

TUGAS AKHIR

**KAJIAN KUAT LENTUR PADA PRISMA BETON
BESERAT SABUT KELAPA DAN KOMBINASI ABU
SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI PASIR
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh :

LIDYA MEGA RIZKY SOESANTO
1407210213



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan 20238 Telp.(061) 6623301
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rektor@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Lidya Mega Rizky Soesanto

NPM : 1407210213

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Kajian Kuat Lentur Pada Prisma Beton Beserat Sabut Kelapa Dan Kombinasi Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir

Bidang Ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, 28 September 2019

Pembimbing I

Dr. Josef Hadipramana

Pembimbing II

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Unggul | Cerdas | Terpercaya

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Lidya Mega Rizky Soesanto

NPM : 1407210213

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Kajian Kuat Lentur Pada Prisma Beton Berserat Sabut Kelapa Dan Kombinasi Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir (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, 28 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I/Penguji



Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pembimbing II/Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding I/Penguji



Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc

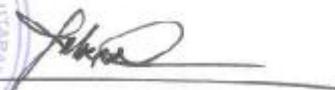
Dosen Pembanding II/Penguji



Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T



Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Lidya Mega Rizky Soesanto

Tempat /Tanggal Lahir: Medan, 11 Nopember 1996

NPM : 1407210213

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Kajian Kuat Lentur Pada Prisma Beton Berserat Sabut Kelapa Dan Kombinasi Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir”.

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 orisinil 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, 28 September 2019



Saya yang menyatakan,

Lidya Mega Rizky Soesanto

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Lidya Mega Rizky Soesanto

NPM : 1407210213

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Kajian Kuat Lentur Pada Prisma Beton Berserat Sabut Kelapa Dan Kombinasi Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir (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, 28 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I/Penguji

Dosen Pembimbing II/Penguji

Dr. Josef Hadipramana

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding I/Penguji

Dosen Pembanding II/Penguji

Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc

Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Lidya Mega Rizky Soesanto

Tempat /Tanggal Lahir: Medan, 11 Nopember 1996

NPM : 1407210213

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Kajian Kuat Lentur Pada Prisma Beton Berserat Sabut Kelapa Dan Kombinasi Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir”.

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, 28 September 2019

Saya yang menyatakan,



Lidya Mega Rizky Soesanto

ABSTRAK

KAJIAN KUAT LENTUR PADA PRISMA BETON BERSERAT SABUT KELAPA DAN KOMBINASI ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI PASIR (STUDI PENELITIAN)

Lidya Mega Rizky Soesanto
1407210213

Dr. Josef Hadipramana
Dr. Fahrizal Zulkarnain

Beton beserat menjadi solusi dari salah satu kekurangan dari salah satu kekurangan beton yaitu kekuatan tarik yang rendah dan bersifat getas (*brittle*). Penambahan serat memperbaiki sifat-sifat struktural beton. Salah satu limbah yang akan ditambahkan pada penelitian ini adalah sabut kelapa dan abu sekam padi. Pada penelitian ini, abu sekam padi sebagai bahan pengganti dari penggunaan agregat halus dalam campuran beton, dan penambahan sabut kelapa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan abu sekam padi dan sabut kelapa terhadap kekuatan lentur beton. Benda uji pada penelitian terdiri dari benda uji balok tanpa tulangan dimensi 150 mm x 150 mm x 750 mm untuk pengujian kuat lentur dan benda uji silinder dimensi 150 mm x 300 mm untuk pengujian kuat tekan beton. Variasi serat yang digunakan yaitu 2% dengan panjang serat 30 mm diameter 1 mm. Variasi abu sekam padi yang digunakan 0%, 10%, 20%, 30%. Benda uji berjumlah 12 buah, masing-masing berjumlah 3 buah setiap variasi serat untuk pengujian kuat tekan, dan benda uji berjumlah 12 buah masing-masing 3 buah setiap variasi untuk pengujian kuat lentur beton. Setelah penelitian, diketahui bahwa penggunaan abu sekam padi dan sabut kelapa berpengaruh terhadap kuat tekan beton dan kuat lentur beton. Beton dengan campuran abu sekam padi 20% dan serat sabut kelapa 2% dapat menaikkan kuat tekan beton sebesar 27,8 MPa pada umur 28 hari, beton dengan campuran abu sekam padi 10% dan sabut kelapa 2% dapat menaikkan kuat lentur beton sebesar 4,53 MPa pada umur 28 hari.

Kata kunci: Beton serat, Kuat Tekan Beton , Kuat Lentur Beton.

ABSTARCT

STUDY OF FLEXURAL STRENGTH IN COCONUT FIBER CONCRETE PRISM AND RICE HUSK ASH COMBINATION AS A SAND REPLACEMENT (RESEARCH STUDY)

Lidya Mega Rizky Soesanto

1407210213

Dr. Josef Hadipramana

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Fibrous concrete is a solution of one of the shortcomings of one of the shortcomings of concrete, which is low tensile strength and brittle. Adding fiber improves the structural properties of concrete. One of the wastes that will be added to this research is coconut husk and rice husk ash. In this study, rice husk ash as a substitute for the use of fine aggregate in a concrete mixture, and the addition of coconut fiber. The purpose of this study was to determine how much influence the use of rice husk ash and coconut coir on the flexural strength of concrete. The specimens in the study consisted of beams without reinforcement dimensions of 150 mm x 150 mm x 750 mm for flexural strength testing and cylindrical specimens of 150 mm x 300 mm for concrete compressive strength testing. The variation of fiber used is 2% with a fiber length of 30 mm in diameter 1 mm. The variation of rice husk ash used is 0%, 10%, 20%, 30%. There are 12 specimens, each containing 3 pieces for each fiber variation for compressive strength testing, and 12 specimens for each variation for concrete flexural strength testing. After research, it is known that the use of rice husk ash and coconut coir influences the compressive strength of concrete and flexural strength of concrete. Concrete with a mixture of 20% rice husk ash and 2% coconut fiber fiber can increase the compressive strength of concrete by 27.8 MPa at 28 days, concrete with a mixture of 10% rice husk ash and 2% coconut fiber can increase the flexural strength of concrete by 4, 53 MPa at 28 days.

Keywords : Fiber Concrete, Compressive Strength, Flexural Strength.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada 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 “Kajian Kuat Lentur Pada Prisma Beton Berserat Sabut Kelapa Dan Kombinasi Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir” 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T, M.T 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. Bapak Ir. Torang Sitorus M.T, selaku Kepala Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara dan para Asisten Laboratorium Beton telah mengizinkan saya untuk melakukan pengujian tugas akhir di Laboratorium Beton Universitas Sumatera Utara
8. Orang tua penulis: Bapak Eka Susanto dan Ibu Anita Pardede yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa-doa terbaik yang tidak putus hingga hari ini.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Kakakku Lola Violyta Adha Soesanto, abangku Yandri Handika Susanto, kakakku Maria Resdinar Prisilla Manik, kakakku Theresia Asih, adikku Kezya Tiara Yasmine Soesanto, dan terkasih Dibyo Pangestu yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Sahabat-sahabat penulis : Gloria Duma Idaito Sitompul, Winda Septika, Lena Octavia Ginting, Desi Tambunan, Dede Hardiansyah, Saputra Sihombing, Kharismanda Siregar, Dio Fahmizan, Abangnda Marwan Syahputra, adik-adikku Alprida Ginting, Dinda Karnelia Ujung, Sherly Agustein, Wulan Rahayu Harahap dan Keluarga Besar Teknik Sipil B1 pagi stambuk 2014, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.
12. Seluruh keluarga besar Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS), Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM), Ikatan Mahasiswa Elektro (IME), dan Forum Komunikasi Mahasiswa Teknik Sipil Indonesia (FKMTSI) yang telah banyak memberikan ilmu dibidang non akademik kepada penulis.

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, 28 September 2019

Lidya Mega Rizky Soesanto

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	6
2.2. Pengertian Beton Serat	9
2.3. Material Pembentuk Campuran Beton	11
2.3.1. Semen <i>Portland pozzolanic</i> (<i>PPC</i>)	11
2.3.2. Agregat	16
2.3.3. Air	24
2.4. Sabut Kelapa (SK)	26
2.5. Abu Sekam Padi (ASP)	28
2.6. <i>Slump Test</i>	30
2.7. Perawatan Beton (<i>Curing</i>)	30
2.8. Pengujian Kuat Tekan Beton	31

2.9. Pengujian Kuat Lentur Beton	34
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Umum	38
3.1.1. Metodologi Penelitian	38
3.2. Pelaksanaan Penelitian	42
3.2.1. Waktu dan Tempat Penelitian	42
3.2.2. Rancangan Penelitian	42
3.3. Persiapan Bahan Dan Peralatan	43
3.3.1. Bahan	43
3.3.2. Peralatan	43
3.4. Persiapan Penelitian	44
3.5. Pemeriksaan Agregat	44
3.6. Pemeriksaan Agregat Halus	44
3.6.1. Pemeriksaan Kadar Air	44
3.6.2. Pemeriksaan Kadar Lumpur	45
3.6.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	46
3.6.4. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	47
3.6.5. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	47
3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar	50
3.7.1. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	51
3.7.2. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	51
3.7.3. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	52
3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar	52
3.7.5. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	53
3.7.6. Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin	
<i>Los Angeles</i>	56
3.8. Pengambilan Sabut Kelapa (SK)	57
3.9. Pengambilan Abu Sekam Padi (ASP)	57
3.10. Perencanaan Campuran Beton	57
3.11. Perencanaan Campuran Beton Menurut SNI 03-2834-2000	58
3.12. Pelaksanaan Penelitian	69
3.12.1. <i>Mix Design</i>	69

3.12.2. Pembuatan Benda Uji	69
3.12.3. Pengujian <i>Slump</i>	70
3.12.4. Perawatan Beton	70
3.12.5. Pengujian Kuat Tekan	70
3.12.6. Pengujian Kuat Lentur	71
BAB 4 HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1. Perencanaan Campuran Beton	72
4.2. Pengambilan Nilai <i>Slump Test</i>	85
4.3. Pengujian Kuat Tekan Beton	87
4.3.1. Kuat Tekan Beton Normal (Saat Pengujian)	87
4.3.2. Kuat Tekan Beton Dengan SK 2% + ASP 10%	88
4.3.3. Kuat Tekan Beton Dengan SK 2% + ASP 20%	89
4.3.4. Kuat Tekan Beton Dengan SK 2% + ASP 30%	89
4.4. Pengujian Kuat Lentur (<i>Flexural</i>)	91
4.4.1. Kuat Lentur Beton Normal	91
4.4.2. Kuat Lentur Beton Dengan SK 2% + ASP 10%	92
4.4.3. Kuat Lentur Beton Dengan SK 2% + ASP 20%	93
4.4.4. Kuat Lentur Beton Dengan SK 2% + ASP 30%	94
4.5. Perbandingan Hasil Kuat Tekan dan Kuat Lentur	95
4.6. Pembahasan	97
4.6.1. Pembahasan Kuat Tekan	97
4.6.2. Pembahasan Kuat Tekan dari Penelitian Yang Terdahulu	98
4.6.3. Pembahasan Kuat Lentur	99
4.6.4. Pembahasan Kuat Lentur dari Penelitian Terdahulu	101
4.6.5. Pembahasan Perbandingan Beton Serat Dengan Beton Normal Dari Penelitian Yang Terdahulu	101
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	103
5.2. Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN	108

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Unsur pembentuk beton	7
Tabel 2.2	Macam serat	10
Tabel 2.3	Persyaratan mutu dari sifat-sifat kimia semen (ASTM C150,1985)	13
Tabel 2.4	Pengaruh material terhadap kekuatan beton	17
Tabel 2.5	Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000)	18
Tabel 2.6	Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000)	23
Tabel 2.7	Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan (Mulyono, 2005)	25
Tabel 2.8	Komposisi sabut kelapa	28
Tabel 2.9	Menganjurkan agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan Waktu yang telah ditoleransikan (ASTM C-39, 1993)	32
Tabel 2.10	Koefisien perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodimuljo, 2007)	33
Tabel 2.11	Hubungan antara umur beton dan kuat tekan beton	33
Tabel 3.1	Data-data hasil penelitian kadar air halus	45
Tabel 3.2	Data-data hasil penelitian kadar lumpur halus	45
Tabel 3.3	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus	46
Tabel 3.4	Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus	47
Tabel 3.5	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus	48
Tabel 3.6	Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar	51
Tabel 3.7	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar	51
Tabel 3.8	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	52
Tabel 3.9	Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar	53
Tabel 3.10	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar	54
Tabel 3.11	Data-data dari hasil pengujian kekerasan agregat	56
Tabel 3.12	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834,2000)	58
Tabel 3.13	Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004)	58

Tabel 3.14	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834,2000)	61
Tabel 3.15	Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834,2000)	61
Tabel 3.16	Jumlah variasi sampel pengujian kuat tekan beton	71
Tabel 3.17	Jumlah variasi sampel pengujian kuat lentur beton	71
Tabel 4.1	Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834, 2000)	73
Tabel 4.2	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji silinder	76
Tabel 4.3	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji silinder	76
Tabel 4.4	Banyak ASP yang dibutuhkan dalam 1 benda uji silinder	77
Tabel 4.5	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan untuk 12 benda uji silinder	79
Tabel 4.6	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan untuk 12 benda uji silinder	80
Tabel 4.7	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji balok prisma	81
Tabel 4.8	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji balok prisma	82
Tabel 4.9	Banyak ASP yang dibutuhkan dalam 1 benda uji balok prisma	82
Tabel 4.10	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji balok prisma	84
Tabel 4.11	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji balok prisma	85
Tabel 4.12	Hasil pengujian nilai <i>slump</i> benda uji silinder dan balok	86
Tabel 4.13	Hasil pengujian kuat tekan beton	88
Tabel 4.14	Hasil pengujian kuat tekan beton dengan SK 2% dan ASP 10%	88
Tabel 4.15	Hasil pengujian kuat tekan beton dengan SK 2% dan ASP 20%	89
Tabel 4.16	Hasil pengujian kuat tekan beton dengan SK 2% dan ASP 30%	90

Tabel 4.17	Hasil pengujian kuat lentur beton normal umur pengujian 28 hari	91
Tabel 4.18	Hasil pengujian kuat lentur beton dengan SK 2% dan ASP 10%	92
Tabel 4.19	Hasil pengujian kuat lentur beton dengan SK 2% dan ASP 20%	93
Tabel 4.20	Hasil pengujian kuat lentur beton dengan SK 2% dan ASP 30%	94
Tabel 4.21	Hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur sebagai bahan perbandingan	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daerah gradasi pasir kasar (SNI 03-2834, 2000)	19
Gambar 2.2	Daerah gradasi pasir sedang (SNI 03-2834, 2000)	20
Gambar 2.3	Daerah gradasi pasir agak halus (SNI 03-2834, 2000)	20
Gambar 2.4	Daerah gradasi pasir halus (SNI 03-2834, 2000)	21
Gambar 2.5	Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000)	23
Gambar 2.6	Sabut kelapa (a) sebelum alkalisasi (b) sesudah alkalisasi	27
Gambar 2.7	Pemodelan kuat tarik lentur	34
Gambar 2.8	Uji lentur dengan pembebanan dua titik	35
Gambar 2.9	Posisi perletakkan benda uji pada mesin uji	36
Gambar 2.10	Letak pada posisi sepertiga bentang tengah	36
Gambar 2.11	Patah terletak diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah <5% dari bentangnya	37
Gambar 2.12	Letak patah diluar sepertiga bentang tengah >5%	37
Gambar 3.1	Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan	41
Gambar 3.2	Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)	50
Gambar 3.3	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	55
Gambar 3.4	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (SK.SNI 03-2000)	60
Gambar 3.5	Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)	63
Gambar 3.6	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	64
Gambar 3.7	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000)	65
Gambar 3.8	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000)	66
Gambar 4.1	Beban tekan pada benda uji silinder	87
Gambar 4.2	Grafik persentase kuat tekan beton normal dan beton serat umur 28 hari	90
Gambar 4.3	Grafik persentase kuat lentur beton normal dan beton serat umur 28 hari	95

Gambar 4.4	Grafik hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada umur 28 hari	97
Gambar 4.5	(a) Pengujian kuat lentur beton normal (b) pengujian kuat lentur dengan penambahan serat	100

DAFTAR NOTASI

α	= kuat tekan	(MPa)
P	= gaya tekan aksial dinyatakan dalam newton	(N)
A	= luas penampang	(mm ²)
$F'c$ rata-rata	= kuat tekan rata-rata	(MPa)
B_j	= berat jenis	(gr/mm ³)
B_{j_h}	= 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)
N	= jumlah benda uji	(Buah)
P	= beban tekan	(kg)
t	= tinggi benda uji	(cm)
V	= volume	(cm ³)
L	= panjang bentang	(cm)
b	= lebar specimen	(cm)
d	= tinggi specimen	(cm)
a	= jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekak diukur pada bagian tarik specimen	(cm)
$A - A$	= bagian sumbu melintang memanjang	
B	= bagian titik perletakkan	
C	= bagian titik pembebana	
W	= berat	(kg)
Kh	= persentasi berat agregat halus terhadap agregat campuran (%)	
C_a	= absorpsi air pada agregat halus	(%)
C_k	= kadar air pada agregat halus	(%)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam perkembangan peradaban manusia khususnya dalam hal pembangunan yang semakin hari semakin pesat berpengaruh pada kebutuhan manusia yang bermacam ragam. Beton adalah materi bangunan yang paling banyak digunakan di bumi ini. Salah satunya adalah kebutuhan konstruksi seperti rumah tinggal, perkantoran, rumah sakit, apartemen, dan bangunan lainnya yang terbuat dari beton.

Dimana beton merupakan bahan bangunan yang sangat populer digunakan didalam dunia konstruksi, sehingga sudah banyak penelitian yang dilaksanakan. Bahkan akan menerus bertambah sebagai upaya menjawab tuntutan berkembangnya zaman dan kondisi lingkungan. Seperti diketahui, bahwa kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh bahan utamanya (air, semen, dan agregat) sehingga kualitas dari bahan-bahan tersebut harus diperiksa secara seksama agar diperoleh beton sesuai yang diinginkan.

Disamping itu beton mempunyai kuat tekan yang besar sementara kuat tariknya kecil. Oleh karena itu untuk struktur bangunan, beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi (Antoni dkk, 2007).

Pengukuran kuat tarik beton secara langsung sukar dilakukan, dan jarang dicoba. Terdapat cara untuk merintis usaha mendapatkan kekuatan tarik yaitu menghasilkan besaran kuat tarik dalam keadaan lentur yang dikenal sebagai kuat lentur.

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 4431, 2011).

Yang mana diketahui kekuatan lentur beton lebih kecil dibanding dengan kekuatan tekan beton. Untuk memperbaiki kekurangan tersebut ada beberapa

cara untuk mengatasinya antara lain dengan menambahkan serat didalam campuran beton baik itu penggunaan serat alami ataupun serat buatan dengan kombinasi abu sekam padi sebagai pengganti bahan alternatif yang potensial yaitu pasir.

Beton serat menjadi solusi dari salah satu kekurangan lain dari beton yaitu kekuatan tarik yang rendah dan bersifat getas (*brittle*). Penambahan serat memperbaiki sifat-sifat struktural beton. Serat bersifat mekanis sehingga tidak akan bereaksi secara kimiawi dengan bahan pembentuk beton lainnya. Serat membantu mengikat dan menyatukan campuran beton setelah terjadinya pengikatan awal dengan pasta semen. Pasta beton akan semakin kokoh atau stabil dalam menahan beban karena aksi serat (*fiber bridging*) yang saling mengikat disekelilingnya (Purwanto, 2011).

Dengan demikian diharapkan kemampuan beton untuk mendukung tegangan-tegangan internal (aksial, lentur, dan geser) akan meningkat, sehingga beton tahan terhadap gaya lentur akibat cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi pada beton dengan permukaannya yang luas. Ada pun jenis yang digunakan dalam penelitian beton serat ialah berupa serat alam (*natural fibre*) yang diambil dari kulit kelapa.

Menurut Suhardiyono (1999), serabut kelapa adalah bahan beserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Buah kelapa sendiri terdiri atas serabut 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Adapun sabut kelapa terdiri atas 78% dinding sel dan 22,2% rongga. Salah satu cara mendapatkan serat dari sabut kelapa yaitu dengan ekstraksi menggunakan mesin. Serat yang dapat diekstraksi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diekstraksi diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian. Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15-30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain (Fandy dkk, 2013).

Komponen material dari beton yang sangat sering digunakan ialah pasir. Pasir adalah butiran-butiran mineral keras dan tajam berukuran lebih kecil dari 5 mm (R. Sagel dkk, 1994). Namun kebutuhan akan pasir yang semakin banyak

mengakibatkan harganya yang cukup mahal. Sehingga perlulah dilakukan penelitian agar mengganti abu sekam padi menjadi pasir pada campuran beton beserat.

Abu sekam padi (ASP) adalah sejenis abu terbang yang merupakan sisa pembakaran batu bata atau tembikar. Pemanfaatan sekam padi kering sering digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran batu bata atau tembikar, dikarenakan harganya yang relatif murah dan mudah didapatkan di pedesaan. Secara visual ASP adalah material berwarna abu abu dengan bentuk butiran yang halus, padat dan bulat. Dari hasil pra penelitian, ASP tersebut 57%-62% lolos saringan nomor 200 (0,075mm) dan bersifat non plastis(Lubis dkk, 2009).

Untuk itu peneliti memanfaatkan limbah sabut kelapa (SK) sebagai bahan penguat lentur terhadap beton dan ASP yang memiliki kandungan *pozzolan* yang cukup tinggi sehingga dapat menggantikan penggunaan pasir. Disamping harganya lebih murah, SK dan ASP juga tidak sulit untuk didapatkan. Peneliti menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 75 cm, lebar 15cm, dan tinggi 15 cm untuk mengetahui kuat lentur beton dan menggunakan benda uji silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm untuk mengetahui kuat tekan beton. Dengan variasi yang digunakan untuk penelitian ini ASP 0%, 10%, 20%, dan 30% terhitung dari berat pasir dan SK terhitung dari volume benda uji. Dan umur pengujian yang digunakan adalah 28 hari.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dicoba untuk mengambil permasalahan mengenai pengaruh penambahan SK dan ASP sebagai pengganti pasir terhadap kuat lentur beton. Beberapa permasalahan yang muncul antara lain:

1. Apakah pemakaian SK 2% dan ASP dengan variasi 10%, 20%, 30% dapat mempengaruhi kuat tekan pada beton?
2. Bagaimana hasil pengujian kuat lentur beton dengan penggunaan SK 2% dan ASP pada masing-masing variasi 0%, 10%, 20%, 30%?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat maka ruang lingkup penelitian diberi batasan penelitian yang dikaji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode pembuatan sampel beton SNI 03-2834-2000 “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal”.
2. Metode pengujian kuat lentur beton dengan dua titik pembebanan SNI 4431 : 2011.
3. Metode pengujian kuat tekan beton SNI 03-1974-1990 “Metode Pengujian Kuat Tekan Beton”.
4. SK yang ditambahkan 2% dari volume benda uji dan ASP dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30%, dari volume berat pasir.
5. Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan ialah 0,41.
6. Penelitian ini menggunakan cetakan dengan penampang lintang berbentuk balok ukuran panjang 75 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm untuk pengujian kuat lentur dan silinder berukuran tinggi 30 cm, dan diameter 15 cm untuk pengujian kuat tekan.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan SK 2% dan ASP dengan variasi 10%, 20%, 30% pada kuat tekan beton.
2. Mengetahui hasil pengujian kuat lentur beton dengan campuran SK pada variasi 2% dari volume benda uji dan ASP pada variasi 0%, 10%, 20%, dan 30%.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk memenuhi persyaratan tugas akhir dan dapat memberikan kontribusi dalam bidang praktisi akademik, ilmu pengetahuan dalam bidang konstruksi dengan membuat variasi campuran SK dan ASP sebagai pengganti pasir pada beton sehingga dapat membuat beton yang lebih ekonomis namun tidak mengurangi kekuatan beton tersebut.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini penulis membagi beberapa materi yang akan disampaikan kedalam beberapa bab, yakni:

1. Bab 1 Pendahuluan

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

2. Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berusaha menguraikan dan membahas bahan bacaan yang relevan dengan pokok bahasan studi, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori.

3. Bab 3 Metodologi Penelitian

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

4. Bab 4 Hasil Dan Pembahasan

Bab ini berisikan tentang hasil penelitian, permasalahan dan pemecahan masalah selama penelitian.

5. Bab 5 Analisa Dan Pembahasan

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari analisa yang telah dilakukan dan juga saran-saran dari penulis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Singkatnya dapat dikatakan pasta bahwa semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (batu kerikil, basalt, dan sebagainya). Rongga di antara bahan-bahan kasar diisi oleh bahan-bahan halus (Antoni dkk., 2007).

Beton terbentuk dari pengerasan campuran semen, pasir, kerikil dan air. Saat ini banyak penelitian diarahkan kepada pembuatan beton dengan mutu tinggi, mutu beton tergantung pada kuat tekan. Untuk menghasilkan beton dengan mutu yang tinggi diperlukan control kualitas bahan yang cukup ketat. Penggunaan material buatan (batu pecah) dengan tingkat kekerasan dan gradasi yang sudah terseleksi dengan sendirinya melalui stone crusher serta permukaan yang lebih kasar di harapkan bisa meningkatkan daya ikat dengan material pembentuk beton lainnya sehingga mutu beton yang di harapkan dapat tercapai. Selain itu, parameter yang mempengaruhi kekuatan tekan beton, diantaranya adalah kualitas bahan-bahan penyusunnya, rasio air semen yang rendah dan kepadatan yang tinggi pula. Beton segar yang dihasilkan dengan memperhatikan parameter tersebut biasanya sangat kaku, sehingga sulit dibentuk atau dikerjakan terutama pada pengerjaan pemadatan (Tri Wahyudi dkk., 2013)

Struktur beton tersusun dari beberapa 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 diadonan (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).

Dalam konstruksi, beton dibentuk oleh bahan penyusun yang terdiri dari bahan campuran semen, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), agregat halus, air, udara dan bahan tambah dari zat kimia hingga limbah yang tidak ada nilai jualnya dengan perbandingan persentase tertentu. Beton normal ialah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah.

Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat desak/hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan atau *workability*, faktor air semen (FAS) dan zat tambahan atau *admixture* bila diperlukan.

Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Mulyono, 2005). Secara proporsi, komposisi unsur pembentuk beton terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Unsur pembentuk beton.

Nama Bahan	Jumlah (%)
Agregat kasar dan halus	60-75
Semen	7-15
Air	14-21
Udara	1-2

Seperti yang terlihat pada Tabel 2.1 pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, semen 7-15%, air 14-21% dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60%-75% (Mulyono, 2005).

Beton pada umumnya digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, pondasi, jalan, jembatan penyebrangan, struktur parkir dan sebagainya. Hal ini dikarenakan beton memiliki berbagai macam keuntungan, antara lain:

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.

- b. Mampu memikul beban yang berat.
- c. Biaya pemeliharaan yang kecil.

Dalam pembuatan beton normal, langkah-langkah pekerjaannya meliputi:

- a. Pemeriksaan sifat bahan dasar.
- b. Penentuan kekuatan beton yang di inginkan.
- c. Perencanaan campuran adukan beton.
- d. Percobaan campuran adukan beton.
- e. Pengendalian (pemantauan dan evaluasi) selama pekerjaan pembetonan.

Adapun kelebihan dari penggunaan beton yaitu:

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

Adapun kekurangan dari penggunaan beton yaitu:

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- c. Beban yang berat.
- d. Daya pantul suara yang besar.
- e. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu, perlu diberi baja tulangan atau tulang kasa.

Berdasarkan kuat tekan beton dibagi menjadi tiga klasifikasi (Mailler,1992), yaitu:

- a. Beton normal, dengan kuat tekan kurang dari 50 Mpa.
- b. Beton kinerja tinggi, dengan kuat tekan antara 50 Mpa hingga 90 Mpa.
- c. Beton kinerja sangat tinggi, dengan kekuatan lebih dari 90 Mpa.

Klasifikasi tersebut menjelaskan bahwa beton berkinerja tinggi sangat tinggi (beton mutu sangat tinggi) memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan beton kinerja tinggi dan beton normal.

Sedangkan terhadap isi beton dapat diklasifikasikan pada tiga kategori umum (Mehta, 1986), yaitu:

- a. 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.

b. Beton Normal (*Normal Weight Concrete*)

Beton yang mempunyai berat $2200 - 2500 \text{ kg/m}^3$ dan mengandung pasir, kerikil alam dan batu pecah sebagai agregat.

c. Beton Berat (*Heavy Weight Concrete*)

Beton ini selalu digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi yang beratnya $> 3200 \text{ kg/m}^3$.

2.2. Pengertian Beton Serat

Beton serat merupakan campuran beton dengan penambahan material berupa serat, baik sintesis maupun alami, bertujuan untuk memperbaiki karakteristik beton.

Beton serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton biasa. Jenis serat yang dapat digunakan dalam beton serat dapat berupa serat alami atau serat buatan.

Serat alami umumnya terbuat dari bermacam-macam tumbuhan. Karena sifat umumnya mudah menyerap dan melepaskan air, serat alami mudah lapuk sehingga tidak dianjurkan digunakan pada beton bermutu tinggi atau untuk penggunaan khusus. Yang termasuk serat alam antara lain rami, ijuk, sabut kelapa dan lain-lain.

Serat buatan umumnya dibuat dari senyawa-senyawa polimer. Mempunyai ketahanan tinggi terhadap perubahan cuaca. Mempunyai titik leleh, kuat tarik, dan kuat lentur tinggi. Digunakan untuk beton bermutu tinggi dan yang akan digunakan secara khusus.

ACI (*American Concrete Institute*) memberikan definisi beton serat yaitu suatu konstruksi yang tersusun dari bahan semen, agregat halus, agregat kasar serta sejumlah kecil serat (*fiber*). Banyak sifat-sifat beton yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat, diantaranya adalah ketahanan *impact*, kuat tarik dan kuat lentur, ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap susut, ketahanan

abrasi, ketahanan terhadap pecahan (*fragmentation*), dan ketahanan terhadap pengelupasan (*spalling*). Variasi serat, baik serat alami maupun buatan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Macam serat.

Tipe	Diameter, 0,001 in	Spesific Grafity	E ksi x 1000	Kuat Tarik ksi
Baja				
High Tensile	4 – 40	7,8	29	20 – 250
Stainless	0,4 – 13	7,8	23,2	300
Gelas	0,4 – 5	2,5 – 2,7	10,44 – 11,6	360 – 500
Polymer				
Polypropylene	20 – 160	0,9	0,5	90 – 110
Polyethylene	1 – 40	0,96	0,725 – 25	29 – 435
Polyester	0,4 – 3	1,38	1,45 – 2,5	80 – 170
Amarid	0,4 – 47	1,44	9 – 17	525
Asbestos	0,0008 – 1,2	2,6 – 3,4	23,8 – 28,4	29 – 500
Carbon	0,3 – 0,35	1,9	33,4 – 55,1	260 – 380
Alami				
Sisal	< 8	1,5	1,45 – 5,8	44 – 131
Kayu	0,8 – 4,7	-	1,89 – 3,77	41 – 82
Serabut Kelapa	4 – 16	1,12 – 1,15	2,76 – 3,77	17 – 29
Bambu	2 – 16	1,5	4,79 – 5,8	51 – 73
Rumput Gajah	17	-	0,716	26

Dalam sifat fisik beton, penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga. Sedangkan dalam sifat mekanisnya, penambahan serat sampai batas optimum umumnya meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur, tetapi menurunkan kekuatan tekan. Untuk mendapatkan hasil terbaik dianjurkan menggunakan rasio 50–100 di mana jika diambil diameter serat 1mm, panjangnya berkisar 50–100 mm.

Material serat alami dapat diperoleh dengan harga yang terjangkau dan tingkat penggunaan energinya rendah dengan memanfaatkan teknologi dan

sumber daya lokal. Penggunaan serat alami sebagai salah satu bentuk untuk memperkuat beton adalah hal yang sangat menarik untuk diimplementasikan di wilayah yang belum maju, bila material konstruksi konvensional tidak langsung tersedia atau harganya yang terlalu mahal (Institute, 2001).

2.3. Material Pembentuk Campuran Beton

Material yang digunakan pada campuran beton yang dipakai sebagai bahan penyusun utama yaitu semen, agregat kasar, agregat halus dan air dan bila mana diperlukan dapat menambahkan bahan tambah dengan persentase tertentu. Pada campuran ini, akan digunakan cangkang kerang kepah sebagai pengganti semen. Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi. Material-material yang akan digunakan antara lain:

2.3.1. Semen *PortlandPozzolan* (PPC)

Suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6% sampai dengan 40% massa semen portland pozolan (SNI 15-0302-2004).

Jenis dan penggunaan semen portland pozolan adalah sebagai berikut.

1. Jenis IP-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
2. Jenis IP-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis P-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis P-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

Pozzolan adalah bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen.

Kelebihan dan Kekurangan Semen PPC Berdasarkan penjelasan di atas, pada semen portland pozolan terdapat bahan tambahan antara 6% 40% kadar pozolan. Maka dengan adanya bahan tambahan dalam semen tersebut, semen jenis ini memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut.

1. Kelebihan semen portland pozolan adalah sebagai berikut ini:
 - a. Kuat awal semen portland pozolan tergantung dari produsen menggunakan seberapa banyak bahan tambah dalam semen tersebut, yang artinya semakin banyak bahan tambah pozolan dalam semen, maka beton akan mempunyai kuat tekan awal dan kuat tekan akhir yang lebih baik dibandingkan dengan semen PC.
 - b. Semen portland pozolan memiliki perkembangan kuat tekan akhir yang baik karena pengaruh dari senyawa SiO_2 , dimana senyawa tersebut sangat mempengaruhi kuat tekan akhir pada beton. Biasanya semakin tinggi bahan tambah silika, maka kuat tekan akhir yang dihasilkan oleh semen portland pozolan sangat baik diatas umur 28 hari.
 - c. Berdasarkan SNI 03-2915-2004 semen portland pozolan dapat digunakan untuk beton di daerah sulfat.
 - d. Memiliki panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan semen PC.
2. Kekurangan semen portland pozolan adalah sebagai berikut ini:
 - a. Dengan jumlah semen yang sama dengan semen PC, maka nilai kuat tekan awal pada umur 28 hari dibawah dari penggunaan semen PC. Kuat tekan semen portland pozolan akan mencapai optimum pada umur diatas 28 hari,

bisa 56 hari atau 90 hari tergantung dari jumlah bahan tambah pozolan yang ditambahkan ke dalam semen.

- b. Konsistensi beton sangat dipengaruhi oleh seberapa banyak bahan tambah pozolan yang terdapat pada semen portland pozolan.
- c. Untuk mengejar kuat tekan yang sama pada umur 28 hari, maka biasanya penggunaan semen portland pozolan lebih banyak dibandingkan dengan semen PC.
- d. Kuat tekan beton dengan semen portland pozolan pada umur awal lebih rendah dibanding semen PC, tetapi pada umur lama akan semakin tinggi karena masih terjadi reaksi antara silika aktif pozolan dengan Ca(OH)_2 membentuk senyawa CSH.

Jika dibandingkan dengan portland cement (PC) yang merupakan semen hidrolis Tipe I, umumnya dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum atau bangunan yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Semen tipe ini memiliki kadar silika yang terbesar dibandingkan dengan semen Tipe PPC ataupun PCC. Dari segi kekuatan lekatan yang ada pada semen Tipe I PC, memiliki kekuatan lekatan awal yang lebih besar daripada semen Tipe II PPC. Hal tersebut dikarenakan kandungan silika yang ada pada semen Tipe I PC lebih banyak. Namun, semen tipe PC ini jarang ditemui langsung di pasaran atau toko bangunan lainnya melainkan harus memesan langsung ke pabrik atau ke provider ready mix yang memiliki batching plan terdekat. Tipe semen yang tersedia di pasaran, khususnya dengan merek Semen Gresik hanya memproduksi portland pozzoland cement (PPC) yang dikategorikan ke dalam semen Tipe II. Kemudian, harga semen PC Tipe I juga lebih mahal dibandingkan dengan harga semen PPC Tipe II.

Berikut adalah tabel yang menjelaskan persyaratan mutu dari sifat-sifat berbagai tipe semen berdasarkan ASTM C150 (1985). Pada Tabel 2.2 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 2.3: Persyaratan mutu dari sifat-sifat kimia semen (ASTM C150, 1985).

Uraian	Tipe Semen				
	I	II	III	IV	V
MgO, % maksimum	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
SO ₃ , % maksimum	-	-	-	-	-

Tabel 2.3: Lanjutan.

Uraian	Tipe Semen				
	I	II	III	IV	V
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 C ₄ AF + C ₂ F, maksimum	-	-	-	-	20
C ₃ S + C ₃ A, % maksimum	-	58	-	-	-

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

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

perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan serta dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Semen *Portland Tipe IV* adalah semen *portland* dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Pertumbuhan kekuatannya lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi tinggi.
5. Semen *Portland Tipe V* adalah semen portland yang tahan Sulfat (*sulfat resisting portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang digunakan hanya untuk bangunan yang terkena sulfat, seperti di tanah/air yang kadar alkalinya tinggi.

Semen bersenyawa dengan air. Ketika air ditambahkan ke dalam campuran semen, proses kimiawi yang disebut hidrasi akan berlangsung. Senyawa kimia di dalam semen akan bereaksi dengan air dan membentuk komponen baru.

Aspek yang besar pengaruhnya terhadap pembentukan panas hidrasi adalah faktor air semen. Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen. Faktor air semen yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air di antara bagian-bagian semen sedikit, sehingga jarak antara butiran-butiran semen pendek. Akibatnya massa semen menunjukkan lebih berkaitan, karenanya kekuatan awal lebih dipengaruhi dan akhirnya batuan semen mencapai kepadatan tinggi.

Semen dapat mengikat air sekitar 40% dari beratnya, dengan kata lain air sebanyak 0,4 kali berat semen telah cukup untuk membentuk semen berhidrasi. Air yang berlebih tinggal dalam pori-pori. Beton normal selalu bervolume pori-pori halus rata yang saling berhubungan, karena itu disebut pori-pori kapiler. Bila spesi beton ditambah ekstra air, maka sebenarnya hanya pori-porinya yang bertambah banyak. Akibatnya beton lebih berpori-pori dan kekuatan serta masa pakainya berkurang (R.Sagel dkk., 1994).

Kecepatan penambahan kekuatan dari semen dan beton tampaknya tergantung pada senyawa-senyawa yang ada. Kekuatan naik dengan pesat selama awal dari masa pengerasan. Pada awal hidrasi hanya berlangsung reaksi kimia

pada sebelah luar partikel semen. Partikel yang belum mengalami hidrasi ini terus menyerap air dari udara meskipun air pencampur telah kering. Partikel semen yang belum mengalami hidrasi yang menjadi sebab timbulnya gejala penutupan retak oleh beton sendiri. Proses kimia yang berkelanjutan ini secara berangsur-angsur meningkatkan kekuatan dan kepadatan beton yang tergantung pada umur betonnya (Murdock dkk., 1991).

2.3.2. Agregat

Menurut Murdock dkk, (1991) agregat adalah salah satu bahan utama pembentuk beton yang berfungsi sebagai pengisi dan penguat beton. Agregat menempati 60%-80% volume beton, sehingga karakteristik agregat akan menentukan kualitas beton. Ditinjau dari aspek ekonomis, agregat dalam satuan berat yang sama jauh lebih murah dari pada semen. Agregat merupakan bahan yang bersifat kaku dan memiliki stabilitas volume dan durabilitas yang baik dari pada semen.

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.

Agregat didefinisikan sebagai material *granular*, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk semen hidrolik atau adukan.

Tabel 2.4 menunjukkan pengaruh material terhadap kekuatan beton bila beton dibuat dari agregat yang kuat dan bila dibuat dari agregat yang lemah, juga bila agregat 60% kuat dan 40% lemah. Perbandingan kekuatan tekan ini menunjukkan bahwa pengaruh dari kekuatan agregat juga menentukan kekuatan beton sehingga bila kekuatan agregat ini bervariasi maka kekuatan betonnya pun akan bervariasi. Agar dapat dicapai mutu kekuatan yang seragam maka tentu harus dilakukan pemeriksaan agregat sesering mungkin dan agar didapatkan hasil mutu beton yang konstan maka perlu selalu disiapkan "*alternative mixed design*" yang setiap waktu dapat digunakan bila ada variasi dari mutu agregatnya (R.Sagel dkk., 1994)

Tabel 2.4: Pengaruh material terhadap kekuatan beton.

Material	Kekuatan Beton Dalam Kg/cm ²			
	Original (60% lemah)	100% kuat	100% lemah	Good British Material
Umur (Hari)				
3	255 (- 9%)	285 (+2%)	215 (-23%)	280
7	324 (-19%)	420 (+5%)	306 (-23%)	400
14	492 (-9%)	521 (-3%)	413 (-23%)	540
28	557 (-10%)	605 (-2%)	486 (-23%)	620

Mengingat agregat lebih murah daripada semen maka akan ekonomis bila agregat dimasukkan sebanyak mungkin selama secara teknis memungkinkan, dan kandungan semennya minimum. Meskipun dulu agregat dianggap sebagai material pasif, berperan sebagai pengisi saja, kini disadari adanya kontribusi positif agregat pada sifat beton, seperti stabilitas volume, ketahanan abrasi, dan ketahanan umum (*durability*). Bahkan beberapa sifat fisik beton secara langsung tergantung pada sifat agregat, seperti kepadatan, panas jenis.

Berdasarkan ukurannya, agregat ini dapat dibedakan menjadi:

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 5 mm.

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- Pasir halus: Ø 0 -1 mm
- Pasir kasar: Ø 1-5 mm

Agregat halus dan pasir mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semen dalam beton. Fungsi agregat dalam *design* 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.

Dari bentuk fisiknya, agregat halus mempunyai butiran yang tajam, keras dan butirannya tidak mudah pecah karena cuaca. Pengambilan sumber agregat halus dapat ditemukan pada sungai, galian dan laut. Hasil penghancuran batu pecah juga disebut sebagai agregat halus. Namun untuk beton, agregat dari laut tidak diperbolehkan kecuali ada penanganan khusus.

Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi (SNI 03-2834, 2000), yaitu:

1. Mempunyai butiran yang halus.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
3. Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
4. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

Khusus untuk agregat halus, disyaratkan agar gradasinya terletak diantara satu dari empat batasan. Pasir kasar alami dapat memenuhi syarat gradasi zone I dari standart B.S. (*British Standart*), tetapi material halusnya 0,3 mm biasanya tidak cukup banyak. Pasir alami yang dapat juga ditemukan yang mempunyai gradasi antara zone II dan zone III, tetapi biasanya terdiri dari cukup banyak 'silt' dan tanah liat. Tetapi bila dicuci dengan baik dapat menjadi campuran pasir kasar agar nantinya setelah dicampur akan didapatkan pasir yang baik yang memenuhi syarat zone II (R.Sagel dkk., 1994). Dimana kebersihan dari agregat halus mempengaruhi kekuatan dan sifat awet beton.

Ukuran yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.5 dan dijelaskan melalui Gambar 2.1 hingga Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

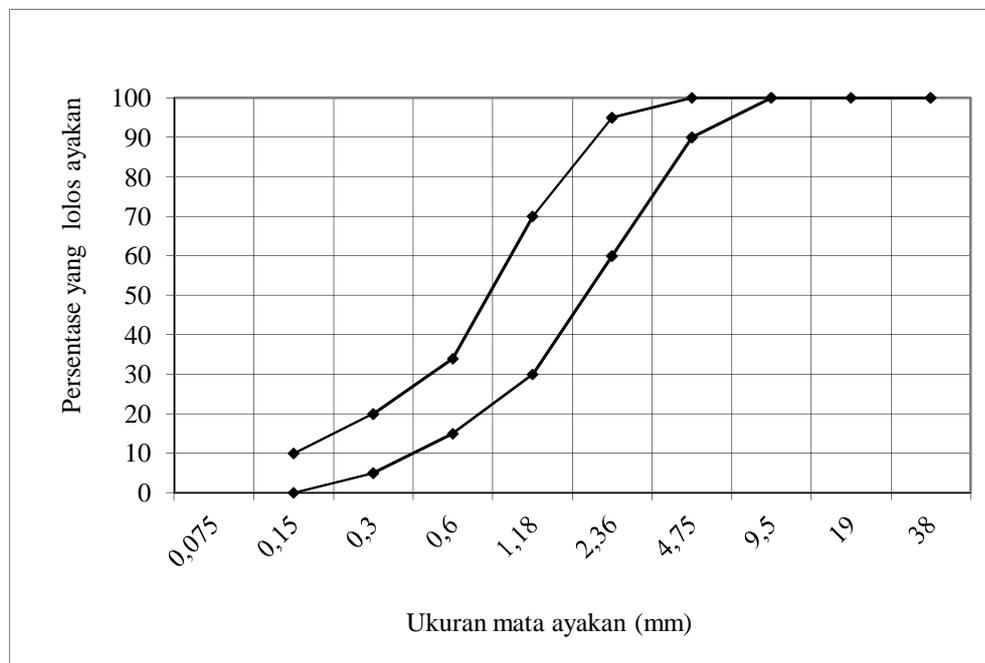
Tabel 2.5: Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000).

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

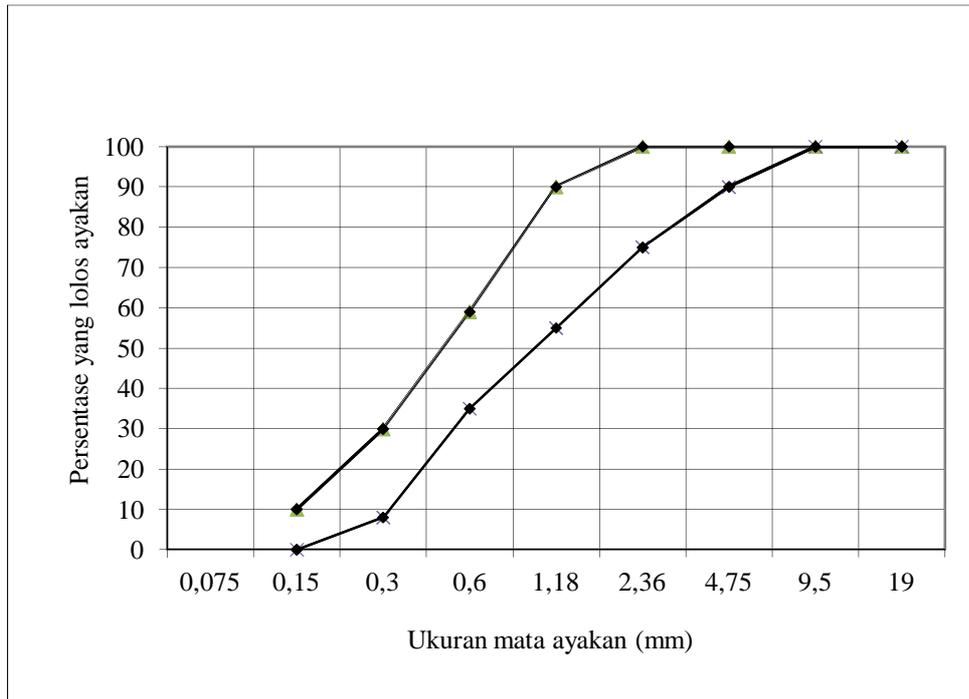
Tabel 2.5: Lanjutan.

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

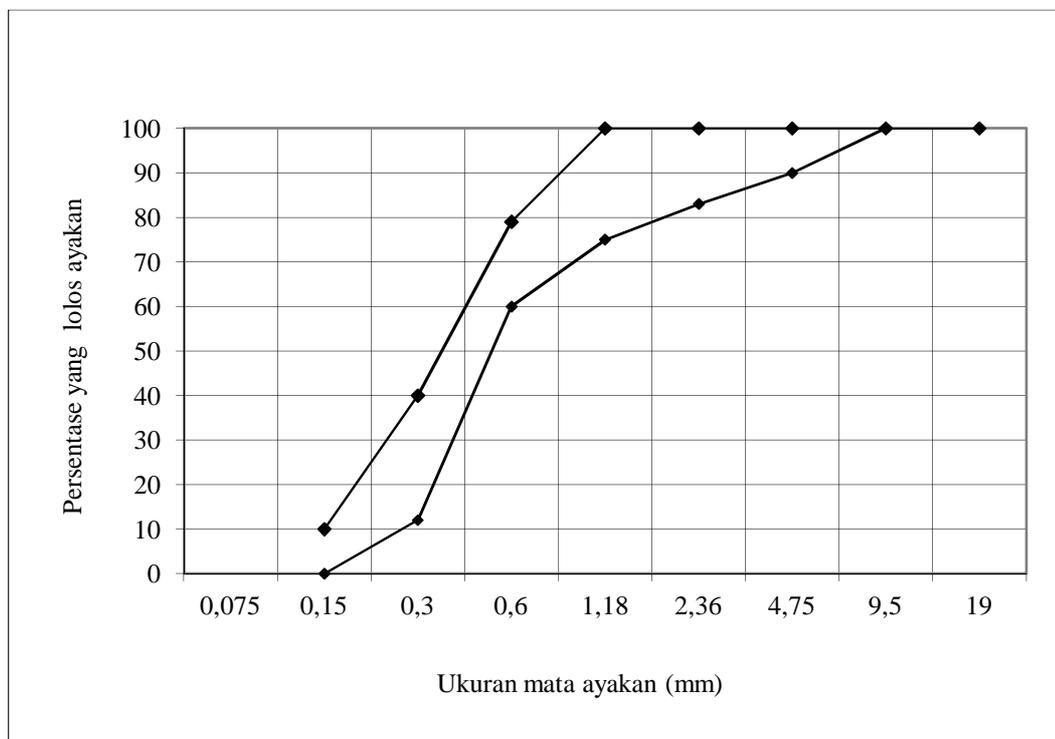
- Keterangan :
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
 - Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Halus



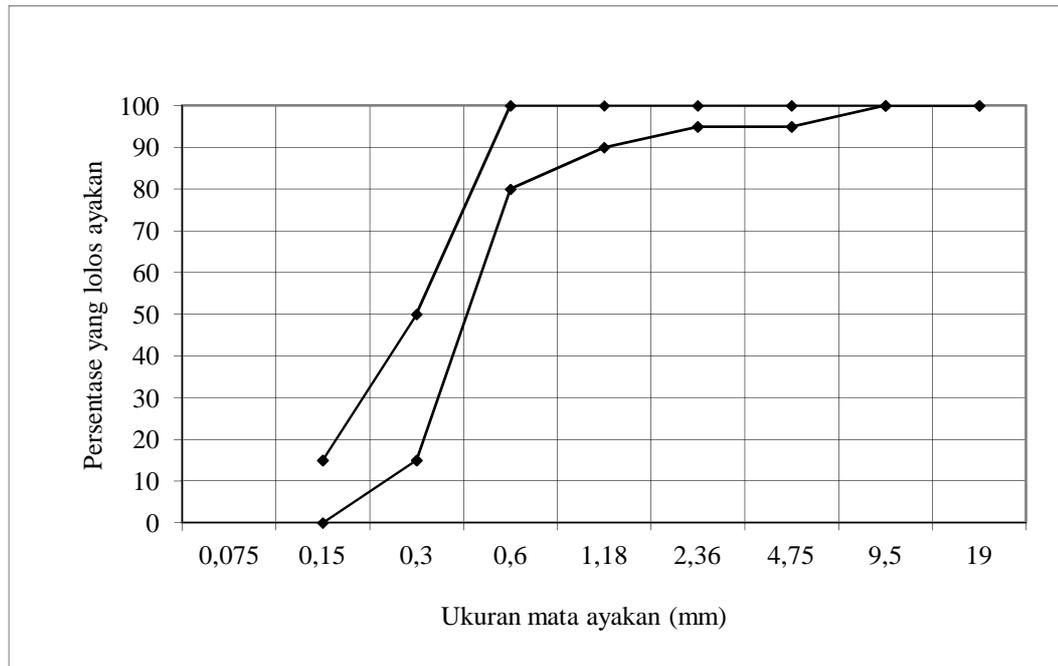
Gambar 2.1: Daerah gradasi pasir kasar (SNI 03-2834, 2000).



Gambar 2.2: Daerah gradasi pasir sedang (SNI 03-2834, 2000).



Gambar 2.3: Daerah gradasi pasir agak halus (SNI 03-2834, 2000).



Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir halus (SNI 03-2834, 2000).

Pemeriksaan dasar ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus diteliti terhadap:

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

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

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

Dalam memilih persentase pasir terhadap total agregat haruslah teliti. Terlalu sedikit pasir dapat menghasilkan beton yang segrasi atau keropos, karena

kelebihan agregat kasar. Terlalu banyak pasir yang dipakai juga akan dapat menghasilkan beton dengan kepadatan rendah dan kebutuhan air yang tinggi. Pasir pada umumnya 25–65% volume dari total agregat (Antoni dkk., 2007).

Pasir yang diperoleh dari lubang-lubang atau dikeruk dari dasar sungai. Dengan semakin banyaknya kebutuhan konstruksi untuk pembangunan, dimana beton sangat populer dibutuhkan maka dengan begitu pula dibutuhkannya lebih banyak pasir untuk pembuatan beton tersebut. Sungai-sungai yang terlalu banyak dikeruk pun mengalami dampak yang tidak baik bagi masyarakat sekitar. Sehingga banyak penelitian yang meneliti limbah-limbah rumah tangga, perternakan maupun pertanian untuk menggantikan pasir, agar dengan begitu kebutuhan pasir dapat dikurangi tanpa mengurangi kekuatan dan ketahanan dari beton tersebut.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm (SNI 03-2834, 2000), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari industri pemecah batu. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

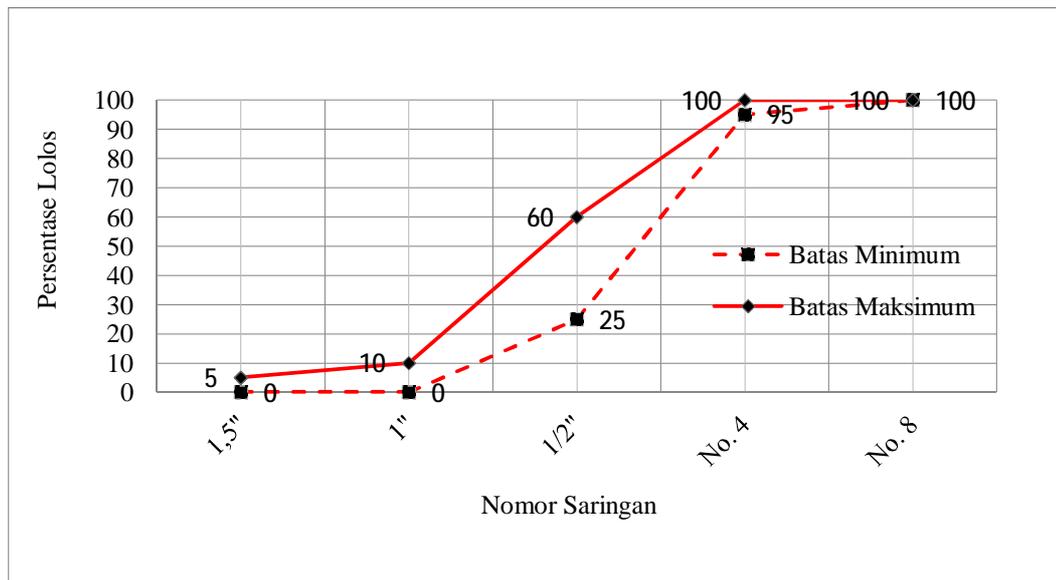
1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa di atas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
 - b. Sisa di atas ayakan 4 mm lebih kurang 90%-98% berat total.
 - c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.

4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal plat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.

Menurut SNI 03-2834-2000 batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.6 dan dijelaskan melalui Gambar 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.6: Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000).

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 (SNI 03-2834, 2000).

Pemeriksaan material agregat kasar ini sesuai dengan standar(SNI 03-2834, 2000), agregat kasar diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.

2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*Absorpsi*).
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.
7. Keausan agregat.

2.3.3. Air

Air merupakan faktor penting dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton. Pastinya air merupakan pemersatu proses pencampuran dari agregat dan semen, atau bahkan bahan tambah maupun zat *additive*. Air digunakan pada campuran beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah dalam pengerjaanya.

Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa adanya air. Jumlah air yang terikat dalam beton dengan faktor air semen 0,65 adalah sekitar 20% dari berat semen pada umur 4 minggu. Dihitung dari komposit mineral semen, jumlah air yang diperlukan untuk hidrasi secara teoritis adalah 35–37% dari berat semen (Antoni dkk., 2007).

Dalam pelaksanaan pembuatan beton sangat bergantung pada air untuk mendapatkan beton yang mudah dilaksanakan tetapi dengan kekuatan yang tetap, harus dipertahankan jumlah air dengan semennya atau bisa disebut faktor air semen (*water cemen ratio*). Air yang digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang bebas dari bahan-bahan yang merugikan. Pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan 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 2gr/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 permillion* 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%.

Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang akan dihasilkan akan berkurang kekuatannya. Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan dapat di lihat pada Tabel 2.7 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.7: Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan (SNI 03-2834, 2000).

Kandungan Unsur kimia	Konsentrasi (Maksimum)
Chloride	
a. Beton prategang	500 ppm
b. Beton bertulang	1000 ppm
Alkali ($Na_2O + 0,658 k_2O$)	600 ppm
Sulphate (SO_4)	1000

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kekecekan beton atau daya kerjanya menjadi berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar dapat memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaannya, tetapi kekuatan hancur beton akan menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam faktor air semen (*water cement ratio*) atau yang sering kita singkat dengan FAS, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dibagi dengan berat semen dalam adukan beton tersebut. Beton untuk konstruksi gedung biasanya memiliki nilai rasio semen sebesar 0,45 hingga 0,65. Dengan rasio tersebut dapat dihasilkan beton yang kedap air, namun mutu beton tetap dipengaruhi cara pemadatan dan daya kerjanya.

2.4. Sabut Kelapa (SK)

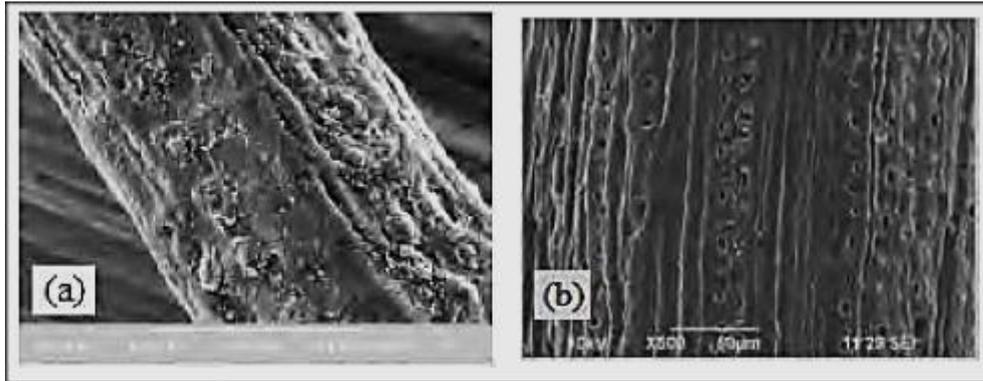
Sebagaimana diketahui, Indonesia yang dikenal sebagai produsen buah kelapa terbesar di dunia dengan luas areal kebun kelapa 3,8 juta hektar, memiliki produksi rata-rata 15,5 milyar butir/tahun atau setara dengan 3,02 juta ton kopra, 3,75 juta ton air, 0,75 juta ton arang tempurung, 1,8 juta ton serat sabut, dan 3,3 juta ton debu sabut (Mahmud dkk., 2004).

Hal ini terbukti dengan industri pengolahan buah kelapa di Indonesia umumnya masih terfokus kepada pengolahan hasil daging buah sebagai hasil utama, sedangkan industri yang mengolah hasil samping buah (*by-product*) seperti air, sabut, dan tempurung kelapa masih secara tradisional dan bersekala kecil, padahal potensi ketersediaan bahan baku untuk membangun industri pengolahannya masih sangat besar (Mahmud dkk., 2005).

Dari kenyataan yang ada tersebut, menimbulkan pencemaran lingkungan berupa limbah, yang dalam konteks ini berupa sabut kelapa. Maka dari itu, pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan tambahan dalam campuran beton memiliki prospek yang sangat baik di masa depan, yaitu selain meningkatkan kuat lentur beton, juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang ada di Indonesia.

Menurut Suhardiyono (1989), serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Buah kelapa sendiri terdiri atas serabut 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Adapun sabut kelapa terdiri atas 78% dinding sel dan 22,2% rongga. Salah satu cara mendapatkan serat dari sabut kelapa yaitu dengan ekstraksi menggunakan mesin. Serat yang dapat diekstraksi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diabstrasikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian. Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15-30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain.

Penelitian yang dilakukan oleh (Karthikeyandkk., 2013) melakukan pengujian *Scanning ElectronMicroscopy* (SEM) pada serat sabut kelapa yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Sabut kelapa (a) sebelum alkalisasi (b) sesudah alkalisasi.

Pada Gambar 2.6. (a) dan (b) menunjukkan serat sabut kelapa sebelum dan sesudah dilakukan *alkalitreatment*. Dari Gambar 2.6.(a) dapat dilihat permukaan dari serat sabut kelapa diselubungi dengan berbagai lapisan yang diantaranya adalah pektin, lignin, dan kotoran. Permukaan serat yang kasar dan memiliki tekstur yang tidak beraturan. Setelah dilakukan *alkali treatment*, sebagian besar komposisi lignin dan pektin dihilangkan yang menghasilkan permukaan yang lebih kasar yang dapat dilihat pada Gambar 2.6.(b) permukaan serat yang kasar dan memiliki tekstur yang tidak beraturan. Terlihatlah bagaimana perbedaan tekstur serat serabut kelapa apabila diberikan alkalisasi dan tidak.

Menurut Soroushian dan Bayasi (1987) serta menurut Tjokrodinuljo (1996), bahwa gelas/kaca bisa dijadikan material serat pada adukan beton. Secara visual baik kaca maupun sabut kelapa apabila dilebur performanya tidak jauh berbeda, yaitu berbentuk serpihan yang keras. Sehingga karakteristiknya pun diperkirakan sama. Maka secara logika, sabut kelapa jika dijadikan material serat pengaruhnya akan sama atau bahkan lebih tinggi daripada kaca. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut:

1. Kekuatan dan keuletan sabut kelapa lebih tinggi daripada kaca (kaca lebih getas daripada sabut kelapa). Kekuatan dan keuletan yang tinggi umumnya mengakibatkan modulus elastisitas tinggi, sehingga akan menghasilkan beton dengan modulus elastisitas tinggi pula.
2. Sabut kelapa mempunyai tekstur permukaan serat yang lebih kasar daripada kaca, sehingga ikatannya dengan pasta semen akan lebih kuat untuk dapat mengisi rongga pada beton.

Di berbagai negara lainnya, serat sebagai penguat dan peningkat sifat deformasi beton bukan lagi barang asing. Beton diperkuat dengan serat maka beban deformasi akan dialihkan ke serat. Peranan serat adalah sebagai penahan retakan yang menjalar untuk menjebak ujung retakan agar lambat melintasi matrik dengan demikian regangan retakan ultimit komposit meningkat drastis dibandingkan beton tanpa serat. Mutu serat ditentukan oleh warna, persentase kotoran, kadar air, dan proporsi berat antar serat panjang dan serat pendek. Serat sabut kelapa yang bermutu tinggi berwarna cerah cemerlang dengan persentase berat kotoran tidak lebih dari 2% dan tidak mengandung lumpur. Sabut kelapa adalah bagian penting dari buah kelapa dengan porsi 35% dari seluruh berat buah kelapa. Sabut kelapa adalah serat yang diambil dari penutup luar yang berserat dari buah kelapa dan merupakan tanaman asli daerah tropis.

Sabut juga dianggap sebagai serat biji, meskipun penampilannya serupa dengan serat dari kulit pohon dengan selulosa (sekitar 26%), lignin (29,4%), pektin dan senyawa terkait (36,6%), serta air (8%). Dengan kandungan lignin yang lebih tinggi membuat serat lebih keras dan kaku. Komposisi kandungan sabut kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8: Komposisi sabut kelapa.

Parameter	Kadar (%)
Selulosa	26,6
Hemiselulosa	27,7
Lignin	29,4
Air	8
Komponen Ekstraktif	4,2
Uronat Anhidat	3,5
Nitrogen	0,1
Abu	0,5

2.5. Abu Sekam Padi (ASP)

Sekam padi banyak ditemukan di negara-negara penghasil padi seperti Indonesia, Malaysia, Thailand dll. Abu sekam padi diperoleh dari pembakaran

kulit padi. Warna abu sekam padi dari putih keabu-abuan sampai hitam, warna ini tergantung dari sumber sekam padi dan suhu pembakaran. Jumlah sekam padi yang dihasilkan sekitar 20%-33% dari berat padi dan tiap tahunnya dihasilkan sekitar 137 juta ton.

ASP adalah sejenis abu terbang yang merupakan sisa pembakaran batu bata atau tembikar. Pemanfaatan sekam padi kering sering digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran batu bata atau tembikar, dikarenakan harganya yang relatif murah dan mudah didapatkan di pedesaan. Secara visual abu sekam padi adalah material berwarna abu-abu dengan bentuk butiran yang halus, padat dan bulat.

ASP merupakan bahan buangan dari padi yang mempunyai sifat khusus yaitu mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan, yaitu mengandung silika (SiO_2). Silika adalah senyawa kimia yang dominan pada ASP, kandungan silika pada ASP lebih tinggi bila dibanding dengan tumbuhan lain, namun ada beberapa syarat yang harus diperhatikan dalam abu sekam padi seperti, kadar silika harus mencapai batas minimal 70%, selain itu abu sekam padi yang digunakan harus lolos ayakan No. 200 (*transition zone*) antar butiran dapat meningkatkan daya lekat antar butiran sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Tepung ASP setelah mengalami proses karbonasi merupakan sumber pozzolan potensial sebagai material yang bersifat *cementitious* (*Supplementary Cementitious Material*). ASP memiliki pozzolanic yang sangat tinggi sehingga sangat berpotensi digunakan sebagai bahan tambahan (*additive*) pada campuran beton maupun digunakan sebagai bahan pengganti yang dapat mengurangi jumlah semen yang digunakan. Secara ekologi dapat mengurangi efek emisi gas rumah kaca dan penggunaan energi fosil bumi pada industri semen.

Penggantian sebagian semen oleh abu sekam padi sebesar 40% dalam pembuatan mortal dapat menghasilkan kekuatan yang baik dan ketahanan terhadap sulfat, sehingga akan mengurangi jumlah semen yang digunakan, serta dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, dan meningkatkan masa pakai mortal. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan abu sekam padi sebesar 25% sampai dengan 30% dari jumlah semen memperlihatkan campuran tersebut masih dapat mengurangi penetrasi klorida, mengurangi permeabilitas, meningkatkan kekuatan

dan meningkatkan sifat anti karat bata beton. Penggantian sebagian dari jumlah semen dengan material abu sekam padi pada campuran mortal beton telah meningkatkan kekuatan beton menjadi lebih baik (Yusnar, 2013).

2.6. Slump Test

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan pengisi (*filler*). Penguji *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah $\frac{1}{3}$ 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 seperti yang di jelaskan pada SNI 1972-2008.

2.7. Perawatan Beton (Curing)

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. Saeled atau wropping

Perawatan beton dengan cara ini membalut dan menutupi menutupi semua permukaan beton. Beton dilindungi dengan karung basah, film plastik 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.

2.8. Pengujian Kuat Tekan Beton

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.

Karena sifat utama dari beton adalah sangat kuat jika menerima beban tekan, maka mutu beton pada umumnya hanya ditinjau terhadap kuat tekan beton tersebut. Sifat yang lain seperti kuat tarik, dan modulus elastis beton dapat dikorelasi terhadap kuat tekan beton. Menurut Peraturan Beton Indoensia (PBI-1971, diperbaiki dengan SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 03-2847-2000), kuat tekan beton dinotasikan dengan f_c' , yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada waktu berumur 28 hari.

Mutu beton dibedakan atas 3 macam menurut kuat tekannya, yaitu:

- a. Mutu beton dengan f_c' kurang dari 10 Mpa, digunakan untuk beton non struktur (misalnya: kolom praktis, balok praktis).
- b. Mutu beton dengan f_c' antara 10 Mpa sampai 20 Mpa, digunakan untuk beton struktural (misalnya: balok, kolom, pelat, maupun pondasi).
- c. Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 Mpa keatas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

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 menggunakan Pers.2.1.

$$f \text{ (saat pengujian)} = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana:

f (saat pengujian) = Kuat tekan saat pengujian (kg/cm²)

P = Beban tekan (kg)

A = Luas penampang (cm²)

Tabel 2.9: Menganjurkan 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 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuta tekan dapat destimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefesien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian. Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari.

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

Dimana:

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

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

koefisien = koefisien dari umur beton

Tabel 2.10: Koefisien perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodimuljo, 2007).

Umur (hari)	7	14	21	28
Koefisien	0,65	0,88	0,95	1.00

Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu:

- a. Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton. Pada gambar hubungan antara Faktor air semen dan kuat tekan silinder beton. Tampak bahwa makin besar nilai fas, makin rendah kuat tekan beton yang dihasilkan. Sebaliknya, makin kecil nilai fas, semaik tinggi pula kuat tekan beton yang dihasilkan.
- b. Pengaruh umur terhadap kuat tekan beton. Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Karena beton ini termasuk bahan yang sangat awat (ditinjau dari segi pemakaiannya), maka sebagai standar kuat tekan ditetapkan pada waktu beton berumur 28 hari. Menurut PBI-1971, hubungan antara umur dan kekuatan tekan beton dapat dilihat pada Tabel 2.15.

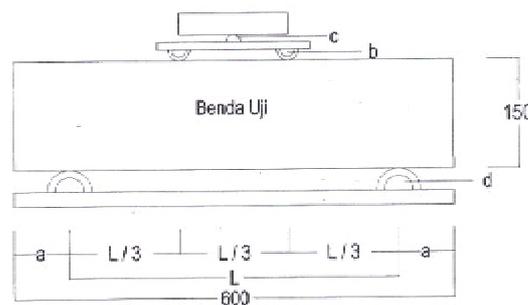
Tabel 2.11: Hubungan antara umur beton dan kuat tekan beton.

Umur beton (hari)	Kuat tekan beton (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
90	120
365	135

2.9. Pengujian Kuat Lentur Beton

Kuat lentur merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu beton atau untuk merencanakan batas beban yang akan dipikul oleh beton tersebut. Benda uji untuk kuat lentur ini berbentuk prisma. Pembebanan pada $\frac{1}{3}$ bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser (SNI 4431, 2011). Standart ini menetapkan cara uji lentur beton dengan dua titik pembebanan.

Kuat lentur beton adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji. Prosedur pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan mengikuti standar SNI 03-1027-2006, benda uji berbentuk balok biasanya dipakai untuk mengukur kuat lentur, dimana suatu beban diterapkan lewat dua buah rol dititik sepertiga dari bentang sampai benda uji pecah.



Gambar 2.7: Pemodelan kuat tarik lentur.

Keterangan:

a = Jarak bebas minimum (75 mm)

b = batang besi

c = bola baja

d = batang penahan

L = panjang bentang benda uji

Kuat lentur pada dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$f_{li} = \frac{M}{S}$$

Dimana:

f_t = kuat lentur beton (kg/cm^2)

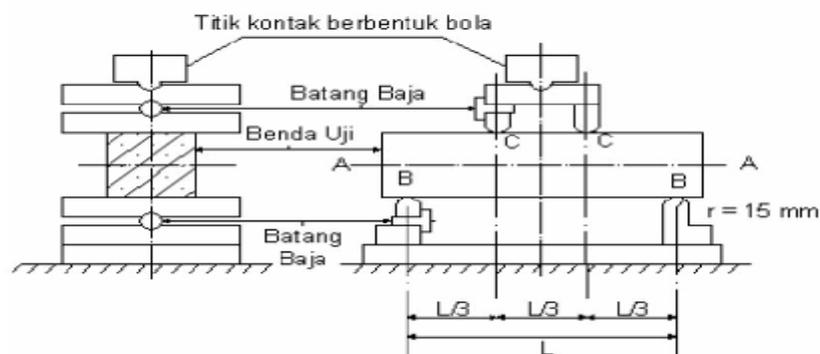
P = beban maksimal (kg)

L = panjang bentang balok (cm)

b = tebal balok (cm)

d = tinggi balok (cm)

Berikut ini ada contoh gambar pengujian kuat lentur beton dengan pembebanan dua titik pembebanan dengan bentuk uji prisma. Terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8: Uji lentur dengan pembebanan dua titik.

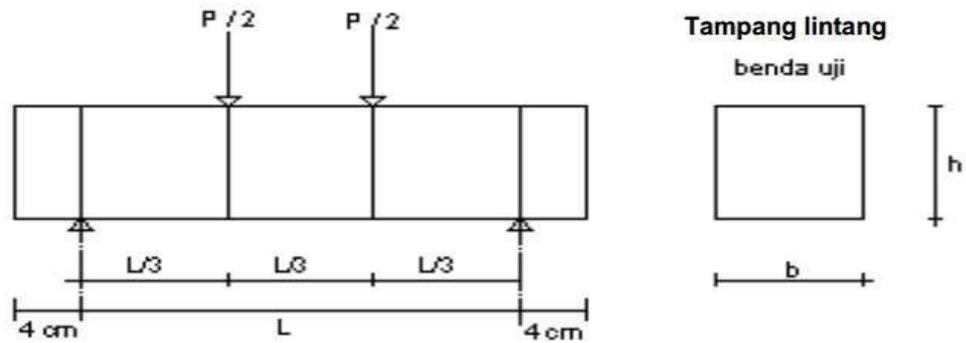
Keterangan:

A-A= Bagian sumbu melintang memanjang

B = Bagian titik-titik perletakan

C = Bagian titik-titik pembebanan

Dari Gambar 2.8 dapat dilihat letak melintang serta titik pembebanan dan perletakan benda uji. Dengan posisi benda uji terletak pada $\frac{1}{3}$ dan $\frac{1}{3}$ bagian dari titik pembebanan yang dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9: Posisi perletakan benda uji pada mesin uji.

Keterangan:

L= Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (cm)

B= Lebar tampak lintang benda uji(cm)

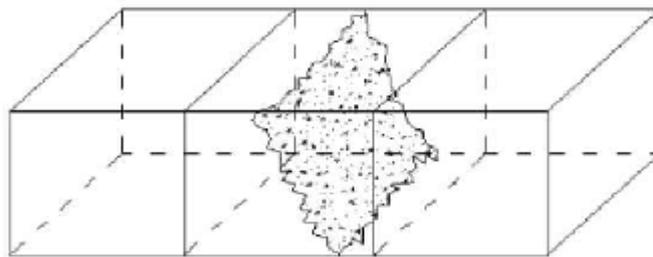
h = Tinggi Tampak lintang benda uji(cm)

p = Beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji(kg)

Menurut SNI 4431-2011 perhitungan nilai kuat lentur dihitung berdasarkan letak posisi patah benda uji,yaitu:

- a. Jika bidang benda uji patah terletak di daerah pusat ($\frac{1}{3}$ tengah bentang), dapat dilihat Gambar 2.10 maka Pers2.2:

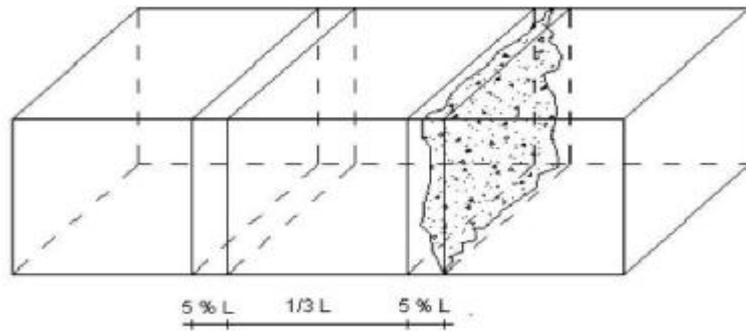
$$\text{Kuat lentur atau } \sigma_1 = \frac{PxL}{bxh^3} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.2)$$



Gambar 2.10: Letak pada posisi sepertiga bentang tengah.

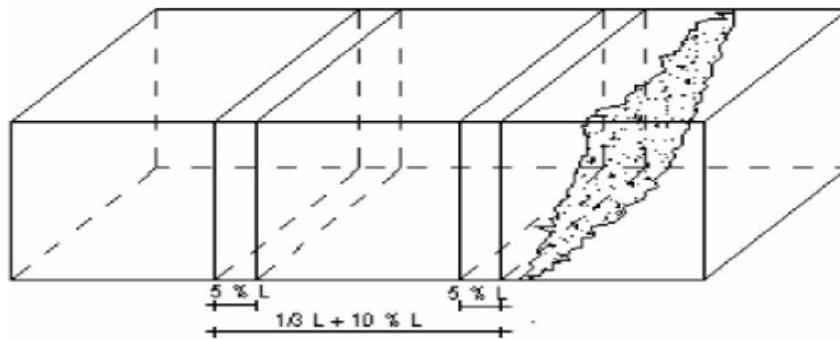
- b. Jika bidang patah benda uji garis patah $<5\%$ dari bentangnya, dapat dilihat Gambar 2.11 maka pers 2.3 menjadi:

$$\text{Kuat lentur atau } \sigma_1 = \frac{Px\alpha}{bxh^3} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.3)$$



Gambar 2.11: Patah terletak di luar $\frac{1}{3}$ bentang tengah dan garis patah $<5\%$ dari bentangnya.

- c. Jika letak patah berada di luar $\frac{1}{3}$ bentang tengah dan garis patah $>5\%$ dari bentangnya maka hasilnya, dapat dilihat pada Gambar 2.12. maka hasil pengujian tidak dapat digunakan.



Gambar 2.12: Letak patah di luar sepertiga bentang tengah $>5\%$.

Suatu batang yang dikenakan oleh beban-beban yang bekerja secara transversal terhadap sumbu pemanjangannya. Dengan demikian diharapkan kemampuan beton untuk mendukung tegangan-tegangan internal (aksial, lentur, dan geser) akan meningkat.

BAB III

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:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan kadar air agregat.
- d. Pemeriksaan kadar lumpur agregat.
- e. Pemeriksaan berat isi agregat.
- f. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- g. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*).
- h. Pengujian kuat tekan beton
- i. Pengujian kuat lentur beton (*flexural*)

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur). Data teknis mengenai SNI-03-2834 (2000), PBI (Peraturan Beton Indonesia), ASTM (*American Society for Testing and Materials*), (1985) serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Konsultasi dengan dosen pembimbing secara langsung serta alumni asisten laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Diagram alir penelitian adalah suatu perencanaan langkah-langkah yang akan dilakukan untuk pembuatan campuran beton, dan langkah yang akan dilakukan setelah beton tercetak. Agar pada saat penelitian tidak terjadinya kekeliruan pada saat bekerja. Adapun alur dari diagram alir ini terdiri dari:

1. Persiapan Material

Dimana mempersiapkan material seperti agregat kasar, agregat halus, semen, bahan tambah abu sekam padi dan serat sabut kelapa.

2. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan harus dilakukan seteliti mungkin guna untuk memenuhi persyaratan pembuatan beton.

3. Pemeriksaan Material Agregat Halus

Pemeriksaan pada agregat halus terdiri dari analisa saringan, berat jenis dan penyaringan, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi.

4. Pemeriksaan Material Agregat Kasar

Pemeriksaan yang dilakukan dimulai dari analisa saringan, berat jenis dan penyaringan, kadar air, kadar lumpur, keausan agregat dan berat isi.

5. Sabut Kelapa (SK)

Pada SK tidak dilakukan pemeriksaan secara signifikan hanya saja proses untuk mendapatkan serat sabut kelapa sendiri hanya menggunakan cara manual yang dipotong sepanjang 3 cm.

6. Abu Sekam Padi (ASP)

Pada ASP ini juga tidak dilakukan pemeriksaan secara signifikan. ASP didapat dari tempat khusus pembakaran ASP yang berada disebuah desa di Tebing Tinggi.

7. *Job Mix Design*

Setelah pemeriksaan material dilakukan dan mendapatkan hasil sesuai persyaratan untuk pencampuran beton, perhitungan proporsi campuran pun dilakukan. Perhitungan proporsi tersebut meliputi, beton normal serta beton dengan bahan campuran ASP dan sabut kelapa sesuai variasi campuran yang sudah ditentukan.

8. Pembuatan Benda Uji

Langkah selanjutnya adalah pembuatan benda uji dengan memasukkan material yang sudah disiapkan dan ditimbang ke dalam mesin molen sesuai proporsi campuran yang dihitung.

9. Pengujian Slump Test

Pengujian dilakukan menggunakan kerucut abrams.

10. Perendaman Benda Uji 28 Hari

Benda uji yang masih dalam keadaan didiamkan selama 24 jam di dalam cetakan kemudian dibuka, dan didiamkan selama 24 jam kembali. Setelah itu perendaman dilakukan selama 28 hari didalam bak perendaman yang terhindar dari sinar matahari.

11. Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Lentur

Benda uji yang direndam, diangkat dari bak perendaman dan dikeringkan kembali selama 24 jam. Lalu pengujian kuat tekan dan kuat lentur dapat dilakukan.

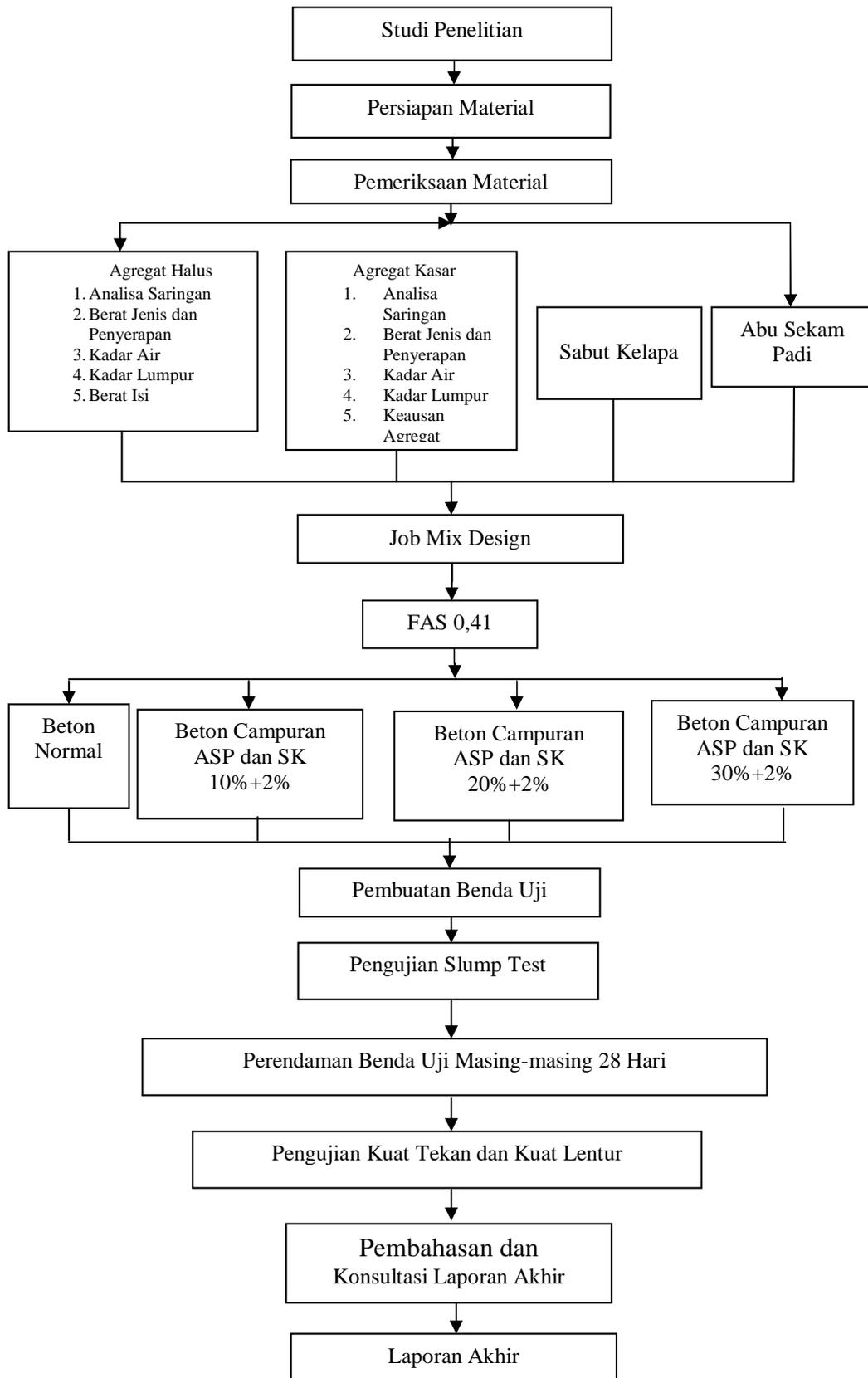
12. Pembahasan Dan Konsultasi Laporan Akhir

Setelah pengujian selesai dilakukan, maka didapatlah data kuat tekan dan kuat lentur. Data yang didapat bisa dikonsultasikan dengan pembimbing dari penelitian ini.

13. Laporan Akhir

Terdiri dari pelaporan penelitian yang dilakukan, dimulai dari metodolgi penelitian serta hasil akhir yang sudah didapat yang dituangkan menjadi sebuah skripsi.

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



Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.

3.2. Pelaksanaan Penelitian

3.2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Februari 2019 hingga Juni 2019. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2.2. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Rencana penelitian ini menggunakan persentase 0%, 10%, 20% dan 30% RHA dari berat pasir dan persentase 2% SK dari volume benda uji. Benda uji beton yang dibuat berbentuk silinder untuk pengujian kuat tekan beton, jumlah sampel penelitian 12 buah dengan umur 28 hari dengan rincian sebagai berikut:

- a. 3 buah sampel beton normal pada umur 28 hari.
- b. 3 buah sampel beton dengan variasi SK 2% + ASP 10% pada umur 28 hari.
- c. 3 buah sampel beton dengan variasi SK 2% + ASP 20% pada umur 28 hari.
- d. 3 buah sampel beton dengan variasi SK 2% + ASP 30% pada umur 28 hari.

Dan pembuatan 12 buah benda uji berbentuk prisma untuk pengujian kuat lentur beton ukuran 75cm x 15cm x 15cm dengan persentase SK dan ASP yang sama pada pembuatan benda uji kuat lentur beton, dengan perincian sebagai berikut:

- a. 3 buah sampel beton normal pada umur 28 hari.
- b. 3 buah sampel beton dengan variasi SK 2% + ASP 10% pada umur 28 hari.
- c. 3 buah sampel beton dengan variasi SK 2% + ASP 20% pada umur 28 hari.

- d. 3 buah sampel beton dengan variasi SK 2% + ASP 30% pada umur 28 hari.

3.3. Persiapan Bahan Dan Alat

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 daerah 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 (ASP)

ASP diambil dari limbah pertanian yang sudah melewati proses pembakaran.

- g. Sabut Kelapa (SK)

Sabut kelapa yang diambil dari daerah binjai.

3.3.2. Peralatan

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

1. Saringan Agregat.

Saringan agregat yang digunakan antara lain saringan No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, dan No.100 untuk agregat halus sedangkan saringan 1^{1/2}" , 3/4" , 3/8" dan No.4 untuk agregat kasar.

2. Alat pendukung pengujian material

3. Timbangan digital.

4. Alat pengaduk beton (*mixer*).
5. Cetakan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan prisma persegi dengan ukuran panjang 750 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 150 mm.
6. Mesin kompres (*compression test*).
7. Alat pengukur besarnya perubahan panjang (*Dial Gauge*).

3.4. Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur, dan mengadakan penjemuran pada material yang basah.

3.5. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari ASTM tentang pemeriksaan agregat dan SNI sebagai panduan pembuatan beton.

3.6. Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

1. Pemeriksaan kadar air.
2. Pemeriksaan kadar lumpur.
3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
4. Pemeriksaan berat isi.
5. Pemeriksaan analisa saringan.

3.6.1. Pemeriksaan Kadar Air

Pengujian kadar air ini berfungsi sebagai koreksi terhadap pemakaian air untuk campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Kadar air dalam agregat dapat mempengaruhi faktor air semen (FAS) untuk

campuran beton yang mempengaruhi kuat tekannya beton. Pemeriksaan dilakukan di Laboraturium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dari hasil pemeriksaan didapat data-data pada Tabel 3.1.

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

Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat mula-mula (W1)	500	500	500
Berat kering oven (W2)	489	490	489,5
Berat Air (W3)	11	10	10,5
Kadar Air (%)	2,249	2,041	2,145

Berdasarkan Tabel 3.1 pemeriksaan kadar air agregat halus rata-rata yang dilakukan sebesar 2,145%. Dari 2 data percobaan yang dilakukan pengujian dengan berat masing-masing 500 gr, maka didapatlah persentase kadar air pada percobaan pertama sebesar 2,249% sedangkan pada percobaan kedua sebesar 2,041% dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 2,0%-20,0%.

3.6.2.Pemeriksaan Kadar Lumpur

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 117. Hasil dari kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

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

Pemeriksaan	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat sampel bahan kering	500	500	500
Berat sampel kering setelah Dicuci	485	482	483,5
Berat sampel bahan lolos saringan No.200 setelah dicuci	15	18	16,5
Persentase kotoran sampel bahan lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	3	3,6	3,3

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 awal sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 3%, dan sampel kedua sebesar 3,6%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,3%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu <5%.

3.6.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI ASTM C 128. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis sampel semu, berat jenis SSD, dan berat jenis sampel semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai berat jenis sampel kering < berat jenis SSD < berat jenis sampel semu dengan nilai rata-rata 2,527 gr/cm³ < 2,571 gr/cm³ < 2,643 gr/cm³ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,730%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

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

Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat sampel SSD	500	500	500
Berat kering oven	492	491	491,5
Berat piknometer penuh air	674	674	674
Berat sampel SSD di dalam piknometer penuh air	979	980	980
Berat jenis sampel kering	2,523	2,531	2,527
Berat jenis sampel SSD	2,564	2,577	2,571
Berat jenis sampel semu	2,631	2,654	2,643
<i>Absorption</i>	1,626	1,833	1,730

3.6.4. Pemeriksaan 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.

Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Berat sampel dan wadah (gr)	18780	18670	18670	18745
Berat wadah (gr)	5440	5440	5440	5440
Berat sampel (gr)	13340	13270	13230	13305
Volume wadah (cm ²)	15465,214	15465,214	15465,214	15465,214
Berat isi (gr/cm ³)	1,159	1,165	1,169	1,162

Berdasarkan Tabel 3.4 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar 1,162 gr/cm³. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga sampel, yang berdasarkan perbandingan nilai berat sampel 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. Pemeriksaan 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.

Berdasarkan Tabel 3.5 menjelaskan pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat.

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

Nomor Ayakan	Berat Tertahan				Kumulatif	
					Tertahan	Lolos
	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	total (gr)	(%)	(%)	(%)
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0,000	0,000	100,000
19.0 (3/4 in)	0	0	0	0,000	0,000	100,000
9.52 (3/8 in)	0	0	0	0,000	0,000	100,000
4.75 (No. 4)	7	16	23	1,045	1,045	98,955
2.36 (No. 8)	77	114	191	8,682	9,727	90,273
1.18 (No.16)	189	227	416	18,909	28,636	71,364
0.60 (No. 30)	279	314	593	26,955	55,591	44,409
0.30 (No. 50)	294	335	629	28,591	84,182	15,818
0.15 (No. 100)	141	169	310	14,091	98,273	1,727
Pan	13	25	38	1,727	100,000	0,000
Total	1000	1200	2200	100,000		

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 = 2200 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= \frac{23}{2200} \times 100\% = 1,045 \% \\ \text{No.8} &= \frac{191}{2200} \times 100\% = 8,682 \% \\ \text{No.16} &= \frac{416}{2200} \times 100\% = 18,909 \% \\ \text{No.30} &= \frac{593}{2200} \times 100\% = 26,955 \% \\ \text{No.50} &= \frac{629}{2200} \times 100\% = 28,519 \% \\ \text{No.100} &= \frac{310}{2200} \times 100\% = 14,091 \% \\ \text{Pan} &= \frac{38}{2200} \times 100\% = 1,727 \% \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

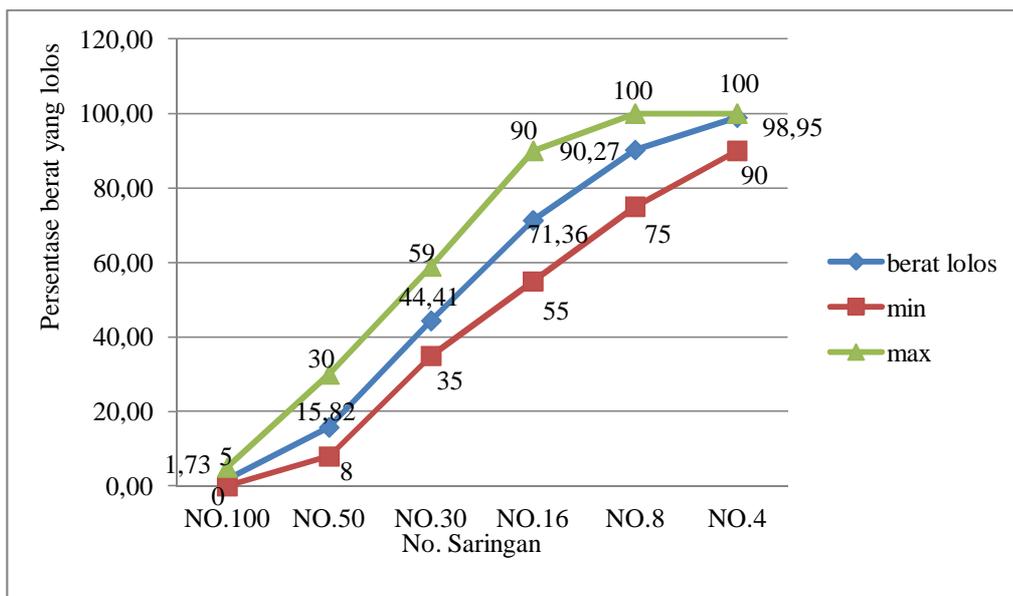
No. 4	=0	+ 1,045	= 1,045 %.
No. 8	= 1,045	+ 8,682	= 9,727 %.
No. 16	= 9,727	+ 18,909	= 28,636 %.
No. 30	= 28,636	+ 26,955	= 55,591 %.
No. 50	= 55,591	+ 28,591	= 84,182 %.
No. 100	= 84,182	+ 14,091	= 98,273 %.
Pan	= 98,273	+ 1,727	= 100 %.

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 277,455 %

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{277,455}{100} \\
 \text{FM} &= 2,775
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No. 4	= 100	- 1,045	= 1,045 %.
No. 8	= 100	- 9,727	= 9,727 %.
No. 16	= 100	- 28,636	= 28,636 %.
No. 30	= 100	- 55,591	= 55,591 %.
No. 50	= 100	- 84,182	= 84,182 %.
No. 100	= 100	- 98,273	= 98,273 %.
Pan	= 100	- 100	= 100 %.



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 2,775 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 (pasir sedang) seperti Gambar 3.2.

3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

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

3.7.1. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566.

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

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata-rata
Berat mula-mula	1000	1000	1000
Berat kering oven	994	994	994
Berat Air	6	6	6
Kadar Air	0,604	0,604	0,604%

Berdasarkan Tabel 3.6 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat kasar didapat rata-rata kadar air sebesar 0,604%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian. Hasil diatas tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu yaitu 0,5%-1,5%.

3.7.2.Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 117. 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 sampel awal, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,733%, dan sampel kedua sebesar 0,8%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,767%.

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

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat sampel kering : A (gr)	1500	1500	1500
Berat sampel setelah dicuci : B (gr)	1488	1489	1488,5
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	11	12	11,5

3.7.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127.

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

Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat sampel SSD (A)	2700	2800	2750
Berat kering oven (C)	2679	2780	2730
Berat sampel di dalam air (B)	1705,4	1769,5	1737,5
Berat jenis sampel kering	2,694	2,698	2,696
Berat jenis sampel SSD	2,715	2,717	2,716
Berat jenis sampel semu	2,752	2,751	2,751
<i>Absorption (%)</i>	0,784	0,719	0,752

Berdasarkan hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorbtion*) pada agregat halus yang diteliti. Pada Tabel 3.8 terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis sampel semu, berat jenis SSD, dan berat jenis sampel semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai berat jenis sampel kering < berat jenis SSD < berat jenis sampel semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis sampel kering sebesar 2,696 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,716 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis sampel semu sebesar 2,751 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,752% dan berdasarkan ASTM C 127 nilai ini berada di bawah nilai absorpsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4%.

3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar

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

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

Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Berat sampel dan wadah (gr)	27400	28850	30190	28813
Berat wadah (gr)	5440	5440	5440	5440
Berat sampel (gr)	21960	23410	24750	23373
Volume wadah (cm ³)	15465,214	15465,21	15465,214	15465,21
Berat isi (gr/cm ³)	1,420	1,514	1,600	1,511

Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,511 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 1,420 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,514 gr/cm³. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,600 gr/cm³ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yang yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.7.5. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 33. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa. Berdasarkan Tabel 3.10 dibawah, didapatkan nilai kumulatif agregat dan modulus kehalusan agregat kasar yang diperoleh dari persentase jumlah keseluruhan kumulatif tertahan agregat. Percobaan ini dilakukan dua kali, nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C33 (1986), yang pada pengerjaan *Mix Design*. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 5600 gram

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

Ukuran ayakan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Total berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1.5 in)	105	143	248	4,429	4,429	95,571
19.0 (3/4 in)	750	813	1563	27,911	32,339	67,661
9.52 (3/8 in)	1026	1087	2113	37,732	70,071	29,929
4.75 (No. 4)	819	857	1676	29,929	100,00	0,00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1.18 (No.16)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.15 (No.100)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0,00	0	100
Total	2700	2900	5600	100		

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= \frac{248}{5600} \times 100\% = 4,429 \% \\
 3/4 &= \frac{1563}{5600} \times 100\% = 27,911 \% \\
 3/8 &= \frac{2113}{5600} \times 100\% = 37,732 \% \\
 \text{No. 4} &= \frac{1676}{5600} \times 100\% = 29,929 \%
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 0 + 4,429 = 4,429 \% \\
 3/4 &= 4,429 + 27,911 = 32,339 \% \\
 3/8 &= 32,339 + 37,732 = 70,071 \% \\
 \text{No.4} &= 70,071 + 29,929 = 100,00 \%
 \end{aligned}$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 706,839

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{706,839}{100} \\
 \text{FM} &= 7,068
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

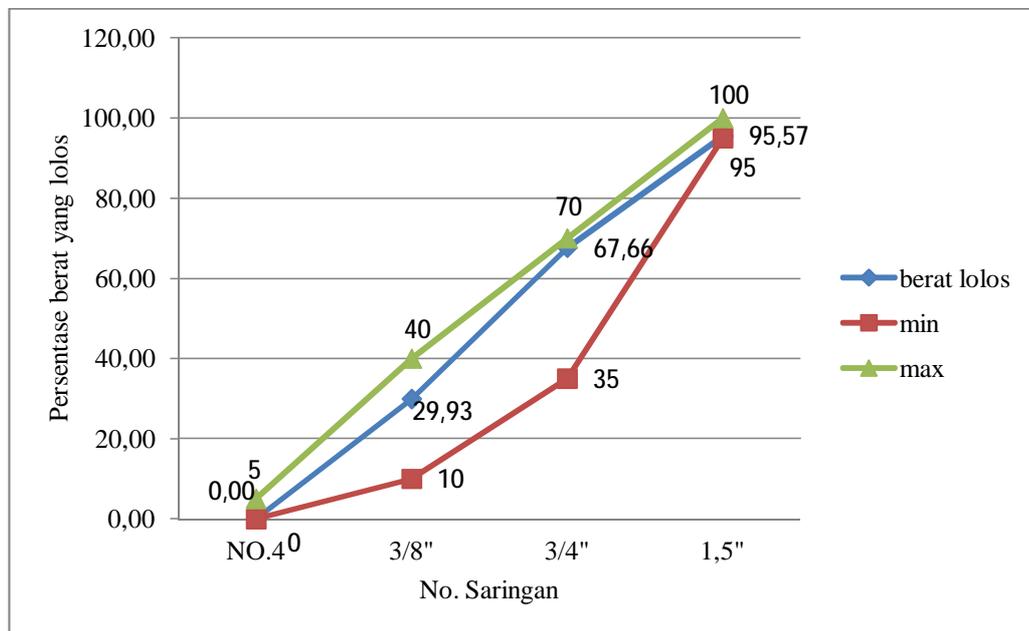
$$1,5 = 100 - 4,429 = 95,571 \%$$

$$3/4 = 100 - 32,339 = 67,661 \%$$

$$3/8 = 100 - 70,071 = 29,929 \%$$

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

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 03-2834-2000, dari hasil

persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* kerikil maksimum 40 mm.

3.7.6. Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C33-1985 serta mengikuti buku panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil UMSU tentang kekerasan agregat dengan mesin los angeles.

Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut:

- Berat sample sebelum pengujian = 5000 gr
- Berat sample setelah pengujian = 3885 gr

Berat tiap-tiap ayakan tercantum dalam Tabel 3.11 berikut:

Tabel 3.11: Hasil pengujian kekerasan agregat.

No. Saringan	Berat Awal (gr)	Berat akhir (gr)
37,5 (1,5 in)	0	0
25 (1 in)	1250	567
19,1 (3/4 in)	1250	976
12,5 (1/2 in)	1250	675
9,50 (3/8 in)	1250	358
4,75 (No. 4)	0	0
2,36 (No. 8)	0	0
1,18 (No. 16)	0	0
0,60 (No. 30)	0	0
0,30 (No. 50)	0	989
0,15 (No. 100)	0	0
Pan	0	612
Total	5000	4177
	Berat lolos saringan No.12	823
	<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)	16,46

$$\begin{aligned}
 \textit{Abrasion} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \% \\
 &= \frac{5000 - 4177}{5000} \times 100 \%
 \end{aligned}$$

= 16,46 %

Dari hasil pengujian Kekerasan Agregat Dengan Mesin Los Angeles diperoleh nilai Abrasi sebesar 16,46 % yang selanjutnya tersebut di gunakan untuk pertimbangan proporsi campuran beton.

3.8. Pengambilan Sabut Kelapa (SK)

Pemisahaan atau pengambilan serat sabut kelapa dari kulitnya dilakukan dengan cara manual yaitu menggunakan tangan dengan bantuan sikat yang dibuat dengan paku-paku disusun rapi pada sebuah kayu. Pemisahan ini dilakukan tanpa melalui proses khusus. Kulit kelapa direbahkan diatas susunan paku yang menyerupai bentuk sisir tersebut kemudian disisirkan sampai sabut kelapa terpisah dengan rapi dari kulitnya. Sabut kelapa kemudian diambil dan disimpan di tempat yang kering.

Sabut kelapa yang akan digunakan campuran beton yaitu serat yang tidak basah, bersih dari kotoran yang menempel dan berukuran 3 cm. Ukuran serat sabut kelapa ini diperoleh dari pemotongan serat sabut kelapa yang berukuran panjang.

3.9. Pengambilan Abu Sekam Padi (ASP)

Abu sekam padi (ASP) diperoleh dari hasil pembakaran kulit padi dari limbah pabrik penggilingan padi. Warna abu sekam padi dari putih keabu-abuan sampai hitam, warna ini tergantung dari sumber sekam padi dan suhu pembakaran. ASP yang digunakan ialah sisa dari produksi pembakaran batu bata.

3.10. 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).

3.11. Perencanaan Campuran Beton Menurut SNI 03-2834-2000

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) pada umur tertentu.

Kuat tekan uji yang direncanakan (benda uji silinder) adalah 23 MPa.

2. Penghitungan nilai deviasi standar (S)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada Tabel 3.12. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak ialah 12 MPa. Dipakai 12 MPa karena jumlah benda uji untuk pengujian kurang dari 15.

Tabel 3.12: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834, 2000).

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

3. Perhitungan nilai tambah/margin (m) ditentukan menggunakan Pers. 3.1 di bawah ini:

$$m = f'_c + 12 \quad (3.1)$$

Tingkat mutu pekerjaan pembetonan akan dijelaskan pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

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

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

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan menggunakan Pers. 3.2:

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (3.2)$$

dengan,

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

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan, MPa

m = Nilai tambah, MPa

Maka, $f'_{cr} = 23 \text{ MPa} + 12 \text{ MPa} + 4,2 \text{ MPa} = 39,2 \text{ MPa}$

5. Penetapan jenis semen portland:

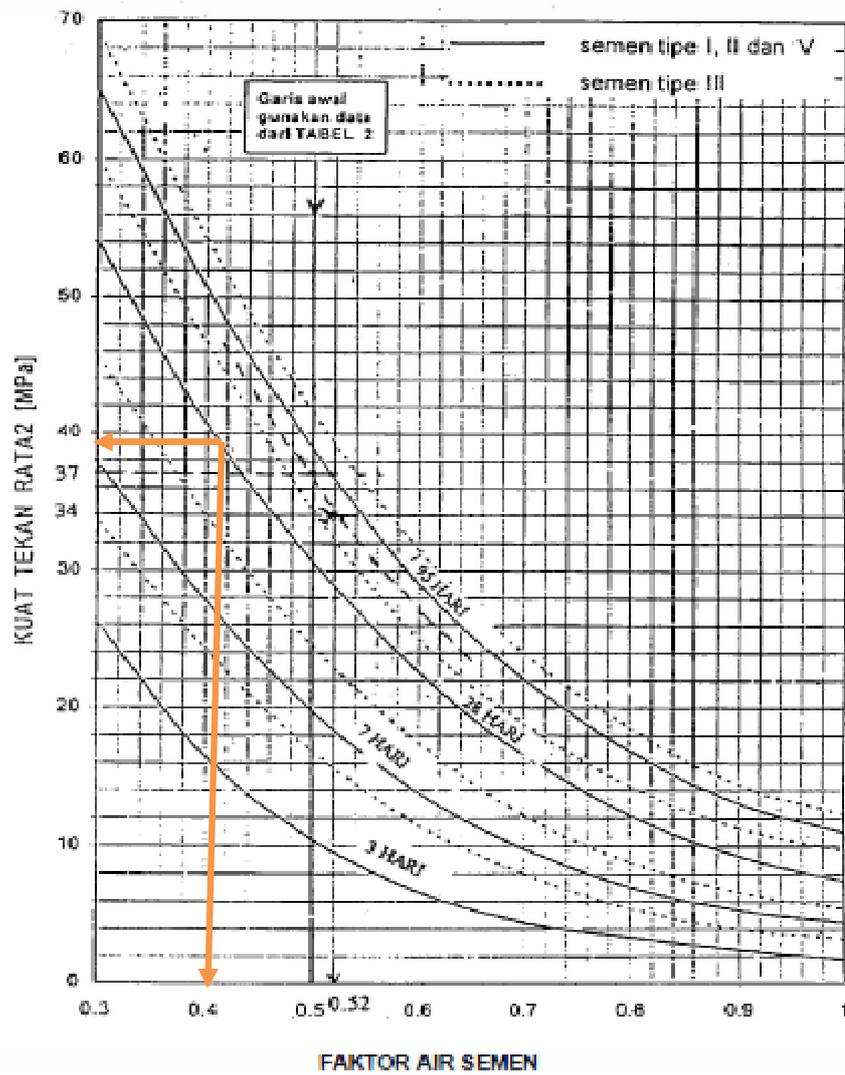
Pada cara ini dipilih semen type I.

6. Penetapan jenis agregat:

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

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

Nilai faktor air semen bebas dapat diambil dari Gambar 3.4 berikut yang menjelaskan tentang hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder, (SNI 03-2834-2000):



Gambar 3.4: Hubungan faktor-air-semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2834, 2000).

8. Faktor air semen maksimum

Ditetapkan 0,60

Tabel 3.14. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834, 2000).

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
Terlindung dari hujan dan terik mata hari langsung	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah:		
Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 2.1
Beton yang kontinyu berhubungan:		
Air tawar		Lihat Tabel 2.12
Air laut		

9. Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump ditentukan 30 – 60 mm.

Tabel 3.15: Perkiraan kadar air bebas (kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834, 2000).

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

Tabel 3.15: *Lanjutan.*

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

10. Penetapan besar butir agregat maksimum.

Penetapan besar butir agregat maksimum pada beton standart yaitu 40mm.

11. Jumlah kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan Tabel 3.15 untuk mempermudah pemahaman. Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung dengan menggunakan Pers. 3.3.

$$\frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \quad (3.3)$$

Dimana,

Wh adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

Wk adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

a. Agregat halus = 160

b. Agregat kasar = 190

$$\begin{aligned} \text{Interpolasi kadar air bebas} &= \frac{2}{3} \text{ agregat halus} + \frac{1}{3} \text{ agregat kasar} \\ &= \frac{2}{3} (160) + \frac{1}{3} (190) \\ &= 170 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

12. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan menggunakan Pers. 3.4.

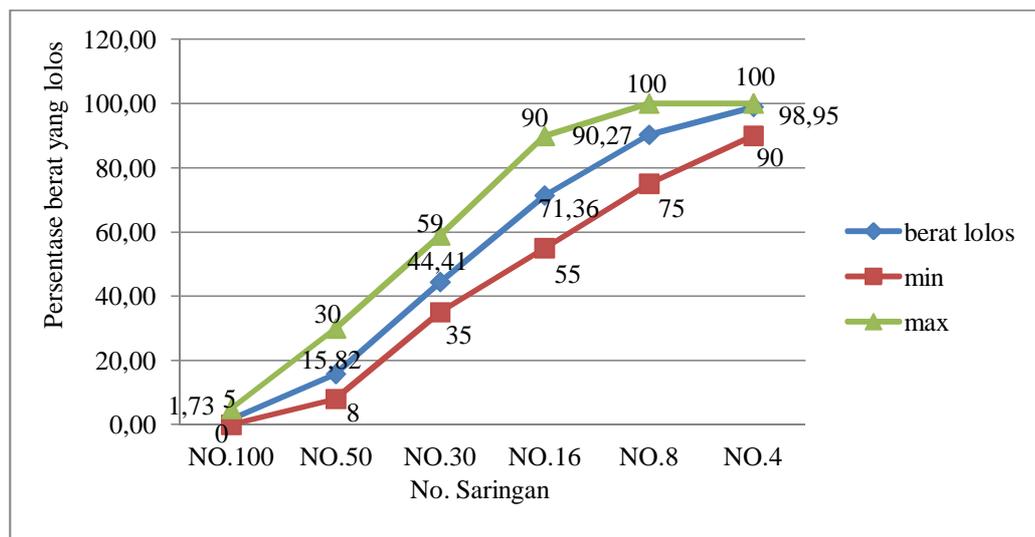
Dimana,

$$W_{s_{mn}} = \frac{1}{FAS} \times W \text{ air} \quad (3.4)$$

Fas = Faktor air per meter kubik beton

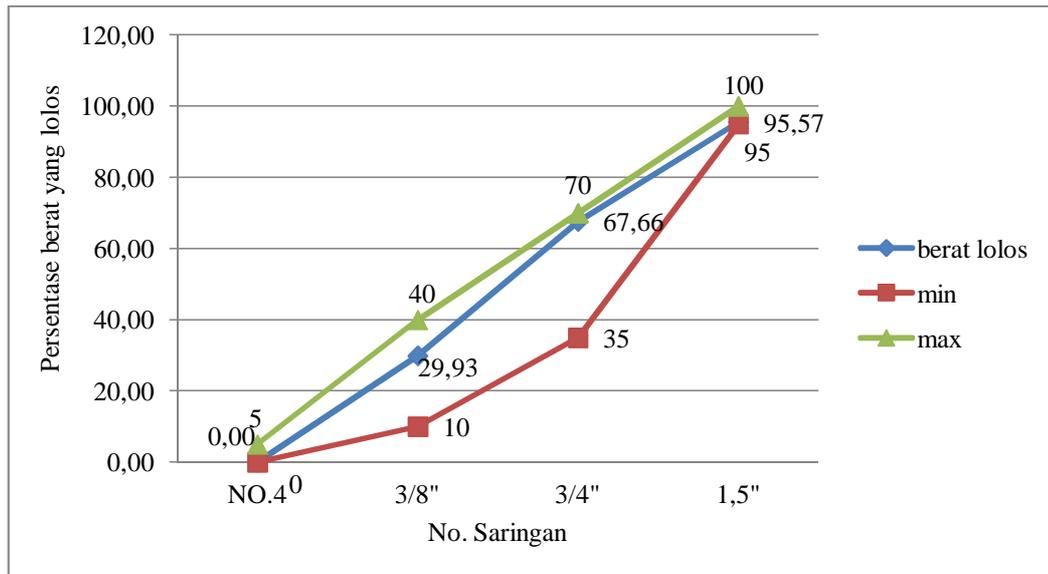
$$\begin{aligned} \text{Jumlah semen} &= \frac{\text{kadar air bebas}}{\text{faktor air semen bebas}} \\ &= \frac{170}{0,41} \\ &= 414,63 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

13. Jumlah semen maksimum = $414,63 \text{ kg/m}^3$
14. Jumlah semen minimum dapat dilihat pada Tabel 3.14. Dari tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya yaitu 275 kg/m^3 .
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 yaitu 0,41.
16. Penetapan jenis agregat halus
 - Susunan besar butir agregat halus berada pada zona gradasi susunan 2.



Gambar 3.5: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

17. Penetapan jenis agregat kasar menurut Gambar 3.6.



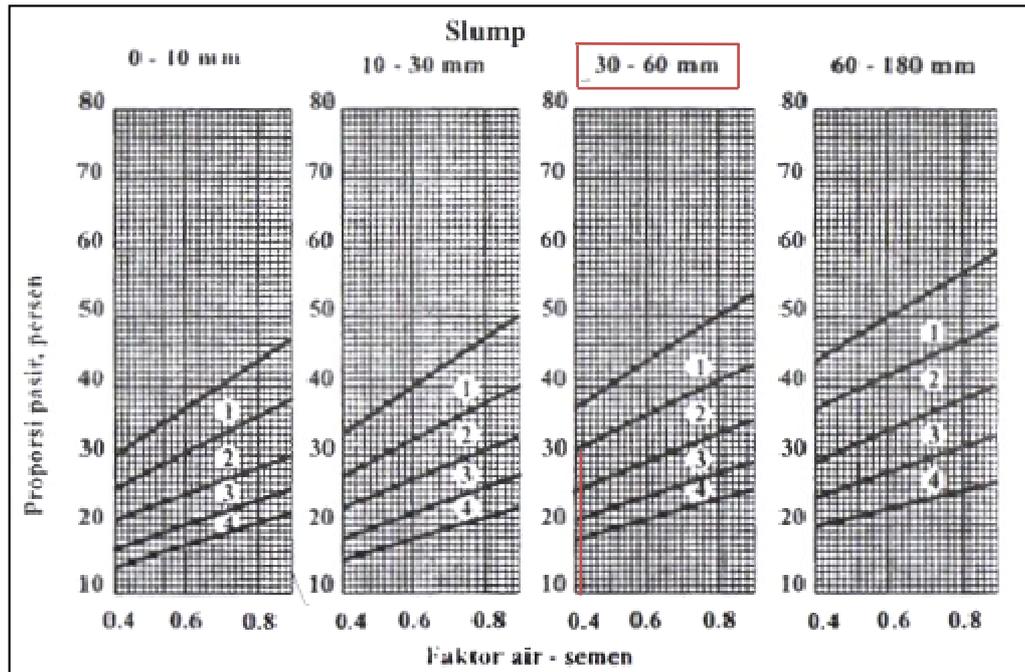
Gambar 3.6: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm.

18. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 3.7. ukuran butir maksimum sebesar 40 mm dapat dilihat pada Gambar 3.6. untuk mencari proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

Persen agregat halus = 31,5% (Grafik pada gambar 3.7)

Persen agregat kasar = 100% - persen agregat halus
 = 100% - 31,5%
 = 68,5%



Gambar 3.7: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834, 2000).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan menggunakan Pers. 3.5:

Dengan:

$$b_j \text{ camp} = \quad \quad \quad (3.5)$$

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

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium sebesar:

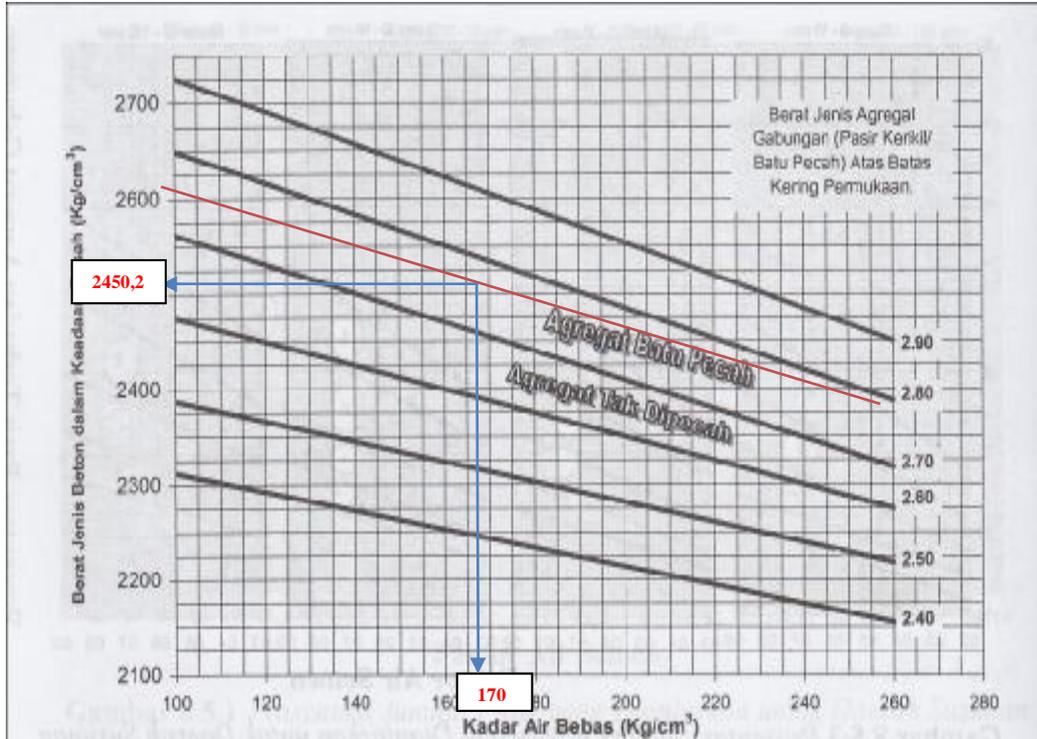
$B_j = 2,571 \text{ gr/cm}^3$ untuk agregat tak pecah/alami

$B_j = 2,716 \text{ gr/cm}^3$ untuk agregat pecah

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis relative agregat (SSD)} &= (0,315 \times 2,571) + (0,685 \times 2,716) \\ &= 2,669 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

20. Perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari:



Gambar 3.8: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834, 2000).

21. Dihitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan menggunakan Pers. 3.6.

$$W_{agr,camp} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \quad (3.6)$$

Dengan:

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran 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)

$$\begin{aligned} \text{Maka, } W_{agr,camp} &= W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \\ &= 2450,25 - 170 - 414,63 \\ &= 1865,62 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned}$$

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

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan menggunakan Pers. 3.7.

$$W_{agr,h} = k_h \times W_{agr,camp} \quad (3.7)$$

Dengan:

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan berat agregat campuran beton (kg/m^3)

$$\begin{aligned} \text{Maka, } W_{agr,h} &= k_h \times W_{agr,camp} \\ &= 0,315 \times 1865,62 \\ &= 587,670 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned}$$

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan Pers. 3.8.

$$W_{agr,k} = W_{agr,camp} - W_{agr,h} \quad (3.8)$$

Dengan:

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

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

$$\begin{aligned} \text{Maka, } W_{agr,k} &= W_{agr,camp} - W_{agr,h} \\ &= 1865,62 - 587,670 \\ &= 1277,95 \text{ kg/ m}^3 \end{aligned}$$

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

- Semen = $\frac{414,63}{414,63} = 1$
- Air = $\frac{170}{414,63} = 0,410$
- Pasir = $\frac{587,670}{414,63} = 1,417$
- Batu pecah = $\frac{1277,95}{414,63} = 3,082$

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:

1. Air = $B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$
2. Agregat halus = $C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100}$
3. Agregat kasar = $D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$

Dengan:

B adalah jumlah air (kg/m³)

C adalah agregat halus (kg/m³)

D adalah jumlah agregat kasar (kg/m³)

Ca adalah absorpsi air pada agregat halus (%)

Da adalah absorpsi agregat kasar (%)

Ck adalah kandungan air dalam agregat halus (%)

Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

Maka,

1. Air

$$= 170 - \left[\left((2,154 - 2,571) \times \left(\frac{587,670}{100} \right) \right) - \left((0,604 - 2,716) \times \left(\frac{1277,95}{100} \right) \right) \right]$$

$$= 165,426 \text{ kg/m}^3$$

2. Pasir = $587,670 + \left((2,154 - 2,571) \times \left(\frac{587,670}{100} \right) \right)$

$$= 590,108 \text{ kg/m}^3$$

3. Batu pecah = $1277,95 + \left((0,604 - 2,716) \times \left(\frac{1277,95}{100} \right) \right)$

$$= 1278,35 \text{ kg/m}^3$$

Maka, untuk tiap meter³ diperlukan =

- Semen = $\frac{414,63}{414,63} = 1$
- Air = $\frac{165,426}{414,63} = 0,398$
- Pasir = $\frac{590,108}{414,63} = 1,423$

- Batu pecah = $\frac{1278,35}{414,63} = 3,083$

3.12. Pelaksanaan Penelitian

3.12.1. Mix Design

Hal ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan serta memiliki kelecakan yang sesuai dengan mempermudah proses pengerjaan.

3.12.2. Pembuatan Benda Uji

Menggunakan standart SNI 03-2824-2000 “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton”. Dengan campuran serat sabut kelapa dan abu sekam padi yang sudah ditentukan.

1. Benda uji pemeriksaan kuat tekan

Benda uji ini berbentuk silinder dengan ukuran 30 x 15 cm berjumlah 12 buah. Berikut penjelasannya:

- a. Beton normal dengan umur 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil dari rata-ratanya.
- b. Beton normal dengan tambahan SK sebanyak 2% dari volume benda uji dan ASP sebanyak 10% dari berat pasir, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil dari rata-ratanya.
- c. Beton normal dengan tambahan SK sebanyak 2% dari volume benda uji dan ASP sebanyak 20% dari berat pasir, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil dari rata-ratanya.
- d. Beton normal dengan tambahan SK sebanyak 2% dari volume benda uji dan ASP sebanyak 30% dari berat pasir, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil dari rata-ratanya.

2. Benda uji pemeriksaan flexural beton

Benda uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 75cm, lebar 15cm, dan tinggi 15cm berjumlah 12 buah. Berikut penjelasannya:

- a. Beton normal dengan umur 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil dari rata-ratanya.
- b. Beton normal dengan tambahan SK sebanyak 2% dari volume benda uji dan ASP sebanyak 10% dari berat pasir, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil dari rata-ratanya.
- c. Beton normal dengan tambahan SK sebanyak 2% dari volume benda uji dan ASP sebanyak 20% dari berat pasir, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil dari rata-ratanya.
- d. Beton normal dengan tambahan SK sebanyak 2% dari volume benda uji dan ASP sebanyak 30% dari berat pasir, dengan umur beton 28 hari.

Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil dari rata-ratanya. Maka jumlah benda uji yang akan dibuat sejumlah 12 benda uji berbentuk silinder untuk pengujian kuat tekan dan 12 benda uji berbentuk balok untuk pengujian *flexural test*. Dengan jumlah total benda uji berjumlah 24 benda uji.

3.12.3. Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 1972:2008.

3.12.4. Perawatan Beton

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

3.12.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas tertentu. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak 12 buah dapat dilihat pada Tabel 3.12. berikut:

Tabel. 3.16: Jumlah variasi sampel pengujian beton.

NO	Variasi Campuran Beton	Jumlah Sampel Pengujian
		28 hari
1.	Beton normal	3 buah
2.	Beton variasi 10% + 2%	3 buah
3.	Beton variasi 20% + 2%	3 buah
4.	Beton variasi 30% + 2%	3 buah
TOTAL		12 buah

3.12.6. Pengujian Kuat Lentur (*Flexural Test*)

Pengujian kuat lentur dua titik pembebanan ini merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengukur kekuatan lentur dari beton tersebut. Untuk oengujian kuat lentur ini menggunakan SNI 4431-2011. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak 12 buah dapat dilihat pada Tabel 3.17. berikut:

Tabel. 3.17: Jumlah variasi sampel pengujian beton.

NO	Variasi Campuran Beton	Jumlah Sampel Pengujian
		28 hari
1.	Beton normal	3 buah
2.	Beton variasi 10% + 2%	3 buah
3.	Beton variasi 20% + 2%	3 buah
4.	Beton variasi 30% + 2%	3 buah
TOTAL		12 buah

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton

Selanjutnya akan dilakukan analisis campuran beton (*Mix Design*) dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan.

Dari hasil percobaan didapati data-data sebagai berikut:

1. Berat jenis agregat kasar = 2,716 gr/cm³
2. Berat jenis agregat halus = 2,571 gr/cm³
3. Kadar lumpur agregat kasar = 0,767 %
4. Kadar lumpur agregat halus = 3,3 %
5. Berat isi agregat kasar = 1,511 gr/cm³
6. Berat isi agregat halus = 1,165 gr/cm³
7. FM agregat kasar = 7,068
8. FM agregat halus = 2,775
9. Kadar air agregat kasar = 0,604 %
10. Kadar air agregat halus = 2,154 %
11. Penyerapan agregat kasar = 0,752 %
12. Penyerapan agregat halus = 1,730 %
13. Nilai slump rencana = 30 – 60 mm
14. Ukuran agregat maksimum = 40 mm

Maka, dari data-data diatas kami membuat perencanaan campuran beton (*Mix Design*) yang berdasarkan SNI 03-2834-2000 seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Perencanaan Campuran Beton (SNI 03-2834, 2000).

No	Uraian	Table/ grafik perhitungan	Nilai
1.	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	23 MPa
2.	Deviasi Standar		12 MPa
3.	Nilai tambah (margin)	-	4,2 MPa
4.	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 2+3	39,2 MPa
5.	Jenis semen		Type 1
6.	Jenis agregat: - Kasar - Halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7.	Faktor air semen bebas		0,41
8.	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9.	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10.	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11.	Kadar air bebas	Tabel 3	170 kg/ m ³
12.	Jumlah semen	11:7	414,63 kg/ m ³
13.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	414,63 kg/ m ³
14.	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/ m ³
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	-	0,41
16.	Susunan besar agregat halus	Grafik 4	Daerah Gradasi Zona 2
17.	Susunan agregat kasar atau gabungan	Grafik 9	Gradasi Maksimum 40mm
18.	Persen agregat halus	Grafik 15	31,5 %
19.	Berat jenis relatif agregat (jenuh kering permukaan)	-	2,669
20.	Berat isi beton	Grafik 16	2450,25 kg/ m ³

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

No	Uraian	Table/ grafik perhitungan		Nilai	
21.	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		1865,62 kg/ m ³	
22.	Kadar agregat halus	18 x 21		587,670 kg/ m ³	
23.	Kadar agregat kasar	21-22		1277,95 kg/ m ³	
24.	Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (kg atau lt)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	414,63	170	587,670	1277,95
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,410	1,417	3,082
	- Tiap benda uji v = 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,19	0,901	3,114	6,773
25.	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	414,63	165,426	590,108	1278,35
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,398	1,423	3,083
	- Tiap benda uji v = 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,19	0,896	3,127	6,775

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

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
414,36	:	590,108	:	1278,358	:	165,426
2,19	:	3,127	:	6,775	:	0,896

- a. Untuk satu benda uji silinder (kg)

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

$$\text{Tinggi} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Diameter} = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Volume silinder} = \pi r^2 t$$

$$= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

Maka,

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak semen x Volume 1 benda uji
= $414,63 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 2,19 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak pasir x Volume 1 benda uji
= $590,108 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 3,127 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji
= $1278,35 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 6,775 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak air x Volume 1 benda uji
= $165,426 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 0,896 kg

Proporsi campuran untuk 1 benda uji dengan volume $0,0053 \text{ m}^3$ dalam satuan kg adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
2,19	:	3,127	:	6,775	:	0,896

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing–masing saringan untuk 1 benda uji silinder. Untuk agregat kasar terlampir pada Tabel 4.2 dan, sedangkan untuk agregat halus terlampir pada Tabel 4.3. Nilai total berat tertahan didapat dari % berat tertahan dikalikan dengan jumlah total agregat yang didapat dari perbandingan.

Tabel 4.2: Banyak agregat halus yang di butuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji silinder.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat halus}$
No.4	1,045	0,033
No.8	8,682	0,271
No.16	18,909	0,591
No.30	26,955	0,843
No.50	28,591	0,895
No.100	14,091	0,440
Pan	1,727	0,054
Total		3,127

Berdasarkan tabel 4.2 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang di butuhkan tiap 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,033 kg, no 8 sebesar 0,271 kg, no 16 sebesar 0,591 kg, no 30 sebesar 0,843, no 50 sebesar 0,895, no 100 sebesar 0,440 dan pan sebesar 0,054. Dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan buat 1 benda uji sebesar 3,127 kg.

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$
1,5"	4,429	0,301
$\frac{3}{4}$ "	27,911	1,891
$\frac{3}{8}$ "	37,732	2,556

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

No. 4	29,929	2,027
Total		6,775

Berdasarkan tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang di butuhkan tiap 1 benda uji ialah saringan 1,5” sebesar 0,301 kg, 3/4” sebesar 1,891 kg, 3/8” sebesar 2,556 kg, no 4 sebesar 2,027. Dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan buat 1 benda uji sebesar 6,775 kg.

Ø Abu Sekam Padi (ASP)

Penggunaan bahan tambah yang digunakan dalam penelitian menggunakan ASP sebesar 10 %, 20 % dan 30 % dari berat pasir. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut:

Tabel 4.4: Banyak ASP yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder.

Persentase banyaknya serat (%)	Banyaknya serat dari berat pasir (gr)
10	312,7
20	625,4
30	938,1

Ø Sabut Kelapa (SK)

Untuk penggunaan bahan tambah SK sebanyak 2% dari volume silinder.

- SK yang dibutuhkan sebanyak 2 % untuk 1 benda uji.

$$= \frac{2}{100} \times \text{volume silinder}$$

$$= \frac{2}{100} \times 0,0053$$

$$= 0,000106 \text{ kg}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 12 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 12 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak semen 1 benda uji x 12 benda uji
 - = 2,19 x 12

$$= 26,28 \text{ kg}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji

$$= \text{Banyak pasir untuk 1 benda uji} \times 12$$

$$= 3,127 \times 12$$

$$= 37,524 \text{ kg}$$

- ✓ ASP sebagai pengganti pasir 10%

$$= \text{Banyak ASP 1 benda uji} \times 3 \text{ benda uji}$$

$$= 0,1042 \times 3$$

$$= 0,3126 \text{ kg}$$

- ✓ ASP sebagai pengganti pasir 20%

$$= \text{Banyak ASP 1 benda uji} \times 3 \text{ benda uji}$$

$$= 0,2084 \times 3$$

$$= 0,6252 \text{ kg}$$

- ✓ ASP sebagai pengganti pasir 30%

$$= \text{Banyak ASP 1 benda uji} \times 3 \text{ benda uji}$$

$$= 0,3127 \times 3$$

$$= 0,9381 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah total ASP} = 0,3126 + 0,6252 + 0,9381$$

$$= 1,8759 \text{ kg}$$

Sehingga banyaknya jumlah pasir yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$= \text{jumlah pasir total} - \text{jumlah total ASP}$$

$$= 37,524 - 1,8759$$

$$= 35,648 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 12 benda uji

$$= \text{Banyak batu pecah untuk 1 benda uji} \times 12$$

$$= 6,775 \times 12$$

$$= 81,3 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 12 benda uji

$$= \text{Banyak air untuk 1 benda uji} \times 12$$

$$= 0,896 \times 12$$

$$= 10,752 \text{ kg}$$

Perbandingan untuk 12 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 26,28 : 35,648 : 81,3 : 10,752

Berdasarkan analisa saringan untuk 12 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 12 benda uji silinder.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$
1,5"	4,429	3,601
$\frac{3}{4}$ "	27,911	22,691
$\frac{3}{8}$ "	37,732	30,676
No. 4	29,929	24,333
Total		81,3

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji ialah saringan 1,5" sebesar 3,601 kg, saringan $\frac{3}{4}$ " sebesar 22,691 kg, saringan $\frac{3}{8}$ " sebesar 30,676 kg dan saringan No.4 sebesar 24,333 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 12 benda uji sebesar 81,3 kg.

Sedangkan untuk berat tertahan setiap saringan untuk agregat halus dilihat berdasarkan Tabel 4.6 dalam 12 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 4,01 kg, saringan No.8 sebesar 8,57kg, saringan No.16 sebesar 20,45kg, saringan No.30 sebesar 27,60kg, saringan No.50 sebesar 31,03kg, saringan No.100 sebesar 21,69kg, dan Pan sebesar 4,85kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 50 benda uji sebesar 118,2 kg.

Tabel 4.6: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji silinder.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat halus}$
No.4	1,045	0,372
No.8	8,682	3,095
No.16	18,909	6,740
No.30	26,955	9,608
No.50	28,591	10,193
No.100	14,091	5,024
Pan	1,727	0,616
Total		35,648

b. Untuk satu benda uji balok (kg)

Menggunakan cetakan balok dengan ukuran:

- Panjang = 75 cm = 0,75 m
- Lebar = 15 cm = 0,15 m
- Tinggi = 15 cm = 0,15 m

$$\begin{aligned} \text{Volume balok} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 0,75 \times 0,15 \times 0,15 \\ &= 0,01687 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka,

- Semen yang dibutuhkan untuk satu benda uji
 $= 414,63 \text{ kg/m}^3 \times 0,01687 \text{ m}^3$
 $= 6,994 \text{ kg}$
- Pasir yang dibutuhkan untuk satu benda uji
 $= 590,108 \text{ kg/m}^3 \times 0,01687 \text{ m}^3$

$$= 9,955 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk satu benda uji

$$= 1278,35 \text{ kg/m}^3 \times 0,01687 \text{ m}^3$$

$$= 21,565 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk satu benda uji

$$= 165,426 \text{ kg/m}^3 \times 0,01687 \text{ m}^3$$

$$= 2,790 \text{ kg}$$

Maka perbandingan untuk satu benda uji:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 6,994 : 9,955 : 21,565 : 2,790

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing–masing saringan untuk 1 benda uji. Untuk agregat halus terlampir pada Tabel 4.7 dan, sedangkan untuk agregat kasar terlampir pada Tabel 4.8.

Tabel 4.7: Banyak agregat halus yang di butuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji balok prisma.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat halus}$
No.4	1,045	0,105
No.8	8,682	0,864
No.16	18,909	1,882
No.30	26,955	2,683
No.50	28,591	2,846
No.100	14,091	1,403
Pan	1,727	0,172
Total		9,955

Berdasarkan tabel 4.7 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang di butuhkan tiap 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,105 kg, no 8 sebesar 0,864 kg, no 16 sebesar 1,882 kg, no 30 sebesar 2,683, no 50 sebesar 2,846, no 100 sebesar 1,403 dan pan sebesar 0,172. Dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan buat 1 benda uji sebesar 9,955 kg.

Tabel 4.8: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji balok prisma.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$
1,5"	4,429	0,955
¾"	27,911	6,020
3/8"	37,732	8,136
No. 4	29,929	6,454
Total		21,565

Berdasarkan tabel 4.8 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang di butuhkan tiap 1 benda uji ialah saringan 1,5" sebesar 0,955 kg, ¾" sebesar 6,020 kg, 3/8" sebesar 8,136 kg, no 4 sebesar 6,454. Dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan buat 1 benda uji sebesar 21,565 kg.

Ø Abu Sekam Padi (ASP)

Penggunaan bahan tambah yang digunakan dalam penelitian menggunakan ASP sebesar 10 %, 20 % dan 30 % dari berat pasir. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut:

Tabel 4.9: Banyak ASP yang dibutuhkan untuk 1 benda uji balok prisma.

Persentase banyaknya serat (%)	Banyaknya serat dari berat pasir (gr)
10	995,5
20	1991
30	2986,5

Ø Sabut Kelapa (SK)

Untuk penggunaan bahan tambah SK sebanyak 2% dari volume silender.

- SK yang dibutuhkan sebanyak 2% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{2}{100} \times \text{volume silinder}$$

$$= \frac{2}{100} \times 0,0053$$

$$= 0,000106 \text{ kg}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 12 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 12 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 12 benda uji

$$= \text{Banyak semen 1 benda uji} \times 12 \text{ benda uji}$$

$$= 6,994 \times 12$$

$$= 83,928 \text{ kg}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji

$$= \text{Banyak pasir untuk 1 benda uji} \times 12$$

$$= 9,955 \times 12$$

$$= 119,46 \text{ kg}$$

- ✓ ASP sebagai pengganti pasir 10%

$$= \text{Banyak ASP 1 benda uji} \times 3 \text{ benda uji}$$

$$= 0,332 \times 3$$

$$= 0,995 \text{ kg}$$

- ✓ ASP sebagai pengganti pasir 20%

$$= \text{Banyak ASP 1 benda uji} \times 3 \text{ benda uji}$$

$$= 0,664 \times 3$$

$$= 1,992 \text{ kg}$$

- ✓ ASP sebagai pengganti pasir 30%

$$= \text{Banyak ASP 1 benda uji} \times 3 \text{ benda uji}$$

$$= 0,9948 \times 3$$

$$= 2,9865 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah total ASP} = 0,995 + 1,992 + 2,9865$$

$$= 5,9735 \text{ kg}$$

Sehingga banyaknya jumlah pasir yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \text{jumlah pasir total} - \text{jumlah total ASP} \\
 &= 119,46 - 5,9735 \\
 &= 113,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 12
 - = 21,565 x 12
 - = 258,78 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak air untuk 1 benda uji x 12
 - = 2,790 x 12
 - = 33,48 kg

Maka perbandingan untuk 12 benda uji dalam satuan kg adalah:

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\
 83,928 & : & 101,549 & : & 258,78 & : & 33,48
 \end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan untuk 12 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

Tabel 4.10: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji balok prisma.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$
1,5"	4,429	11,461
¾"	27,911	72,228
3/8"	37,732	97,642
No. 4	29,929	77,450
Total		258,78

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji ialah saringan 1,5” sebesar 11,461 kg, saringan 3/4” sebesar 72,228 kg, saringan 3/8” sebesar 97,642 kg dan saringan No.4 sebesar 77,450 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 12 benda uji sebesar 258,78 kg.

Sedangkan untuk berat tertahan setiap saringan untuk agregat halus dilihat berdasarkan Tabel 4.11 dalam 12 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 1,061 kg, saringan No.8 sebesar 8,816 kg, saringan No.16 sebesar 19,201 kg, saringan No.30 sebesar 27,372 kg, saringan No.50 sebesar 29,033 kg, saringan No.100 sebesar 14,309 kg, dan Pan sebesar 1,753 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 50 benda uji sebesar 101,549 kg.

Tabel 4.11: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji balok prisma.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat halus}$
No.4	1,045	1,061
No.8	8,682	8,816
No.16	18,909	19,201
No.30	26,955	27,372
No.50	28,591	29,033
No.100	14,091	14,309
Pan	1,727	1,753
Total		101,549

4.2. Pengambilan Nilai *Slump Test*

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton normal maupun beton yang menggunakan bahan tambah (*additive*).

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 $\frac{1}{3}$ dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan. Setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 10 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 dapat dilihat pada tabel 4.12. Pada tabel ini dijelaskan nilai *slump* pada masing-masing pencetakan beton. Seperti perencanaan *slump* pada *job mix design* adalah 30-60 mm.

Tabel 4.12: Hasil pengujian nilai *slump* untuk benda uji silinder dan balok.

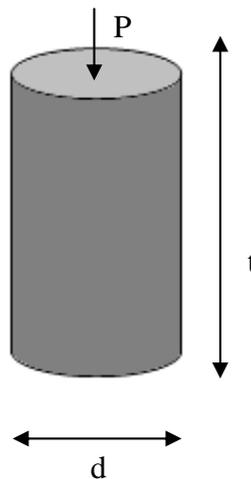
Variasi campuran	<i>Slump</i> (cm)	
	Silinder	Balok
	28 Hari	28 Hari
Beton Normal	4	4
Beton dengan SK 2% dan ASP 10%	4	4,5
Beton dengan SK 2% dan ASP 20%	3,5	4,5
Beton dengan SK 2% dan ASP 30%	3,5	4,5

Berdasarkan Tabel 4.12 menjelaskan perbandingan nilai slump antara beton normal, beton dengan SK 2% + ASP 10%, beton dengan SK 2% + ASP 20%, beton dengan SK 2% + ASP 30%, dimana pada beton normal didapatkan nilai *slump* sesuai rencana 4 cm, sedangkan beton dengan campuran SK dan ASP

mendapatkan hasil *slump* tertinggi antara 4–4,5 cm. Untuk beton normal hanya dapat nilai *slump* normal dikarenakan tidak ada campuran bahan SK dan ASP yang membuat *slump test* dari beton naik.

4.3. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 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 4.1 dan jumlah benda uji 12 buah, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.1: Beban tekan pada benda uji silinder.

4.3.1. Kuat Tekan Beton Normal (saat pengujian)

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton normal 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 176,71 cm ² (MPa) $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
1	31300	17,71	22,73
2	44400	25,13	
3	44800	25,35	

Berdasarkan Tabel 4.13 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 22,73 MPa pada umur beton 28 hari.

4.3.2. Kuat Tekan Beton Dengan SK 2% + ASP 10%

Pengujian beton dengan variasi SK 2% dan ASP 10% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Hasil pengujian kuat tekan beton dengan SK 2% dan ASP 10%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 176,71 cm ² (MPa) $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
1	12600	7,13	9,84
2	16400	9,28	
3	23200	13,13	

Berdasarkan Tabel 4.14 menjelaskan hasil kuat tekan beton dengan bahan tambah SK 2% dan ASP 10% didapat kuat tekan rata-rata pada umur beton 28 hari sebesar 9,84 Mpa.

4.3.3. Kuat Tekan Beton Dengan SK 2% + ASP 20%

Pengujian beton dengan variasi SK 2% dan ASP 20% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Berdasarkan Tabel 4.15 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi SK 2% dan ASP 20% didapat kuat tekan rata-rata pada umur beton 28 hari sebesar 27,8 Mpa.

Tabel 4.15: Hasil pengujian kuat tekan beton dengan SK 2% dan ASP 20%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 176,71 cm ² (MPa) $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
1	48400	27,39	27,8
2	48800	27,62	
3	50200	28,41	

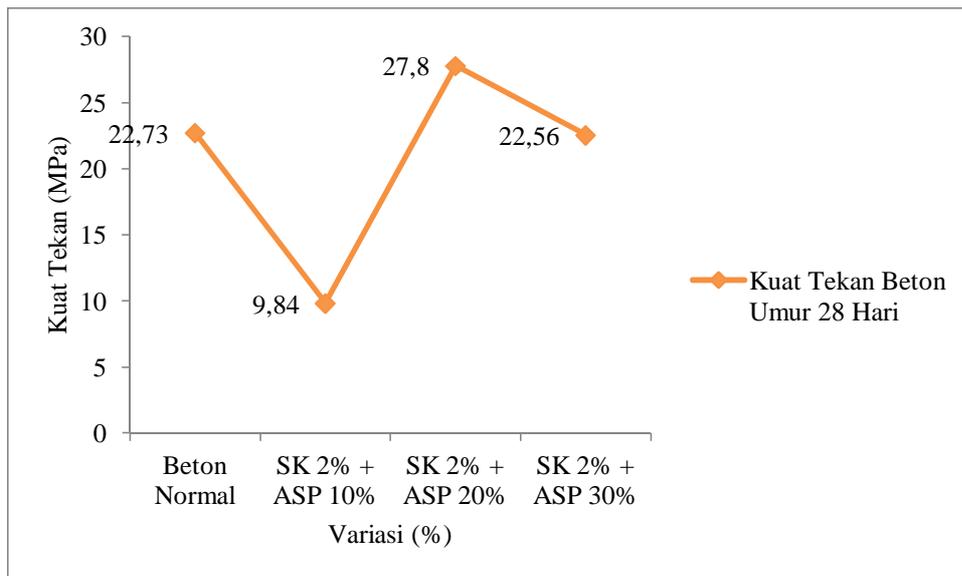
4.3.4. Kuat Tekan Beton Dengan SK 2% + ASP 30%

Pengujian beton dengan variasi SK 2% dan ASP 30% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tekan beton dengan SK 2% dan ASP 30%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 176,71 cm ² (MPa) $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
1	31600	17,88	22,56
2	44000	24,90	
3	44000	24,90	

Berdasarkan Tabel 4.16 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi SK 2% dan ASP 30% didapat kuat tekan rata-rata pada umur beton 28 hari sebesar 22,56 Mpa.



Gambar 4.2: Grafik persentase kuat tekan beton normal dan beton serat umur 28 hari.

Dari Gambar 4.2 menjelaskan bahwa nilai kuat tekan paling terkuat terdapat pada variasi SK 2% dan ASP 20% sebesar 27,8 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan yang terkecil terdapat pada beton variasi SK 2% dan ASP 10% sebesar 9,84 MPa. Berdasarkan grafik ini menjelaskan bahwa beton dengan bahan tambah SK dan

ASP dapat menaikkan kuat tekan beton tetapi sesuai dengan komposisi tertentu. Hal ini dikarenakan SK menyerap kadar air semen pada saat pencampuran mix design dan ASP yang diganti sebagai pasir membantu untuk mengikat antara semen dan pasir, karena pada ASP terkandung silika.

4.4. Pengujian Kuat Lentur (*Flexural*)

4.4.1. Pengujian Kuat Lentur Beton Normal

Pada pengujian ini akan menjelaskan hasil pengujian kuat lentur beton normal pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Hasil pengujian kuat lentur beton normal umur pengujian 28 hari.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	4	1	0,41	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agregat halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	165,426	414,63	590,108	1278,358	-
Nomor Benda Uji			A1	A2	A3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			750	750	750
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (kg)			45	44,2	43,5
Volume Benda Uji (mm ³)			16875000	16875000	16875000
Beban Maksimum (N)			28000	32000	28400
Jarak Bentang (mm)			600	600	600
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (MPa)			4,97	5,69	5,04
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			5,23		

Berdasarkan tabel 4.17 menjelaskan campuran komposisi beton dan kuat lentur beton. Nilai kuat lentur beton yang tertinggi pada sampel A2 sebesar 5,69 MPa, dengan nilai rata-rata kuat lenturnya sebesar 5,23 MPa.

4.4.2. Kuat Lentur Beton Dengan SK 2% + ASP 10%

Pada pengujian ini akan menjelaskan hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi SK 2% dan ASP 10% pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Hasil pengujian kuat lentur beton dengan SK 2% dan ASP 10%.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	4,5	1	0,41	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agregat halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	165,426	414,63	590,108	1278,358	SK 2% + ASP 10%
Nomor Benda Uji			B1	B2	B3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			750	750	750
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (kg)			42	41	42,3
Volume Benda Uji (mm ³)			16875000	16875000	16875000
Beban Maksimum (N)			26200	24000	26400
Jarak Bentang (mm)			600	600	600
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (MPa)			4,65	4,27	4,69
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			4,53		

Berdasarkan tabel 4.18 menjelaskan campuran komposisi beton dan kuat lentur beton. Nilai kuat lentur beton yang tertinggi pada sampel B3 sebesar 4,69 MPa, dengan nilai rata-rata kuat lenturnya sebesar 4,53 MPa.

4.4.3. Kuat Lentur Beton Dengan SK 2% + ASP 20%

Pada pengujian ini akan menjelaskan hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi SK 2% dan ASP 20% pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat lentur beton dengan SK 2% dan ASP 20%.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	4,5	1	0,41	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agregat halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	165,426	414,63	590,108	1278,358	SK 2% + ASP 20%
Nomor Benda Uji			C1	C2	C3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			750	750	750
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (kg)			41	41,9	41,9
Volume Benda Uji (mm ³)			16875000	16875000	16875000
Beban Maksimum (N)			24000	24000	20600
Jarak Bentang (mm)			600	600	600
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (MPa)			4,26	4,26	3,62
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			4,04		

Berdasarkan tabel 4.19 menjelaskan campuran komposisi beton dan kuat lentur beton. Nilai kuat lentur beton yang terkecil pada sampel C3 sebesar 3,62 MPa, dengan nilai rata-rata kuat lenturnya sebesar 4,04 MPa.

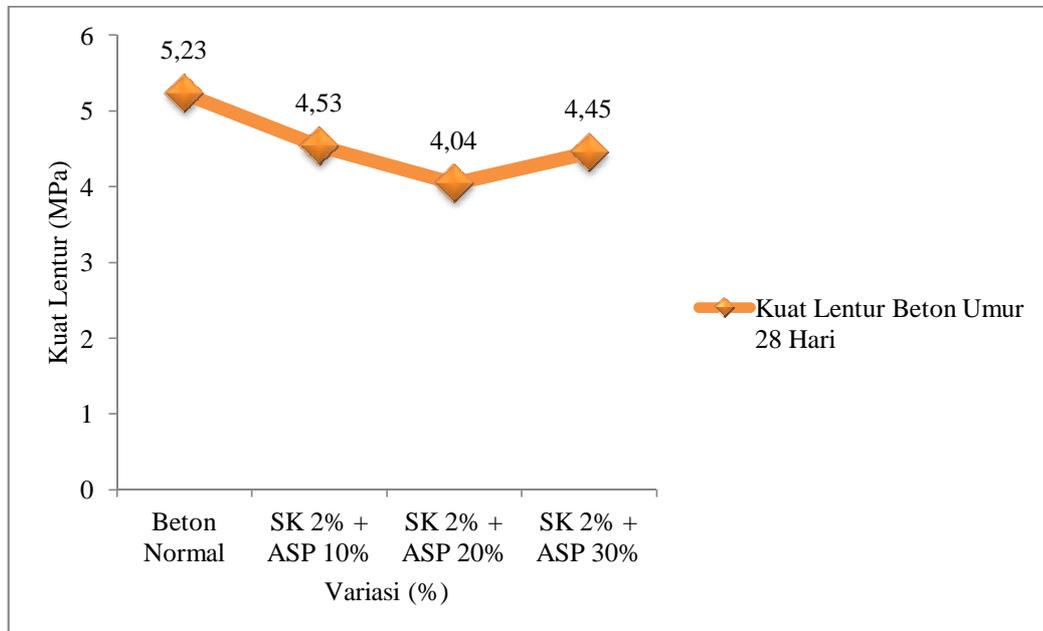
4.4.4. Kuat Lentur Beton Dengan SK 2% + ASP 30%

Pada pengujian ini akan menjelaskan hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi SK 2% dan ASP 30% pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20: Hasil pengujian kuat lentur beton dengan SK 2% dan ASP 30%.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	4,5	1	0,41	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agregat halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	165,426	414,63	590,108	1278,358	SK 2% + ASP 30%
Nomor Benda Uji			D1	D2	D3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			750	750	750
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (kg)			42	42,1	43,8
Volume Benda Uji (mm ³)			16875000	16875000	16875000
Beban Maksimum (N)			24000	21800	29400
Jarak Bentang (mm)			600	600	600
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (MPa)			4,26	3,87	5,22
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			4,45		

Berdasarkan tabel 4.20 menjelaskan campuran komposisi beton dan kuat lentur beton. Nilai kuat lentur beton yang tertinggi pada sampel C3 sebesar 5,22 MPa, dengan nilai rata-rata kuat lenturnya sebesar 4,45 MPa.



Gambar 4.3: Grafik persentase kuat lentur beton normal dan beton serat umur 28 hari.

Dari Gambar 4.3 menjelaskan bahwa nilai kuat lentur paling terkuat terdapat pada variasi SK 2% dan ASP 10% sebesar 4,53 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan yang terkecil terdapat pada beton variasi SK 2% dan ASP 20% sebesar 4,04 MPa. Berdasarkan grafik ini menjelaskan bahwa beton dengan bahan tambah SK dan ASP dapat menaikkan kuat lentur beton tetapi sesuai dengan komposisi tertentu. Hal ini dikarenakan ukuran panjang SK serta arah serat yang mempengaruhi besar nilai kuat lentur tersebut dan ASP yang diganti sebagai pasir membantu untuk mengikat antara semen dan pasir, karena pada ASP terkandung silika.

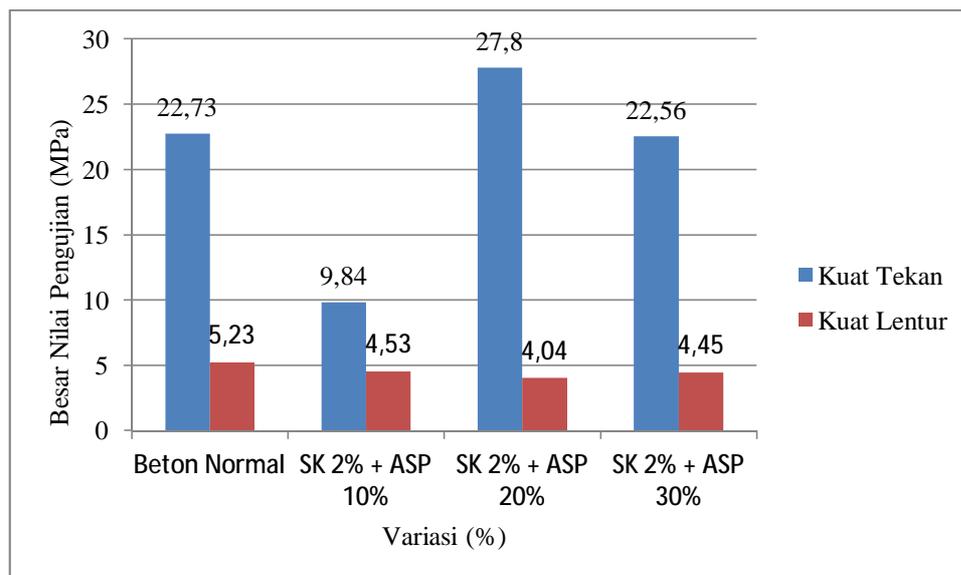
4.5. Perbandingan Hasil Kuat Tekan Dan Kuat Lentur

Berdasarkan hasil dari pengujian kuat tekan dan kuat lentur yang telah didapat. Pada Tabel 4.21 akan menjelaskan hasil dari kuat tekan dan kuat lentur. Dimana kuat tekan sebagai mana faktor koreksi batas minimum.

Tabel 4.21: Hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur sebagai bahan perbandingan.

Nama Benda Uji	Umur Benda Uji	Hasil Benda Uji (MPa)				Kuat Lentur Berdasarkan Nilai Uji Kuat Tekan $F_s=0,62 f_c(\text{MPa})$
		Kuat Tekan		Kuat Lentur		
		f_c	fc rata-rata	f_s	fs rata-rata	
A1	28	17,71	22,73	4,97	5,23	2,95
A2	28	25,13		5,69		
A3	28	25,35		5,04		
B1	28	7,13	9,28	4,65	4,53	1,88
B2	28	9,28		4,27		
B3	28	13,13		4,69		
C1	28	27,39	27,8	4,26	4,04	3,26
C2	28	27,62		4,26		
C3	28	28,41		3,62		
D1	28	17,88	22,56	4,26	4,45	2,94
D2	28	24,90		3,87		
D3	28	24,90		5,22		

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur maka didapat nilai seperti Tabel 4.21. Dimana kuat tekan yang tertinggi 27,8 MPa tidak mewakili kuat lentur tertinggi yang terdapat pada variasi beton normal sebesar 5,23 MPa.



Gambar 4.4: Grafik hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada umur 28 hari.

Dari Gambar 4.4 menjelaskan bahwa nilai kuat tekan paling terbesar terdapat pada variasi SK 2% dan ASP 20% sebesar 27,8 MPa. Sedang nilai kuat lentur yang terbesar terdapat pada beton variasi SK 2% dan ASP 10% sebesar 4,53 MPa. Berdasarkan grafik ini menjelaskan bahwa beton dengan bahan tambah SK dan ASP dapat menaikkan kuat tekan beton tetapi sesuai dengan komposisi tertentu. Hal ini dikarenakan SK menyerap kadar air semen pada saat pencampuran mix design serta arah dari serat yang sangat mempengaruhi nilai kuat lentur sedangkan ASP yang diganti sebagai pasir membantu untuk mengikat antara semen dan pasir, karena pada ASP terkandung silika.

4.6. Pembahasan

4.6.1. Pembahasan Kuat Tekan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan SK dan ASP, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan SK sebanyak 2% dengan kombinasi variasi ASP 10%, 20%, 30% mengalami peningkatan tetapi turun pada campuran SK 2% + ASP 10%. Berdasarkan berbanding dan persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- a. Bahan tambah dengan variasi SK 2% + ASP 10%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{9,84}{22,73} = 0,432$$

$$\text{Besar nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{9,84-22,73}{22,73} \times 100 = 56\%$$

- b. Bahan tambah dengan variasi SK 2% + ASP 20%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{27,8}{22,73} = 1,223$$

$$\text{Besar nilai kenaikan beton umur 28 hari} = \frac{27,8-22,73}{22,73} \times 100 = 22,30\%$$

- c. Bahan tambah dengan variasi SK 2% + ASP 30%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{22,56}{22,73} = 0,992$$

$$\text{Besar nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{22,56-22,73}{22,73} \times 100 = 0,74\%$$

Berdasarkan perhitungan kenaikan perbandingan dan persentase dengan penambahan SK dan ASP dapat disimpulkan bahwa dengan ditambahkan SK dan ASP kedalam campuran beton normal dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton tersebut. Mulai pada penambahan SK 2% + ASP 10% kuat tekan beton turun sebesar 56% dengan perbandingan beton normal sebagai pembandingnya. Kemudian pada penambahan SK 2% + ASP 20% kuat tekan beton kembali naik sebesar 22,30 % dan pada penambahan SK 2% + ASP 30% kuat tekan beton mengalami penurunnya menjadi 0,74 % dari kuat tekan beton normal. Hal ini disebabkan oleh penambahan SK dan ASP yang dapat mempengaruhi hasil kuat tekan, karena serat SK menyerap kadar air. Sehingga jika tidak sesuai komposisi maka kekuatan beton tersebut dapat menurun.

4.6.2. Pembahasan Kuat Tekan Dari Penelitian Yang Terdahulu

Menurut Nadia (2016) makin besar penambahan sabut kelapa pada campuran beton, berat volume makin ringan. Peningkatan kuat tekan beton berserat terjadi pada penambahan serat 0.50% sebesar 272.14 kgf/cm² naik 29.55%, dan penambahan serat 0.125% sebesar 244.84 kgf/cm² naik 16.56% dari beton normal tanpa penambahan serat sabut kelapa sebesar 210.06 kgf/cm².

Menurut Suhirkam dkk, (2006) yakni pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi terhadap kekuatan beton k-400 mengalami peningkatan

kekuatannya baik penggantian 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10% bila dibandingkan dengan beton normalnya. Beton mutu K – 400 pada umur 28 hari kuat tekan beton normal 414,07 kg/cm² (34,368 MPa) dengan penggantian abu sekam 10% kuat tekannya 456,889 Kg/cm² (37,922 MPa). Semakin besar persentase penggantian semen dengan abu sekam padi (2,5 % sampai 10 %) kekuatannya semakin besar baik kuat tekan maupun kuat tariknya, akan tetapi semakin besar persentase penggantian abu sekam padi slumpnya semakin menurun sehingga kelecakannya menurun dan sulit untuk pengerjaannya.

4.6.3.Pembahasan Kuat Lentur

Bila dibandingkan kuat lentur beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah SK dan ASP, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan SK 2% dan ASP sebanyak 20% yang mengalami peningkatan. Berdasarkan perbandingan dan persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

- a. Bahan tambah dengan variasi SK 2% + ASP 10%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{4,53}{5,23} = 0,866$$

$$\text{Besarnya nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{4,53-5,23}{5,23} \times 100 = 13 \%$$

- b. Bahan tambah dengan variasi SK 2% + ASP 20%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{4,04}{5,23} = 0,772$$

$$\text{Besarnya nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{4,04-5,23}{5,23} \times 100 = 22,75 \%$$

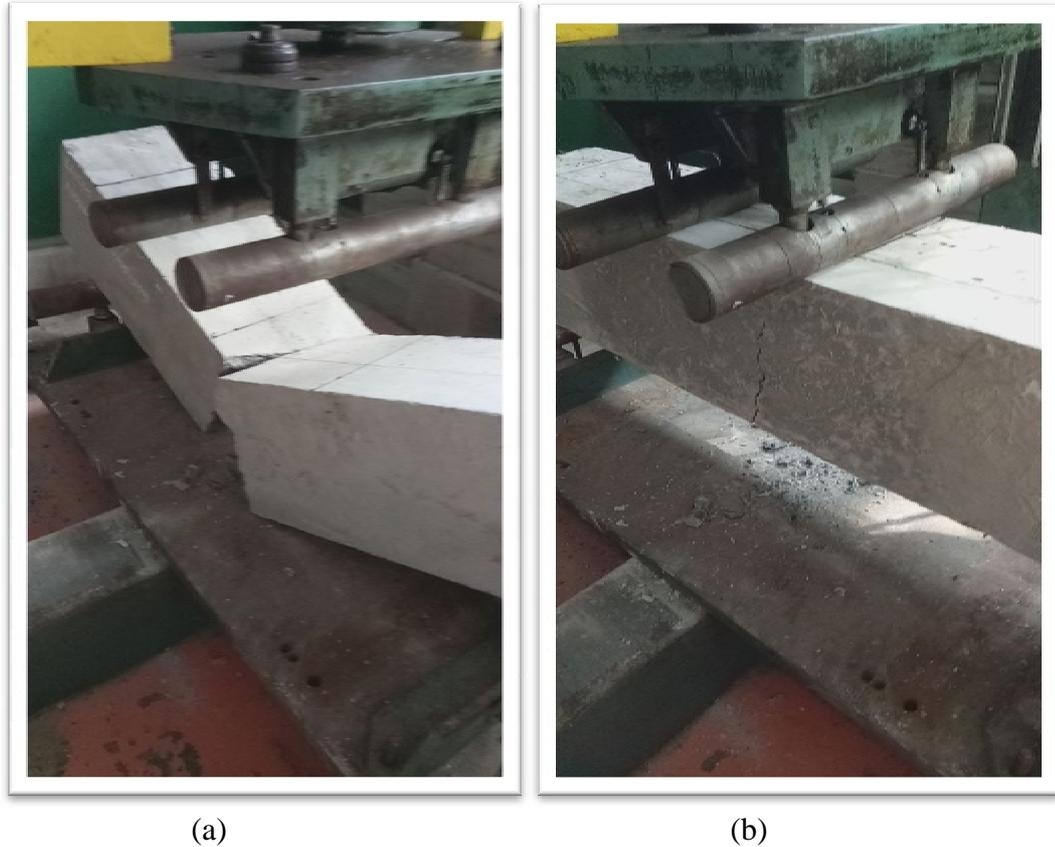
- c. Bahan tambah dengan variasi SK 2% + ASP 30%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{4,45}{5,23} = 0,85$$

$$\text{Besarnya nilai penurunan beton umur 28 hari} = \frac{4,45-5,23}{5,23} \times 100 = 14,9 \%$$

Berdasarkan perhitungan kenaikan perbandingan dan persentase dengan penambahan SK dan ASP dapat disimpulkan bahwa dengan ditambahkan SK dan ASP kedalam campuran beton normal dapat mempengaruhi nilai kuat lentur beton tersebut. Penambahan SK dan ASP dapat mempengaruhi hasil kuat tekan, karena

serat SK menyerap kadar air, sehingga jika tidak sesuai komposisi maka kekuatan beton tersebut dapat menurun.



Gambar 4.5: (a) Pengujian kuat lentur beton normal (b) Pengujian kuat lentur dengan penambahan serat.

Pada gambar 4.5. (a) dan (b) menunjukkan hasil pengujian kuat lentur pada saat pengujian. Dari gambar 4.5. (a) dapat dilihat beton normal yang mengalami patah dan menghasilkan nilai sebesar 5,23 MPa. Nilai yang didapat merupakan batas optimum yang tidak dapat menahan beban lagi diatas 5,23 MPa. Sedangkan pada gambar 4.5. (b) pengujian beton dengan penambahan SK dan ASP mendapatkan nilai dibawah 5,23 MPa namun tidak mengalami patah karena nilai tersebut bukanlah nilai batas optimum dari beton tersebut.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat mengakibatkan cacat atau kurang tepatnya nilai target kuat lentur yang direncanakan. Adapun faktor-faktor yang dapat mengakibatkan hal ini terjadi antara lain adalah terjadi karena

kesalahan pada saat melakukan pencampuran beton/pembuatan benda uji dan kemungkinan adanya kekeliruan/kurangnya ketelitian dalam pengerjaan.

4.6.4.Pembahasan Kuat Lentur Dari Penelitian Terdahulu

Dari hasil penelitian yang dilakukan Cahyono (2011) kajian kuat lentur beton kertas (*Papercrete*) dengan bahan tambah serat nylon membuktikan penambahan nylon memberikan dampak yang signifikan pada nilai kuat lentur yaitu 8-10% dibandingkan dengan benda uji tanpa bahan tambah nylon (0%).

Sedangkan penelitian yang dilakukan Handani dkk, (2009) yakni mengalami kenaikan nilai kuat lentur pada panjang optimum 3 cm dibanding dengan panjang serat 1 cm. Ini terjadi karena dengan bertambahnya panjang serat maka serat-serat tersebut menambah keelastisan beton sehingga mampu menahan beban penurunan kuat lentur beton. Selain itu zat lignin yang terdapat pada serat bersifat mengikat sehingga membantu semen dalam menahan beban Namun pada saat panjang serat 5cm terjadi penurunan kuat lentur beton. Hal ini disebabkan karena pada panjang 5cm serat-serat cenderung menggumpal pada saat pengadukan, yang mengakibatkan campuran beton dengan serat menjadi kurang homogen sehingga hasilnya tidak maksimal.

4.6.5.Pembahasan Perbandingan Beton Serat Dengan Beton Normal Dari Penelitian Yang Terdahulu

Dari Penelitian yang dilakukan Sunyata dkk, (2005) mendapatkan hasil pengujian dan analisa hasil, penelitian tentang pengaruh penambahan serat sabut kelapa terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Kuat tekan beton konvensional masih lebih tinggi daripada beton fiber hingga cakupan umur 28 hari. Namun, dari data, didapatkan bahwa dengan penambahan persentase soda api ke dalam campuran beton fiber, meningkatkan kuat tekannya.
2. Beton fiber dengan alkalisasi 1.25M memiliki kuat lentur yang lebih tinggi daripada beton konvensional.

3. Ditinjau dari workability, semakin tinggi molaritas larutan NaOH pada sabut dalam adukan beton maka kelecakan dari campuran beton akan semakin meningkat.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.Kesimpulan

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

- a. SK dan ASP dapat mempengaruhi hasil dari kekuatan beton mulai dari kuat tekan beton dikarenakan semakin banyak serat yang ditambahkan maka banyak air yang diserap oleh serat maka semakin besar nilai kuat tekan beton tetapi dengan variasi SK 2% dan ASP 10% yang merupakan hasil paling optimum dari pengujian. Namun bila kekuatan lenturnya semakin banyak penambahan SK pada beton maka semakin meningkat pula kekuatan lentur beton. Hal itu dikarenakan serat memiliki daya tarik yang cukup kuat.
- b. Penambahan SK dan ASP membuktikan bahwa SK dan ASP mampu meningkatkan nilai kuat lentur terhadap beton. Dengan komposisi dan panjang serat sebesar 3 cm, karena serat yang terlalu panjang juga tidak baik bagi beton pada saat pencampuran akan menyebabkan penggumpalan serat.

5.2.Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disarankan beberapa saran untuk penelitian mengenai sabut kelapa:

- a. Dari hasil penelitian yang didapat campuran dengan menggunakan SK dan ASP sebagai bahan tambah dapat menaikkan kekuatan beton untuk kuat tekan dianjurkan menggunakan variasi SK 2% + ASP 20% sebagai kekuatan optimal dan dianjurkan tidak menggunakan variasi Beton SK 2% + ASP 10% karena terjadi penurunan tetapi untuk kuat lentur beton kekuatan optimal terdapat pada variasi beton normal dengan tidak mengurangi nilai faktor air semen pada saat pencampuran.
- b. Perlunya dilanjutkan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui ambang

batas penambahan SK dan ASP pada campuran beton normal untuk mengetahui mutu beton yang dihasilkan.

- c. Peralatan laboratorium yang digunakan harus sering dikalibrasi agar pada saat pengujian mendapatkan hasil pengujian yang optimal dan tak luput harus selalu berdiskusi kepada dosen pembimbing.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee. (1993). *Guide for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete. (ACI 211.1-91)*. American Concrete Institute: Detroit Michigan.
- Antoni dan Nugraha, Paul. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- ASTM C-117. *Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing*. United States.
- ASTM C-127. (2002) *Standart test method for materials, Specific gravity and absorbtion of coarse aggregate*. Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C-128. (2002). *Standart test method for materials, Specific gravity and absorbtion of fine aggregate*. Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM C-29. *Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate*. United States.
- American Society for Testing and Materials C33. (1985). *Standards Specification For Portland Cement*. Philadelphia: ASTM.
- ASTM C-566 & ASTM C-556. *Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. United States.
- ASTM-C-150. "Spefikasi Semen Porland".
- Cahyono, B. (2011). *Kajian Kuat Lentur Beton Kertas (Papercrete) Dengan Bahan Tambah Serat Nylon*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Duggal, S. K. (2008). *Building Material*. New Delhi: New Age International.
- Fandy., Anita., Handoko. (2013). *Pengaruh Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa Dengan Perlakuan Alkali Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton*. Jurnal Teknik Sipil, 2(2), 1–8.
- Handani, S., Mahyudin, Al., Sabardi, W. (2009). *Pengaruh Panjang Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton*.1.
- Institute, C. & C. (2001). *Fiber Reinforced Concrete, Cement & Concrete Institute*. Midrand.
- Laboratorium Beton Teknik Sipil. *Buku Pedoman Praktikum Beton*. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan

- Lubis, Zulkifli., Zuliyanto, Agus. (2009). *Kajian Penggunaan Filler Abu Sekam Padi Untuk Menguji Durabilitas Laston*. Jurnal Teknik, 1(2), 35–40.
- Mahmud, Z., Ferry, Y. (2005). *Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa*. Jurnal Perspektif, 4, 55–63.
- Mahmud, Z., Yulius, N., D. A. (2004). *Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa*. 1, 55–63.
- Mehta, P. K. (1986). *Concrete, Structure, properties and materials*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Murdock, L.J., Brook, M, K. (1991). *Bahan Dan Praktek Beton*. Penerbit Erlangga.
- Nadia, S. (2016). *Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton*. 13–20.
- Purwanto, E. (2011). *Studi Kuat Lentur Beton Ringan Berserat Kawat Galvanis*. Jurnal Rekayasa, (1).
- R.Sagel, I., Kole, I. P., M.Eng, I. G. H. K. (1994). *Pedoman Pengerjaan Beton*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- SNI 03-1974. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- SNI 03-2834. (2000). *Standar Nasional Indonesia Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- SNI 1972. (2008). *Cara Uji Slump Beton*.
- SNI 4431. (2011). *Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan*. Standar Nasional Indonesia, 16.
- Suhirkam, Djaka., Latif, A. (2006). *Pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi terhadap kekuatan beton K-400*. Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya, 6, 3–8.
- Sunyata, Wijaya., Sugiharto. (2005). *Pengaruh Proses Alkalisasi Dengan Sodium Hidroksida Terhadap Serat Sabut Kelapa Pada Kuat Tekan Dan Lentur Beton*. 1–7.
- Soroushian., Bayasi, Z. (1987). *Concept of Fiber Reinforced Concrete, Proceeding of TheInternational Seminar on Fiber Reinforced Concrete. Michigan*.

Michigan State University.

Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Bahan Konstruksi. Buku Ajar*. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Tri Wahyudi, Bambang Edison, S.Pd, M., Anton Ariyanto, M. E. (2013). *Penggunaan Ijuk Dan Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-100*. Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian asir Pengaraian, 1.

Yusnar, C. (2013). *Karakteristik Durabilitas Beton Agropolimer Kombinasi Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Sekam Padi , Abu Ampas Tebu Dan Kapur Sebagai Bahan Alternatif*. 159–164.



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

RESISTANCE TO DEGRADATION OF COARSE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 131 - 89 & ASTM C 535 - 89)	Lab No :	
	Sampling Date :	07 Maret 2019
	Testing Date :	07 Maret 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Diameter	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Lidya Mega Rizky Soesanto

Gradation Tested (<i>gradasi yang diuji</i>)		
Sieve zize Retained	Wt of sample before test (<i>berat awal</i>) gr	Wt of sample after test (<i>berat akhir</i>) gr
37,5 (1.5 in)	-	-
25 (1 in)	1250	567
19.1 (3/4 in)	1250	976
12.5 (1/2 in)	1250	675
9.50 (No. 3/8 in)	1250	358
4.75 (No.4)	-	-
2.36 (No. 8)	-	-
0.30 (No. 50)	-	989
0.15 (No. 100)	-	-
Pan	-	612
Total	5000	4177
<i>Wt of sample passing No. 12 (berat lolos saringan No. 12)</i>		823
Abrasion (<i>keausan</i>) %		16,460

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)

**FOTO DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN DILAKSANAKAN
DI LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**



Gambar L1: Agregat kasar untuk campuran beton.



Gambar L2: Agregat Halus untuk campuran beton.



Gambar L3: Semen yang digunakan untuk pembuatan beton.



Gambar L4: Air yang telah di timbang.



Gambar L5: Serabut kelapa yang diambil di kerajinan tangan di Binjai.



Gambar L6: Serat serabut kelapa yang telah di timbang.



Gambar L7: Pengambilan abu sekam padi di Sei Baman.



Gambar L8: Abu sekam padi yang akan digunakan pada campuran beton.



Gambar L9: Proses pembuatan beton menggunakan *mixer*.



Gambar L10: Alat pengujian *slump*.



Gambar L11: Perojokan dengan menenggunakan besi pematat.



Gambar L12: Pengujian *slump test*.



Gambar L13: Pelaksanaan pengukuran tinggi *slump* pada beton dengan fas 0,41.



Gambar L14: Cetakan silinder untuk mencetak benda uji.



Gambar L15: Perojokan dengan menggunakan besi pematik.



Gambar L16: Pencetakan beton di cetakan silinder setelah di *mixer*.



Gambar L17: Saat pengerjaan pembuatan beton.



Gambar L18: Beton yang telah dibuka dari cetakan.



Gambar L19: Beton yang dijemur setelah direndam selama 28 hari.



Gambar L20: Beton ditimbang sebelum di uji kuat tekan.



Gambar L21: Pengujian kuat tekan beton.



Gambar L22: Proses pembuatan beton prisma untuk *flexural*.



Gambar L23: Foto bersama saat pengambilan agregat di Binjai.



Gambar L24: Pengujian *flexural* beton normal.



Gambar L25: Pengujian *flexural* beton serat.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap : Lidya Mega Rizky Soesanto
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 11 November 19976
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jl Pelita IV Gg. Pribadi No. 75a
Nomor KTP : 1271185111960006
No. HP/Telp. Seluler : 085375795159
Nama Ayah : Eka Susanto
Nama Ibu : Anita Pardede
E-Mail : lidyamega93@gmail.com

DATA RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1407210213
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muhctar Basri No.3 Medan 20238

NO	Tingkat Pendidikan	Nama sekolah	Tahun Kelulusan
1	SD	SD Swasta Budi Murni 6 Medan	2008
2	SMP	SMP Negeri 37 Medan	2011
3	SMA	SMA Swasta Gajah Mada Medan	2014
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2014 Sampai Selesai		

