh pertama sebesar 0,66%, pada contoh kedua sebesar 0,55%. Sedangkan nilai rata-rata kadar air pada agregat kasar yang diteliti adalah sebesar 0,60% dan hasil tersebut telah memenuhi syarat yang ditetapkan 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.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering: A (gr)	1100	1100	1100
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	1092	1093	1092,5
Berat kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci C (gr)	8	7	7,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (%)	0,73	0,64	0,68

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 0,73%, dan sampel kedua sebesar 0,64%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,68%. Menurut PBI 1971 hasil pemeriksaan kadar lumpur diatas 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 di baawah ini sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A)	2900	2950	2925
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (C)	2877	2927	2902
Berat contoh jenuh (B)	1818	1856	1837
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))	2,72	2,73	2,72
Penyerapan ((A-C)/C)x100%	0,80	0,79	0,79

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 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 0,79% 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 di bawah ini 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)	31407	31756	32979	32047,33
2.	Berat wadah (gr)	6440	6440	6440	6440
3.	Berat contoh (gr)	24967	25316	26539	25607
4.	Volume wadah (cm)	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5.	Berat Isi (gr/cm ³)	1,61	1,64	1,72	1,656

Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,656 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 1,61 gr/cm³. Percobaan ketiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,64 gr/cm³. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,72 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 136. 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)	96	111	207	3,54	3,54	96,45
19.0 (3/4 in)	1289	1246	2535	43,50	47,05	52,95
9.52 (3/8 in)	821	853	1674	28,72	75,76	24,23
4.75 (No. 4)	742	688	1412	24,23	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

Tabel 3.10: *Lanjutan.*

No Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1	Contoh 2	Total Berat	%	Tertahan	Lolos
	(gr)	(gr)	(gr)			
Pan	0	0	0	0,00	100	0
Total	2930	2898	5828	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 C 33 (1986), yang pada pengerjaan *Job Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tatacara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-1993. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 5828 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{207}{5828} \times 100\% = 3,54 \%$$

$$\frac{3}{4} = \frac{2535}{5828} \times 100\% = 43,50 \%$$

$$\frac{3}{8} = \frac{1674}{5828} \times 100\% = 28,72 \%$$

$$No. 4 = \frac{1412}{5828} \times 100\% = 24,23 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$1,5 = 0 + 3,54 = 3,54 \%$$

$$\frac{3}{4} = 3,54 + 43,50 = 47,05 \%$$

$$\frac{3}{8} = 47,05 + 28,72 = 75,76 \%$$

$$No. 4 = 75,76 + 24,23 = 100,00 \%$$

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

$$= \frac{725,98}{100}$$

$$FM = 7.26$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

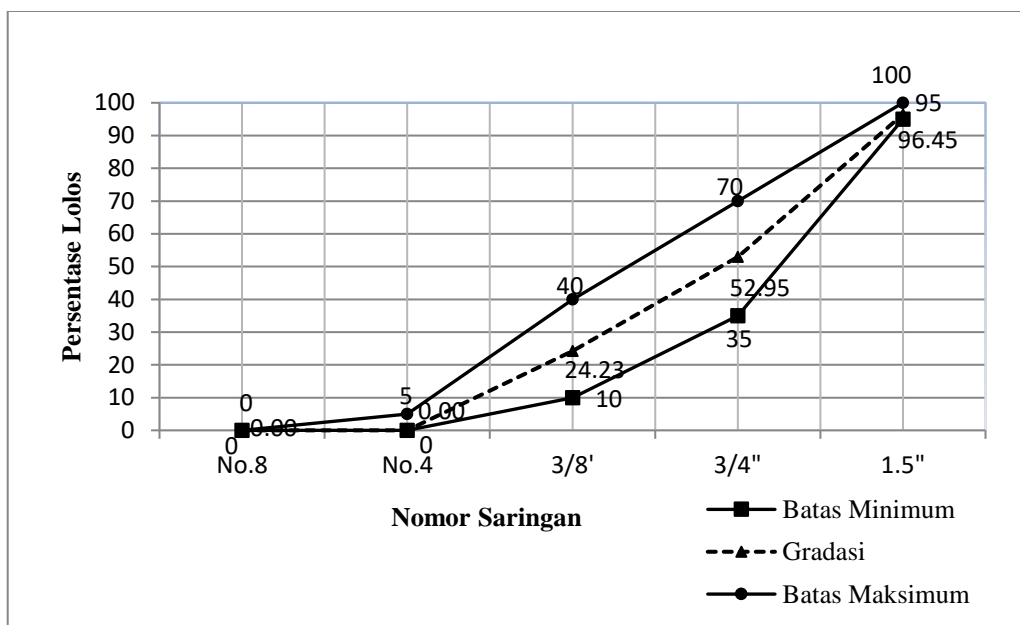
$$1,5 = 100 - 3,54 = 96,45 \quad \%$$

$$\frac{3}{4} = 100 - 47,05 = 52,95 \quad \%$$

$$\frac{3}{8} = 100 - 75,76 = 24,23 \quad \%$$

$$\text{No. 4} = 100 - 100 = 0 \quad \%$$

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 C 131 tentang kekerasan agregat dengan Mesin *Los Angeles*.

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	1562
9,50 (3/8 in)	2500	570
4,75 (No. 4)	-	974
2,36 (No. 8)	-	457
1,18 (No. 16)	-	-
0,60 (No. 30)	-	-
0,30 (No. 50)	-	-
0,15 (No. 100)	-	-
Pan	-	714
Total	5000	4295
	Berat lolos saringan No. 12	705
	<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)	14,100 %

$$\begin{aligned}
 \textit{Abrasion} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5000 - 4295}{5000} \times 100\% = 14,100 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan di dapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4295 gr dan nilai *abrasion* (keausan) sebesar 14,100%. Nilai tersebut telah memenuhi standar PBI 1971 bahwanilai 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 silinder dengan sisi berukuran 15 x 30 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 7, 14, 21 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 7 hari : 4 buah.
- Beton normal umur 14 Hari : 4 buah.
- Beton normal umur 21 Hari : 4 buah.
- Beton normal umur 28 Hari : 4 buah.
- Beton variasi 5 % umur 7 hari : 4 buah.
- Beton variasi 5 % umur 14 hari : 4 buah.
- Beton variasi 5 % umur 21 hari : 4 buah.
- Beton variasi 5 % umur 28 hari : 4 buah.
- Beton variasi 10 % umur 7 hari : 4 buah.
- Beton variasi 10 % umur 14 hari : 4 buah.
- Beton variasi 10 % umur 21 hari : 4 buah.
- Beton variasi 10 % umur 28 hari : 4 buah.
- Total : 48 buah.

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

4.1.1. Data-Data Campuran Beton

Dalam hal ini penulis ingin menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang di inginkan.

Dari hasil percobaan didapati data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar = 0,79 gram/cm³
- Berat jenis agregat halus = 1,73 gram/cm³
- Kadar lumpur agregat kasar = 0,68%
- Kadar lumpur agregat halus = 3,8%
- Berat isi agregat kasar = 1,656 gram/cm³
- Berat isi agregat halus = 1,390 gram/cm³
- FM agregat kasar = 7,26
- FM agregat halus = 2,79
- Kadar air agregat kasar = 1,21%
- Kadar air agregat halus = 7,62%
- Keausan agregat = 14,100%
- Nilai slump rencana = 30 – 60 mm
- Ukuran agregat max = 40 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas 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.

Setelah menganalisa, maka dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m³ adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
485,71	:	586,02	:	1183,17	:	170,1
1	:	1,21	:	2,44	:	0,35

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 silinder)	Ditetapkan		30 Mpa	
2.	Deviasi standar	Tabel 2.6		12 Mpa	
3.	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.7		5,7 Mpa	
4.	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan	1 + 2 + 3		47,7	
5.	Jenis semen			Tipe 1	
6.	Jenis agregat: - Kasar - Halus	Ditetapkan Ditetapkan		Batu pecah Binjai Pasir Binjai	
7.	Faktor air semen bebas	Gambar 4.1		0,35	
8.	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9.	Slump	Ditetapkan		30 - 60 mm	
10.	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40	
11.	Kadar air bebas	Dihitung		170	
12.	Jumlah semen	11 : 07		485,71 kg/ m ³	
13.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		485,71 kg/ m ³	
14.	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275	
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	Ditetapkan		0,35	
16.	Susunan besar 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		33%	
19.	Berat jenis relatif agregat (jenuh kering permukaan)	Dihitung		2,65	
20.	Berat isi beton	Gambar 4.3		2425 kg/ m ³	
21.	Kadar agregat gabungan	20 - 12 + 11		1769,29 kg/ m ³	
22.	Kadar agregat halus	18 x 21		583,86 kg/ m ³	
23.	Kadar agregat kasar	21 - 22		1185,42 kg/ m ³	
24.	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	485,71	170	583,86	1185,42
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,35	1,202	2,44
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,58	0,90	3,10	6,29

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

25.	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	485,71	170,1	586,02	1183,17
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,35	1,21	2,44
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,58	0,90	3,11	6,27

a. Untuk satu benda uji (kg)

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

Tinggi = 30 cm

Diameter = 15 cm

Volume silinder = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$
 = $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 0,30$
 = 0,0053 m³

Maka :

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = banyak semen x volume silinder
 = 485,71 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 2,57 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = banyak pasir x volume silinder
 = 586,02 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 3,11 kg
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = banyak kerikil x volume silinder
 = 1183,17 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 6,27 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = banyak air x volume silinder
 = 170,1 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 0,90 kg

Perbandingan campuran untuk 1 benda uji:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 2,58 : 3,11 : 6,28 : 0,90

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan untuk 1 benda uji. Untuk agregat kasar terlampir pada Tabel 4.2, sedangkan untuk agregat halus terlampir pada Tabel 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)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat kerikil}$	
1,5	3,54	$\frac{3,54}{100} \times 6,27$	0,22
$\frac{3}{4}$	43,36	$\frac{43,36}{100} \times 6,27$	2,72
3/8	28,64	$\frac{28,64}{100} \times 6,27$	1,80
No. 4	24,46	$\frac{24,46}{100} \times 6,27$	1,53
Total			6,27

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,22 kg, saringan 3/4 sebesar 2,72 kg, saringan 3/8 sebesar 1,80 kg dan saringan no 4 sebesar 1,54 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 6,27 kg.

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat pasir}$	
No. 4	7,65	$\frac{7,65}{100} \times 3,11$	0,24

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	X berat pasir	
No.8	10,5	$\frac{10,5}{100}$	X 3,11	0,33
No. 16	16,04	$\frac{16,04}{100}$	X 3,11	0,50
No.30	21,19	$\frac{21,19}{100}$	X 3,11	0,66
No.50	25,15	$\frac{25,15}{100}$	X 3,11	0,78
No.100	13,85	$\frac{13,85}{100}$	X 3,11	0,43
Pan	5,62	$\frac{5,62}{100}$	X 3,11	0,17
Total				3,11

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,24 kg, saringan no 8 sebesar 0,33 kg, saringan no 16 sebesar 0,50 kg, saringan no 30 sebesar 0,66 kg, saringan no 50 sebesar 0,78 kg, saringan no 100 sebesar 0,43 kg, dan pan sebesar 0,17 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 3,11 kg.

b. Bahan *filler* agregat halus

Untuk penggunaan bahan *filler* agregat halus lolos saringan nomor 50 menggunakan abu sekam padi 5%, 10% dapat dilihat pada Tabel 4.4.

- Abu sekam padi yang dibutuhkan sebanyak 5% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5}{100} \times \text{Berat saringan no. 100} \\
 &= \frac{5}{100} \times 1,076 \text{ kg} \\
 &= 0,054 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 100 yang digunakan adalah

$$\begin{aligned}
 &= 1,076 - 0,054 \\
 &= 1,022 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Abu sekam padi yang dibutuhkan sebanyak 10% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{10}{100} \times \text{Berat saringan no. 100}$$

$$= \frac{10}{100} \times 1,076 \text{ kg}$$

$$= 0,108 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 100 yang digunakan

$$\text{adalah} = 1,076 - 0,108$$

$$= 0,968 \text{ kg}$$

Tabel 4.4: Banyak abu sekam padi dan agregat halus No.100 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji.

Penggunaan Bahan Ganti	Abu Sekam Padi (kg)	Berat Agregat halus No.100 (kg)
5%	0,054	1,022
10%	0,108	0,968

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah penggunaan *filler* dan agregat halus No.100 sebesar 5% adalah 0,054 kg, jumlah bahan *filler* dan agregat halus No.100 sebesar 10% adalah 0,108 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
 - = Banyak semen 1 benda uji x 48 benda uji
 - = 2,58 x 48
 - = 123,84 kg
- Pasir tertahan saringan No.100 yang dibutuhkan untuk 48 benda uji
 - Untuk beton normal
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 16
 - = 0,43 x 16
 - = 6,88 kg
 - Untuk beton bahan *filler* 5%
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 16

$$= 1,022 \times 16$$

$$= 16,352 \text{ kg}$$

➤ Untuk beton bahan *filler* 10%

$$= \text{banyak pasir untuk 1 benda uji} \times 16$$

$$= 0,968 \times 16$$

$$= 15,488 \text{ kg}$$

Maka, jumlah pasir tertahan No.100 yang dibutuhkan untuk 48 benda uji adalah: $6,88 + 16,352 + 15,488 = 38,72 \text{ kg}$

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

- Pasir yang dibutuhkan untuk 48 benda uji

$$= \text{Banyak pasir untuk 1 benda uji} \times 48$$

$$= 3,10 \times 48$$

$$= 148,8 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 48 benda uji

$$= \text{Banyak batu pecah untuk 1 benda uji} \times 48$$

$$= 6,27 \times 48$$

$$= 300,96 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 48 benda uji

$$= \text{Banyak air untuk 1 benda uji} \times 48$$

$$= 0,90 \times 48$$

$$= 43,2 \text{ kg}$$

Perbandingan untuk 48 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
123,84	:	148,8	:	300,96	:	43,2

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)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat batu pecah}$	
1,5	3,54	$\frac{3,54}{100} \times 300,96$	10,65
$\frac{3}{4}$	43,36	$\frac{43,36}{100} \times 300,96$	130,49
3/8	28,64	$\frac{28,64}{100} \times 300,96$	86,19
No. 4	24,46	$\frac{24,46}{100} \times 300,96$	73,61
Total			300,96

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 10,65 kg, saringan $\frac{3}{4}$ sebesar 130,49 kg, saringan $\frac{3}{8}$ sebesar 86,19 kg dan saringan no 4 sebesar 73,61 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 48 benda uji sebesar 300,96 kg.

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat pasir}$	
No.4	7,65	$\frac{7,65}{100} \times 149,20$	11,41
No.8	10,5	$\frac{10,5}{100} \times 149,20$	15,67
No.16	16,04	$\frac{16,04}{100} \times 149,20$	23,93
No.30	21,19	$\frac{21,19}{100} \times 149,20$	31,61
No.50	25,15	$\frac{25,15}{100} \times 149,20$	37,52
No.100	13,85	$\frac{13,85}{100} \times 149,20$	20,66
Pan	5,62	$\frac{5,62}{100} \times 149,20$	8,38
Total			149,20

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 11,41 kg, saringan no 8 sebesar 15,67 kg, saringan no 16 sebesar 23,93 kg, saringan no 30 sebesar 31,61 kg, saringan no 50 sebesar 37,52 kg, saringan no 100 sebesar 20,66 kg, dan pan sebesar 8,38 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 48 benda uji sebesar 149,20 kg.

4.1.2. 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 2.6.
3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.7.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}

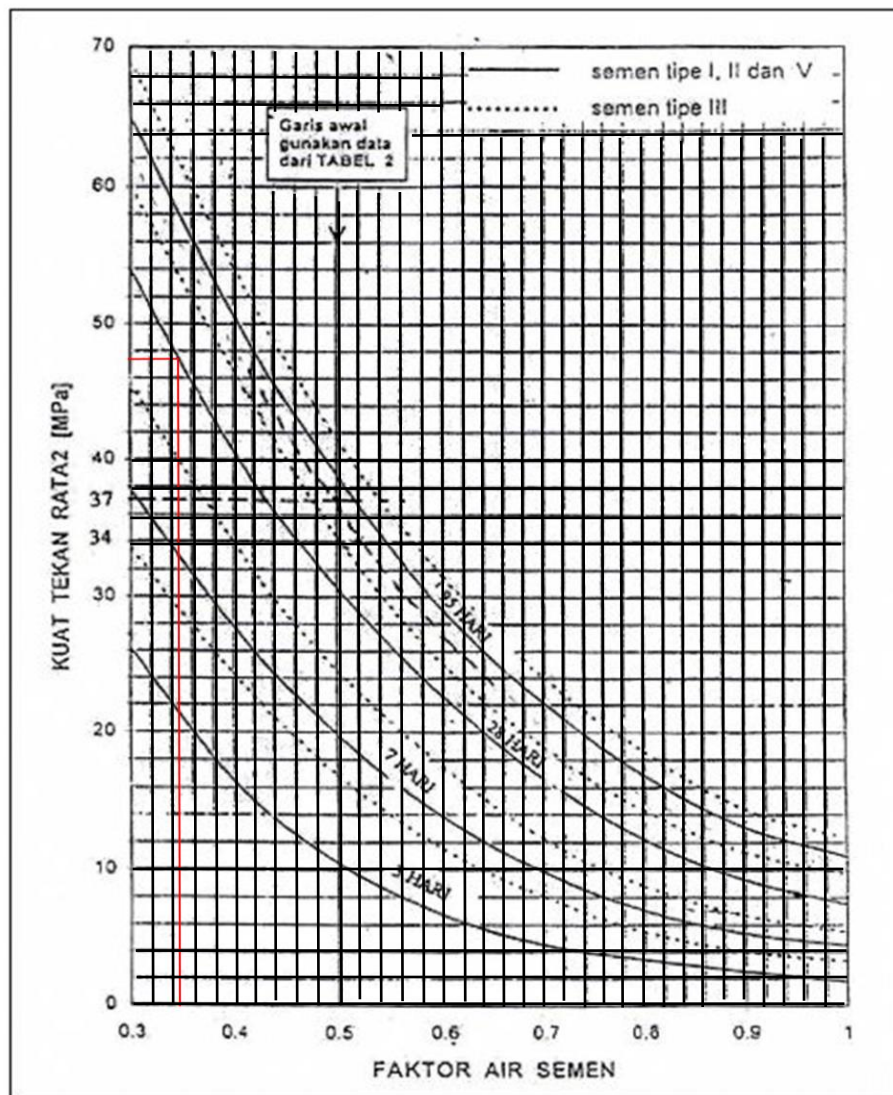
Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.1.

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

$$f'_{cr} = 42 + 5,7$$

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

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 kebawah yang menunjukkan faktor air semen, seperti pada Gambar 4.1 dibawah ini.
8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0.60 berdasarkan Tabel 2.9. 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 2.8.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 40 mm.



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

11. Jumlah kadar air bebas ditentukan berdasarkan Tabel 2.8 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.7 dibawah ini.

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 di bawah ini.

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

Dengan:

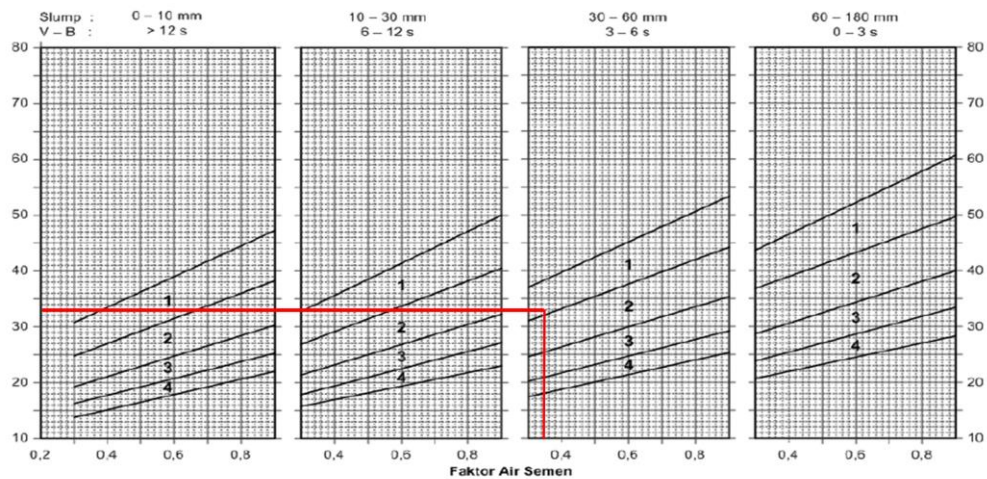
W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$= \frac{2}{3} \times 160 + \frac{1}{3} \times 190$$

$$= 170 \text{ kg/m}^3$$

12. Jumlah semen, yaitu: $170 : 0.35 = 485,71 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 berdasarkan Tabel 2.9. 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 2.3.
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 0,35. Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir No.2 diperoleh harga nilai 33%.Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2 dibawah ini.
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.



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

Demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut:

- BJ agregat halus = 2,56
- BJ agregat kasar = 2,69
- BJ agregat gabungan Halus dan kasar = $(0,33 \times 2,56) + (0,67 \times 2,69)$
= 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 .

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

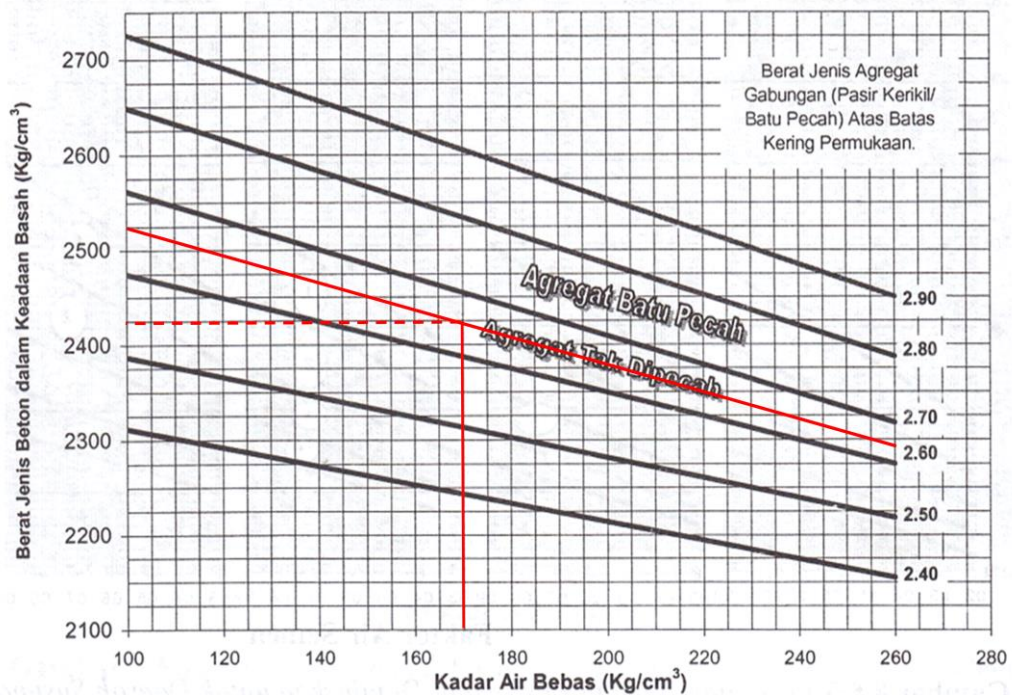
$$= 2425 - (485,71 + 170)$$

$$= 1769,29 \text{ kg/m}^3$$

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

$$= \frac{33}{100} \times 1769,29$$

$$= 583,86 \text{ kg/m}^3$$



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

$$\begin{aligned}
 23. \text{ Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{Kadar agregat halus} \\
 &= 1769,29 - 583,86 \\
 &= 1185,42 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

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

untuk tiap m^3 sebagai berikut:

– Semen	= 485,7 kg
– Air	= 170 kg/lt
– Agregat halus	= 583,864 kg
– Agregat kasar	= 1185,42 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:

$$\begin{aligned} &= B - (Ck - Ca) \times C - (Dk - Da) \times D \\ &= 170 - (0,021 - 0,0173) \times 586,02 - (0,006 - 0,0079) \times 1185,42 \\ &= 170,1 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned} &= C + (Ck - Ca) \times C \\ &= 583,86 + (0,021 - 0,0173) \times 583,86 \\ &= 586,02 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned} &= D + (Dk - Da) \times D \\ &= 1185,42 + (0,006 - 0,0079) \times 1185,42 \\ &= 1183,17 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4.2. Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, jumlah benda uji yang di buat sebanyak 48 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

1. Pengadukan beton

Pengadukan beton dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (mixer). Mula-mula sebagian air (kira-kira 75% dari jumlah air yang ditetapkan) dimasukkan kedalam bejana pengaduk, lalu semen, dibiarkan kedua bahan ini terlihat menyatu terlebih dahulu kemudian masukkan agregat halus dan agregat kasar. Setelah adukan rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan tampak campuran homogen dan sudah tampak kelecakan yang cukup. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

2. 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 sendok aduk, sekop. Setiap pengambilan campuran dari pan harus dapat mewakili keseluruhan dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk dengan 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 sebanyak 10 sampai 15 kali 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 24 ± 4 jam dan tidak lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

3. Pemeliharaan beton

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

4. Pembuatan kaping (*capping*)

Pekerjaan ini dilakukan bertujuan untuk memberi lapisan perata pada permukaan tekan benda uji silinder beton sebelum dilakukan uji tekan.

4.3. *Slump Test*

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton normal maupun beton yang menggunakan bahan pengganti (*filler*). Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk dibiarkan jatuh bebas tanpa dipaksa, setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 30 detik setelah itu angkat kerucut dengan cara tegak lurus sampai adukan beton terlepas semua dari cetakan, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk melihat *workability* (tingkat kemudahan pengerjaan) dari campuran beton segar adalah dengan pengujian *Slump*, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.6. Pada tabel ini dijelaskan nilai *slump* pada masing-masing pencetakan beton. Seperti yang kita ketahui, perencanaan *slump* pada *Job Mix Design* adalah 30 – 60 mm. Penelitian ini melakukan dua kali pencetakan benda uji, sehingga nilai *slump*nya berbeda. Hal ini dikarenakan molen yang tersedia di laboratorium tidak sanggup menahan beban total dari semua agregat, semen dan air.

Tabel 4.8: Hasil pengujian nilai *slump*.

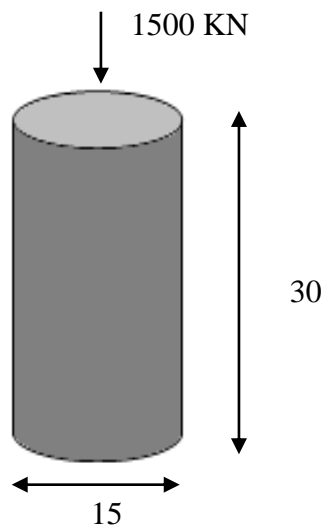
	Beton Normal				Beton dan <i>filler</i> Abu Sekam Padi 5%				Beton dan <i>filler</i> Abu Sekam Padi 10%			
	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28
<i>Slump</i>	3	3	3,5	3,5	3,5	4	4	3,5	3,5	3	3,5	4,5
(cm)	3	4,5	3,5	3,5	3	4	4	3,5	3	3	3,5	4,5

4.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 7, 14, 21 dan 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN, benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm seperti pada Gambar 4.4 dan jumlah benda uji 48 buah, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.

Ada beberapa macam cetakan benda uji yang dipakai, diantaranya adalah kubus dengan panjang 15 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 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 silinder adalah 0,83.

Pengujian terhadap kuat tekan beton dilakukan untuk mendapatkan gambaran mutu beton tersebut. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Jadi pengujian kuat tekan ini merupakan pembuktian dari hasil perbandingan *Mix Design* yang dibuat berdasarkan mutu rencana.



Gambar 4.4: Beban tekan pada benda uji silinder.

4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7, 14, 21 dan 28 hari seperti yang telah dijelaskan diatas. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton normal dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	f'_c rata-rata Estimasi 28 hari (MPa)
Umur 7 hari				
1	31500	214,77	33,04	34,22
2	34500	235,22	36,19	
3	31500	214,77	33,04	
4	33000	225,00	34,61	
Umur 14 hari				
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata Estimasi 28 hari (MPa)
1	42000	286,36	32,54	35,16
2	43500	296,59	33,70	
3	45000	306,81	34,87	
4	51000	347,72	39,51	

Tabel 4.9: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A= 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c=(P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,95$ (MPa)	f'_c rata-rata Estimasi 28 hari (MPa)
Umur 21 hari				
1	48000	327,27	34,45	36,87
2	51000	347,72	36,60	
3	51000	347,72	36,60	
4	55500	378,40	39,83	
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A= 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c=(P/A)/0,83$ (MPa)	Kuat tekan 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata Kuat tekan 28 hari (MPa)
Umur 28 hari				
1	61500	41,93	41,93	37,93
2	51000	34,77	34,77	
3	60000	40,91	40,91	
4	50000	34,09	34,09	

Berdasarkan hasil kuat tekan beton normal, didapat nilai kuat tekan untuk umur beton 7 hari rata-rata sebesar 31,19 MPa, untuk umur beton 14 hari didapat rata-rata sebesar 31,19 MPa, untuk umur beton 21 hari didapat rata-rata sebesar 36,87 MPa, untuk umur beton 28 hari didapat rata-rata sebesar 37,93 MPa. Penelitian beton normal ini memenuhi persyaratan karena nilai kuat tekan umur beton 28 hari yang dihasilkan melebihi dari nilai kuat tekan rencana sebesar 30 MPa.

4.4.2. Kuat Tekan Beton Campuran Abu Sekam Padi 5%

Pengujian beton campuran Abu Sekam Padi 5% dilakukan pada saat beton berumur 7, 14, 21 dan 28 hari seperti yang telah dijelaskan diatas. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton campuran Abu Sekam Padi 5% dapat dilihat pada Tabel 4.10. Tabel ini menjelaskan tentang nilai kuat tekan pada beton campuran Abu Sekam Padi sebesar 5% pada saat umur beton 7 hari rata-rata adalah 35,40 MPa, dan pada pengujian kuat tekan umur beton 14 hari rata-rata didapat sebesar 36,71 MPa. dan pada pengujian kuat tekan umur beton 21 hari rata-rata didapat

sebesar 37,50 MPa, dan pada pengujian kuat tekan umur beton 28 hari rata-rata didapat sebesar 38,69 MPa. Dari hasil tersebut kita dapat mengambil kesimpulan bahwa penggunaan *Abu Sekam Padi* sebesar 5% dapat menaikkan kuat tekan beton cukup signifikan, karena kuat tekan rencana adalah sebesar 30 MPa.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kuat tekan beton campuran *Abu Sekam Padi* 5%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	f'_c rata-rata Estimasi 28 hari (MPa)
Umur 7 hari				
1	33000	225,00	34,61	35,40
2	34500	235,22	36,19	
3	33000	225,00	34,61	
4	34500	235,00	36,19	
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata Estimasi 28 hari (MPa)
Umur 14 hari				
1	42000	286,36	32,54	36,71
2	40500	276,13	31,38	
3	51500	351,13	39,90	
4	55500	378,40	43,00	
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,95$ (MPa)	f'_c rata-rata Estimasi 28 hari (MPa)
Umur 21 hari				
1	48000	327,27	34,45	37,50
2	51500	351,13	36,96	
3	54000	368,18	38,76	
4	55500	378,40	39,83	
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Kuat tekan 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata Kuat tekan 28 hari (MPa)
Umur 28 hari				
1	58000	39,54	39,54	38,69
2	54000	36,81	36,82	
3	56500	38,52	38,52	
4	58500	39,89	39,89	

4.4.3. Kuat Tekan Beton Campuran Abu Sekam Padi 10%

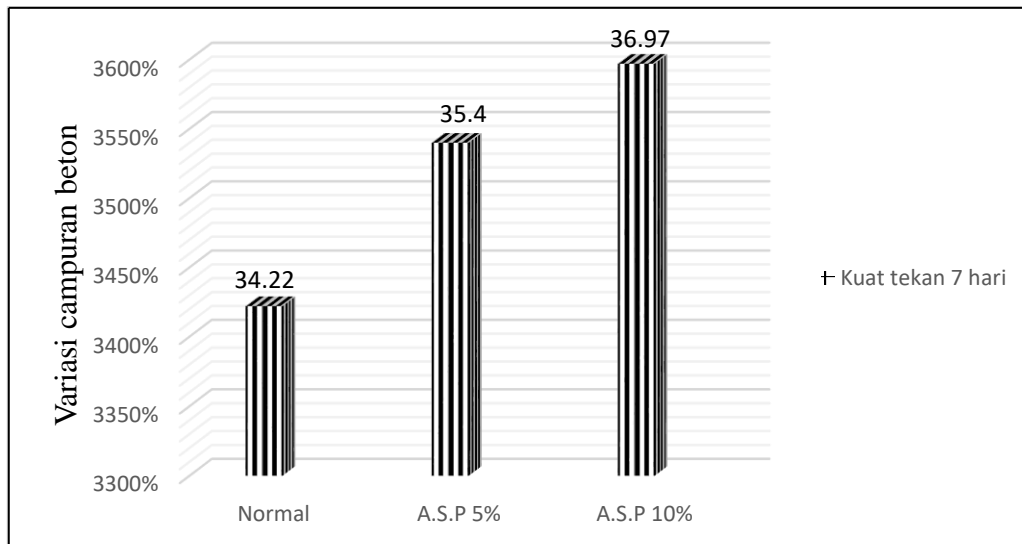
Pengujian Beton Campuran *Abu Sekam Padi* 10% dilakukan pada saat beton berumur 7, 14, 21 dan 28 hari seperti yang telah dijelaskan diatas. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton campuran *Abu Sekam Padi* 10% dapat dilihat pada Tabel 4.11. Didalam Tabel ini didapat kuat tekan rata-rata pengujian pada umur 7 hari sebesar 36,97 MPa, untuk umur 14 hari sebesar 37,19 MPa, pada umur 21 hari sebesar 37,95 MPa, dan pada umur 28 hari sebesar 39,89 MPa. Dari hasil kuat tekan dapat disimpulkan bahwa kenaikan kuat tekan rata-rata cukup signifikan apabila dibandingkan dengan kuat tekan rencana beton normal sebesar 30 MPa.

Tabel 4.11: Hasil pengujian kuat tekan beton campuran *Abu Sekam Padi* 10%.

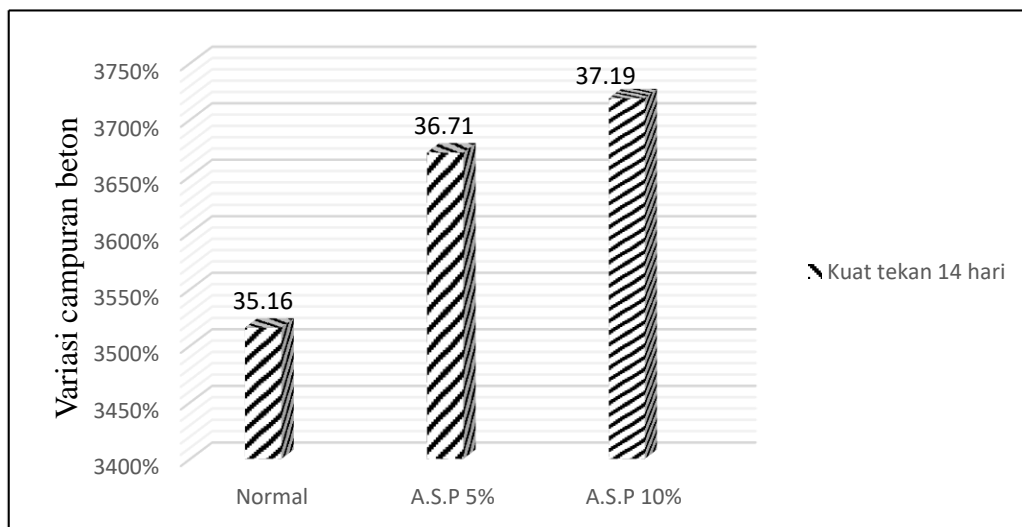
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 176,71cm ² $f'_c=(P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	f'_c rata-rata Estimasi 28 hari (MPa)
Umur 7 hari				
1	34500	235,22	36,19	36,97
2	36000	245,45	37,76	
3	34500	235,22	36,19	
4	36000	245,45	37,76	
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 176,71cm ² $f'_c=(P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata Estimasi 28 hari (MPa)
Umur 14 hari				
1	43500	296,56	33,70	37,19
2	51000	347,72	39,51	
3	45000	306,81	34,87	
4	52500	357,95	40,68	
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A=176,71cm ² $f'_c=(P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,88$ (MPa)	f'_c rata-rata Estimasi 28 hari (MPa)
Umur 21 hari				
1	52500	357,95	37,68	38,22
2	52500	357,95	37,68	
3	54000	368,18	38,76	
4	54000	368,18	38,76	

Tabel 4.11: Lanjutan.

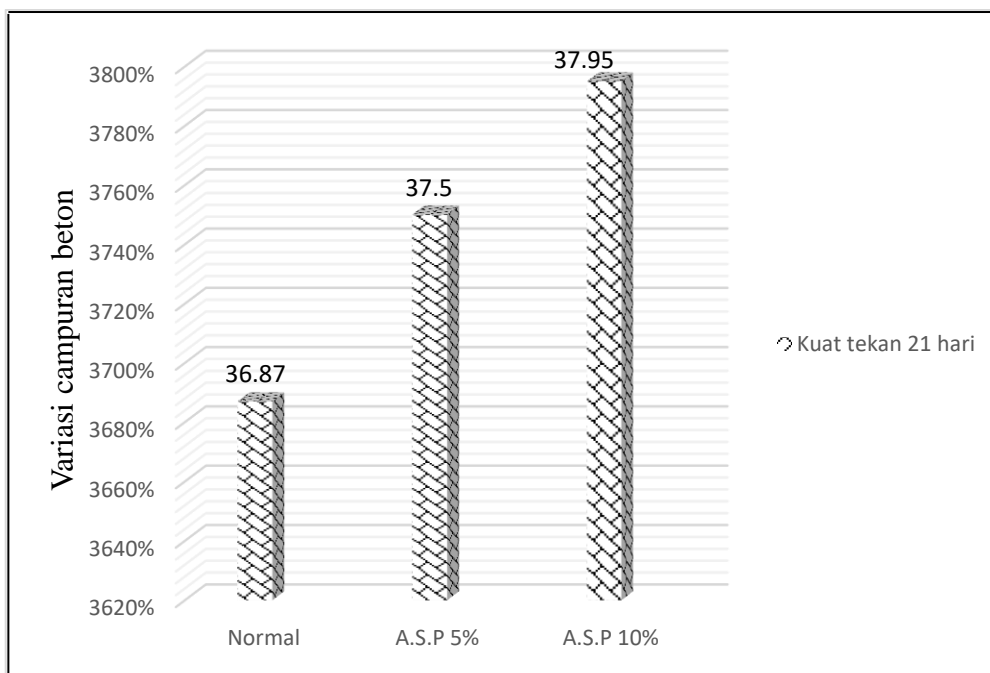
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 176,71cm ² f _c =(P/A)/0,83 (MPa)	Kuat tekan 28 hari f _c /1,00 (MPa)	f _c rata-rata Kuat tekan 28 hari (MPa)
Umur 28 hari				
1	63000	42,95	42,95	39,89
2	52000	35,79	35,79	
3	63000	42,95	42,95	
4	55500	37,84	37,84	



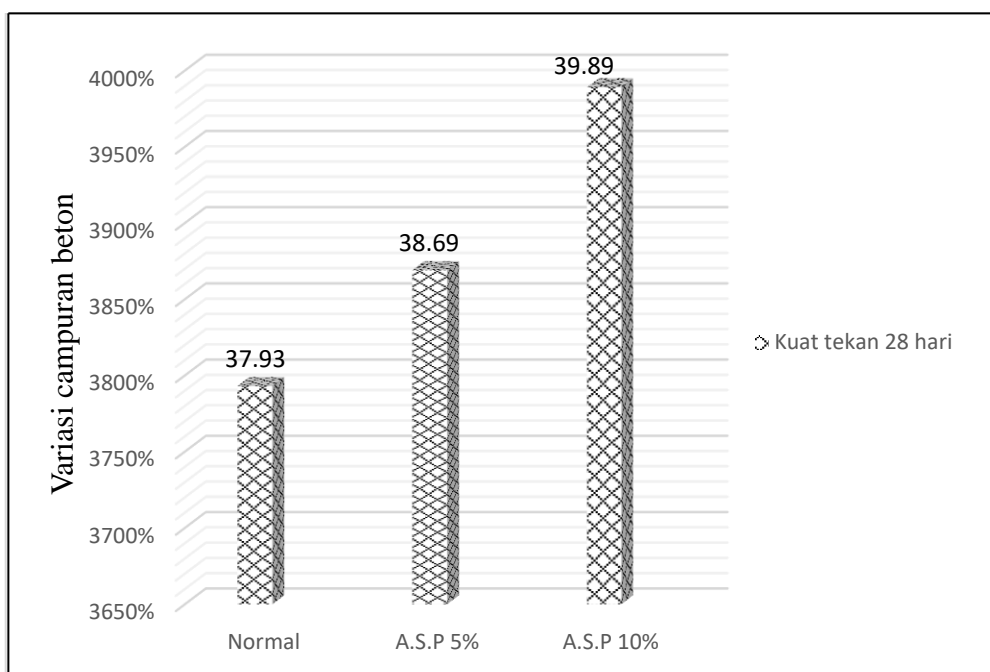
Gambar 4.5: Kuat tekan beton pada umur 7 hari.



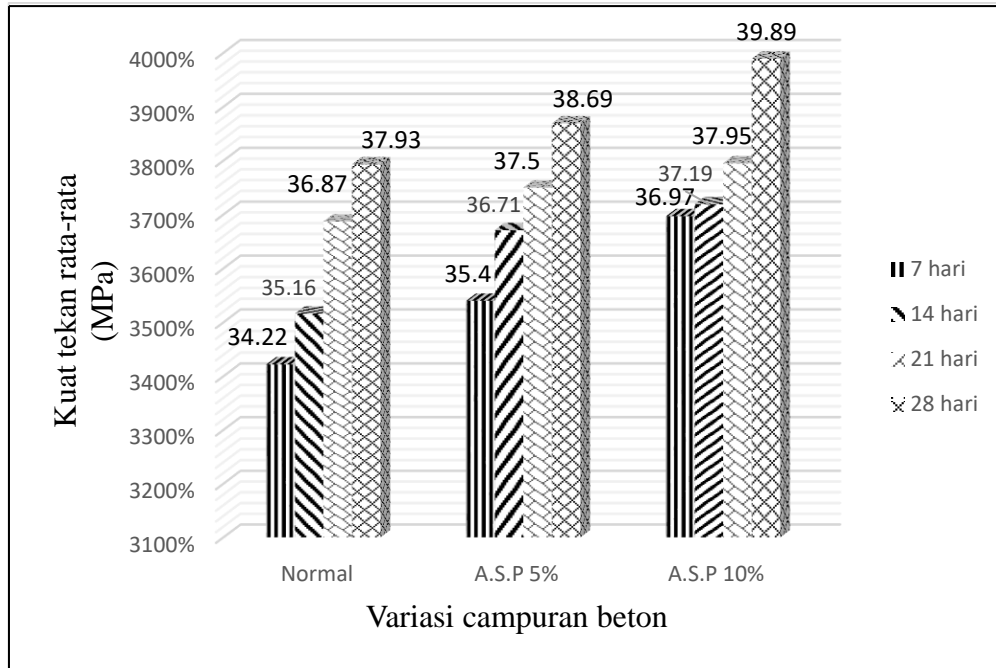
Gambar 4.6: Kuat tekan beton pada umur 14 hari.



Gambar 4.7: Kuat tekan beton pada umur 21 hari.



Gambar 4.8: Kuat tekan beton pada umur 28 hari.



Gambar 4.9: Kuat tekan beton pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari.

Dari hasil Gambar 4.5, Gambar 4.6, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 dapat dilihat pada Gambar 4.9 bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada pengganti abu sekam padi 5% dan 10% terjadi kenaikan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

4.5. Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan abu sekam padi, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan abu sekam padi sebanyak 5% dan 10%. Mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- ❖ Pengisian abu sekam padi 5%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{35,40 - 34,22}{34,22} \times 100\% \\ &= 3,44\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} &= \frac{36,71 - 35,16}{35,16} \times 100\% \\ &= 4,40\% \end{aligned}$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 21 hari)} = \frac{37,50 - 36,87}{36,87} \times 100\%$$

$$= 1,70\%$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{38,69 - 37,93}{37,93} \times 100\%$$

$$= 2,00\%$$

❖ Pengisian abu sekam padi 10%

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 7 hari)} = \frac{36,97 - 34,22}{34,22} \times 100\%$$

$$= 7,33\%$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 14 hari)} = \frac{37,19 - 35,16}{35,16} \times 100\%$$

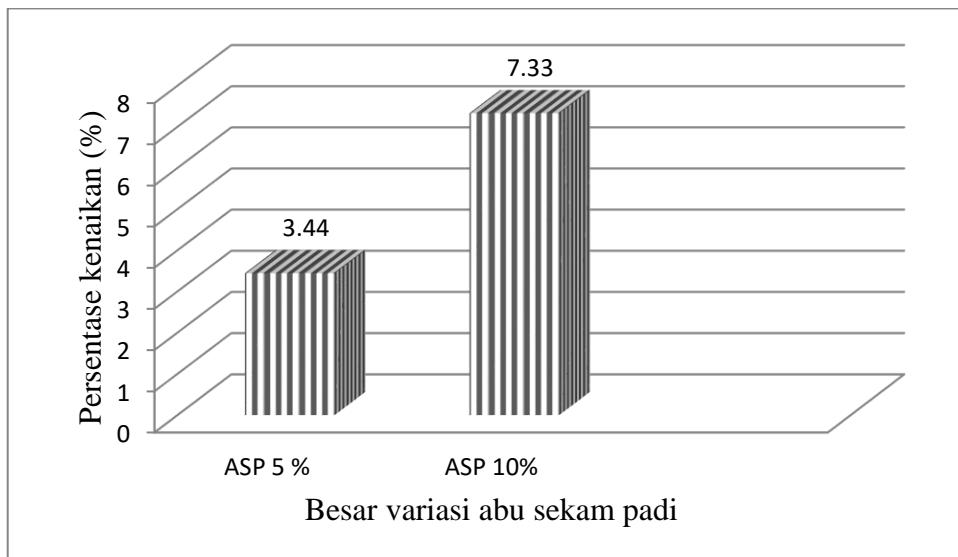
$$= 5,77\%$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 21 hari)} = \frac{37,95 - 36,87}{36,87} \times 100\%$$

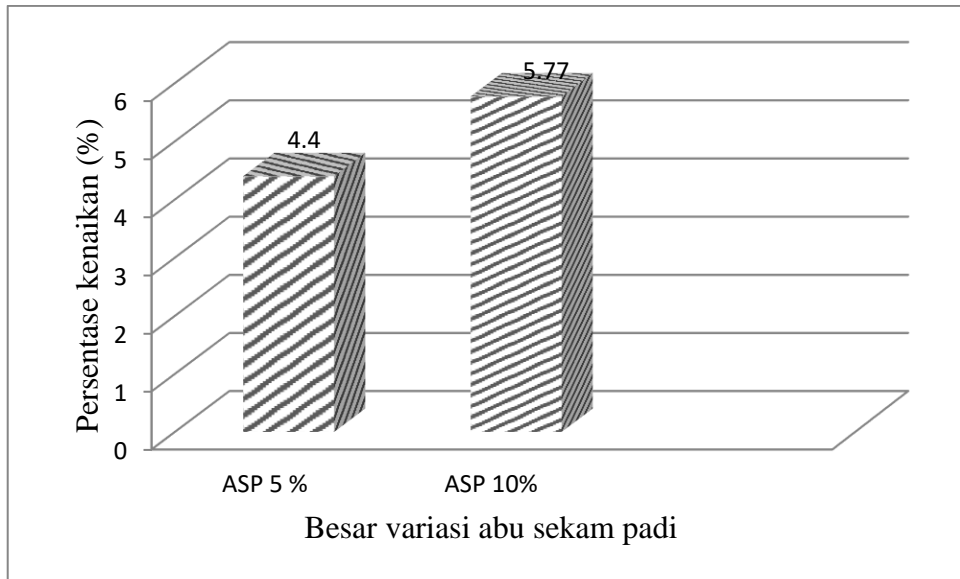
$$= 2,93\%$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{39,89 - 37,93}{37,93} \times 100\%$$

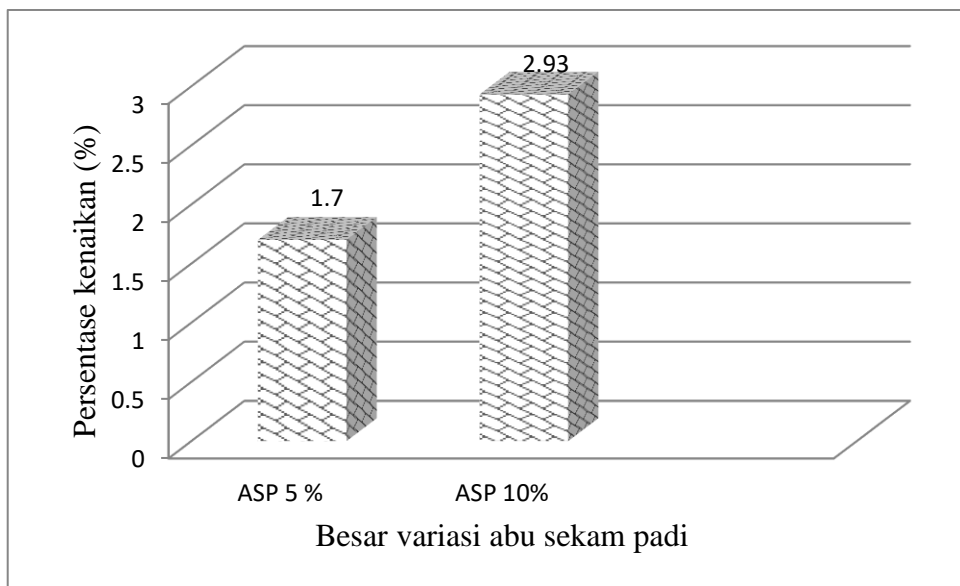
$$= 5,17\%$$



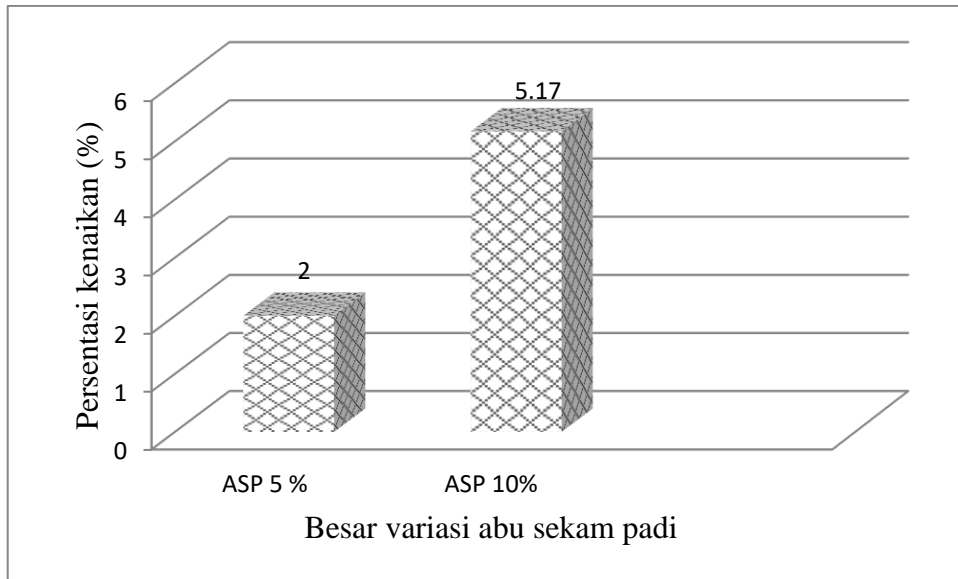
Gambar 4.10: Persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari.



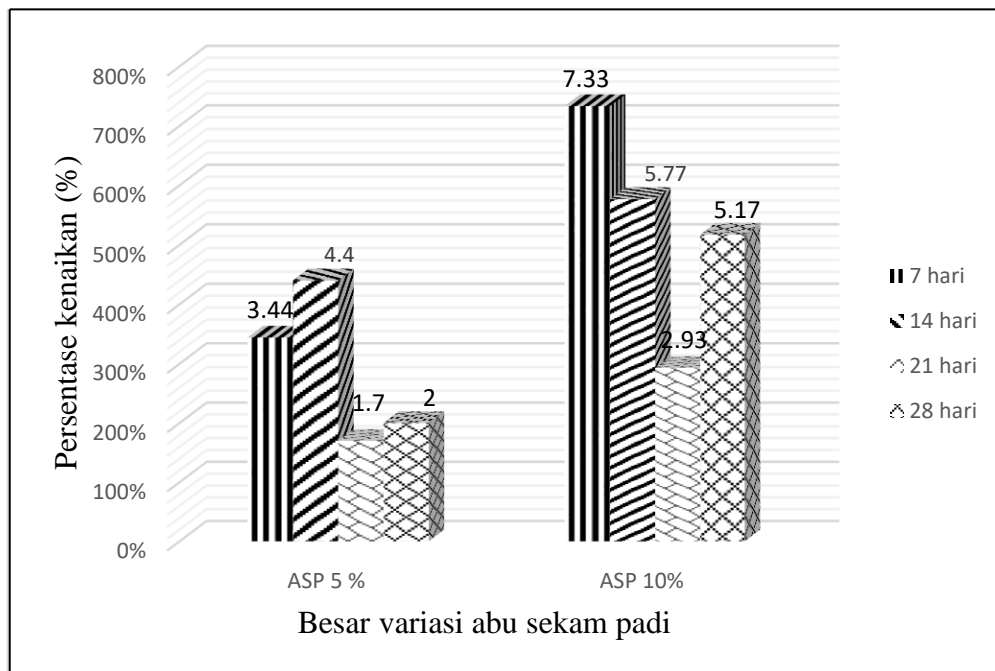
Gambar 4.11: Persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari.



Gambar 4.12: Persentase kenaikan kuat tekan beton 21 hari.



Gambar 4.13: Persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari.



Gambar 4.14: Perbandingan persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan kuat tekan beton, dapat dilihat pada Gambar 4.10, Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 serta perbandingan mengenai besar persentase kenaikan yang ditunjukkan pada Gambar 4.14, dapat di ketahui bahwa semakin banyak jumlah

bahan pengganti abu sekam padi yang tercampur pada campuran beton, maka selisih nilai kuat tekan beton juga semakin meningkat.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat menaikkan kuat tekan. Adapun faktor yang dapat mengakibatkan hal ini terjadi adalah karena persentase kimia silika yang ada pada abu sekam padi dan semen.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Penggunaan *Abu Sekam Padi* sebagai bahan pengganti yang berasal dari limbah sisa hasil pengolahan padi sebagai bahan pengganti (*filler*) dapat menaikkan mutu beton. Berdasarkan data yang diambil dari kuat tekan beton yang dihasilkan, dapat diambil kesimpulan bahwa variasi persen *abu Sekam Padi* dapat mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan pada saat pengujian. Yaitu:
 - Beton normal dengan 7 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 34,22 MPa.
 - Beton dengan pengganti *Abu Sekam Padi* 5% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 35,40 MPa.
 - Beton dengan pengganti *Abu Sekam Padi* 10% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 36,97 MPa.
 - Beton normal dengan 14 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 35,16 Mpa.
 - Beton dengan pengganti *Abu Sekam Padi* 5% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 36,71 MPa.
 - Beton dengan pengganti *Abu Sekam Padi* 10% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 37,19 MPa.
 - Beton normal dengan 21 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 36,87 MPa.
 - Beton dengan pengganti *Abu Sekam Padi* 5% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 37,50 MPa.
 - Beton dengan pengganti *Abu Sekam Padi* 10% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 37,95 MPa.

- Beton normal dengan 28 hari diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 37,93 MPa.
 - Beton dengan pengganti *Abu Sekam Padi* 5% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 38,69 MPa.
 - Beton dengan pengganti *Abu Sekam Padi* 10% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 39,89 MPa.
2. Berdasarkan kuat tekan persentase kenaikan pada umur 7 hari dengan *Abu Sekam Padi* 5% sebagai bahan pengganti diperoleh sebesar 3,44%, persentase kenaikan pada umur 14 hari dengan *Abu Sekam Padi* 5% sebagai bahan pengganti diperoleh sebesar 4,40%, persentase kenaikan pada umur 21 hari dengan *Abu Sekam Padi* 5% sebagai bahan pengganti diperoleh sebesar 1,70%, persentase kenaikan pada umur 28 hari dengan *Abu Sekam Padi* 5% sebagai bahan pengganti diperoleh sebesar 2,00%. Sedangkan kuat tekan persentase kenaikan pada umur 7 hari dengan *Abu Sekam Padi* 10% sebagai bahan pengganti diperoleh sebesar 7,33%, persentase kenaikan pada umur 14 hari dengan *Abu Sekam Padi* 10% sebagai bahan pengganti diperoleh sebesar 5,77%, persentase kenaikan pada umur 21 hari dengan *Abu Sekam Padi* 10% sebagai bahan pengganti diperoleh sebesar 2,93%, persentase kenaikan pada umur 28 hari dengan *Abu Sekam Padi* 10% sebagai bahan pengganti diperoleh sebesar 5,17%.

5.2. Saran

1. Dari hasil penelitian yang didapat, campuran dengan menggunakan abu sekam padi sebagai bahan pengganti dapat menaikkan kuat tekan beton yang lebih besar.
2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk pengujian kuat tarik dan lentur akibat pengaruh abu sekam padi.
3. Dan perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk variasi di atas 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials C33 (1982, 1986) *Standards Specification For Agregates*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C39 (1993) *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C150 (1985) *Standards Specification For Portland Cement*, Philadelphia: ASTM.
- ASTM C-128 *Standart test method for materials, Specific gravity and absorbtion of fine aggregate*, Annual Books of ASTM Standards, USA, 2002.
- ASTM C-29. *Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate*. United States.
- ASTM C-117. *Test Method for Materials Finer than 75-m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing*. United States.
- ASTM C-566 & ASTM C-556. *Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. United States.
- Annual book of ASTM *Standart, Destignation C 136, "Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates"*
- Badan Standarisasi Nasional (2002) SNI 02-2052-2002 *Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung "SK SNI T-15-1991-03"*. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- 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) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (SNI 2147:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU.
- Duggal, S.K. (2008) *Building Material*, New Delhi: New Age International.

- Houston, D. F. (1972) *Rice Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemist, Inc., St. Paul, Minnesota, USA, IV.
- Ismail, M. S. and Waliuddin, A. M. (1996). Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete. *Construction and Building Materials*. 10 (1): 521 – 526.
- Katsuki, H., Sachiko Furuta, Takanori Watari, Sridhar Komarneni. (2005) ZSM-5 zeolite/porous carbon composite: Conventional- and microwave-hydrothermal synthesis from carbonized rice husk. *Microporous and Mesoporous Materials*, 86,145-151.
- Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU (2012) *Petunjuk Pelaksanaan Praktikum Laboratorium Beton*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Lakum, C. dan Khairul (2008) *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran untuk Peningkatan Kekuatan Beton*.
- Mehta, P. K. (1986) *Concrete, structure, properties and materials*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Mulyono, T. (2005) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Mulyono, Tri. (2004) *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Nawy, E.G. 1985. *Reinforce Concrete a Fundamental Approach*. Sidney. Mac Graw-Hill Book Company.
- Prasad C.S., Maiti K,N., and Venugopal R., (2001), “*Effect of rice husk ash in whiteware compositions*”, *Ceramic International*, 27, 629-635.
- Priyosulistyo, HRC. Sudarmoko, Bambang Supriyadi, Bambang Suhendro, dan P. Sumardi. 1999. *Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi untuk Meningkatkan Mutu Beton*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing VI/2 Perguruan Tinggi.
- Puslitbang Perhutani. 2012. Program Pemulian *Pinus merkusii* Bocor Getah Tahun 2012 – 2036. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perum Perhutani. Cepu.
- Standar Industri Indonesia (1981) *Mutu dan Uji Semen* (SII 0013-1981), Departemen Perindustrian Republik Indonesia. Indonesia.
- Tjokrodimuljo, K. (2007) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro.

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	-	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 67 (diameter agregat antara ukuran 25 mm – 2,38 mm) Berat minimum contoh: 10 kg
-	25,00	1	
-	19,10	$\frac{3}{4}$	
-	12,50	$\frac{1}{2}$	
-	9,50	$\frac{3}{8}$	
No. 4	4,76	-	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 8 (diameter agregat antara ukuran 100 mm – 19 mm) Berat minimum contoh: 2,5 kg
No. 8	2,38	-	
-	12,50	$\frac{1}{2}$	
-	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: Proses penjemuran sekam padi.



Gambar L5: Proses pembakaran sekam padi.



Gambar L6: Hasil pembakaran abu sekam padi.



Gambar L7: Proses pengadukan agregat.



Gambar L8: Hasil pengujian slump test.



Gambar L9: Proses pencetakan beton selama ± 24 jam.



Gambar L10: Proses perendaman beton.



Gambar L11: Benda uji yang sedang dijemur.



Gambar L12: Beton Sebelum diuji Tekan.



Gambar L13: Beton Setelah diuji Tekan.



Gambar L14: Uji kuat tekan beton normal 28 hari.



Gambar L15: Uji kuat tekan beton abu sekam padi 5%.



Gambar L16: Uji kuat tekan beton abu sekam padi 10%.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Jubaidah Pasaribu
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat/Tgl Lahir : Sibuhuan Julu, 18 Agustus 1994
Alamat : jl.Kihajar Dewantara Ling VI Kel. Pasar Sibuhuan
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Drs. Rusman Pasaribu
Ibu : Dra. Hermida Nasution

JENJANG PENDIDIKAN

- ❖ SDN No. 100850 Sibuhuan : Berijazah Tahun 2007
- ❖ MTS. BAHARUDDIN : Berijazah Tahun 2010
- ❖ MAN 2 Padang Sidempuan : Berijazah Tahun 2013
- ❖ Melanjutkan kuliah di Fakultas Teknik Program Studi Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tahun 2013 hingga selesai.