

TUGAS AKHIR

**PEMERIKSAAN FLEXURAL BETON MENGGUNAKAN SERBUK
KULIT RAJUNGAN SEBAGAI BAHAN PENGANTI AGREGAT HALUS
DENGAN BALOK SEDERHANA**
(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

MIFTAH HIDAYAT
1607210194



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> Email : fatek@umsu.ac.id

jawab surat ini agar disebutkan
dan tanggalnya

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Miftah Hidayat
NPM : 1607210194
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pemeriksaan Flexural Beton Menggunakan Serbuk Kulit Rajungan Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Dengan Balok Sederhana
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 2020

Dosen Pembimbing

Dr. Josef Hadipramana, S.T, M. Sc

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

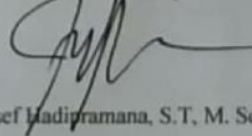
Nama : Miftah Hidayat
NPM : 1607210194
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pemeriksaan Flexural Beton Menggunakan Serbuk Kulit Rajungan Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Dengan Balok Sederhana
Bidang Ilmu : Struktur

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, November 2020

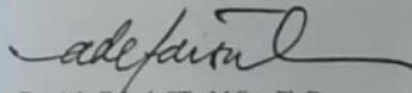
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



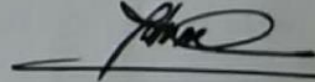
Dr. Josef Hadipramana, S.T, M. Sc

Dosen Pembanding I



Dr. Ade Faisal, ST., M.Sc., Ph.D

Dosen Pembanding II



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST., M.Eng

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST., M.Eng

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Miftah Hidayat
Tempat, Tanggal Lahir : Labuhanhaji, 01 Maret 1999
NPM : 1607210194
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pemeriksaan *Flexural* Beton Menggunakan Serbuk Kulit Rajungan Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Dengan Balok Sederhana”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya 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/kesarjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, November 2020

Saya yang menyatakan,



Miftah Hidayat

ABSTRAK

PEMERIKSAAN FLEXURAL BETON MENGGUNAKAN SERBUK KULIT RAJUNGAN SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS DENGAN BALOK SEDERHANA

Miftah Hidayat
1607210194

Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Banyak penelitian yang telah mencoba mengganti material yang ada dengan material yang lain untuk mendapatkan beton yang kuat dan ekonomis, Salah satunya adalah serbuk kulit rajungan merupakan limbah yang memberikan peluang usaha yang dapat meningkatkan kualitas dan nilai ekonomis dari limbah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari nilai kuat lentur balok beton terhadap penambahan serbuk kulit rajungan. Variasi serbuk kulit rajungan dalam campuran beton dimulai dari 0%, 5%, 7%, dan 8%. Sampel pengujian dipakai pada balok beton dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³ sebanyak 8 benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat lentur beton dilakukan pengujian selama 28 hari. Nilai kuat lentur berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 39 Mpa; Variasi I (5%) = 43,6 Mpa; Variasi II (7%) = 47,263 Mpa; Variasi III (8%) = 46,116 Mpa.

Kata Kunci : Kuat Lentur, Beton Normal, Kulit Rajungan

ABSTRACT

FLEXURAL EXAMINATION OF CONCRETE USING KING'S LEATHER POWDER AS A SUBSTITUTE FOR FINE AGGREGATE

WITH A SIMPLE BEAM

Miftah Hidayat

1607210194

Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc

Concrete is a composite material (mixture) of several materials, the main ingredients of which consist of cement, fine aggregate, coarse aggregate, water and other added materials with a certain ratio. Many studies have tried to replace existing materials with other materials to get strong and economical concrete. One of them is the crab shell powder is a waste that provides business opportunities that can improve the quality and economic value of the waste. This study aims to study the flexural strength value of concrete blocks against the addition of crab shell powder. The variation of crab shell powder in the concrete mixture starts from 0%, 5%, 7%, and 8%. The test sample is used on 8 concrete blocks with a size of 10 x 10 x 60 cm³. To determine the flexural strength value of concrete, tests were carried out for 28 days. The value of flexural strength based on variation is Normal (0%) = 39 Mpa; Variation I (5%) = 43,6 Mpa; Variation II (7%) = 47,263 Mpa; Variation III (8%) = 46,116 Mpa.

Keywords: Flexural Strength, Normal Concrete, Crab Skin

KATA PENGANTAR

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

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

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal. ST., M.Sc., Ph.D, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji sekaligus Wakil Dekan 1 Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST., M.Eng, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik sipil kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Orang tua penulis: Ayahanda tercinta Yoserizal, dan Ibunda tercinta Saripuan, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Terimakasih kepada rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2016.

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, November 2020

Miftah Hidayat

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Kekuatan Tarik	6
2.3 Kekuatan Tarik Lentur	6
2.4 Kekuatan Tekan Beton	6
2.5 Agregat	11
2.4.1 Agregat Halus	12
2.4.2 Agregat Kasar	12
2.6 Sifat Beton	13
2.7 Material Penyusun Campuran Beton	14
2.7.1 Semen	14
2.7.2 Air	16
2.8 Faktor Air Semen	18
2.9 Perawatan Beton	18
2.10 Limbah Kulit Rajungan	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Diagram Alir	21
3.2 Persiapan Dan Pengujian Bahan Campuran Beton	22
3.2.1 Agregat Halus	22
3.2.1.1 Kadar Air Agregat Halus	22

3.2.1.2 Kadar Lumpur Agregat Halus	23
3.2.1.3 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	24
3.2.1.4 Berat Isi Agregat Halus	25
3.2.1.5 Analisa Saringan Agregat Halus	26
3.2.2 Agregat Kasar	29
3.2.2.1 Kadar Air Agregat Kasar	29
3.2.2.2 Kadar Lumpur Agregat Kasar	30
3.2.2.3 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	31
3.2.2.4 Berat Isi Agregat Halus	32
3.2.2.5 Analisa Saringan Agregat Kasar	33
3.2.3 Kulit Rajungan	36
3.2.4 Semen	36
3.2.5 Air	36
3.2.6 Pembuatan Rencana Campuran	37
3.2.7 Pembuatan Benda Uji	37
3.2.8 Pengujian Kuat Lentur	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Perhitungan	40
4.2 Komposisi Untuk 1 Benda Uji	42
4.3 Komposisi Untuk 8 Benda Uji	46
4.4 Pembuatan Benda Uji	48
4.4.1 Pengadukan Beton	49
4.4.2 Pencetakan	49
4.4.3 Pemeliharaan Beton	49
4.5 Slump <i>Test</i>	49
4.6 Kuat Lentur Beton	50
4.7 Presentase Kuat Lentur	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton	7
Gambar 2.2: Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen sama	9
Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan	21
Gambar 3.2: Grafik gradasi agregat halus (zona 4 pasir halus)	29
Gambar 3.3: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	36
Gambar 3.4: Pengujian Kuat Lentur	39
Gambar 4.1: Grafik kuat lentur beton pada umur 28 hari	51
Gambar 4.2: Grafik besar persentase kuat lentur beton 1	53
Gambar 4.3: Grafik besar persentase kuat tarik beton 2	53
Gambar 4.4: Perbandingan grafik persentase kenaikan kuat lentur beton 1 dan 2	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari	10
Tabel 2.2: Perbandingan Kekuatan Tekan Beton	10
Tabel 2.3 : Unsur Kimia Semen Biasa	15
Tabel 2.4 : Komposisi kimia limbah kulit rajungan	20
Tabel 2.5 : Unsur Kimia Semen Biasa	20
Tabel 3.1 : Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus	22
Tabel 3.2 : Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus	24
Tabel 3.3 : Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus	24
Tabel 3.4: Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus	26
Tabel 3.5 : Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus	26
Tabel 3.6 : Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar	30
Tabel 3.7 : Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar	31
Tabel 3.8 : Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	32
Tabel 3.9 : Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar	33
Tabel 3.10: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar	34
Tabel 3.11: Jumlah semua sampel yang akan diuji	37
Tabel 3.12: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton FAS 0,4	38
Tabel 4.1 : Data-data hasil penelitian	40
Tabel 4.2 : Perhitungan campuran beton	41
Tabel 4.3 : Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	43
Tabel 4.4 : Banyak serbuk kulit rajungan dan agregat halus No.50 yang dibutuhkan untuk satu benda uji	45
Tabel 4.5 : Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	46
Tabel 4.6: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 8 benda uji.	47
Tabel 4.7 : Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 8 benda uji	48
Tabel 4.8 : Hasil pengujian nilai <i>slump</i>	50
Tabel 4.9 : Hasil pengujian kuat lentur beton	50

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Campuran bahan-bahan pembentukan beton ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton segar yang mudah dikerjakan dan memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis. Oleh karena itu, beton banyak menjadi pilihan dan digunakan dalam konstruksi.

Beton merupakan material bangunan yang paling banyak diminati dalam dunia konstruksi karena memiliki berbagai kelebihan. Namun disisi lain beton mempunyai kekurangan salah satunya adalah berat jenisnya yang tinggi yang tentu berpengaruh pada perhitungan beban sendiri suatu bangunan. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan berbagai penelitian terhadap sifat dan kualitas beton hingga ditemukan berbagai macam beton baru hasil modifikasi salah satunya adalah beton ringan.

Perkembangan teknologi sekarang ini sangat pesat seiring dengan perkembangan zaman. Teknologi dibidang konstruksi bangunan juga mengalami perkembangan pesat, termasuk teknologi beton, hampir pada setiap aspek kehidupan manusia selalu terkait dengan beton baik secara langsung maupun tidak langsung. Semen merupakan salah satu bahan penyusun beton yang bersifat sebagai pengikat agregat pada campuran beton. Besarnya kuat beton dipengaruhi beberapa hal antara lain faktor air semen, jenis semen, gradasi agregat, sifat agregat, dan pengerjaan (pencampuran, pemadatan, perawatan), umur beton, serta bahan kimia tambahan.

Kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Kuat tarik 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 03-4431-1997). Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok.

Banyak penelitian yang telah mencoba mengganti material yang ada dengan material yang lain untuk mendapatkan beton yang kuat dan ekonomis, Salah satunya adalah serbuk kulit rajungan merupakan limbah yang memberikan peluang usaha yang dapat meningkatkan kualitas dan nilai ekonomis dari limbah tersebut.

Rajungan merupakan salah satu komoditas ekspor andalan Indonesia, umumnya daging rajungan diekspor dalam bentuk segar, beku ataupun kaleng. Menurut data DKP (Dinas Kelautan dan Perikanan, ekspor rajungan tahun 2000 sebesar 3498 ton tanpa kulit. Pemanfaatan rajungan tersebut hanya pada bagian yang dapat dikonsumsi yaitu dagingnya. Salah satu limbah padat dari pengolahan rajungan yaitu cangkang rajungan. Multazam (2002) menyatakan bahwa bobot tubuh rajungan yang berkisar antara 100-350 gram, terdapat cangkang sebesar 51-177 gram. Hal ini menunjukkan bahwa bobot cangkang rajungan kurang lebih 50% atau setengah dari bobot tubuh rajungan.

Maulana (2017), didalam penelitiannya menggunakan bahan tambah alami berupa kulit kerang. Bahan penyusun kulit kerang mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan yang sebagian besar terdiri dari kandungan zat kapur (CaO), alumina dan juga terdapat kandungan silika. Sama halnya dengan semen bahan penyusun semen Portland adalah 60% sampai 70% terdiri atas kapur atau CaO, dan 17% sampai 25% terdiri dari SiO₂ (SNI-15- 2049-2004). Atas dasar ini gagasan awal penulisan ini berpedoman pada pemikiran bahwa unsur-unsur kimia yang ada pada kulit rajungan sama dengan kandungan yang ada pada kulit kerang. Sebagian diantaranya sama seperti yang ada pada semen seperti kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), tembaga (Cu), besi (Fe), seng (Zn), dan mangan

(Mn), sehingga apabila kulit rajungan dihancurkan menjadi serbuk dengan ukuran tertentu maka dapat diasumsikan sebagai bahan ganti untuk meningkatkan kekuatan tarik beton.

Suhartono (2000) menyatakan Rajungan mengandung 25% bahan padat, 20–25% daging yang dapat dimakan, dan sekitar 50–60% berupa hasil buangan. Hal ini menunjukkan bahwa bobot cangkang rajungan kurang lebih 50% atau setengah dari bobot tubuh rajungan.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kehadiran serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengganti agregat halus mempengaruhi kekuatan beton?
2. Bagaimana kuat lentur beton dengan serbuk kulit rajungan pada kadar 0%, 5%, 7%, dan 8% ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil dan kehadiran serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengganti agregat halus mempengaruhi kekuatan beton.
2. Untuk mengetahui kekuatan lentur beton dengan serbuk kulit rajungan pada kadar 0%, 5%, 7%, dan 8%.

1.4. Batasan Penelitian

Mengingat terlalu luas dan banyaknya permasalahan yang berhubungan dengan beton, maka dalam penelitian ini diberikan batasan masalah yang bertujuan untuk membatasi pembahasan agar tidak meluas dan batsannya menjadi jelas.

Adapun yang menjadi batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengujian dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara , pada umur 28 hari.
2. Semen yang digunakan adalah semen *Portland type I*.

3. Agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir), berasal dari Binjai.
4. Penggunaan serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengganti agregat halus sebesar 0%, 5%, 7%, dan 8% dari berat agregat halus.
5. Metode untuk perencanaan campuran adukan beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-1993).

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan khalayak umum dapat mengetahui fungsi dari limbah kulit rajungan, apabila penelitian ini berhasil, diharapkan limbah kulit rajungan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan untuk pelaksanaan di lapangan maupun dilakukan penelitian lebih lanjut kedepannya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. (SNI-03-2847-2002). Beton akhir-akhir ini sangat banyak dipakai secara luas sebagai salah satu bahan bangunan. Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara, selebihnya pasir dan kerikil (Wuryati dan Candra, 2001). Beton polos didapat dengan mencampurkan semen, agregat (*aggaregate*) halus, agregat kasar, air dan kadang-kadang campuran lain (Wang dan Salmon, 1986). Kekuatan beton tergantung dari banyak faktor: proporsi dari campuran dan kondisi temperatur dan kelembaban dari tempat di mana campuran diletakkan dan mengeras.

Karakteristik beton yang baik dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kuantitas beton
 - a. Kepadatan yaitu ruang yang ada pada beton sedapat mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen.
 - b. Kekuatan yaitu beton harus mempunyai kekuatan daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan.
 - c. Faktor air semen harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratan kekuatan beton.
 - d. Tekstur permukaan beton harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan segala cuaca.
2. Kualitas beton
 - a. Kualitas semen.
 - b. Proporsi semen terhadap air dalam campurannya.
 - c. Kekuatan dan kebersihan agregat.
 - d. Adhesi atau interaksi antara pasta semen dan agregat.
 - e. Pencampuran yang cukup dari bahan pembentuk beton.

- f. Perawatan pada temperatur yang tidak lebih rendah dari 500F.
- g. Kandungan chlorida tidak melebihi 0,15% dalam beton ekspos dan 1% dalam beton terlindung.

2.2 Kekuatan Tarik

Nilai kuat tarik beton berkisar antara 9% - 15% dari kuat desaknya (Dipohusodo,1994), kekuatan tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak didalam struktur. Kekuatan tarik biasanya ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder, dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan kuat tekan diletakkan pada sisinya di atas mesin uji dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji.

2.3 Kuat Tarik Lentur

Kuat tarik 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 03-4431-1997). Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok

2.4 Kekuatan Tekan Beton

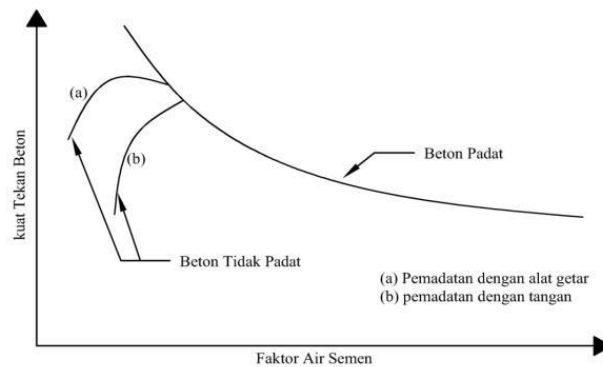
Kinerja dalam sebuah beton dapat dibuktikan dengan nilai kuat tekan beton. Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima beban persatuan luas (Mulyono, 2004). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, antara lain (Tjokrodimuljo, 2007) :

1. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur beton. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan semakin lambat. Laju kenaikan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : faktor air semen, suhu sekeliling beton, semen portland dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton.

2. Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (FAS) adalah perbandingan berat antara air dan semen *portland* di dalam campuran adukan beton. Semakin tinggi nilai faktor air semen maka kuat tekan beton akan semakin tinggi pula, nilai faktor air semen juga sangat berpengaruh pada jumlah semen yang dibutuhkan pada suatu campuran beton. Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis menurut Duff Abrams 1919 dan Shetty, 1997. Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.1: Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton.

3. Kepadatan beton

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang.

4. Jumlah pasta semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir

agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat dan berakibat kuat tekan beton rendah. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. Karena pada umumnya kuat tekan pasta semen lebih rendah daripada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi lebih rendah. Pengaruh jumlah pasta semen terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.1.

5. Jenis semen

Semen *portland* untuk pembuatan beton terdiri beberapa jenis. Masing-masing jenis semen portland mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras dan sebagainya, sehingga mempengaruhi juga terhadap kuat tekan betonnya.

6. Sifat agregat

Agregat terdiri atas agregat halus dan agregat kasar. Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain (Tjokrodinuljo, 2007:75):

a. Kekerasan permukaan

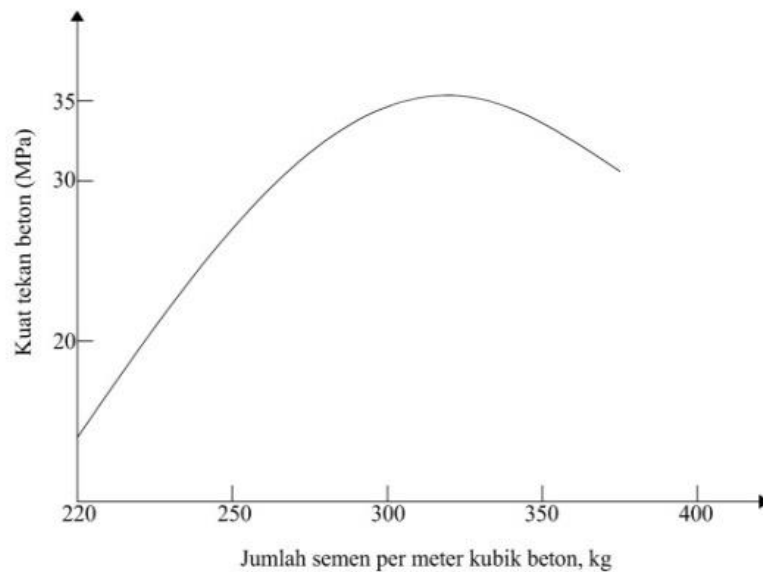
Karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat retakan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat daripada permukaan agregat yang halus dan licin.

b. Bentuk agregat

Karena bentuk agregat yang bersudut misalnya pada batu pecah, membuat butir-butir agregat itu sendiri saling mengunci dan digeserkan berbeda dengan batu kerikil yang bulat. Oleh karena itu beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat daripada beton yang dibuat dari kerikil.

c. Kuat tekan agregat

Karena sekitar 70 % volume beton terisi oleh agregat, sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregat. Jika agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan yang rendah akan diperoleh beton yang kuat tekannya rendah pula.



Gambar 2.2: Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen sama (Tjokrodimuljo, 2007).

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

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

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

Dimana:

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

P = Beban tekan (kg)

A = Luas penampang (cm^2)

Menurut ASTM C-39 (1993), pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat melakukan pengetesan, tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan, sesuai dengan Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan (ASTM C-39, 1993).

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

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

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefisien}} \quad 2.2$$

Dimana:

$f(\text{estimasi 28 hari})$ = kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm²)

$f(\text{saat pengujian})$ = kuat tekan saat pengujian (kg/cm²)

koefisien = koefisien dari umur beton

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

Tabel 2.2: Perbandingan Kekuatan Tekan (Tjokrodimuljo, 2007).

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

2.5 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar (Nawy,1990).

Keutamaan agregat dalam peranannya di dalam beton:

- a. Menghemat penggunaan semen Portland
- b. Menghasilkan kekuatan besar pada beton
- c. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton
- d. Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton yang padat

Penggunaan serat alami sebagai campuran dalam beton sudah semakin meluas. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan serat ke dalam beton konvensional mampu meningkatkan karakteristik beton secara signifikan. Peningkatan kualitas beton sampai saat ini masih terus dilakukan baik dalam benda uji tarik lentur, untuk mengatasi hal tersebut beton diberi tulangan baja dengan pemasangan yang benar untuk menahan gaya tariknya tersebut. Penelitian beton ini dilaksanakan di Laboratorium Kontruksi Bahan Bangunan, Universitas Syiah Kuala. Pengujian tentang kuat lentur beton yang penambahan serat ijuk, dengan tujuan untuk mengetahui seberapa jauh kelebihan dan kekurangan serat ijuk sebagai bahan penambahan beton normal dan untuk mengetahui nilai kuat lentur (f_r). Pengujian kuat lentur menggunakan alat Hydraulic Jack dan Transducer dari Jepang. Penelitian melalui pengujian dimulai dengan memeriksa sifat-sifat fisis agregat yang meliputi pemeriksaan berat volume agregat, sedangkan pada pengujian kuat lentur beton menggunakan standar SNI 4431:2011. Penambahan serat ijuk dengan variasi 0%, 2%, dan 4% serat ijuk. Pada penelitian ini umur pengujian yang telah ditentukan pada 7 hari dan 28 hari dengan faktor air semen (FAS) 0,60 menggunakan metode American Concrete Institute (ACI) 211.1-91. Dimensi benda uji yang dilakukan pada

penelitian ini adalah balok 15 cm x 15 cm x 60 cm sebanyak 18 benda uji, berdasarkan hasil penelitian pengujian kuat lentur pada umur 7 hari dengan nilai rata-rata kuat lentur normal 0% 3,27 MPa, kuat lentur 2% 3,31 MPa, dan kuat lentur 4% 2,68 MPa sedangkan pada umur 28 hari yaitu kuat lentur normal 0% 3,89 MPa, kuat lentur 2% 3,60 MPa, dan 4% 3,32 MPa. Penambahan serat ijuk hasil penelitian tersebut, dari keseluruhan pengujian, persentase penambahan serat ijuk terbaik terdapat pada komposisi serat ijuk 2% umur 7 hari dengan nilai 3,31 MPa lebih meningkat dari beton 0% normal umur 28 hari 3,60 Mpa (Dekky Alrahmatillah).

2.5.1 Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir hasil olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Sesuai dengan (SNI 03 - 2847- 2002), bahwa agregat halus merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir maksimum sebesar 5,00 mm. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no.100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus.

2.5.2 Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah. Sesuai dengan SNI 03 - 2847 - 2002, bahwa agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm.

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

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

- b. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.
- c. Agregat kasar buatan: Terutama berupa *slag* atau *shale* yang bisa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari *blast-furnace* dan lain-lain.
- d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk perlindungan dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang diklasifikasikan disini misalkan baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.

2.6 Sifat Beton

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai tuntutan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Pada saat segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada saat keras beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban.

Adapun sifat-sifat beton segar adalah :

- a. Kemudahan Pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton. Menurut (SNI 1972:2008) *workability* beton merupakan kemudahan pengerjaan beton segar.

- b. Bleeding adalah peristiwa keluarnya air dalam beton segar ke permukaan akibat proses pengendapan bahan-bahan padat dari beton (SNI 4156:2008).
- c. Segregasi adalah peristiwa terpisahnya antara pasta semen dan agregat dalam satu adukan (SNI 03-3976-1995).

2.7 Material Penyusun Campuran Beton

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan dosis optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi. Berikut akan dijelaskan mengenai ketiga bahan penyusun utama beton tersebut dan bahan pengisi yang saat ini sering digunakan.

2.7.1 Semen

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan juga mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat. Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat beraksi secara kimia dengan air, disebut dengan hidrasi, sehingga terjadi proses pembekuan yang membentuk material batu padat dan setelah pembekuan material tersebut akan mempertahankan kekuatan dan stabilitas bahkan didalam air. Salah satu jenis semen yang biasa dipakai dalam pembuatan beton ialah semen portland, terbuat dari campuran kalsium (CaI), silika (SiO_2), alumunia (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3). Kalsium bisa didapatkan dari setiap bahan yang mengandung kapur.

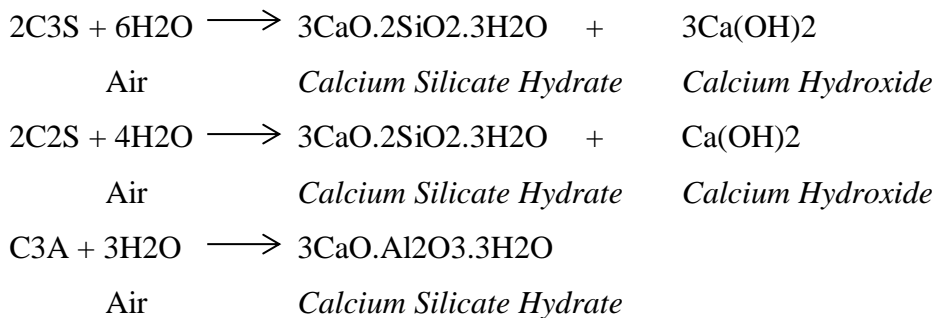
Hidrasi semen adalah reaksi yang terjadi antara *silikat* dan *aluminat* pada semen dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Hidrasi semen bersifat *eksotermis* dengan panas yang dikeluarkan kira-kira 110 kalori/gram (Wibawa, 2010). Panas hidrasi didefinisikan sebagai kuantitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi. Waktu berlangsungnya dihitung sampai proses hidrasi berlangsung sampai sempurna

pada temperature tertentu. Laju hidrasi dan perubahan panas bertambah besar sejalan dengan semakin halusya semen.

Tabel 2.3: Unsur Kimia Semen Biasa (Tjokromulyo, 2007).

Oksida	Persentase
Kapur CaO	60 -65
Silika SiO ₂	17 -25
Alumina Al ₂ O ₃	3 -8
Besi Fe ₂ O ₃	0,5 -6
Magnesia MgO	0,5 -4
Sulfur SO ₃	1 -2
Soda / potash Na ₂ O + K ₂ O	0,5 -1

Reaksi Hidrasi Semen:



Pada reaksi, daya larut hidrasi berkurang dalam air disbanding dengan semen semula. Dan semen mengeras karena reaksi hidrasi kimia dan reaksi hidrasi ini melepaskan panas. (Vlack, 1989).

Semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

1. Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2. Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
5. Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.7.2 Air

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah. Fungsi air dalam pembuatan beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 persen dari berat semen. Tetapi pada kenyataan dilapangan apabila factor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya faktor air semen lebih dari 0,40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan, maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton itu sendiri akan menurun (Tjokrodimulyo :2007).

Fungsi air di dalam adukan beton adalah untuk memicu proses kimiawi semen sebagai bahan perekat dan melumasi agregat agar mudah dikerjakan. Kualitas air yang digunakan untuk mencampur beton sangat berpengaruh terhadap kualitas beton itu sendiri. Air yang mengandung zat-zat kimia berbahaya, mengandung garam, minyak, dll akan menyebabkan kekuatan beton turun. Pada umumnya air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai campuran beton (Mulyono, 2003).

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemasan 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. Bilamana daya kerja beton rendah, maka diperlukan zat *additive*, sehingga daya kerja beton menjadi lebih baik, tanpa mempengaruhi kekuatan atau faktor air semen.

Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan (SNI-03-2847-2002). Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak mempunyai rasa atau bau yang mencolok memenuhi syarat sebagai air campuran untuk pembuatan beton. Apabila ketidakmurnian dalam air campuran berle-bihan, dapat mempengaruhi tidak hanya waktu pengikatan (*setting time*), kuat beton, stabilitas volume (perubahan panjang), tetapi dapat juga mengakibatkan penge-flor-an (*efflorescence*) atau korosi tulangan. Konsentrasi tinggi dari bahan solid yang dapat larut dalam air, sebaiknya dihindari.

Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi (SNI-03-2847-2002):

- 3 Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
- 4 Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

2.8 Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen:

$$FAS = \frac{ww}{wc} \quad 2.3$$

dimana :

Ww = Berat air

Wc = Berat semen

Faktor air semen merupakan ukuran kekuatan beton, maka faktor ini harus merupakan kriteria yang utama dalam desain struktur beton pada umumnya. Biasanya dinyatakan dalam perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran (Nawy,1990).

Faktor air semen yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air diantara bagian-bagian semen sedikit sehingga jarak antara butiranbutiran semen pendek. Akibatnya massa semen, menunjukkan lebih berkaitan, karenanya kekuatan awal lebih dipengaruhi dan akhirnya batuan semen mencapai kepadatan tinggi. Semakin kecil nilai faktor air semen maka akan mengakibatkan nilai kuat tekan yang semakin tinggi. Walaupun demikian nilai faktor air semen mempunyai batasan sepanjang adukan beton masih dapat di kerjakan secara baik.

2.9 Perawatan Beton

Tujuan perawatan adalah untuk memperoleh kekuatan tertentu serta mencapai kekuatan yang disyaratkan setelah beton berumur 28 tahun. Pada dasarnya perawatan adalah untuk mencegah proses penguapan air yang cepat selama terjadinya proses hidrasi antara semen dan air. Misalnya pada cuaca panas masalah yang paling utama dalam melindungi permukaan beton yang baru.

Perawatan yang dilakukan dengan baik dan kontinyu serta mendapat perhatian khusus akan menghasilkan kekuatan tekan beton sesuai dengan yang disyaratkan, Jika perawatan beton dilakukan secara cuma-cuma dengan kata lain tanpa adanya perhatian khusus, maka kuat tekan yang dihasilkan akan berkurang.

Jadi pengaruh perawatan terhadap nilai kuat tekan adalah semakin bagus perawatan beton maka nilai kuat tekan semakin tinggi dan sebaiknya kalau perawatan beton tersebut kurang, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan akan berkurang pula.

2.10 Limbah Kulit Rajungan

Limbah adalah suatu zat atau bahan buangan suatu proses produksi, baik industri maupun rumah tangga yang kehadirannya tidak dikehendaki, menurunkan kualitas lingkungan serta tidak mempunyai nilai ekonomi. Rajungan merupakan salah satu komoditas ekspor andalan Indonesia, umumnya daging rajungan diekspor dalam bentuk segar, beku ataupun kaleng. Menurut data DKP (Dinas Kelautan dan Perikanan), ekspor rajungan tahun 2000 sebesar 3498 ton tanpa kulit. Pemanfaatan rajungan tersebut hanya pada bagian yang dapat dikonsumsi yaitu dagingnya. Salah satu limbah padat dari pengolahan rajungan yaitu cangkang rajungan. Multazam (2002) menyatakan bahwa bobot tubuh rajungan yang berkisar antara 100-350 gram, terdapat cangkang sebesar 51-177 gram. Hal ini menunjukkan bahwa bobot cangkang rajungan kurang lebih 50% atau setengah dari bobot tubuh rajungan.

Bahan-bahan limbah disekitar lingkungan dapat di manfaatkan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton. Sebagian besar Indonesia adalah daerah perairan laut oleh karena itu perlu mencari inovasi baru untuk campuran beton dengan menggunakan hasil laut yang sudah tidak dimanfaatkan lagi berupa limbah. Hal tersebut memberikan alternatif untuk memanfaatkan limbah-limbah yang tidak termanfaatkan lagi, seperti rajungan.

Kandungan di dalam kulit rajungan memiliki kesamaan beberapa elemennya dengan kandungan yang ada pada semen. Kandungan utama pada semen berupa kalsium (CaI), silika (SiO_2), alumunia (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3), yang dimana dengan kandungan kalsium(CaI), kandungan besi (Fe) dan magnesium (Mg) yang terdapat pada kulit rajungan dapat menjadi pengganti agregat halus dan dapat menambah kekuatan beton, terutama pada pengujian kuat tarik beton. Dengan adanya beberapa kandungan kimia yang sama tersebut. Maka di

asumsikan terjadinya proses hidrasi yang dapat menambah nilai lebih pada beton tersebut. Berikut kandungan yang ada pada kulit rajungan dan semen dapat dilihat pada Tabel 2. 4 dan Tabel 2.5.

Tabel 2.4: Komposisi kimia limbah kulit rajungan (Multazam, 2002).

Komposisi Kimia	Kadar
Air (%)	4,32
Protein (%)	18,18
Lemak (%)	2,27
Serat kasar (%)	16,67
Abu (%)	44,28
P (%)	1,81
Ca (%)	19,97
Mg (%)	1,29
Cu (ppm)	30,62
Fe (ppm)	195,59
Zn (ppm)	44,59
Mn (ppm)	184,52

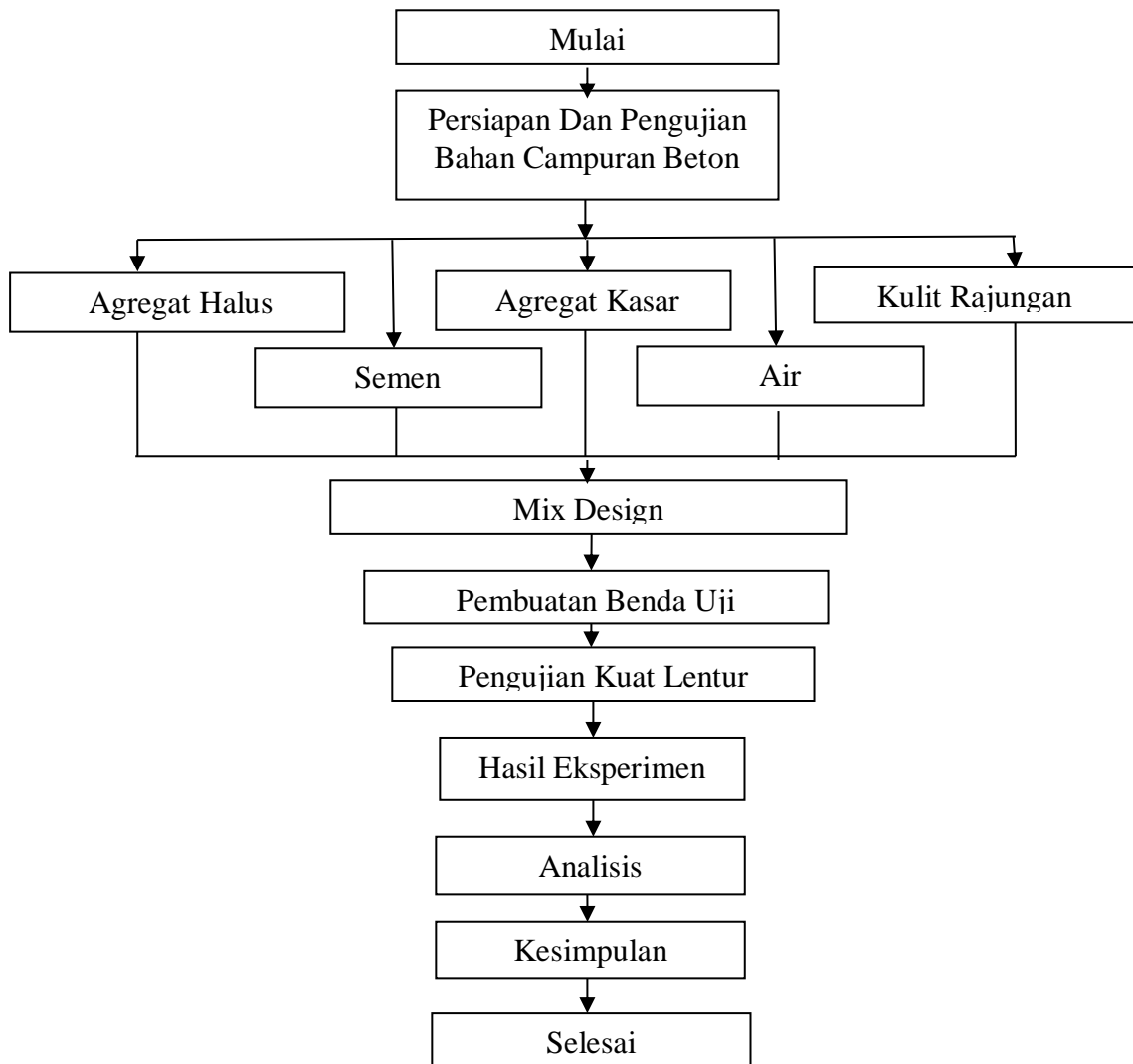
Tabel 2.5: Unsur Kimia Semen Biasa (Tjokromulyo, 2007).

Oksida	Persentase
Kapur CaO	60 -65
Silika SiO ₂	17 -25
Alumina Al ₂ O ₃	3 -8
Besi Fe ₂ O ₃	0,5 -6
Magnesia MgO	0,5 -4
Sulfur SO ₃	1 -2
Soda / potash Na ₂ O + K ₂ O	0,5 -1

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahapan. Tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap pembahasan/analisis. Pada tahapan pembuatan benda uji ini menggunakan 1 FAS, dimana telah terbukti pada penelitian yang sudah dilakukan bahwa nilai kekuatan maksimal yang dapat digunakan yaitu FAS 0,4%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.

3.2 Persiapan Dan Pengujian Bahan Campuran Beton

Persiapan dan pengujian bahan campuran beton harus lebih teliti dan diperhatikan dengan baik, sehingga material tersebut tidak memiliki kualitas yang rendah. Karena hasil dari penelitian ini tergantung pada baik dan buruknya material yang kita gunakan. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung.

Bahan- bahan dan pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

3.2.1 Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

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

3.2.1.1 Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.1 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa.

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

<i>Fine Agregate Passing No. 9.5 mm</i>	<i>Sample I (gr)</i>	<i>Sample II (gr)</i>	<i>Sample III (gr)</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample & mold (berat contoh SSD & berat wadah) (W1)</i>	605	633	663	663,67
<i>Wt of oven dry sample & mold (berat contoh kering oven & wadah) (W2)</i>	594	622	652	622,67
<i>Wt of mold (berat wadah) (W3)</i>	105	133	163	133,67

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

<i>Fine Agregate Passing No. 9.5 mm</i>	<i>Sample I (gr)</i>	<i>Sample II (gr)</i>	<i>Sample III (gr)</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of water (berat air) (W1-W2)</i>	11	11	11	11
<i>Wt of oven dry sample (berat contoh kering) (W2-W3)</i>	489	489	489	489
<i>Water content (kadar air) ((W1-W2)/(W2-W3)) x 100%</i>	2,25	2,25	2,25	2,25

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat halus yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU, didapat rata-rata kadar air sebesar 2,25%.

Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 2,25%, contoh kedua didapat kadar air sebesar 2,25%, sedangkan contoh ketiga didapat kadar air sebesar 2,25%. Hasil di atas tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2,1%-2,3%.

3.2.1.2 Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.2. sehingga diketahui kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang dapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase.

$$\text{Kadar lumpur \%} = (A-B) / A \times 100$$

pers 3.1

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

<i>Fine Agregate</i> (Agregat halus)	<i>Sample I</i> (gr)	<i>Sample II</i> (gr)	<i>Sample III</i> (gr)	<i>Average</i>
Berat contoh kering : A (gr)	500	500	500	500
Berat kering contoh setelah dicuci : B (gr)	482	483	480	481,67
Berat kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci : C (gr)	18	17	20	18,33
Persentase kotoran agregat lolos saringan (No. 200) dicuci % setelah	3,6	3,4	4,0	3,67

Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur agregat halus untuk sampel yang pertama sebesar 3,6%, dan sampel kedua sebesar 3,4%, dan sampel ketiga sebesar 4,0%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,67%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu <5%.

3.2.1.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 128 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3, sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat halus yang diperiksa.

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

<i>Fine Agregate Passing No. 9.5 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample in air</i> (berat contoh SSD kering permukaan jenuh) B	500	500	500	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan) E	492	491	490	491
<i>Wt of flask + water</i> (berat piknometer penuh air) D	666	667	667	666,67
<i>Wt of flask + water + sample</i> (berat contoh SSD dalam piknometer penuh air) C	971	969	969	969,67

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

<i>Fine Agregate Passing No. 9.5 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Bulk sp grafity dry (berat jenis contoh kering) E/(B+D-C)</i>	2,52	2,48	2,47	2,49
<i>Bulk sp grafity SSD (berat jenis contoh SSD) B/(B+D-C)</i>	2,56	2,52	2,52	2,53
<i>Apparent sp grafity (berat jenis contoh semu) E/(E+D-C)</i>	2,63	2,60	2,61	2,61
<i>Absortion (penyerapan) ((B-E)/E)x100%</i>	1,63	1,83	2,04	1,83

Dari hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorption*) pada agregat halus yang diteliti.

Pada Tabel 3.3. terlampir macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering sebesar 2,49 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,53 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,61 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat halus yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 1,83%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi standar.

3.2.1.4 Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat isi agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.4 sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

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

No	<i>Fine Agregate Passing No. 50.8 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
1	<i>Wt of sample & mold</i> (berat contoh & wadah) gr	17830	17670	18210	17903,33
2	<i>Wt of mold</i> (berat wadah), gr	5300	5300	5300	5300
3	<i>Wt of sample</i> (berat contoh), gr	12330	12370	12910	12536,67
4	<i>Vol of mold</i> (volume wadah) cm ³	10952,33	10952,33	10952,33	10952,33
5	<i>Unit weight</i> (berat Isi) gr/cm ³	1,126	1,129	1,179	1,145

Berdasarkan Tabel 3.4, percobaan berat isi agregat halus didapat rata-rata pada pengujian sebesar 1,15 gr/cm³. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga sampel, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu >1,125 gr/cm.

3.2.1.5 Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada

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

<i>Sieve Size</i>	<i>Retained Fraction</i>					<i>Cumulative</i>	
	<i>Sample I</i> (gr)	<i>Sample II</i> (gr)	<i>Sample III</i> (gr)	<i>Total Weight</i> (gr)	<i>%</i>	<i>Ret.</i>	<i>Pass.</i>
9.50 (No 3/8 in)	0	0	0	0	0	0	100
4.75 (No. 4)	4	6	7	17	0,52	0,52	99,48
2.36 (No. 8)	7	8	5	20	0,61	1,13	98,87

Tabel 3.5: Lanjutan.

Sieve Size	Retained Fraction					Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sample III (gr)	Total Weight (gr)	%	Ret.	Pass.
	1.18 (No.16)	10	15	15	40	1,21	2,34
0.60 (No. 30)	12	10	106	128	3,89	6,23	93,77
0.30 (No. 50)	520	517	443	1480	44,94	51,17	48,83
0.15 (No. 100)	318	410	499	1227	37,26	88,43	11,57
Pan	127	132	122	381	11,57	100	0
Total	998	1098	1197	3293	100		

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

Total berat pasir = 3293 gram.

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{17}{3293} \times 100\% = 0,52 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{20}{3293} \times 100\% = 0,61 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{40}{3293} \times 100\% = 1,21 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{128}{3293} \times 100\% = 3,89 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{1480}{3293} \times 100\% = 44,94 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{1227}{3293} \times 100\% = 37,26 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{381}{3293} \times 100\% = 11,57 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

No.4	=	0	+	0,52	=	0,52	%
No.8	=	0,52	+	0,61	=	1,13	%
No.16	=	1,13	+	1,21	=	2,34	%
No.30	=	2,34	+	3,89	=	6,23	%
No.50	=	6,23	+	44,94	=	51,17	%
No.100	=	51,17	+	37,26	=	88,43	%
Pan	=	88,43	+	11,57	=	100,00	%

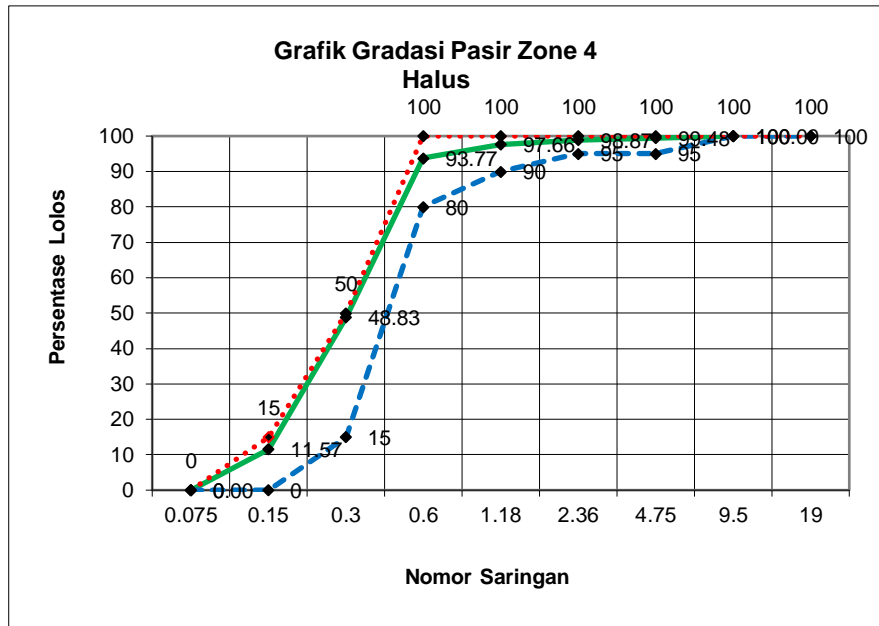
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 249,82 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{249,82}{100} \\ \text{FM} &= 2,49 \end{aligned}$$

Modulus kehalusan atau Fine Modulus (FM) yang didapat sudah memenuhi syarat berdasarkan SNI 03-2461-1991 untuk agregat halus yaitu $2,2 < \text{FM} > 3,2$.

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	0,52	=	99,48	%
No.8	=	100	-	1,13	=	98,87	%
No.16	=	100	-	2,34	=	97,66	%
No.30	=	100	-	6,23	=	93,77	%
No.50	=	100	-	51,17	=	48,83	%
No.100	=	100	-	88,43	=	11,57	%
Pan	=	100	-	100,00	=	0,00	%



Gambar 3.2: Grafik gradasi agregat halus (zona 4 pasir halus).

Pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-1993, dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* pasir (halus) zona 4.

3.2.2 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.

3.2.2.1 Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU

tentang kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.6 sehingga diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

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

<i>Course Agregate Passing No. 50.8 mm</i>	<i>Sample I (gr)</i>	<i>Sample II (gr)</i>	<i>Sample III (gr)</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample & mold (berat contoh SSD & berat wadah)</i>	1737	1740	1992	1823
<i>Wt of SSD sample (berat contoh SSD)</i>	1500	1500	1500	1500
<i>Wt of oven dry sample & mold (berat contoh kering oven & wadah)</i>	1727	1729	1983	1813
<i>Wt of mold (berat wadah)</i>	237	240	492	328
<i>Wt of water (berat air)</i>	10	11	9	10
<i>Wt of oven dry sample (berat contoh kering)</i>	1490	1489	1491	1490
<i>Water content (kadar air)</i>	0,67	0,74	0,60	0,67

Pengujian dilakukan menggunakan tiga sampel yang kemudian dirata-ratakan. Dari hasil pengujian didapat nilai kadar air agregat kasar pada contoh pertama sebesar 0,67%, pada contoh kedua sebesar 0,74%, dan pada contoh ketiga sebesar 0,67%. Sedangkan nilai rata-rata kadar air pada agregat kasar yang diteliti adalah sebesar 0,67% dan hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu 0,5% - 1,5%.

3.2.2.2 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi

dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase.

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

<i>Course Agregate</i> (Agregat kasar)	<i>Sample I</i> (gr)	<i>Sample II</i> (gr)	<i>Sample III</i> (gr)	<i>Average</i>
Berat contoh kering : A (gr)	1500	1500	1500	1500
Berat kering contoh setelah dicuci : B (gr)	1490	1492	1488	1490
Berat kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci : C (gr)	10	8	12	10
Persentase kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci %	0,67	0,53	0,80	0,67

Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,67%, sampel kedua sebesar 0,53%, dan sampel ketiga sebesar 0,80%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,67%. Menurut PBI 1971 hasil pemeriksaan kadar lumpur di atas telah memenuhi syarat yaitu <1%.

3.2.2.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

Dari hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8. sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorption*) pada agregat halus yang diteliti.

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

<i>Coarse Agregate Passing No. 19.10 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample in air (berat contoh SSD kering permukaan jenuh) A (gr)</i>	3100	2700	2900	2900
<i>Wt of oven dry sample (berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan) C (gr)</i>	3079	2678	2877	2878
<i>Wt of SSD Sample in water (Berat contoh SSD di dalam air) B (gr)</i>	1962	1711	1843	1838,67
<i>Bulk sp grafity dry (berat jenis contoh kering) C/(A-B) (gr/cm³)</i>	2,71	2,71	2,72	2,713
<i>Bulk sp grafity SSD (berat jenis contoh SSD) A/(A-B) (gr/cm³)</i>	2,72	2,71	2,74	2,723
<i>Apparent sp grafity (berat jenis contoh semu) C/(C-B) (gr/cm³)</i>	2,76	2,77	2,78	2,77
<i>Absortion (penyerapan) ((A-C)/C)x100%</i>	0,68	0,82	0,80	0,77

Pada Tabel 3.8. terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh kering. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering sebesar 2,713 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,723 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,77 gr/cm³.

Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,77% dan berdasarkan ASTM C 127 nilai ini berada di bawah nilai absorpsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4%.

3.2.2.4 Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat isi agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga diketahui berat isi agregat kasar yang diperiksa.

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

No	<i>Fine Agregate Passing No. 50.8 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
1	<i>Wt of sample & mold (berat contoh & wadah) Gr</i>	26270	26970	26780	26673,33
2	<i>Wt of mold (berat wadah), gr</i>	6440	6440	6440	6440
3	<i>Wt of sample (berat contoh), gr</i>	19830	20530	20340	20233,33
4	<i>Vol of mold (volume wadah) cm³</i>	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	<i>Unit weight (berat Isi) gr/cm³</i>	1,282	1,328	1,315	1,308

Berdasarkan Tabel 3.9. menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,31 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 1,282 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,328 gr/cm³, dan pada percobaan ketiga berat isi agregat sebesar 1,315 gr/cm³. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.2.2.5 Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-1986-1990 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

Berdasarkan Tabel 3.10, didapatkan nilai kumulatif agregat dan modulus kehalusan agregat kasar yang diperoleh dari persentase jumlah keseluruhan kumulatif tertahan agregat. Percobaan ini dilakukan dua kali, nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C33 (1986), yang pada pengerjaan *Job Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tata cara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-1993.

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

Sieve Size	Retained Fraction					Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sample III (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
38,1 (1.5 in)	128	77	92	297	3,42	3,42	96,26
19.0 (3/4 in)	790	1001	1148	2939	33,82	63,69	36,31
9.52 (3/8 in)	1466	1497	718	3681	42,35	80,47	19,53
4.75 (No. 4)	314	321	1139	1774	20,41	100,00	0,00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1.18 (No.16)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0	0,00	100	0
Total	2698	2896	3097	8691	100		

Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 8691 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{297}{8691} \times 100\% = 3,42 \%$$

$$3/4 = \frac{2939}{8691} \times 100\% = 33,82 \%$$

$$3/8 = \frac{3681}{8691} \times 100\% = 42,35 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{1774}{8691} \times 100\% = 20,41 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 0 + 3,42 = 3,42 \% \\
 3/4 &= 3,42 + 33,82 = 37,24 \% \\
 3/8 &= 37,24 + 42,35 = 79,59 \% \\
 \text{No.4} &= 79,59 + 20,41 = 100,00 \%
 \end{aligned}$$

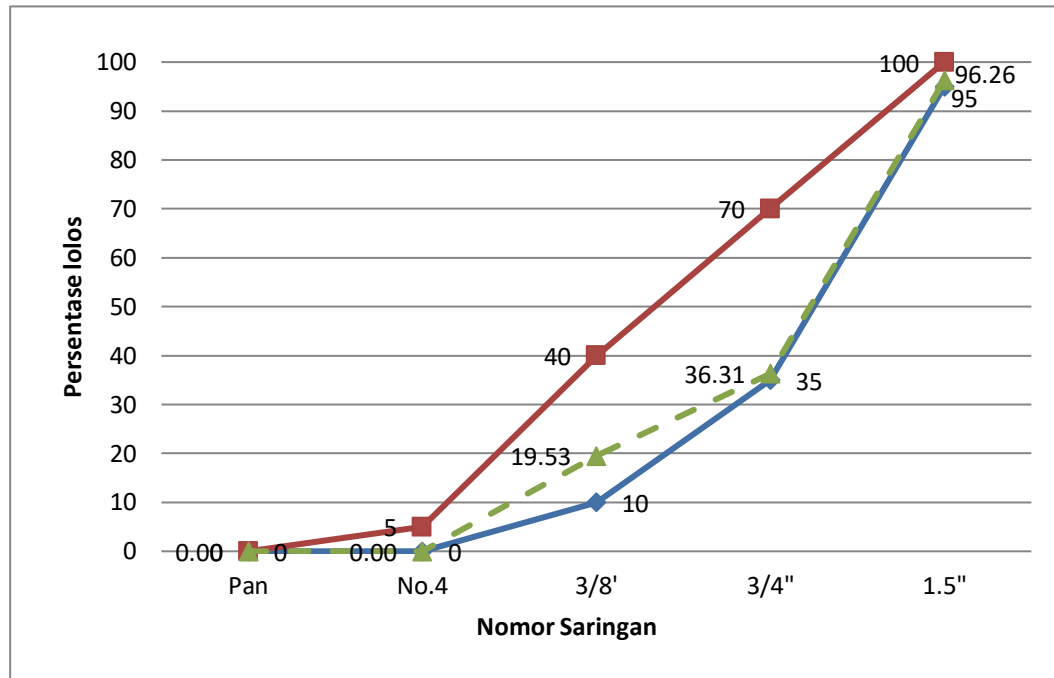
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 220,25 + 500 (untuk No.8 sampai No.100)

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{720,25}{100} \\
 \text{FM} &= 7.20
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 100 - 3,42 = 96,58 \% \\
 3/4 &= 100 - 37,24 = 62,76 \% \\
 3/8 &= 100 - 79,59 = 20,41 \% \\
 \text{No. 4} &= 100 - 100 = 0 \%
 \end{aligned}$$

Batas gradasi batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3. Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-1993, dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam range kerikil maksimum 40 mm.



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

3.2.3 Kulit Rajungan

Kulit Rajungan yang diperoleh dari tempat pemisahan daging dengan cangkang Rajungan (*home industry*) Pantai Cermin dan pemisahan daging dengan cangkang Rajungan (*industry*) KIM.

3.2.4 Semen

Semen yang direncanakan dalam penelitian ini adalah Semen Andalas PPC (*Portland Pozzolan Cement*) sesuai SNI 15-0302-2004. Semen *portland* ialah semen hidrolis yang dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu.

3.2.5 Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air dalam adukan di perlukan untuk bereaksi

dengan semen dan melumasi butiran agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, untuk membasahi agregat dan untuk melumas butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan (SNI 03-2847-2002).

3.2.6 Pembuatan Rencana Campuran (*Mix Design*)

Untuk mengetahui informasi tentang komposisi dari agregat halus, agregat kasar, semen, air, serta serbuk kulit rajungan yang digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan beton dengan mutu tertentu sehingga beton memiliki kualitas dan kuantitas yang sebaik-baiknya.

3.2.7 Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji direncanakan dengan menggunakan standart SNI 03-2824-2002 “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton”. Dengan campuran serbuk kulit rajungan yang sudah direncanakan.

Benda uji yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³ berjumlah 8 sampel. Sampel yang akan mau diuji memiliki umur rencana, yaitu 28 hari dan variasi yang digunakan kedalam Tabel 3.11.

Tabel 3.11: Jumlah semua sampel yang akan diuji

Variasi	Umur Rencana 28 Hari	Jumlah Sampel
0%	2	2
5%	2	2
7%	2	2
8%	2	2
Total		8

Pada tahapan pembuatan benda uji ini menggunakan 1 FAS, dimana telah terbukti pada penelitian yang sudah dilakukan bahwa nilai kekuatan maksimal yang dapat digunakan yaitu FAS 0,4%.

Tabel 3.12: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton FAS 0,4%.

Variasi	Umur Beton (Hari)	Berat (kg)	Luas Penampang (cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)
0%	28	12,42	176,63	17,95
5%	28	12,10	176,63	15,66
7%	28	11,82	176,63	11,52
8%	28	11,59	176,63	10,56

3.2.8 Pengujian Kuat Lentur

Metode yang digunakan pada pengujian kuat lentur, yaitu SNI 4431-2011 “Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan”.

Pengujian kuat lentur akan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Pengujian kuat lentur beton ringan pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³. Pembebanan dilakukan sampai balok beton patah. Beban maksimum yang dicapai balok adalah beban yang diperhitungkan untuk menentukan kuat lentur beton yang diberikan kedalam Pers.3.2

$$\sigma_1 = \frac{P.l}{b.h^2} \quad 3.2$$

Dimana:

σ_1 = Kuat lentur benda uji (MPa)

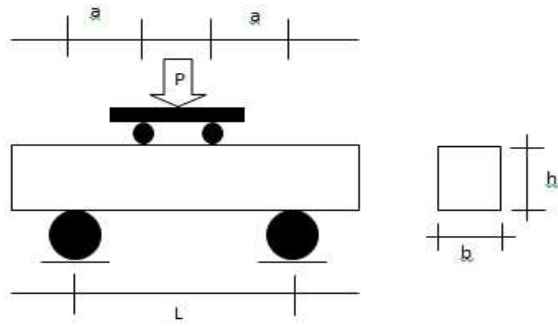
P = Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (Kn)

l = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

Sistem pembebanan pada pengujian kuat lentur, yaitu benda uji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat lentur murni seperti gambar dibawah.



Gambar 3.4: Pengujian Kuat Lentur

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perhitungan

Sebelum melakukan perencanaan campuran beton (*mix design*), terlebih dahulu mengetahui data-data dari hasil penelitian pengujian dasar seperti berat jenis, kadar lumpur, berat isi dan sebagainya. Dalam hal ini penulis ingin menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Tabel 4.1. menunjukkan data-data hasil penelitian.

Tabel 4.1: Data-data hasil penelitian.

1	Berat jenis agregat kasar	2,723 gr/cm ³
2	Berat jenis agregat halus	2,53 gr/cm ³
3	Kadar lumpur agregat kasar	0,67 %
4	Kadar lumpur agregat halus	3,67 %
5	Berat isi agregat kasar	1,31 gr/cm ³
6	Berat isi agregat halus	1,15 gr/cm ³
7	FM agregat kasar	7,20
8	FM agregat halus	2,49
9	Kadar air agregat kasar	0,67 %
10	Kadar air agregat halus	2,25 %
11	Penyerapan agregat kasar	0,76 %
12	Penyerapan agregat halus	1,83 %
13	Nilai slump rencana	30-60 mm
14	Ukuran agregat maksimum	40 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat rencana

disyaratkan sebesar 25 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834 (1993).

Tabel 4.2: Perhitungan campuran beton (SNI 03-2834-1993).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat rencana yang disyaratkan (benda uji balok)	Ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi Standar	Tabel 1	12 MPa
3	Nilai tambah (margin)		5,6 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	42,6 MPa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat : - kasar - halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7	Faktor air-semen bebas		0,40
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 2	170 kg/m ³
12	Jumlah semen	11:7	425 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	425 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-	0,40
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 s/d 6	Daerah gradasi zona 4
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Grafik 7,8,9	Gradasi maksimum 40 mm
18	Persen agregat halus	Grafik 13 s/d 15	22%
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan	2.68
20	Berat isi beton	Grafik 16	2445,15 kg/m ³
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11	1850,15 kg/m ³
22	Kadar agregat halus	18 x 21	407,033 kg/m ³
23	Kadar agregat kasar	21-22	1443,117 kg/m ³

Tabel 4.2: *Lanjutan.*

No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
		Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
24	Proporsi campuran				
	- Tiap m ³	425	170	407,033	1443,117
24	- Tiap campuran uji m ³	1	0,40	0,958	3,396
	- Tiap campuran uji 0,006m ³ (1 balok)	1	1,02	2,442	8,65
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	425	166,992	408,743	1444,416
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,393	0,961	3,399
	- Tiap campuran uji 0,006 m ³ (1 balok)	1	1,002	2,452	8,667

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

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
425	:	408,743	:	1444,416	:	166,992
1	:	0,961	:	3,399	:	0,393

4.2. Komposisi Untuk 1 Benda Uji

Menggunakan cetakan balok dengan ukuran:

Panjang	=	60 cm
Lebar	=	10 cm
Tinggi	=	10 cm
Volume Silinder	=	p x l x t
	=	60 x 10 x 10
	=	6000 cm ³
	=	0,006 m ³

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak semen x Volume 1 benda uji
 = $425 \text{ kg/m}^3 \times 0,006 \text{ m}^3$
 = 2,55 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
 = $408,743 \text{ kg/m}^3 \times 0,006 \text{ m}^3$
 = 2,452 kg
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak kerikil x Volume 1 benda uji
 = $1444,416 \text{ kg/m}^3 \times 0,006 \text{ m}^3$
 = 8,667 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = $166,992 \text{ kg/m}^3 \times 0,006 \text{ m}^3$
 = 1,002 kg

Perbandingan untuk 1 benda uji:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 2,55 : 2,452 : 8,667 : 1,002

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.3 dan 4.4.

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	0,52	$\frac{0,52}{100}$	x 2,452	0,012
No. 8	0,61	$\frac{0,61}{100}$	x 2,452	0,015
No.16	1,21	$\frac{1,21}{100}$	x 2,452	0,029

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.30	3,89	$\frac{3,89}{100}$	x 2,452	0,098
No.50	44,94	$\frac{44,94}{100}$	x 2,452	1,102
No.100	37,26	$\frac{37,26}{100}$	x 2,452	0,913
Pan	11,57	$\frac{11,57}{100}$	x 2,452	0,283
Total				2,452

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,012 kg, saringan no 8 sebesar 0,015 kg, saringan no 16 sebesar 0,029 kg, saringan no 30 sebesar 0,098 kg, saringan no 50 sebesar 1,102 kg, saringan no 100 sebesar 0,913 kg, dan pan sebesar 0,283 kg . Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,452 kg.

Setelah mendapatkan berat tertahan pada masing-masing saringan maka dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan serbuk kulit rajungan dengan variasi 5%, 7%, dan 8%, . Dimana serbuk kulit rajungan akan digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus.

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 5% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5}{100} \times \text{Berat pasir} \\
 &= \frac{5}{100} \times 2,452 \text{ kg} \\
 &= 0,122 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah $= 0,974 - 0,122$
 $= 0,852 \text{ kg}$

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 7% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{7}{100} \times \text{Berat pasir} \\
 &= \frac{7}{100} \times 2,452 \text{ kg} \\
 &= 0,171 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan

$$\begin{aligned}
 \text{adalah} &= 0,974 - 0,171 \\
 &= 0,803 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 8% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{8}{100} \times \text{Berat pasir} \\
 &= \frac{8}{100} \times 2,452 \text{ kg} \\
 &= 0,196 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan

$$\begin{aligned}
 \text{adalah} &= 0,974 - 0,196 \\
 &= 0,778 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.4: Banyak serbuk kulit rajungan dan agregat halus No.50 untuk 1 benda uji

Penggunaan Bahan Ganti	Berat Serbuk Kulit Rajungan (kg)	Berat Agregat Halus No.50 (kg)
5%	0,122	0,852
7%	0,171	0,803
8%	0,196	0,778

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah penggunaan bahan ganti dan agregat halus No.50 sebesar 5% adalah 0,122 kg untuk berat serbuk kulit rajungan dan 0,852 kg untuk berat agregat halus, jumlah bahan ganti dan agregat halus No.50 sebesar 7% adalah 0,171 kg untuk berat serbuk kulit rajungan dan 0,803 kg

untuk berat agregat halus, dan jumlah bahan ganti serta agregat halus No.50 sebesar 8% adalah 0,196 kg dan 0,778 kg untuk agregat halus.

Tabel 4.5: Banyak agregat kasar untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	3,42	$\frac{3,42}{100} \times$	8,667	0,296
$\frac{3}{4}$	33,82	$\frac{33,82}{100} \times$	8,667	2,931
$\frac{3}{8}$	42,35	$\frac{42,35}{100} \times$	8,667	3,670
No. 4	20,41	$\frac{20,41}{100} \times$	8,667	1,77
Total				8,667

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji adalah saringan 1,5 sebesar 0,296 kg, saringan $\frac{3}{4}$ sebesar 2,931 kg, saringan $\frac{3}{8}$ sebesar 3,670 kg dan saringan no 4 sebesar 1,77 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 8,667 kg.

4.3 Komposisi Untuk 8 Benda Uji

- Pasir yang dibutuhkan untuk 8 benda uji
 $= \text{Banyak pasir untuk satu benda uji} \times 8$
 $= 2,452 \times 8$
 $= 19,616 \text{ kg}$
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 8 benda uji
 $= \text{Banyak batu pecah untuk satu benda uji} \times 8$
 $= 8,667 \times 8$
 $= 69,336 \text{ kg}$
- Semen yang dibutuhkan untuk 8 benda uji
 $= \text{Banyak semen untuk satu benda uji} \times 8 \text{ benda uji}$

$$= 2,55 \times 8$$

$$= 20,4 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 8 benda uji

$$= \text{Banyak air untuk 1 benda uji} \times 8$$

$$= 1,002 \times 8$$

$$= 8,016 \text{ kg}$$

Perbandingan untuk 16 benda uji:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\ 20,4 & : & 19,616 & : & 69,336 & : & 8,016 \end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan untuk 8 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4.6: Banyak agregat kasar untuk tiap saringan dalam 8 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat batu pecah	
1,5"	3,42	$\frac{3,42}{100} \times$	69,336	2,371
3/4"	33,82	$\frac{33,82}{100} \times$	69,336	23,45
3/8"	42,35	$\frac{42,35}{100} \times$	69,336	29,364
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat batu pecah	
No. 4	20,41	$\frac{20,41}{100} \times$	69,336	14,151
Total				69,336

Pada Tabel 4.6. dijelaskan bahwa jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk 8 benda uji pada tiap-tiap nomor saringan antara lain saringan 1,5" sebesar 2,371 kg, saringan 3/4" sebesar 23,45 kg, saringan 3/8" sebesar 29,364 kg dan saringan No.4 sebesar 14,151 kg. Total keseluruhan agregat kasar untuk 8 benda uji sebesar 69,336 kg.

Tabel 4.7: Banyak agregat halus untuk tiap saringan dalam 8 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat pasir}$	
No. 4	0,52	$\frac{0,52}{100} \times 19,616$	0,102
No. 8	0,61	$\frac{0,61}{100} \times 19,616$	0,12
No. 16	1,21	$\frac{1,21}{100} \times 19,616$	0,235
No. 30	3,89	$\frac{3,89}{100} \times 19,616$	0,764
No. 50	44,94	$\frac{44,94}{100} \times 19,616$	8,815
No. 100	37,26	$\frac{37,26}{100} \times 19,616$	7,31
Pan	11,57	$\frac{11,57}{100} \times 19,616$	2,27
Total			19,616

Pada Tabel 4.7 dijelaskan bahwa jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk 8 benda uji pada tiap-tiap nomor saringan antara lain saringan No. 4 sebesar 0,102 kg, saringan No. 8 sebesar 0,12 kg, saringan No. 16 sebesar 0,235 kg, saringan No. 30 sebesar 0,764 kg, saringan No. 50 sebesar 8,815 kg, saringan No. 100 sebesar 7,31 kg, dan pan sebesar 2,27 kg.

4.4 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan balok sebagai benda uji dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 8 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

4.4.1 Pengadukan beton

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

4.4.2 Pencetakan

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

4.4.3 Pemeliharaan beton

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu direndam di dalam air (terendam keseluruhan) hingga umur yang telah ditetapkan.

4.5 *Slump Test*

Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar (setiap pengambilan bahan

harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira – kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap–tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2 1/2 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Tabel 4.8: Hasil pengujian nilai *slump*.

	Beton Normal		Beton dan Vaariasi Serbuk Kulit Rajungan 5%		Beton dan Variasi Serbuk Kulit Rajungan 7%		Beton dan Variasi Serbuk Kulit Rajungan 9%	
<i>Slump</i> (cm)	3	3,4	4,2	3,8	3,2	3,7	4,9	4

Berdasarkan Tabel 4.8, hasil *slump test* beton normal, beton dengan variasi serbuk kulit rajungan 5%, 7%, dan 8% adalah sebesar 3 s/d 4,9 cm.

4.6 Kuat Lentur Beton

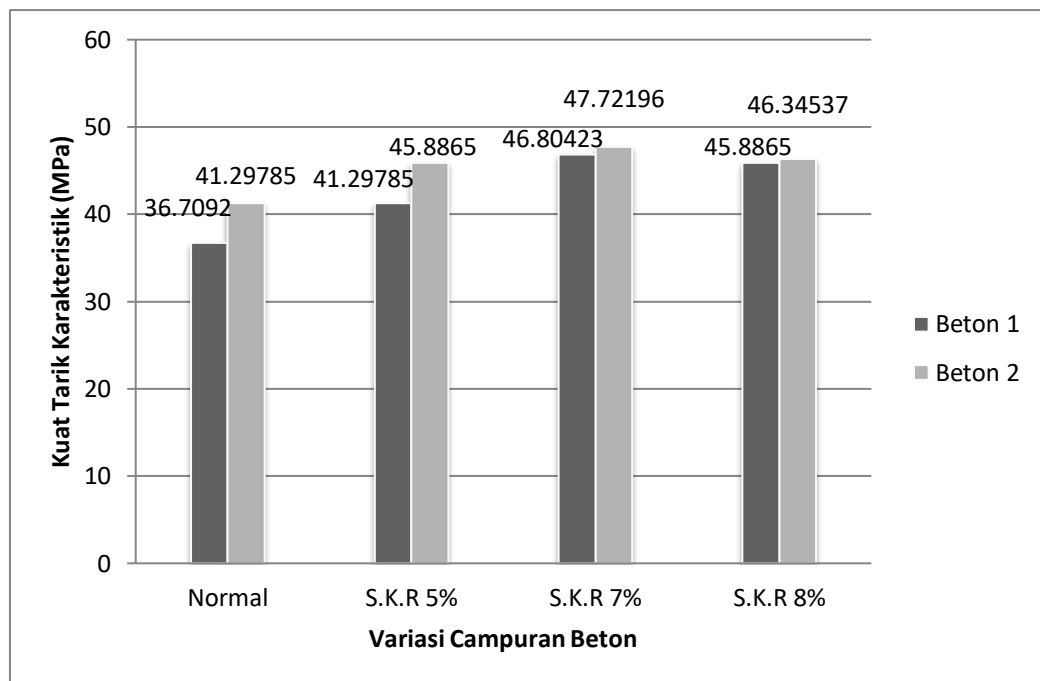
Pengujian kuat tarik beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tarik beton. Benda uji yang akan diuji adalah berupa balok dengan panjang 60 cm, lebar 10 cm tinggi 10 cm sebanyak 8 benda uji.

Tabel 4.9: Hasil pengujian kuat lentur beton .

Variasi	Beban (P)		$\sigma_l = \frac{P.L}{b.h^2}$		Fch rata-rata		
0%	815.76	917.73	36.7092	41.29785	42.67445	45.31292	43.99368
5%	917.73	1019.7	41.29785	45.8865			
7%	1040.094	1060.488	46.80423	47.72196			
8%	1019.7	1029.897	45.8865	46.34537			

Pengujian beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9, dari 8 benda uji yang diuji kuat lenturnya, maka diperoleh nilai kuat lentur karakteristik rata-rata sebesar 43,99368 MPa pada umur beton 28 hari.

Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan dan penurunan kuat lentur beton dapat digambarkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik kuat lentur beton pada umur 28 hari.

Pada Gambar 4.1. dapat dilihat naik turunnya setiap penambahan variasi serbuk kulit rajungan, dilihat pada variasi beton normal nilai kuat lentur rata-rata dengan nilai 39 MPa kemudian mengalami kenaikan pada penambahan variasi SKR 5% dan SKR 7% dengan kuat lentur rata-rata 43,6 MPa dan 47, 26 MPa. Begitu juga pada variasi SKR 8% dengan kuat lentur rata-rata 46,12 MPa mengalami penurunan.

4.7 Persentase Kuat Lentur

Bila dibandingkan kuat lentur beton normal dengan beton yang menggunakan serbuk kulit rajungan, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan serbuk kulit rajungan sebanyak 5%, 7%, dan 8% mengalami penurunan. Persentase kuat lentur dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Pengisian serbuk kulit rajungan 0% (normal)

$$\text{Besar beton 1} = 36.7092 \text{ Mpa}$$

$$\text{Besar beton 2} = 41.29785 \text{ Mpa}$$

- Pengisian serbuk kulit rajungan 5%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan beton 1} &= \frac{41.29785 - 36.7092}{36.7092} \times 100\% \\ &= 12,5\% \text{ (Naik)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan beton 2} &= \frac{45.8865 - 41.29785}{41.29785} \times 100\% \\ &= 11.1\% \text{ (Naik)} \end{aligned}$$

- Pengisian serbuk kulit rajungan 7%

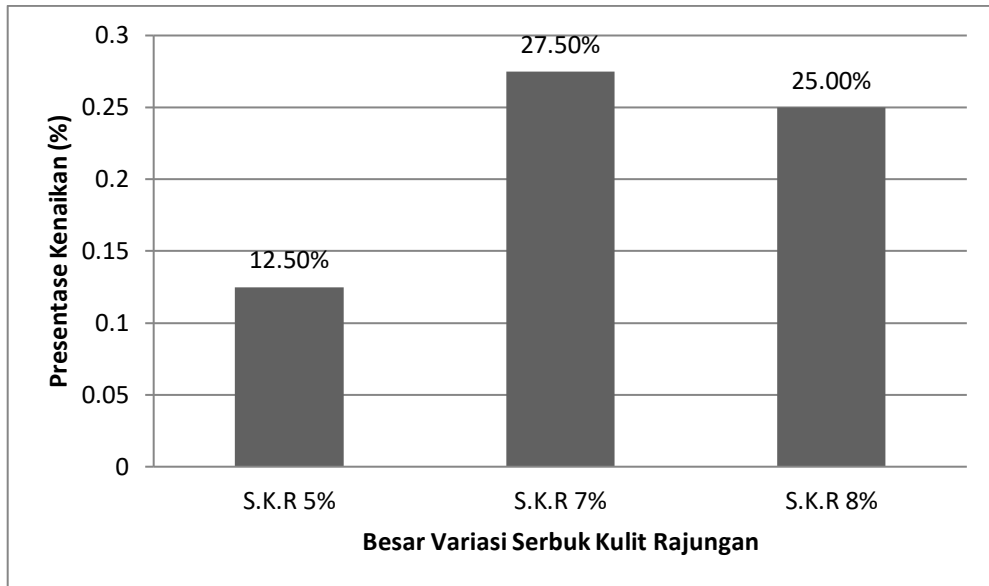
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan beton 1} &= \frac{46.80423 - 36.7092}{36.7092} \times 100\% \\ &= 27,5\% \text{ (Naik)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan beton 2} &= \frac{47.72196 - 41.29785}{41.29785} \times 100\% \\ &= 15,55\% \text{ (Naik)} \end{aligned}$$

- Pengisian serbuk kulit rajungan 8%

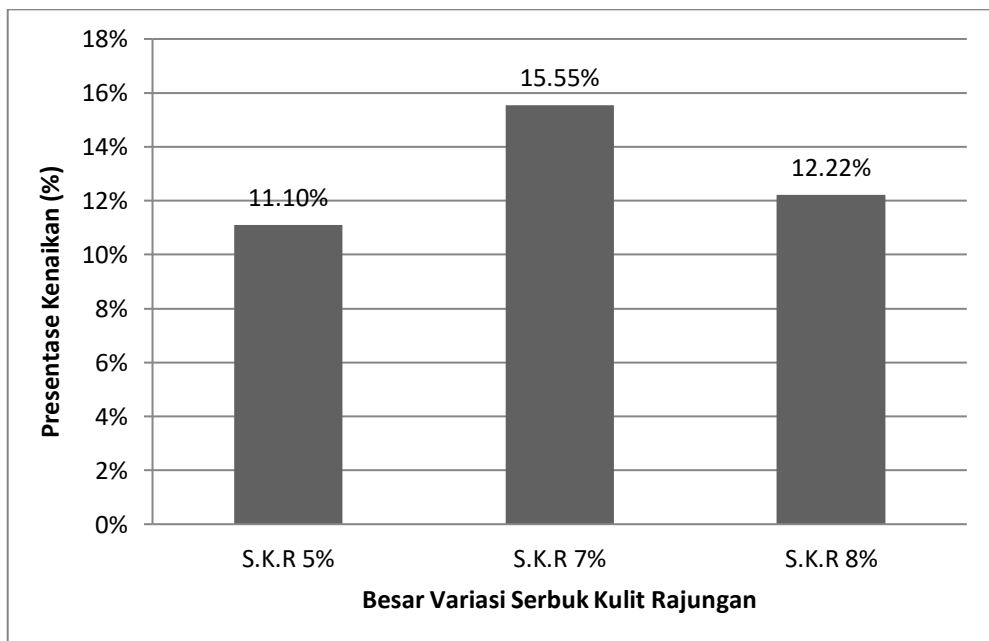
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan beton 1} &= \frac{45.8865 - 36.7092}{36.7092} \times 100\% \\ &= 25\% \text{ (Naik)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan beton 2} &= \frac{46.34537 - 41.29785}{41.29785} \times 100\% \\ &= 12,22\% \text{ (Naik)} \end{aligned}$$



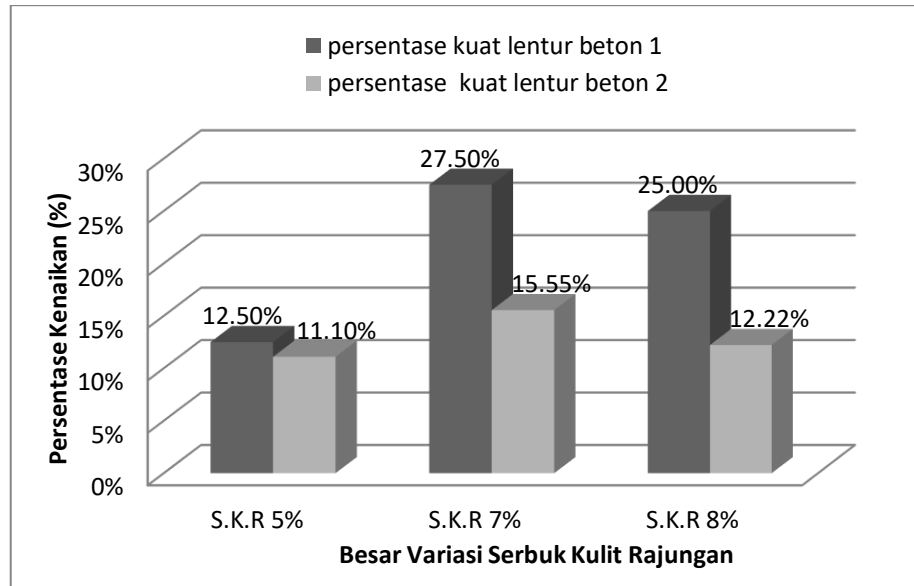
Gambar 4.2: Grafik besar persentase kuat lentur beton 1.

Pada Gambar 4.2. dapat dilihat naik turunnya setiap penambahan variasi serbuk kulit rajungan, dilihat dari variasi SKR 5% kuat lentur dengan persentase 12,50%, kemudian mengalami kenaikan pada penambahan variasi SKR 7% dengan persentase 27,50%, mengalami penurunan kembali pada variasi SKR 8% dengan persentase 25%.



Gambar 4.3: Grafik besar persentase kuat tarik beton 2

Pada Gambar 4.3. dapat dilihat naik turunnya setiap penambahan variasi serbuk kulit rajungan, dilihat dari variasi SKR 5% kuat lentur dengan persentase 11,10%, kemudian mengalami kenaikan pada penambahan variasi SKR 7% dengan persentase 15,55%, mengalami penurunan kembali pada variasi SKR 8% dengan persentase 12,22%.



Gambar 4.4: Perbandingan grafik persentase kenaikan kuat lentur beton 1 dan 2.

Pada Gambar 4.4 gabungan dari dua grafik persentase kenaikan beton 1 dan 2 sehingga mudah untuk menyimpulkan dari hasil pengujian kuat lentur yang dilakukan pada 3 variasi serbuk kulit rajungan 5%, 7%, dan 8% bahwa terlihat kenaikan drastis pada variasi SKR 7% dikarenakan pada campuran beton terjadinya kenaikan kuat lentur akibat penambahan serbuk kulit rajungan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kulit rajungan mengakibatkan bertambahnya daya ikat beton. dengan kandungan kalsium(Ca), kandungan besi (Fe) dan magnesium (Mg) yang terdapat pada kulit rajungan dapat menjadi pengganti agregat halus dan dapat menambah kekuatan beton, terutama pada pengujian kuat lentur beton.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Rio Herdianto Rahamudin Hieryco Manalip, dan Mielke Mondoringin, 2016) menggunakan abu sekam padi, dapat

diketahui bahwa kadar optimum substitusi ASP yang dipakai adalah 15% dengan peningkatan kuat tarik lentur sebesar 0,87% dibandingkan dengan yang tidak menggunakan ASP. Tetapi pada penambahan ASP sebanyak 20% mengakibatkan penurunan kuat tarik lentur sebesar 44,40% dari substitusi penambahan optimum yaitu pada 15% penambahan ASP. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya penambahan substitusi ASP mengakibatkan penggunaan semen semakin sedikit, karena ASP materialnya sangat menyerap air, sehingga workabilitas campuran menjadi kurang baik. Penyebab lain karena batu apung juga sangat menyerap air, akibatnya menyebabkan kekuatan beton menjadi menurun. Pada penelitian ini diambil kekuatan tarik lentur beton sebagai kekuatan desain tarik beton, karena pada pengujian kuat tarik lentur menghasilkan kekuatan tarik lebih besar dari hasil kuat tarik belah, dan juga kekuatan tarik lentur dipilih karena kondisi tarik lentur hampir menyerupai pada keadaan struktur yang sebenarnya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Giri dkk, 2008), hubungan nonlinier antara kuat tarik lentur terhadap penambahan butiran *styrofoam*. Dari persamaan garis diperoleh bahwa kuat tarik lentur beton pada saat:

- 10% penambahan *styrofoam* kuat tarik lentur beton adalah 3,759 MPa, kekuatan ini berkurang 22,67% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan *styrofoam*.
- 20% penambahan *styrofoam* kuat tarik lentur beton adalah 3,421 MPa, kekuatan ini berkurang 29,62% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan *styrofoam*.
- 30% penambahan *styrofoam* kuat tarik lentur beton adalah 3,463 MPa, kekuatan ini berkurang 28,76% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan *styrofoam* dan meningkat 1,21% dari kuat tarik lentur beton dengan 20% penambahan *styrofoam*.
- 40% penambahan *styrofoam* kuat tarik lentur beton adalah 3,500 MPa, kekuatan ini berkurang 27,98% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan *styrofoam* dan meningkat 1,06% dari kuat tarik lentur beton dengan 30% penambahan *styrofoam*.

Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa penambahan *styrofoam* tidak akan menyebabkan kuat tarik lentur menjadi nol, karena *styrofoam* sendiri mempunyai kekuatan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Adanya serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengganti agregat halus. Dapat membantu fungsi dari semen yaitu membantu mengikat agregat kasar dan halus menjadi satu kesatuan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengganti agregat halus bisa digunakan untuk kekuatan lentur beton.
2. Berdasarkan data dari kuat lentur beton yang didapat, bahwa dari variasi SKR 5%, 7%, dan 8% terlihat kenaikan drastis pada variasi SKR 7% dari beton normal dikarenakan pada campuran beton terjadinya kenaikan kuat lentur akibat penambahan serbuk kulit rajungan, hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kulit rajungan mengakibatkan bertambahnya daya ikat beton pada variasi SKR 7%, akan tetapi di variasi SKR 8% mengalami penurunan kembali dikarenakan adanya pengaruh kadar air pada campuran beton.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian ini semoga dapat berguna baik dalam pengembangan keilmuan teknologi beton maupun dalam penerapan secara praktis dilapangan. Diharapkan penelitian ini bisa dapat dilakukan oleh para penelitian lanjutan dan beberapa permasalahan berikut :

1. Disarankan pada penelitian lebih lanjut dengan variasi yang berbeda-beda dengan adanya perubahan FAS lainnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk beton mutu tinggi menggunakan bahan pengganti serbuk kulit rajungan.

3. Disarankan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pencampuran serbuk kulit rajungan dengan bahan campuran lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Astm C 127. (2001). *Standard Test Method For Density, Relative Density (Specific Gravity), And Absorption Of Coarse Aggregate1.*
- Astm C 128. (2001). *Standard Test Method For Density, Relative Density (Specific Gravity), And Absorption Of Fine Aggregate.*
- Astm C 29. (2003). *Standard Test Method For Bulk Density (“Unit Weight”) And Voids In Aggregate1.*
- Astm C 33. (2003). *Standard Specification For Concrete Aggregates1.*
- Astm C 556. (1997). *Standard Test Method For Total Evaporable Moisture Content Of Aggregate By Drying1.*
- Diphohusodo Istimawan. (1996). *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan Sk Sni T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum Ri. Jurnal Beton Bertulang.* 15(1), 520-525
- D. K. Purnamasari, K.G. Wiryawan, Erwan, & L.A. Paozan (2015). *Potensi Limbah Rajungan (Portunus Pelagicus) Sebagai Pakan Itik Petelur. Jurnal Peternakan Sriwijaya,* 4(1). 11-19.
- Ginting Arusmalem., (2015). *Pengaruh Rasio Agregat Semen Dan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous. Jurnal Teknik,* 5(1), 1-9.
- Herdianto Rahamudin Rio., Manalip Hieryco., & Mondoringin Mielke., (2016). *Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. Jurnal Sipil Statik.* 4(3), 225-231.
- Hastuti Sri, Arifin Syamsul, Hidayati Darimiyya. (2012) *Pemanfaatan Limbah Cangkang Rajungan (Portunus Pelagicus) Sebagai Perisa Makanan Alami. Universitas Trunojoyo Madura. Agrotek.* 6(2), 88-96.
- Indrayurmansyah. (2001). *Pentingnya Perawatan Beton Untuk Mencapai Nilai Kekuatan. Jurnal R & B.* 2(1), 1-7
- Maulana, S. (2017). *Pengaruh Substitusi Semen Dengan Abu Cangkang Kerang Lokan (Galolnia Expansa) Dan Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal Teknik Sipil,* 5(2), 108–124.
- Made Jaya., Made Suardana Kader., Wayan Suasira & Putu Indra Yuda. (2017). *Perbandingan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Antara Beton Normal Dan Beton Integral Waterproofing. Jurnal Logic.* 17(3), 142-147.

- Multazam. (2000). *Prospek Pemanfaatan Cangkang Rajungan (Portunus Sp.) Sebagai Suplemen Pakan Ikan.*
- Nawy, E. G. (1998). *Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar).*
- Pardomuan Pane Fanto., Tanudjaja H., R. S. Windah. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik.* 3(5). 313-321
- Pbi. (1917). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia.*
- Sni-15- 2049. (2004). *Semen Portland.*
- Sni 03-2834. (1993). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.*
- Sni 03 - 2847. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.*
- Sutrisno Aris., Widodo Slamet., M.T. Analisis Variasi Kandungan Sementehadap Kuat Tekan Beton Ringan Struktural Agregat *Pumice.* *Jurnal Teknik Sipil.*
- Tjokromulyo, K. (2012). *Teknologi Beton.*
- Yanuar Vita., Santoso Joko., Salamah Ella. (2009). Pemanfaatan Cangkang Rajungan (*Portunus Pelagicus*) Sebagai Sumber Kalsium Dan Fosfor Dalam Pembuatan Produk *Crackers.* *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan.* 12(1), 59-72

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Miftah Hidayat
Panggilan : Miftah
Tempat, Tanggal Lahir : Labuhanhaji, 03 Maret 1999
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat Sekarang : Jl. Masjid Taufik No.81 Gg. Saudara
HP/Tlpn Seluler : 0822-7740-5448

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210194
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki-laki
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan Kelulusan	Nama dan Tempat	Tahun
Sekolah Dasar	SDN 7 Labuhanhaji	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 1 Labuhanhaji	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMAN Tunas Bangsa Abdy	2013 - 2016
