

SKRIPSI

**PENGARUH SUBSTITUSI CANGKANG KEMIRI PADA SEBAGIAN
AGREGAT HALUS UNTUK BETON K-250 TERHADAP KUAT TEKAN**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil



Disusun Oleh

SYAFITRI

171000222201090

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

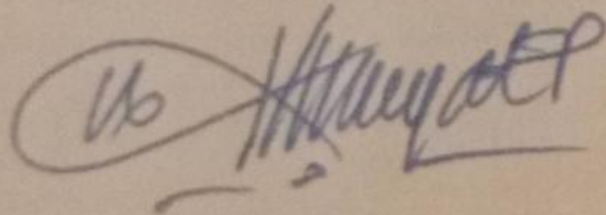
**PENGARUH SUBSTITUSI CANGKANG KEMIRI PADA SEBAGIAN
AGREGAT HALUS UNTUK BETON K-250 TERHADAP KUAT TEKAN**

Oleh :

SYAFITRI
NPM 17.10.002.22201.090

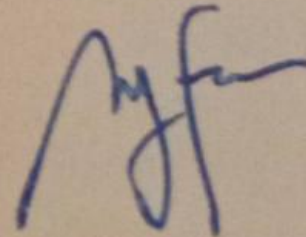
Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



Ir. SURYA EKA PRIANA, ST, MT, IPP
NIDN. 10.1602.6603

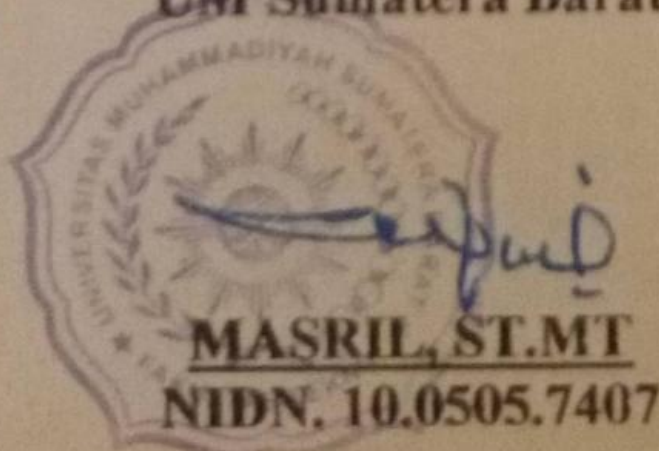
Dosen Pembimbing II



FEBRIMEN HERISTA, ST, MT
NIDN. 10.0102.6901

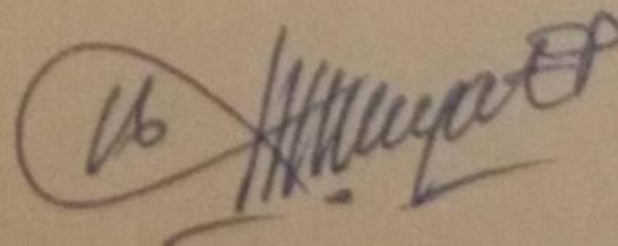
Diketahui Oleh :

**Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat**



MASRIL, ST, MT
NIDN. 10.0505.7407

**Ketua Program Studi
Teknik Sipil**



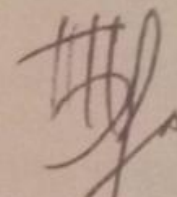
Ir. SURYA EKA PRIANA, ST, MT, IPP
NIDN. 10.1602.6603

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggaldi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, tanggal.....

Mahasiswa,



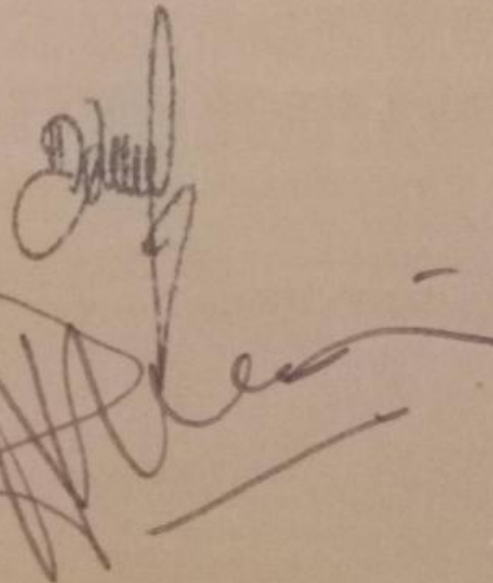
Syafitri

NIM 141000222201090

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal :

1. Penguji I : Deddy Kurniawan,S.T.,M.T

1.

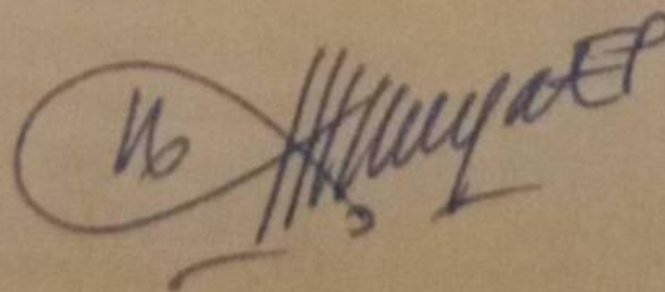


2. Penguji II : Ishak,S.T.,M.T

2.

Mengetahui,

Kaprodi Fakultas Teknik UMSB



Ir. Surya Eka Priana,MT.,IPP

NIDN. 10.1602.6603

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syafitri

NIM : 171000222201090

Judul Skripsi : Pengaruh Subtitusi Cangkang Kemiri Pada Sebagian Agregat Halus Untuk Beton K-250 Terhadap Kuat Tekan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 21 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



SYAFITRI

171000222201090

ABSTRAK

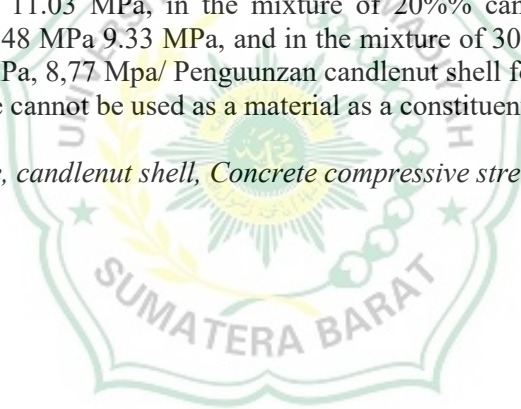
Beton adalah salah satu material yang paling banyak digunakan pada industri konstruksi. Bahan-bahan penyusun beton adalah bahan-bahan yang banyak terdapat di alam diantaranya pasir dan kerikil serta bahan penyusun semen. Cangkang kemiri merupakan salah satu bahan tambah ataupun pengganti pada agregat yang akhir-akhir ini mulai diteliti dampak penggunaannya terhadap campuran pada beton. Penggunaan cangkang kemiri ini dapat diperlakukan sebagai pengganti agregat kasar ataupun halus tergantung pada besar butiran cangkang kemiri yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh cangkang kemiri sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton K-250 dan untuk mengetahui kuat tekan beton optimum dengan mencampurkan cangkang kemiri sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan presentase 0%, 10%, 20%, dan 30% dari berat agregat halus. Metoda penelitian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan sampel beton dengan cara melakukan hasil uji tes laboraturim. Dari hasil percobaan beton yang telah dilakukan dan data yang telah didapatkan dengan mutu beton normal fc 20.75 Mpa dan beton dengan substitusi cangkang kemiri terhadap agregat kasar pada campuran 10%, 20%, dan 30%, terdapat beberapa kesimpulan yaitu terlihat umur beton 7,14,28 hari beton campuran 10%, 20%, dan 30% kuat tekannya mengalami penurunan kuat tekan beton normal disetiap variasi persentasenya. Hasil penelitian beton normal dan beton campuran cangkang kemiri pada beton normal 7,14,28 hari yaitu 10,74 MPa, 13,86 MPa, 14,42 MPa, pada campuran cangkang kemiri 10% 7,14,28 hari yaitu 7,35 MPa, 10,75 MPa, 11,03 MPa, pada campuran cangkang kemiri 20% 7,14,28 hari yaitu 6,19 MPa, 8,48 MPa, 9,33 MPa, dan pada campuran cangkang kemiri 30% yaitu 6,79 MPa, 7,36 MPa, 8,77 Mpa. Penggunaan cangkang kemiri terhadap substitusi sebagian agregat halus pada beton tidak bisa digunakan untuk material sebagai bahan penyusun beton.

Kata kunci: Beton, Cangkang kemiri, Kuat tekan Beton.

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used materials in the construction industry. Concrete building blocks are materials that are widely found in nature, including sand and gravel and cement constituents. Candlenut shell is one of the additives or substitutes for aggregate which has recently been used. began to investigate the impact of its use on the mixture in concrete. The use of candlenut shells can be treated as a substitute for coarse or fine aggregate depending on the size of the pecan shell grains used. and to determine the optimum compressive strength of concrete by mixing candlenut shells as a partial substitute for fine aggregate with a percentage of 0%, 10%, 20% and 30% of the weight of the fine aggregate. The research method is testing the compressive strength of concrete samples by conducting test results. lab oraturim From the results of the concrete experiments that have been carried out and the data that has been obtained with the normal quality of f_c 20.75 Mpa concrete and concrete with candlenut shell substitution for coarse aggregate in a mixture of 10%, 20%, and 30%, there are several conclusions, namely the age of concrete is 7, 14.28 days of mixed concrete of 10%, 20%, and 30% of the compressive strength experienced a decrease in the normal concrete compressive strength in every variation of the percentage. The results of the research of normal concrete and candlenut shell mixture on normal concrete 7,14,28 days are 10,74 MPa, 13,86 MPa. 14.42 MPa, in 10% candlenut shell mixture 7.14.28 days yaitu 7.35 MPa. 10.75 MPa. 11.03 MPa, in the mixture of 20%% candlenut shells 7.14.28 days, namely 6.19 MPa, 5.48 MPa 9.33 MPa, and in the mixture of 30%% candlenut shells, which is 6.79 MPa. 7,36 MPa, 8,77 Mpa/ Penguunzan candlenut shell for partial substitution of fine aggregate in concrete cannot be used as a material as a constituent of concrete

Keywords : Concrete, candlenut shell, Concrete compressive strength.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat penulis selesaikan dengan tepat waktu. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammdiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan do'a dari berbagai pihak, Laporan Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis tujuan kepada :

1. Orang tua, kakak dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, do'a dan kasih sayang,
2. Bapak **Masril, S.T, M.T** selaku dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat,
3. Bapak **Hariyadi, S.Kom., M.Kom** selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat,
4. Bapak **Deddy Kurniawan, S.T, M.T** selaku Ketua Prodi Teknik Sipil,
5. Bapak **Ishak, S.T, M.T** selaku Dosen Pembimbing Akademik,
6. Bapak **Ir. Surya Eka Priana, S.T, M.T., IPP** selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis,
7. Bapak **Febrimen Herista, S.T, M.T** selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis,
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
9. Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan yang telah memberikan bantuan dan memberi semangat kepada penulis.
10. Terima kasih kepada sahabat tercinta pialun,uum lebok,riska senot atas dukungan, semangat dan partisipasinya dalam membuat skripsi ini.

11. Semua pihak yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Khususnya mahasiswa teknik sipil.



Bukittinggi, 21 Juli 2021

Penulis

(SYAFITRI)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi-vii
DAFTAR ISI.....	viii-ix
DAFTAR TABEL.....	x-xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1-2
1.2.Rumusan Masalah.....	2
1.3.Batasan Masalah.....	2
1.4.Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.5.Sistematika Penulisan.....	3
1.5.1 Bab 1 Pendahuluan.....	3
1.5.2 Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	3
1.5.3 Bab 3 Metodologi penelitian.....	3
1.5.4 Bab 4 Hasil dan Pembahasan.....	3
1.5.5 Bab 5 Penutup.....	4
BAB II Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.Beton Normal.....	5-6
2.2.Bahan Pembentuk Beton.....	6
2.2.1 Semen portland.....	7-8
2.2.2 Sifat dan Karakteristik Semen Portland.....	8-10

2.2.3 Agregat Kasar dan Agregat Halus.....	11
2.2.4 Serapan Air dan Kadar Air Agregat.....	11-12
2.2.5 Berat Jenis dan Daya Serap Agregat.....	12-21
2.3 Kuat Tekan Beton	21-24
2.4 Slump.....	24
2.5 Standar Deviasi.....	24-25
2.6 Cangkang Kemiri.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1 Lokasi Penelitian.....	26
3.2 Data Penelitian.....	26
3.2.1 Jenis dan Sumber Data.....	26
3.2.2 Teknik Pengumpulan Data.....	27
3.3 Metode Anallis Data.....	27
3.3.1 Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton.....	27
3.3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton.....	30-36
4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton.....	37-38
4.3 Perhitungan Kuat Tekan Beton.....	40-41
4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton.....	42-48
BAB V PENUTUP.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas Gradasi Agregat Halus.....	13
Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat Kasar Menurut B.S.....	14
Tabel 2.3 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Bentuk Benda uji...	23
Tabel 2.4 Rasio Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur (PBI 1971)	24
Tabel 2.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen.....	25
Tabel 2.6 Nilai Standar Deviasi.....	26
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton.....	30
Tabel 4.2 Pemeriksaan Berat Agregat Halus.....	30
Tabel 4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar.....	30
Tabel 4.4 Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus.....	31
Tabel 4.5 Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar.....	32
Tabel 4.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.....	32
Tabel 4.7 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar.....	33
Tabel 4.8 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No.200.....	32
Tabel 4.9 Pemeriksaan Kadar Lumpur.....	34
Tabel 4.10 Analisa Saringan Agregat Halus.....	35
Tabel 4.11 Analisa Saringan Agregat Kasar.....	36
Tabel 4.12 Hasil perencanaan campuran beton (mix design)	37
Tabel 4.13 Komposisi Unsur Campuran Beton + Cangkang Kemiri terhadap agregat halus.....	38
Tabel 4.14 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Normal.....	39
Tabel 4.15 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Campuran Cangkang Kemiri 10%	
Tabel 4.16 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Campuran Cangkang Kemiri 20%	
Tabel 4.17 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Campuran Cangkang Kemiri 30%	
Tabel 4.18 : Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	41
Tabel 4.19 : Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 10%....	43
Tabel 4.20 : Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 20%...	45
Tabel 4.21 : Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 30%...	47
Tabel 5.1 Hasil Penelitian Beton Normal dan Beton Campuran Limbah Beton.	48

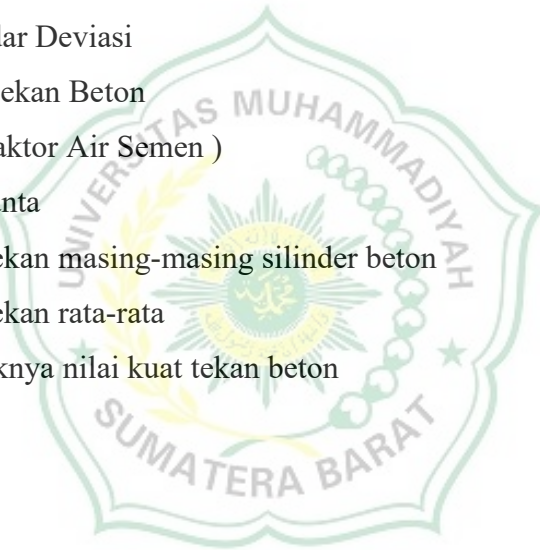
DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	43
Gambar 4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 10% .	44
Gambar 4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 20%.	46
Gambar 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 30%.	48



DAFTAR NOTASI

σ_b	= Kekuatan Tekan
P	= Beban
A	= Luas Penampang Benda Uji
Fu	= Faktor Umur
Fb	= Faktor Bentuk
σ'_{bm}	= Kuat Tekan Beton Rata – rata
N	= Jumlah Benda Uji
σ'_{bk}	= Kuat Tekan Beton Karakteristik
k	= Bilangan yang tergantung pada banyaknya Benda Uji
S	= Standar Deviasi
f'_c	= Kuat Tekan Beton
X	= fas (Faktor Air Semen)
A,B	= Konstanta
Fc	= Kuat tekan masing-masing silinder beton
Fcr	= Kuat tekan rata-rata
N	= Banyaknya nilai kuat tekan beton



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton adalah salah satu material yang paling banyak digunakan pada industri konstruksi. Bahan-bahan penyusun beton adalah bahan-bahan yang banyak terdapat di alam diantaranya pasir dan kerikil serta bahan penyusun semen. Oleh karena itu ketersediaan bahan-bahan alam tersebut semakin lama semakin menipis maka dikembangkan berbagai jenis, bahan lain penyusun beton salah satunya adalah cangkang kemiri.

Cangkang kemiri merupakan salah satu bahan tambah ataupun pengganti pada agregat yang akhir-akhir ini mulai diteliti dampak penggunaannya terhadap campuran pada beton. Penggunaan cangkang kemiri ini dapat diperlakukan sebagai pengganti agregat kasar ataupun halus tergantung pada besar butiran cangkang kemiri yang digunakan.

Sesuai dengan perkembangan teknologi, beberapa peneliti terus memperbaiki sifat beton antara lain menambah serat ke dalam adukan yang disebut beton serat, yaitu beton yang dibuat dari campuran semen dengan agregat halus dengan bahan tambahan serat. Jenis serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat kurang baik dari beton adalah baja, plastik, kaca, karbon, dan serat alamiah (cangkang kemiri).

Cangkang kemiri sangat banyak ditemui di Indonesia dan sudah merupakan suatu kekayaan alam, jelas bahan ini sangat berpeluang dan berpotensi untuk jadi sesuatu atau bahan yang lebih berharga dan memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi untuk jadi bahan bangunan dengan melakukan berbagai inovasi. Pemanfaatan cangkang kemiri merupakan suatu potensi baru yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan, cangkang kemiri selama ini hanya berputar pada hal-hal tradisional misalnya sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar dan obat nyamuk bakar, namun kenyataannya potensial cangkang kemiri dapat dimanfaatkan lebih besar lagi (Triwulan, 2007).

Tujuan dari penelitian ini adalah mencari kuat tekan beton ramah lingkungan. Pemanfaatan cangkang kemiri menjadi alternatif baru untuk memperoleh beton yang diperoleh dari limbah cangkang kemiri. Hasil limbah kemiri diharapkan dapat meningkatkan dan memperbaiki sifat mekanik dan sifat fisis beton yang jauh lebih baik dari beton yang tanpa bahan tambahan tetapi tidak mengurangi mutu.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka masalah yang dapat dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana nilai kuat tekan beton setelah mengalami penambahan dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% cangkang kemiri?
- b. Bagaimana berat beton setelah mengalami penambahan dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% cangkang kemiri?
- c. Apa pengaruh cangkang kemiri terhadap kuat tekan beton?

1.3.Batasan Masalah

Pada penelitian yang penulis lakukan ini, ada beberapa masalah yang dibatasi agar cakupannya tidak terlalu luas, batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menguji kuat tekan beton K-250 = f_c' 20,75 Mpa penambahan dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% cangkang kemiri terhadap berat agregat halus.
2. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15cm x 30cm.
3. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan dan karakteristik beton. Adapun karakteristik beton yang akan diamati adalah pola retak, letakan agregat, dan *workability* beton.

1.4.Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui pengaruh cangkang kemiri sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton.

- b. Untuk mengetahui kuat tekan beton optimum dengan mencampurkan cangkang kemiri sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan presentase 0%, 10%, 20%, dan 30% dari berat agregat halus.

Manfaat penelitian adalah :

- a. Memanfaatkan limbah cangkang kemiri sebagai pengganti sebagian agregat halus.
- b. Memberikan pengetahuan terhadap penggunaan cangkang kemiri sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam pembuatan beton.

1.5. Sistematika Penulisan

Bab I. Pendahuluan

Pada bab ini diuraikan argumentasi atau justifikasi perlunya masalah ini diteliti. Bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan skripsi.

Bab II. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka dapat diartikan sebagai penegasan atas batas-batas logis penelitian dan menjadi petunjuk bagi peneliti untuk memperhitungkan apa yang relevan dan apa yang tidak relevan untuk kemudian dikaji dalam penelitiannya, atau sampai batas mana penelitian akan dilakukan dan asumsi yang mendasari penelitian tersebut dilakukan.

Bab III. Metodologi Penelitian

Dalam bab ini penulis mengemukakan tentang metodologi penelitian yang dilakukan oleh penulis. Agar sistematis, bab metodologi penelitian meliputi lokasi penelitian, data penelitian, metode analisis data, bagan alir penelitian, dan pengujian hipotesis.

Bab IV. Hasil dan Pembahasan

Membahas tentang perhitungan, pembahasan hasil penelitian yang dilakukan, dan hasil pengujian hipotesis.

Bab V. Penutup

Bab penutup terdiri dari kesimpulan dan saran dari seluruh penelitian yang telah dilakukan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Normal

Menurut Ir. Tri Mulyono, MT, beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*zat additive*). Menurut SK SNI 03-2847-2002, defenisi beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Perencanaan mutu beton 250kg/m³ dibuat menggunakan agregat alam.

Dalam pengerjaan beton ada 3 sifat yang harus diperhatikan yaitu :

1. Kemudahan pengerjaan (*Workability*)
Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain :
 - a. Jumlah air pencampur
Semakin banyak air, semakin mudah dikerjakan.
 - b. Kandungan semen
Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya semakin tinggi.
 - c. Gradasi campuran pasir-kerikil
 - d. Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
 - e. Bentuk butiran agregat kasar
 - f. Agregat berbentuk bulat (guli) lebih mudah dikerjakan
 - g. Butir maksimum
 - h. Cara pemadatan dan alat pematat
2. Pemisahan kerikil (*Segregation*)

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, campuran kurus atau kurang semen. Kedua, terlalu banyak air. Ketiga, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm. Keempat, semakin besar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi segregasi.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah jika :

- Tinggi jatuh diperpendek
- Penggunaan air sesuai dengan syarat
- Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan
- Ukuran agregat sesuai dengan syarat
- Pemadatan baik

3. *Bleeding* (Pemisahan air)

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). *Bleeding* ini dipengaruhi oleh :

- Susunan butir agregat
Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya *bleeding* kecil.
- Banyaknya air
Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*
- Kecepatan hidrasi
Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*
- Proses pemadatan
Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.
Bleeding ini dapat dikurangi dengan cara :

- Memberi lebih banyak semen
- Menggunakan air sesedikit mungkin
- Memasukan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus

2.2 Bahan Pembentuk beton

2.2.1 Semen Portland

Menurut ASTM C-150, 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 atau standar uji bahan bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut.

Proses pembuatan semen Portland dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu :

- Penambangan di (*quarry*)
- Pemecahan di (*crushing plant*)
- Penggilingan (*blending*)
- Pencampuran bahan – bahan
- Pembakaran (*ciln*)
- Penggilingan kembali hasil pembakaran
- Penambahan bahan tambah (*gypsum*)
- Pengikatan (*packing plant*)

Proses pembuatan semen Portland dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

a. Proses basah

Pada proses basah, sebelum dibakar bahan dicampur dengan air (*slurry*) dan digiling hingga berupa bubur halus. Proses basah umumnya dilakukan jika yang diolah merupakan bahan-bahan lunak seperti kapur dan lempung.

Bubur halus yang dihasilkan selanjutnya dimasukkan dalam sebuah pengering (*oven*) berbentuk silinder yang dipasang miring (*ciln*). Suhu *ciln* ini sedikit dinaikkan dan diputar dengan kecepatan tertentu. Bahan akan

mengalami perubahan sedikit demi sedikit akibat naiknya suhu dan akibat terjadinya *sliding* didalam *ciln*. Pada suhu 100° C air mulai menguap dan pada suhu 850° C karbondioksida dilepaskan. Pada suhu 1400° C, berlangsung permulaan perpaduan didaerah pembakaran, dimana akan terbentuk klinker yang terdiri dari senyawa kalsium silikat dan kalsium aluminat. Klinker tersebut selanjutnya didinginkan, kemudian dihaluskan menjadi butir halus dan ditambah dengan bahan *gypsum* sekitar 1%-5%.

b. Proses kering

Proses kering biasanya digunakan untuk jenis batuan yang lebih keras misalnya untuk batu kapur jenis *shale*. Pada proses ini bahan dicampur dan digiling dalam keadaan kering menjadi bubuk kasar. Selanjutnya bahan tersebut dimasukkan kedalam *ciln* dan proses selanjutnya sama dengan proses basah.

2.2.2 Sifat dan Karakteristik Semen Portland

a. Sifat dan Karakteristik Fisika Semen Portland

Sifat-sifat fisika semen Portland meliputi :

1. Kehalusan Butir (*Fineness*)

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu (*setting time*) menjadi lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi bleeding atau naiknya air kepermukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut ASTM Butir semen yang lewat ayakan harus lebih dari 78 %.

2. Kepadatan (*Density*)

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3.15 Mg/m³. pada kenyataannya berat jenis semen yang diproduksi berkisar 3.05 Mg/m³ sampai 3.25 Mg/m³. Pengujian berat jenis dilakukan dengan menggunakan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C-188.

3. Konsistensi

Konsistensi semen Portland lebih banyak pengaruhnya pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi sangat bergantung pada kehalusan semen dan kecepatan hidrasi.

4. Waktu Pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Waktu ikat awal (*initial setting time*) yaitu waktu pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan,
2. Waktu ikat akhir (*final setting time*) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pada semen Portland *initial setting time* berkisar antara 1-2 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1 jam, sedangkan *final setting time* tidak boleh lebih dari 8 jam.

5. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Dalam pelaksanaannya perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Oleh karena itu perlu perawatan pada saat pelaksanaan.

b. Sifat dan karakteristik semen Portland

1) Senyawa kimia

Secara garis besar, ada 4 senyawa kimia utama yang menyusun semen Portland, yaitu :

- a. Trikalsium Silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C3S
- b. Dikalsium Silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) yang disingkat menjadi C2S
- c. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C3A
- d. Tetrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C4AF

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

Tipe II, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen tipe II memiliki kadar C3A tidak lebih dari 8% dan digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertanam didalam tanah yang mengandung air agresif (Garam-garam dan Sulfat) dan saluran air buangan.

Tipe III, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen tipe ini memiliki kadar C3A serta C3S yang tinggi dan butirannya digiling sangat halus, sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen jenis ini dipergunakan pada daerah yang memiliki temperature rendah terutama pada daerah yang memiliki musim dingin.

Tipe IV, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah . Semen jenis ini memiliki panas hidrasi yang rendah, kadar C3S-nya dibatasi maksimum sekitar 35% dan kadar C3A-nya maksimum 5% digunakan untuk pekerjaan bending (bendungan), pondasi berukuran besar dan pekerjaan besar lainnya.

Tipe V, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Semen tipe ini digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam prosentase yang tinggi.

2) Sifat Kimia

Sifat kimia semen meliputi :

- Kesegaran semen
- Sisa yang tak larut
- Panas hidrasi semen

- Kekuatan pasta semen dan faktor air semen

2.2.3 Agregat Kasar dan Agregat Halus

Kandungan agregat dalam campuran beton berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka agregat menjadi sangat penting.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam dan agregat buatan. Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukuran, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Menurut standart ASTM agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4.75 mm sedangkan agregat halus adalah agregat yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4.75 mm.

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Adapun sifat-sifat agregat dalam campuran beton yaitu :

- Serapan air dan kadar air agregat
- Berat jenis agregat
- Gradasi agregat
- Modulus halus butir
- Ketahanan kimia
- Kekekalan
- Perubahan volume
- Kotoran organik

2.2.4 Serapan Air dan Kadar Air Agregat

1. Serapan Air

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering atau kondisi SSD (*Standarded Surface Dry*), dimana kondisi ini merupakan:

- a. Keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi air dari pasta.

- b. Kadar air di lapangan lebih banyak mendekati kondisi SSD dari pada kondisi kering tungku.

2. Kadar Air

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat, Kadar Air agregat dapat dibedakan menjadi 4 jenis.

- Kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair
- Kadar air kering udara, yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.
- Jenuh kering permukaan, yaitu keadaan dimana tidak ada air dipermukaan agregat, tetapi agregat tersebut masih mampu menyerap air. Pada kondisi ini, air didalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton.
- Kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

2.2.5 Berat Jenis dan Daya Serap Agregat

Berat jenis agregat adalah rasio antara masa padat agregat dan masa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Berat jenis agregat dibedakan menjadi 2 istilah, yaitu :

- a. Berat Jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori
- b. Berat Jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya.

Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap agregat tersebut.

- a. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan menjadi

volume pori yang kecil. Hal ini karna butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatannya (kepadatannya) tinggi.

Menurut SK.SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam 4 zone (daerah) seperti pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	09 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1.2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0.15	0 – 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Tri Muliono, MT (2018)

Keterangan :

- Daerah I = Pasir Kasar
- Daerah II = Pasir agak Kasar
- Daerah III = Pasir agak Halus
- Daerah IV = Pasir Halus

Menurut British Standar (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik, sebaiknya masuk dalam batas-batas yang tercantum dalam tabel 2.2

Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat Kasar Menurut B.S

Lubang Ayakan mm	Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maks		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12.5	-	-	90-100
10	Okt-35	25-35	40-85
5.8	0-5	0-10	0-10

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Tri Muliono, MT (2018)

Gradasi yang baik kadang sulit didapatkan langsung dari suatu tempat. Dalam praktek biasanya dilakukan pencampuran agar didapat gradasi yang baik antara agregat kasar dan agregat halus.

b. Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran agregat. Modulus halus butir ini didefinisikan sebagai jumlah persen (%) komulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu set ayakan dan kemudian dibagi 100 (seratus). Susuan lubang ayakan itu adalah sebagai berikut : 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.60 mm, 0.30 mm dan 0.15 mm. Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir memiliki modulus halus butir antara 1.5 sampai 3.8 sedangkan untuk kerikil dan batu pecah biasanya 5 sampai 8.

c. Ketahanan Kimia

Pada umumnya beton tidak tahan terhadap serangan kimia. Adapun bahan kimia yang biasanya menyerang beton yaitu serangan alkali dan serangan sulfat.

Bahan-bahan kimia pada dasarnya bereaksi dengan komponen-komponen tertentu dari pasta semen yang telah mengeras sebagian besar

tergantung pada jenis semen yang digunakan, seperti yang diuraikan dibagian semen Portland. Ketahanan terhadap serangan kimia bertambah dengan bertambahnya kedepan terhadap air.

d. Kekekalan

Sifat ketahanan agregat terhadap perubahan cuaca disebut ketahanan cuaca atau kekekalan. Sifat ini merupakan petunjuk kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebihan yang diakibatkan perubahan-perubahan pada kondisi lingkungan, misalnya pembekuan dan pencairan, perubahan suhu, musim kering dan musim hujan yang berganti-ganti.

Syarat mutu untuk agregat normal adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus jika diuji dengan larutan garam sulfat (Natrium Sulfat, NaSO_4), bagiannya yang hancur maksimum 10% dan jika diuji dengan Magnesium Sulfat (MgSO_4) bagiannya yang hancur maksimum 15%.
2. Agregat halus jika diuji dengan larutan garam sulfat (Natrium Sulfat, NaSO_4), bagiannya yang hancur maksimum 12% dan jika diuji dengan Magnesium Sulfat (MgSO_4) bagiannya yang hancur maksimum 18%.

e. Perubahan Volume

Faktor utama yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan dalam volume adalah kombinasi reaksi kimia antar semen dengan air seiring dengan mengeringnya beton. Jika agregat mengandung senyawa kimia yang dapat mengganggu proses hidrasi pada semen, maka beton yang berbentuk akan mengalami keretakan. ASTM C.330, memberikan ketentuan bahwa susut kering untuk agregat tidak boleh melebihi 0.10%.

f. Kotoran Organik

Bahan-bahan organik yang biasa dijumpai terdiri dari daun-daunan yang membusuk, humus dan asam. Apabila agregat terlalu banyak mengandung bahan-bahan organik maka proses hidrasi akan terganggu sehingga dapat menyebabkan penurunan mutu pada beton yang dihasilkan. Agregat dapat dibedakan menjadi beberapa jenis :

a. Jenis agregat berdasarkan berat

Ada 3 jenis agregat berdasarkan beratnya, yaitu :

1. Agregat normal yaitu agregat yang memiliki berat isi tidak kurang dari 1200 kg/m^3 .
2. Agregat ringan yaitu agregat yang memiliki berat isi $350\text{-}880 \text{ kg/m}^3$ untuk agregat kasarnya dan $750\text{-}1200 \text{ kg/m}^3$ pada agregat halusya. Campuran dari kedua agregat tersebut memiliki berat isi maksimum 1400 kg/m^3 .
3. Agregat berat adalah agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari 2800 kg/m^3

b. Jenis Agregat Berdasarkan Bentuk

Test standar yang dapat digunakan dalam menentukan bentuk agregat ini adalah ASTM D-3398. klasifikasi agregat berdasarkan bentuknya adalah sebagai berikut :

- Agregat bulat
- Agregat bulat sebagian dan tidak teratur
- Agregat bersudut
- Agregat panjang
- Agregat pipih
- Agregat pipih dan panjang

c. Jenis agregat berdasarkan tekstur permukaan

Jenis agregat berdasarkan tekstur permukaan dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Agregat licin/halus (*glassy*)

Agregat jenis ini lebih sedikit membutuhkan air dibandingkan dengan agregat permukaan kasar. Dari hasil penelitian kekasaran agregat akan menambah kekuatan gesekan antara pasta semen dengan permukaan butir. Sehingga beton yang menggunakan agregat licin cenderung mutunya rendah.

2. Berbutir (*granular*)

Pecahan agregat jenis ini berbentuk bulat dan seragam.

3. Kasar

Pecahannya kasar dapat terdiri dari batuan berbutir halus atau kasar yang mengandung bahan-bahan berkristal yang tidak dapat dengan terlihat jelas melalui pemeriksaan visual.

4. Kristalin (*crystalline*)

Agregat jenis ini mengandung Kristal-kristal yang Nampak dengan jelas melalui pemeriksaan visual.

5. Berbentuk sarang lebah (*honeycombs*)

Tampak dengan jelas pori-porinya dan rongga-rongganya. Melalui pemeriksaan visual, kita dapat melihat lubang-lubang pada batumannya.

d. Jenis agregat berdasarkan ukuran butir nominal

Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi 2 golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976)

2. Agregat kasar adalah agregat yang semua butirnya tertinggal ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976)

e. Jenis agregat berdasarkan gradasi

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini bervariasi dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. Gradasi sela (*gap gradation*)

Jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada 1 set ayakan tidak ada, maka gradasi ini menunjukkan garis horizontal dalam grafiknya.

Keistimewaan dari gradasi ini antara lain :

a. Pada nilai Faktor Air Semen tertentu, kemudahan pengerjaan akan lebih tinggi bila kandungan pasir lebih sedikit.

b. Gradasi ini tidak berpengaruh buruk terhadap kekuatan beton.

2. Gradasi menerus

Didefinisikan jika agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik. Agregat ini lebih sering dipakai dalam campuran beton untuk mendapatkan angka pori yang kecil dan kemampuan tinggi sehingga terjadi interlocking dengan baik, campuran beton membutuhkan variasi ukuran agregat.

3. Gradasi Seragam

Agregat yang memiliki ukuran yang sama didefinisikan sebagai agregat seragam. Agregat ini terdiri dari batas yang sempit dari ukuran fraksi, dalam diagram terlihat garis yang hampir tegak/vertikal. Agregat dengan gradasi ini biasanya dipakai untuk beton ringan yaitu jenis beton tanpa pasir, atau untuk mengisi agregat gradasi sela, atau untuk campuran agregat yang kurang baik atau tidak memenuhi syarat.

1. Agregat Halus

Agregat halus (pasir alam) yang digunakan sebagai bahan didalam perencanaan campuran beton adalah merupakan butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butir terletak antara 0.075-4.75 mm.

Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

a. Pasir galian

Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam.

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat akibat proses gesekan.

c. Pasir pantai

Pasir pantai berasal dari sungai yang mengendap di muara sungai (dipantai) atau hasil gerusan air didasar laut yang terbawa air laut dan mengendap dipantai. Pasir pantai biasanya berbutir halus dan banyak mengandung garam. Sehingga pasir laut diteliti terlebih dahulu sebelum dipakai.

Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71), bahwa agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- a) Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan alat-alat pemecah batu.
- b) Agregat halus yang digunakan harus terdiri dari butir-butiran yang tajam, keras serta bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- d) Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abram-Harder (dengan larutan NaOH)
- e) Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat.
 - Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat.

- Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal pada ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976). Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71) bahwa agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
- Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir yang pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir yang pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20T, dengan harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5-19 mm lebih dari 24% berat.

- Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22%.
Atau dengan mesin pengaus Los Angeles, dengan tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
- a. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Sisa diatas ayakan 31.5 mm harus 0% berat.
 - Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90-98% berat.
 - Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas 2 ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- b. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cekatan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa – senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan mengurangi mutu beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi perbandingan air dengan semen atau biasa disebut Faktor Air Semen. Penggunaan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

Air yang diperlukan pada campuran beton dipengaruhi oleh faktor-faktor dibawah ini :

- a. Ukuran agregat maksimum semakin besar maka kebutuhan air menurun.
- b. Bentuk butir, untuk bentuk bulat maka kebutuhan air menurun sedangkan untuk batu pecah diperlukan lebih banyak air.
- c. Gradasi agregat, dimana bila gradasi baik kebutuhan air akan menurun untuk kelecakan yang sama.
- d. Kotoran dalam agregat, makin banyak kotoran pada agregat maka kebutuhan air meningkat.
- e. Jumlah agregat halus, jika agregat halus sedikit maka kebutuhan air semakin menurun.

Menurut SNI-03-2847-2002 bahwa air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. 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 beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

2.3 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekanan per satuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Pengujian kuat tekan biasanya digunakan pada benda uji silinder dan kubus.

Untuk pengujian laboratorium perlu diketahui bentuk benda uji yang akan dibuat. Setiap bentuk benda akan memiliki faktor bentuk yang berbeda-beda. Faktor bentuk benda uji dapat dilihat pada tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai bentuk Benda uji

Benda Uji	Perbandingan Kuat Tekan
Kubus 15x15x15 cm	1.00
Kubus 20x20x20 cm	0.95
Silinder Ø 15 cm, h = 30 cm	0.83

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71)

Rumus-rumus yang digunakan pada perhitungan kuat tekan beton :

$$\sigma_b = \frac{P}{A.F_u.F_b} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

- σ_b = Kekuatan Tekan
- P = Beban
- A = Luas Penampang Benda Uji
- F_u = Faktor Umur
- F_b = Faktor Bentuk

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_1^N \sigma_b}{A.F_u.F_b} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana :

- σ'_{bm} = Kuat Tekan Beton Rata – rata
- N = Jumlah Benda Uji

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - k.S \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

- σ'_{bk} = Kuat Tekan Beton Karakteristik
- k = Bilangan yang tergantung pada banyaknya Benda Uji
- S = Standar Deviasi

Faktor – faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu :

1. Umur Beton

Kuat tekan beton akan semakin bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksudkan disini adalah sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-kelamaan laju kenaikan tersebut semakin lambat. Sehingga sebagai standar kuat tekan beton ialah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Tabel 2.4 Rasio Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur (PBI 1971)

Umur beton (Hari)	3	7	14	21	28	365
Semen Portland Biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1	1.35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1	1.20

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, ME

2. Faktor Air Semen

Faktor air semen ialah perbandingan berat antara air dan semen Portland didalam campuran adukan beton. Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut :

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5X}} \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana :

- f'c = Kuat Tekan Beton
- X = fas (Faktor Air Semen)
- A,B = Konstanta

Tabel 2.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen (ACI 211.1)

Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Faktor Air Semen	
	Beton Biasa	Beton Air-entertain
45	0.38	0.3
40	0.42	0.34

35	0.47	0.39
30	0.54	0.45

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT

a. **Kepadatan**

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang

b. **Jumlah Pasta Semen**

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Sehingga jika pasta semen terlalu sedikit maka rekatan antar butir kurang kuat yang menyebabkan kuat tekan beton berkurang.

c. **Jenis Semen**

Jenis semen sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Seperti pada pembahasan sebelumnya, bahwa semen Portland memiliki sifat tertentu. Misalnya cepat mengeras dan sebagainya yang sangat mempengaruhi kuat tekan beton.

d. **Sifat Agregat**

Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton :

1. Kekasaran Permukaan.

1. Bentuk Agregat

2. Kuat Tekan Agregat

2.4 Slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan dipadatkan atau dapat memenuhi syarat *workability*. Cara uji Slump ialah salah satu cara untuk mengukur kelecakan beton segar, yang dipakai pula untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya. Dimana semakin besar nilai slump berarti beton segar makin encer dan ini makin mudah dikerjakan.

2.5 Standar Deviasi

Standar deviasi adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan pembetonan. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masukan pada perencanaan campuran beton.

Rumus standar deviasi :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(f_c - f_{cr})^2}{N-1}} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana :

- S = Deviasi Standar
- F_c = Kuat tekan masing-masing silinder beton
- F_{cr} = Kuat tekan rata-rata
- N = Banyaknya nilai kuat tekan beton

Tabel 2.6 Nilai Standar Deviasi

Volume Pekerjaan	Mutu Pelaksanaan (MPa)		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000m ³)	4.5 < s.d ≤ 5.5	5.5 < s.d ≤ 6.5	6.5 < s.d ≤ 8.5
Sedang (1000 – 3000 m ³)	3.5 < s.d ≤ 4.5	4.5 < s.d ≤ 5.5	5.5 < s.d ≤ 6.5
Besar (>3000 m ³)	2.5 < s.d ≤ 3.5	3.5 < s.d ≤ 4.5	4.5 < s.d ≤ 5.5

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo, ME

2.6 Cangkang Kemiri

2.6.1 Komponen Kimia Dalam Kemiri

Kemiri (*Aleurites moluccana*) adalah tumbuhan yang bijinya dimanfaatkan sebagai sumber minyak dan rempah-rempah. Tumbuhan ini masih sekerabat dengan singkong dan termasuk dalam suku *Euphorbiaceae*. Dalam perdagangan antar negara dikenal sebagai *candleberry*, *Indian walnut*, serta *candlenut*, sekarang sudah tersebar luas di daerah-daerah tropis.

Kemiri mengandung unsur kimia seperti *gliserida*, asam *linoleat*, *palmitat*, *stearat*, *miristat*, asam minyak, protein, vitamin B1, dan zat lemak. Disamping itu diketahui kemiri juga kaya serat, vitamin E, dan mineral seperti *magnesium* dan tembaga.

Kemiri mengandung zat gizi dan nongizi. Zat nongizi dalam kemiri misalnya *saponin*, *falvonoida*, dan *polifenol*. Mineral yang dominan dalam kemiri adalah *kalium*, *fosfor*, *magnesium*, dan kalsium. Juga terkandung zat besi, seng, tembaga, dan *selenium* dalam jumlah sedikit.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboraturium Fakultas Teknik UMSB Jalan Paninjauan, Talao, Campago Guguk Bulek, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat 26129.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

Sumber : Google Maps (22-06-2021)

3.2 Data Penelitian

3.2.1 Jenis dan Sumber Data

a. Data Primer

Data primer adalah data yang didapat melalui pengamatan langsung di lapangan. Penulis dapatkan dari hasil uji tes laboratorium yang dilakukan di Laboraturium Fakultas Teknik UMSB.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait. Penulis mencari dan mengumpulkan referensi dari beberapa jurnal yang terkait dengan judul penelitian serta dokumen-dokumen yang berhubungan dengan pengaruh penambahan cangkang kemiri terhadap kuat tekan beton.

3.2.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengujian laboratorium adalah salah satu metode yang dilakukan dalam penelitian ini, dimana pengujian laboratorium ini berfungsi agar penulis dapat mengetahui hasil pengujian yang dilakukan, serta memperoleh data-data dari pengujian tersebut. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar yang ada, sesuai dengan peraturan dan ketentuan - ketentuan yang berlaku.

Dari pengujian benda uji tersebut penulis akan mendapatkan hasil penelitian tentang pengaruh kuat tekan beton menggunakan campuran cangkang kemiri sesuai persentase yang telah ditentukan sebelumnya.

3.3 Metode Analisis Data

3.3.1 Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Langkah - langkah pengujiannya adalah :

1. Kubus beton diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap hingga kering permukaan
2. Menimbang dan mencatat berat sampel beton , kemudian diamati apakah terdapat cacat pada beton sebagai bahan laporan
3. Pengujian Kuat Tekan dengan menggunakan mesin uji tekan beton
4. Meletakkan sampel beton ke dalam alat penguji, lalu menghidupkan mesin dan secara perlahan alat menekan sampel beton
5. Mencatat hasil kuat tekan beton untuk tiap sampelnya.

3.3.2 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

a. Cetakan Beton

Cetakan beton terbuat dari plat baja yang berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm dan kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm.

b. Kerucut Abrams

Alat yang digunakan untuk menguji nilai *slump* terhadap beton segar. Kerucut abrams memiliki ukuran diameter bawah 20 cm dan diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm.

c. Timbangan Digital

Untuk menimbang bahan-bahan penelitian beton.

d. Mesin Pencampur Bahan (*concrete mixer*)

Untuk pembuatan campuran atau adukan beton.

e. Piknometer

Untuk memeriksa berat jenis dan penyerapan agregat halus.

f. Saringan

Untuk pengujian gradasi agregat.

g. Oven/Kompor Gas

Untuk memeriksa kadar air, berat jenis, dan penyerapan agregat.

h. Alat Penguji Kuat Tekan Beton

Alat ini digunakan untuk mengukur kuat tekan beton.

i. Gelas Ukur

Berfungsi untuk mengukur volume air dan pemeriksaan kadar lumpur.

j. Bak Perendam

Untuk perawatan beton.

2. Bahan Penelitian

a. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PCC tipe I.

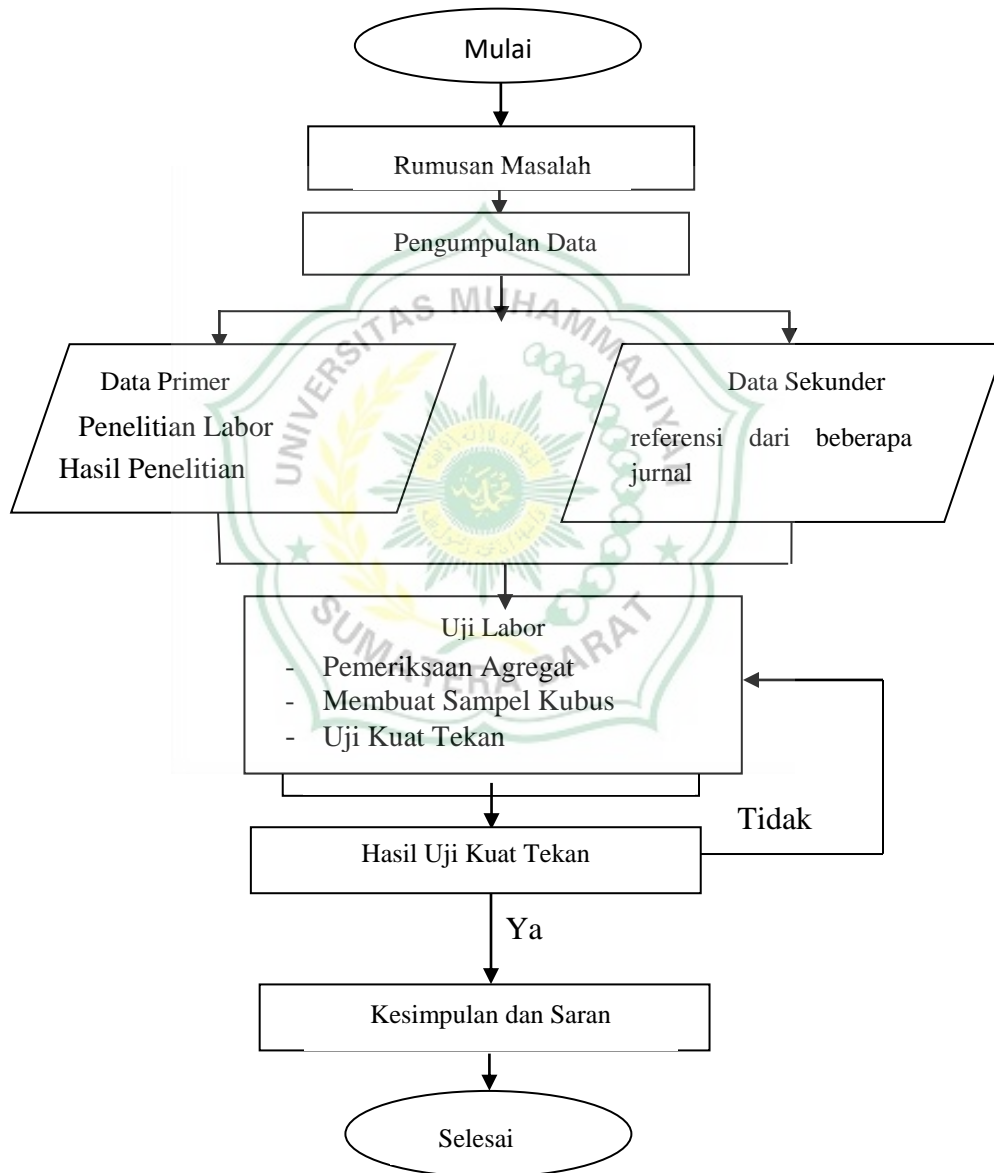
b. Agregat kasar yang digunakan ialah Split dari Kayu Tanam.

c. Agregat halus yang digunakan adalah pasir dari Palembang.

- d. Untuk perendaman digunakan air bersih dari Laboraturium Beton Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- e. Limbah Cangkang Kemiri.

3.4 Bagan Alir penelitian

Adapun kerangka metode penelitian ini adalah sebagai berikut :



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton

1. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Tabel 4.1 Berat jenis semen

No.	Uraian Pengujian	Piknometer 1	Piknometer 2	Satuan
1	Berat semen	64,00	-	gr
2	Volume I zat cair	23,35	-	ml
3	Volume II zat cair	21,35	-	ml
4	Berat isi air pada suhu 4° C	1,00	-	gr/cm ³
5	Berat jenis semen = (1) / [(3) - (2)] x (4)	32	-	gr/cm ³
6	Berat jenis semen rata-rata	32		gr/cm ³

Sumber: Hasil penelitian berat jenis semen

2. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 4.2 Pemeriksaan Berat Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Padat	Gembur	Padat	Gembur	
1	Volume wadah	10,222	10,222	10,222	10,222	Liter
2	Berat wadah	2,213	2,213	2,213	2,213	kg
3	Berat wadah + Benda uji	14,118	12,859	13,549	12,976	kg
4	Berat benda uji = (3) - (2)	11,905	10,646	11,336	10,763	kg
5	Berat volume agregat = (4) / (1)	1,165	1,041	1,109	1,053	kg/lt
6	Berat volume rata-rata kondisi padat			1,137		kg/lt
7	Berat volume rata-rata kondisi gembur			1,047		kg/lt

Sumber: Hasil Penelitian Beton

b. Agregat Kasar

Tabel 4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan	
		Padat	Gembur	Padat	Gembur		
1	Volume wadah	9,947	9,947	9,947	9,947	Liter	
2	Berat wadah	2,214	2,214	2,214	2,214	kg	
3	Berat wadah + Benda uji	15,754	16,025	15,748	15,087	kg	
4	Berat benda uji = (3) - (2)	13,540	13,811	13,534	12,873	kg	
5	Berat volume agregat = (4) / (1)	1,361	1,388	1,361	1,294	kg/Lt	
6	Berat volume rata-rata kondisi padat					1,361	kg/Lt
7	Berat volume rata-rata kondisi gembur					1,341	kg/Lt

Sumber: Hasil Penelitian Beton

Hasil analisa agregat kasar, berdasarkan tabel 4.3, berat volume rata-rata:

Kondisi padat $= \frac{D}{A} = 1,361 \text{ Kg/Lt}$

Kondisi Gembur $= \frac{D}{A} = 1,341 \text{ Kg/Lt}$

3. Pemeriksaan Specific Gravity Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 4.4 Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat piknometer	190,0	192,0	gr
2	Berat contoh dalam kondisi SSD	500,0	500,0	gr
3	Berat piknometer + contoh SSD + air	961,0	916,0	gr
4	Berat piknometer + air	688,0	689,0	gr
5	Berat contoh kering	416,0	412,0	gr
6	$Apparent\ specific\ gravity = (5) / [(5) + (4) - (3)]$	2,909	2,227	gr
7	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering = (5) / [(2) + (4) - (3)]$	1,833	1,509	gr
8	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD = (2) / [(2) + (4) - (3)]$	2,203	1,832	gr
9	Prosentase penyerapan (<i>absorption</i>) = $\{ [(2) - (5)] / (2) \} \times 100$	16,80	17,60	%
10	<i>Apparent specific gravity</i> rata-rata		2,568	gr
11	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi kering rata-rata		1,671	gr
12	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi SSD rata-rata		2,018	gr
13	Prosentase penyerapan (<i>absorption</i>) rata-rata		17,20	%

Sumber: Hasil Penelitian Beton

b. Agregat Kasar

Tabel 4.5 Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
1	Berat contoh dalam kondisi SSD	9.018,0	9.146,0	gr
2	Berat contoh SSD dalam air	4.787,0	5.061,0	gr
3	Berat contoh kering di udara	8.745,0	8.920,0	gr
4	$Apparent\ specific\ gravity = (3) / [(3) - (2)]$	2,209	2,311	gr
5	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ kering = (3) / [(1) - (2)]$	2,067	2,184	gr
6	$Bulk\ specific\ gravity\ kondisi\ SSD = (1) / [(1) - (2)]$	2,131	2,239	gr
7	Prosentase penyerapan (<i>absorption</i>) = $\{ [(1) - (3)] / (1) \} \times 100$	3,03	2,47	%
8	<i>Apparent specific gravity</i> rata-rata		2,260	gr

9	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi kering rata-rata	2,126	gr
10	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi SSD rata-rata	2,185	gr
11	Prosentase penyerapan (absorption) rata-rata	2,75	%

Sumber: Hasil Penelitian Beton

4. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

a. Agregat Halus

Tabel 4.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat wadah	742,0	567,0	gr
(2)	Berat wadah + benda uji	1.288,0	1.298,0	gr
(3)	Berat benda uji = (2) - (1)	546,0	731,0	gr
(4)	Berat benda uji kering	478,0	643,0	gr
(5)	Kadar air = $\{ [(3) - (4)] / (4) \} \times 100$	14,23	13,69	%
(6)	Kadar air rata-rata		13,96	%

Sumber: Hasil Penelitian Beton

b. Agregat Kasar

Tabel 4.7 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat wadah	1.441,0	414,0	gr
(2)	Berat wadah + benda uji	7.893,0	6.358,0	gr
(3)	Berat benda uji = (2) - (1)	6.452,0	5.530,0	gr
(4)	Berat benda uji kering	6.318,0	5.424,0	gr
(5)	Kadar air = $\{ [(3) - (4)] / (4) \} \times 100$	2,12	1,95	%
(6)	Kadar air rata-rata		2,04	%

Sumber: Hasil Penelitian Beton

5. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200

Tabel 4.8 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No.200

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat wadah	135,0	135,0	gr
(2)	Berat wadah + benda uji	635,0	635,0	gr
(3)	Berat benda uji = (2) - (1)	500,0	500,0	gr
(4)	Berat benda uji tertahan dalam saringan	495,0	490,0	gr
(5)	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 = $\{ [(3) - (4)] / (3) \} \times 100$	1,000	2,00	%
(6)	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 rata-rata		1,50	%

Sumber: Hasil Penelitian Beton

6. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tabel 4.9 Pemeriksaan Kadar Lumpur

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Tinggi pasir	410,0	456,0	gr
(2)	Tinggi lumpur	10,0	7,0	gr
(3)	Kadar lumpur = $(2) / [(1) + (2)]$	2,38	1,51	%
(4)	Kadar lumpur rata-rata		1,95	%

Sumber: Hasil Penelitian Beton

Hasil dari pengujian kadar lumpur agregat halus sebesar 1,95%. Karena kurang dari 5% agregat halus untuk beton layak digunakan.

Tinggi Pasir (V1) = 125 ml

Tinggi Lumpur (V2) = 2 ml

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\ &= \frac{2}{1250 + 2} \times 100\% \end{aligned}$$

7. Analisa Saringan Agregat

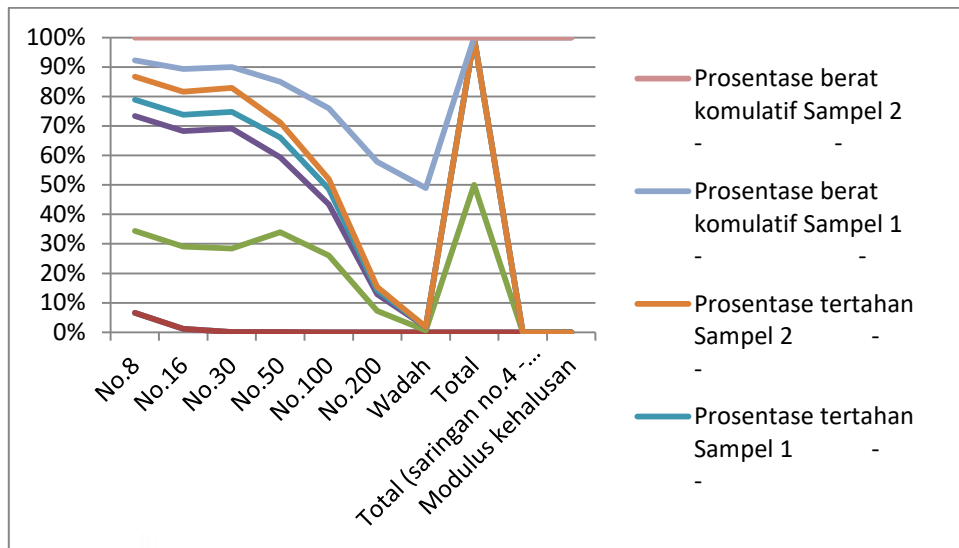
a. Agregat Halus

Tabel 4.10 Analisa Saringan Agregat Halus

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Prosentase tertahan		Prosentase berat kumulatif	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	9,50	3/8	-	-	-	-	-	-
No.4	4,76	-	-	-	-	-	-	-
No.8	2,38	-	10,0	14,0	2,00	2,80	2,00	2,80
No.16	1,19	-	27,0	38,0	5,40	7,60	7,40	10,40
No.30	0,59	-	153,0	220,0	30,60	44,00	38,00	54,40
No.50	0,27	-	185,0	138,0	37,00	27,60	75,00	82,00
No.100	0,14	-	104,0	69,0	20,80	13,80	95,80	95,80
No.200	0,07	-	17,0	13,0	3,40	2,60	99,20	98,40
Wadah			4,0	8,0	Total (saringan no.4 - no.200)		317,40	343,80
Total			500,0	500,0				
Total (saringan no.4 - no.200) rata-rata							330,6	
Modulus kehalusan							3,31	

Sumber: Hasil Penelitian Beton

Grafik hasil pengujian analisa saringan agregat halus sebagai berikut :



Grafik 4.1 Pengujian analisa saringan agregat halus

Sumber : Hasil Penelitian

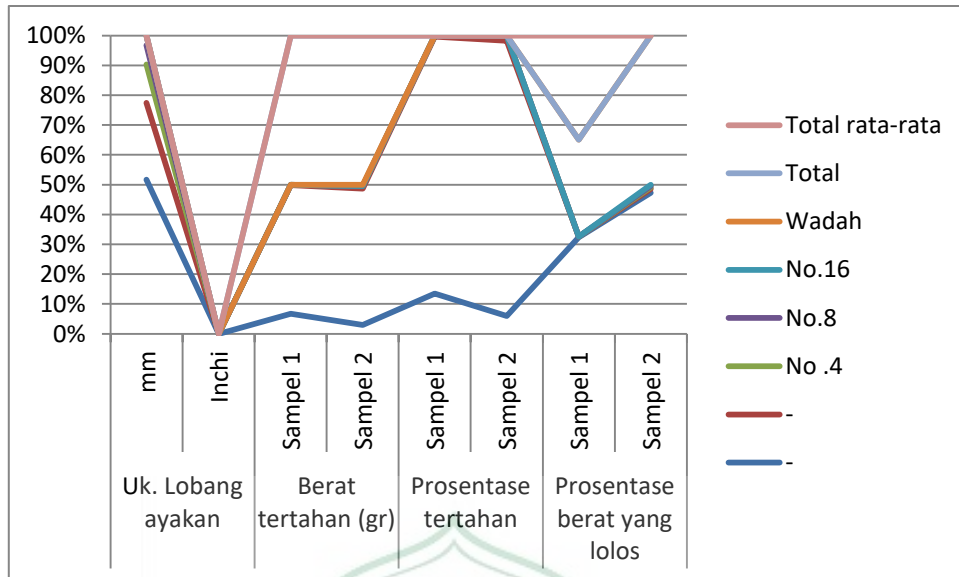
b. Agregat Kasar

Tabel 4.11 Analisa Saringan Agregat Kasar

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Prosentase tertahan		Prosentase berat yang lolos	
	mm	Inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	19,10	$\frac{3}{4}$	338,0	147,0	13,52	5,88	86,48	94,12
-	9,50	$\frac{3}{8}$	2.152,0	2.287,0	86,08	91,48	0,40	2,64
No .4	4,76	-	10,0	43,0	0,40	1,72	0,00	0,92
No.8	2,38	-	-	-	-	-	0,00	0,92
No.16	1,19	-	-	-	-	-	0,00	0,92
Wadah			-	23,0	Total		86,88	99,52
Total			2.500,0	2.500,0				
Total rata-rata							93,20	

Sumber: Hasil Penelitian Beton

Grafik hasil pengujian analisa saringan agregat kasar sebagai berikut :



Grafik 4.2 Pengujian analisa saringan agregat kasar
Sumber : Hasil Penelitian

8. Pemeriksaan Zat Organic Pada Agregat Halus

Berdasarkan pengamatan terhadap benda uji yang di rendam menggunakan NaoH yang di biarkan selama 24 jam maka terjadi perubahan warna pada air. Penelitian ini menunjukkan bahwa pasir tersebut banyak mengandung lumpur. Saya menarik kesimpulan sebelum pasir di gunakan langkah baiknya di cuci terlebih dahulu agar mengurangi kadar lumpur yang terkandung dalam pasir.

4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton

Tabel 4.12 Hasil perencanaan campuran beton (mix design)

DESIGN-MIX FORMULA			
A. PENETAPAN VARIABEL PERENCANAAN			
(1)	Kategori Jenis Struktur		
(2)	Rencana Slump	10,00	cm
(3)	Kekuatan Tekan Rencana Beton	250	Kg/cm ²
(4)	Modulus Kehalusan Agregat Halus	2,85	

(5)	Ukuran Maksimum Agregat Kasar	2,58	cm
(6)	Specific Gravity Agregat Halus (SSD)	2,202	
(7)	Specific Gravity Agregat Kasar (SSD)	2,56	
(8)	Berat Isi Agregat Kasar	1481,6	kg/m ³
B. PERHITUNGAN KOMPOSISI UNSUR BETON			
(9)	Rencana air adukan/m ³ beton	193,00	kg/m ³
(10)	Prosentase udara yang terperangkap	1,50	%
(11)	W/C Ratio (Grafik II atau Tabel I)	0,59	
	W/C Ratio Maksimum (Tabel I)	0,6	
	Berat semen = (11) / (9)	0,0031	
(12)	Berat semen = (9) / (11)	327,12	Kg
(13)	Volume agregat kasar perlu /m ³ beton (Tabel B)	0,67	
(14)	Berat agregat kasar perlu = (13) x (8)	992,7	Kg
(15)	Volume semen = 0,001 x (12) / 3,15	0,104	m ³
(16)	Volume air = 0,001 x (9)	0,193	m ³
(17)	Volume agregat kasar = 0,001 x (14) / (7)	0,388	m ³
(18)	Volume udara (10)	0,15	m ³
(19)	Volume agregat halus = 1 - { (15) + (16) + (17) + (18) }	0,3	m ³
C. KOMPOSISI BERAT UNSUR ADUKAN /M3 BETON			
(20)	Semen (12)	327,12	kg
(21)	Air (9)	193	kg
(22)	Agregat halus kondisi SSD = (19) x (6) x 1000	660,6	kg
(23)	Agregat kasar kondisi SSD (14)	992,7	kg
(24)	Faktor semen = (20) / 50 { 1 zak = 50 kg }	6,542	Zak
D. KOREKSI UKURAN AIR DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN			
(25)	Prosentase kadar lembab agregat kasar : mk		0,0204
(26)	Absorsi agregat kasar : ak		0,0275

(27)	Kadar air agregat halus : mh	0,1396
(28)	Absorsi agregat halus : ah	0,1720
(29)	Tambahan air adukan dari kondisi agregat kasar = (23) x { [ak - mk] / [1 - mk] }	6,215 kg
(30)	Tambahan agregat kasar untuk kondisi lapangan = (23) x { [mk - ak] / [1 - mk] }	-6,215 kg
(31)	Tambahan air adukan dari kondisi agregat halus = (22) x { [ah - mh] / [1 - mh] }	30,853 kg
(32)	Tambahan agregat halus untuk kondisi lapangan = (22) x { [mh - ah] / [1 - mh] }	-30,853 kg
E. KOMPOSISI AKHIR UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN /M3 BETON		
(33)	Semen (12)	364,151 kg
(34)	Air = (21) + (29) + (31)	230,068 kg
(35)	Agregat Halus kondisi lapangan = (22) + (32)	788,46 kg
(36)	Agregat Kasar kondisi lapangan = (23) + (30)	851,22 kg
F. KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON UNTUK VOLUME		= 0,0371 M3
(37)	Semen	13,507 kg
(38)	Air	8,534 Kg
(39)	Agregat Halus kondisi lapangan	29,245 Kg
(40)	Agregat Kasar kondisi lapangan	31,573 Kg
G. DATA SETELAH PELAKSANAAN		
(41)	Sisa air campuran (jika ada)	- Kg
(42)	Penambahan air selama pelaksanaan (jika ada)	1,00 Kg
(43)	Jumlah air sesungguhnya yang digunakan	27,732 Kg
(44)	Nilai SLUMP yang diukur	10 Cm

Sumber: Hasil Penelitian Beton

Tabel 4.13 Komposisi Unsur Campuran Beton + Cangkang Kemiri terhadap agregat halus

KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON + CANGKANG KEMIRI TERHADAP AGREGAT HALUS					
Komposisi	Beton Normal	Campuran 10%	Campuran 20%	Campuran 30%	Satuan
Semen	11,628 kg	111,628 kg	11,628 kg	11,628 kg	Kg
Air	6,933 kg	6,933 kg	6,933 kg	6,933 kg	Kg
Agregat Halus	23,732	21,358 kg	18,9856	16,612 kg	Kg

	kg		kg		
Agregat Kasar	35,661 kg	35,661 kg	35,661 kg	35,661 kg	Kg
Cangkang Kemiri	-	2,3732 kg	4,7464 kg	7,1196 kg	Kg

Sumber: Hasil Penelitian Beton

4.3 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton

Tabel 4.14 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Normal

No.	Umur	Berat (kg)	Luas penampang (cm ²)	Beban maksimum (ton)	Kekuatan tekan beton (kg/cm ²)	Kekuatan tekan beton (umur 28 hari)	
	(hari)					Koefisien	(kg/cm ²)
(1)	7	11,132	176,79	14,00	79,19	0,65	121,83
(2)	7	10,575	176,79	20,00	113,13	0,88	128,56
(3)	14	10,467	176,79	24,00	135,75	1,00	135,75
(4)	14	10,733	176,79	27,00	152,72	1,00	152,72
(5)	28	11,886	176,79	29,00	164,04	0,88	186,41
(6)	28	10,849	176,79	24,00	135,75	0,65	208,85
Kekuatan tekan beton rata-rata							155,69
Deviasi standar							34,81
<i>Analisis kekuatan tekan beton karakteristik</i>							98,60

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.15 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Campuran Cangkang Kemiri 10%

No.	Umur	Berat (kg)	Luas penampang (cm ²)	Beban maksimum (ton)	Kekuatan tekan beton (kg/cm ²)	Kekuatan tekan beton (umur 28 hari)	
	(hari)					Koefisien	(kg/cm ²)
(1)	7	11,132	176,79	10,00	56,57	1,00	56,57
(2)	7	10,575	176,79	10,00	56,56	0,65	87,02
(3)	14	10,467	176,79	16,00	90,50	1,00	90,50
(4)	14	10,733	176,79	18,00	101,82	0,88	115,70
(5)	28		176,79				

		11,886		20,00	113,13	0,88	128,56
(6)	28	10,849	176,79	16,00	90,50	0,65	139,23
Kekuatan tekan beton rata-rata							102,93
Deviasi standar							30,64
<i>Analisis kekuatan tekan beton karakteristik</i>							52,68

Tabel 4.16 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Campuran Cangkang Kemiri 20%

No.	Umur	Berat	Luas penampang	Beban maksimum	Kekuatan tekan beton	Kekuatan tekan beton (umur 28 hari)	
	(hari)	(kg)	(cm ²)	(ton)	(kg/cm ²)	Koefisien	(kg/cm ²)
(1)	7	11,132	176,79	13,00	73,54	1,00	73,54
(2)	7	10,575	176,79	10,00	56,56	0,65	87,02
(3)	14	10,467	176,79	10,00	56,56	0,65	87,02
(4)	14	10,733	176,79	14,00	79,19	0,88	89,99
(5)	28	11,886	176,79	16,00	90,50	0,88	102,84
(6)	28	10,849	176,79	20,00	113,13	1,00	113,13
Kekuatan tekan beton rata-rata							92,26
Deviasi standar							13,84
<i>Analisis kekuatan tekan beton karakteristik</i>							69,56

Sumber : Hasil penelitian

Tabel 4.17 Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Campuran Cangkang Kemiri 30%

No.	Umur	Berat	Luas penampang	Beban maksimum	Kekuatan tekan beton	Kekuatan tekan beton (umur 28 hari)	
	(hari)	(kg)	(cm ²)	(ton)	(kg/cm ²)	Koefisien	(kg/cm ²)
(1)	7	11,132	176,79	12,00	67,88	0,88	77,14
(2)	7	10,575	176,79	15,00	84,85	1,00	84,85
(3)	14	10,467	176,79	14,00	79,19	0,88	89,99
(4)	14	10,733	176,79	16,00	90,50	1,00	90,50

(5)	28	11,886	176,79	11,00	62,22	0,65	95,72
(6)	28	10,849	176,79	13,00	73,53	0,65	113,12
Kekuatan tekan beton rata-rata							91,89
Deviasi standar							12,15
<i>Analisis kekuatan tekan beton karakteristik</i>							71,96

Sumber : Hasil penelitian

4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

4.4.1 Beton Normal $f_c = 20,75 \text{ MPa}$ (K-250)

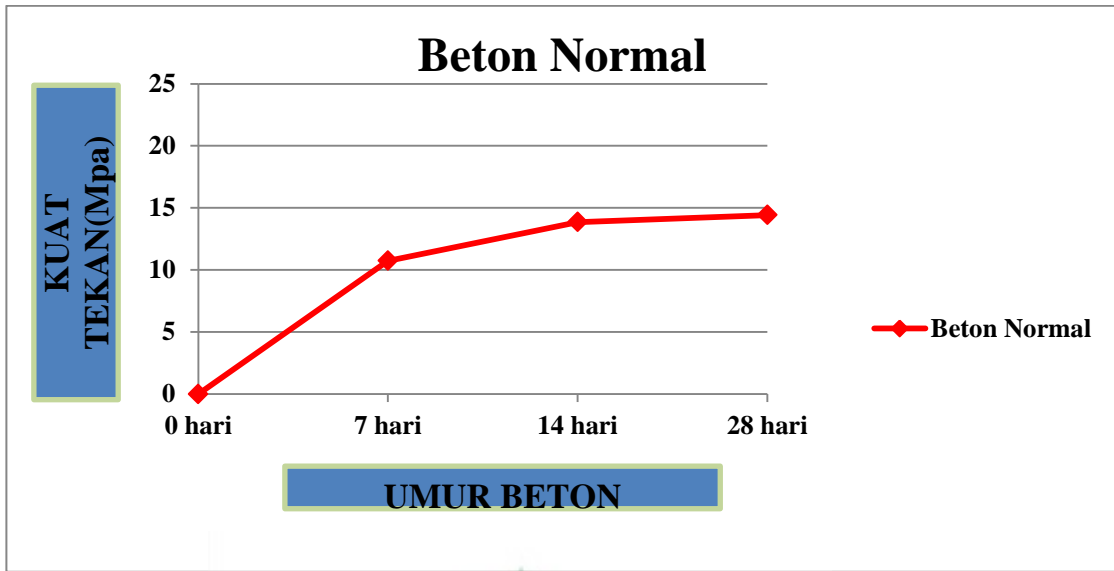
Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh perbandingan antara nilai kuat tekan beton normal dengan beton yang disubstitusikan cangkang kemiri. Untuk pengujian kuat tekan beton normal didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.18 : Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Rata-rata
	hari	Kg	Cm ²	ton	Mpa	Mpa
Beton Normal	7	11,743	176,785	24	13,58	10,74
		11,828	176,785	14	7,91	
	14	10,890	176,785	20	11,31	13,86
		11,756	176,785	29	16,40	
	28	11,540	176,785	27	15,27	14,42
		11,863	176,785	24	13,58	

Sumber : Hasil Pengujian

Grafik hasil pengujian kuat tekan beton normal umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada bagian berikut ini :



Grafik 4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal
 Sumber : Hasil Penelitian



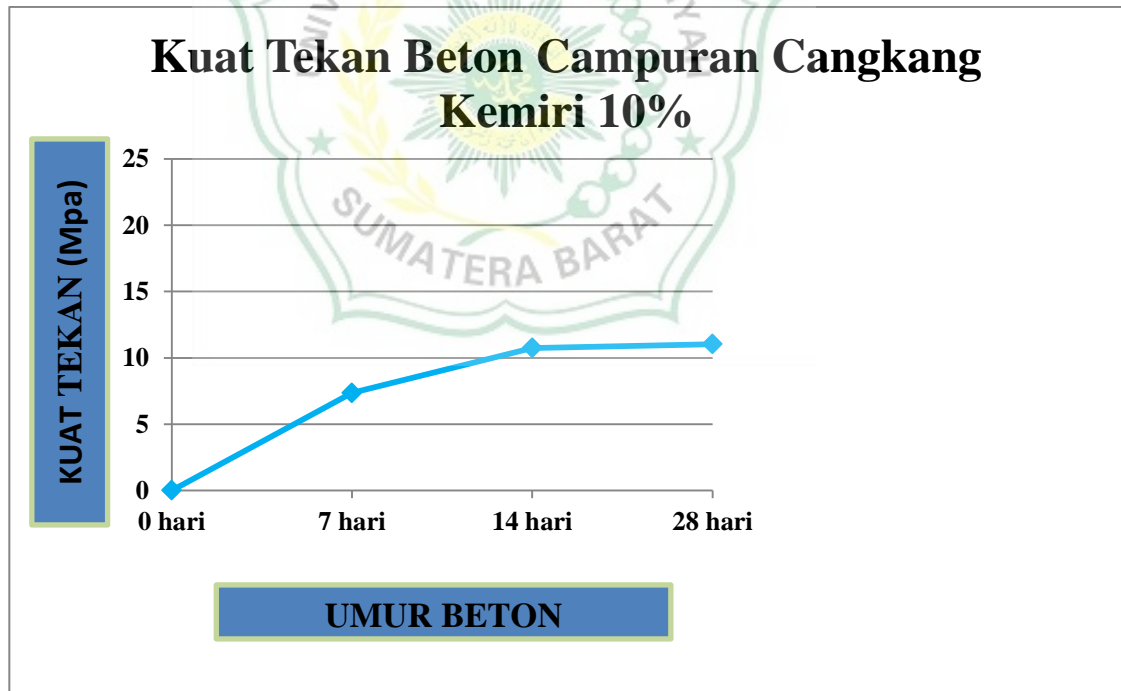
Gambar 4.1 Pengujian Kuat Tekan Normal
 Sumber : Hasil Penelitian

4.4.2 beton Subtitusi Cangkang Kemiri 10%

Tabel 4.19 : Pengujian Kuat Tekan Beton Subtitusi Cangkang Kemiri 10%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Rata-Rata
	hari	Kg	cm ²	Ton	Mpa	Mpa
Cangkang Kemiri 10%	7	11,266	176,785	16	9,050	7,35
	7	11,172	176,785	10	5,656	
	14	11,408	176,785	18	10,18	10,75
	14	11,599	176,785	20	11,31	
	28	10,975	176,785	16	9,050	11,03
	28	11,336	176,785	10	13,01	

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Subtitusi Cangkang Kemiri 10%

Sumber : Hasil Penelitian

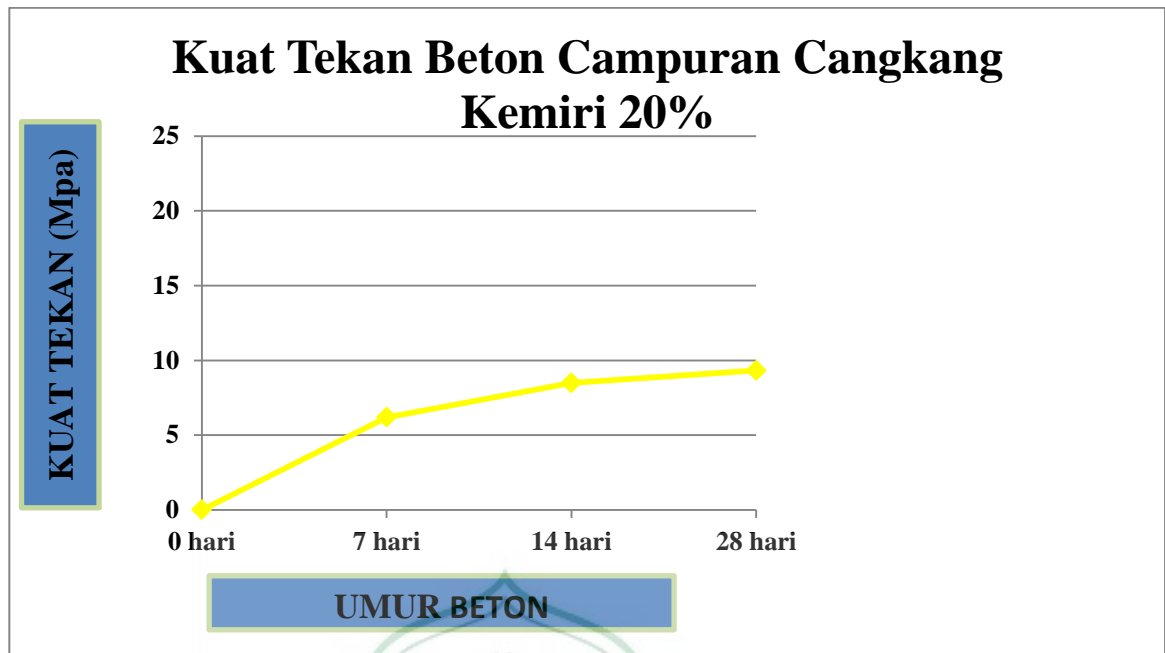


Gambar 4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Subtitusi Cangkang Kemiri 10%
 Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.20 : Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 20%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Rata-rata
	hari	Kg	cm ²	Ton	Mpa	Mpa
Cangkang Kemiri 20%	7	11,197	176,785	10	5,6	6,19
	7	11,086	176,785	10	6,27	
	14	10,630	176,785	16	9,05	8,48
	14	10,295	176,785	14	7,92	
	28	10,247	176,785	13	7,35	9,33
	28	10,230	176,785	20	11,30	

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 20%
 Sumber : Hasil Penelitian

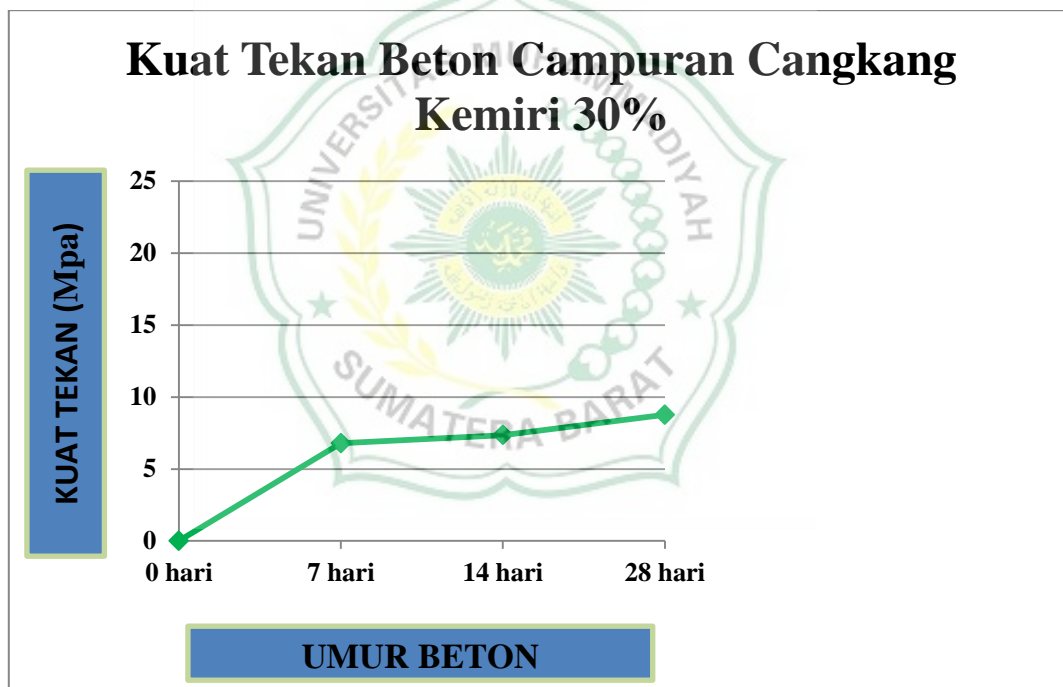


Gambar 4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 20%
 Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.21: Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 30%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Rata-Rata
	hari	Kg	mm ²	ton	Mpa	Mpa
Cangkang Kemiri 30%	7	11,132	176,785	11	6,222	6,79
	7	10,575	176,785	13	7,353	
	14	10,467	176,785	12	6,79	7,36
	14	10,733	176,785	14	7,92	
	28	11,886	176,785	15	8,48	8,77
	28	10,849	176,785	16	9,05	

Sumber : Hasil Pengujian



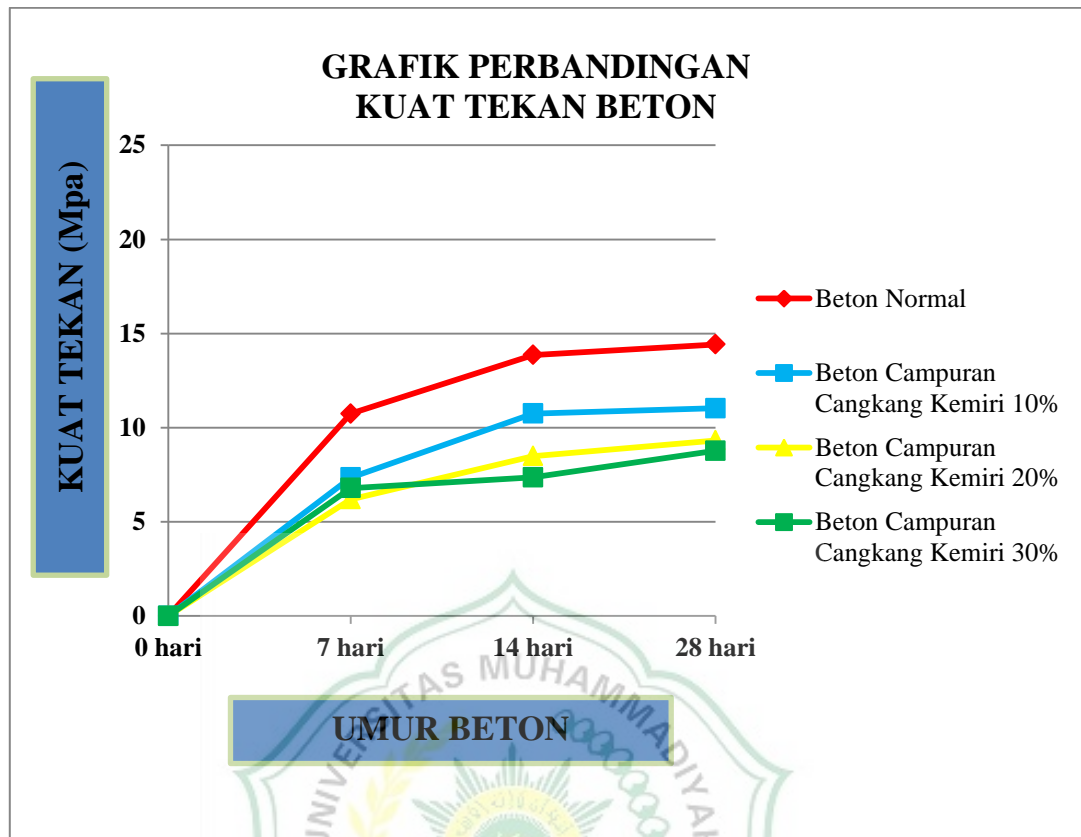
Grafik 4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 30%

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Substitusi Cangkang Kemiri 30%
Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton normal, beton campuran cangkang kemiri dengan persentase 10%, 20% dan 30% maka grafik gabungan kuat tekan dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini :





Grafik 4.7 Perbandingan Kuat Tekan Beton
Sumber : Hasil Penelitian

Dari grafik diatas (4.7) terlihat umur beton 7,14,28 hari beton campuran 10%, 20%, dan 30% kuat tekannya mengalami penurunan kuat tekan beton normal disetiap variasi persentasenya. Hal ini di sebabkan kurangnya daya ikat antara semen dan pasir. Berat jenis kulit kemiri menyebabkan kulit kemiri naik kepermukaan beton saat proses pepadatan beton menggunakan vibrator. Hal ini menyebabkan permukaan beton menjadi tidak rata. Kulit kemiri yang naik kepermukaan menyebabkan kekuatan pada permukaan beton menjadi sangat lemah. Pada proses pengujian kuat tekan beton, permukaan beton yang mendapat tekanan lebih cepat mengalami retakan dan membuat daya tekan pada beton mengalami penurunan yang sangat besar.

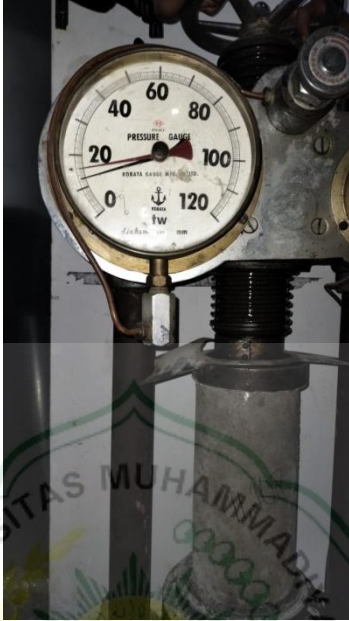

DAFTAR PUSTAKA

- Hudori, M., & Wijaya, I. (2019). Desain Rancangan Percobaan Pada Pengujian Kuat Tekan Beton Berbahan Campuran Cangkang Kemiri. *Jurnal Rab Construction Research*, 4(1), 12.
- Mulyono, Try, 2003. Teknologi Beton. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- SNI 03 – 2834 – 2000, Metode Perhitungan Campuran Beton, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- SNI 03 – 2834 – 2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian Dan pengembangan, Jakarta.
- SNI 03 – 1974 – 1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian Dan pengembangan,
- SNI 03 – 2491 – 2002, Metode Pengujian Kuat Tarik Belah, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian Dan pengembangan, Jakarta.
- SNI 03 – 2816 – 1992, Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar Atau Beton, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- SNI 03 – 1971 – 1990, Metode Pengujian Kadar Air Agregat, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- SNI 03 – 2491 – 1991, Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- SNI 06 – 6369 – 2000, Tata Cara Pembuatan Kaping Untuk Benda Uji Silinder, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Hudori, M., & Wijaya, I. (2019). Desain Rancangan Percobaan Pada Pengujian Kuat Tekan Beton Berbahan Campuran Cangkang Kemiri. *Jurnal Rab Construction Research*, 4(1), 12.
- Mulyono, Try, 2003. Teknologi Beton. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Sni 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Sni 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standardisasi Nasional, Sni 15-3500-2004. Semen Portland Campur.



DOKUMENTASI
HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Cangkang Kemiri 10%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1		18
Sampel 2		20

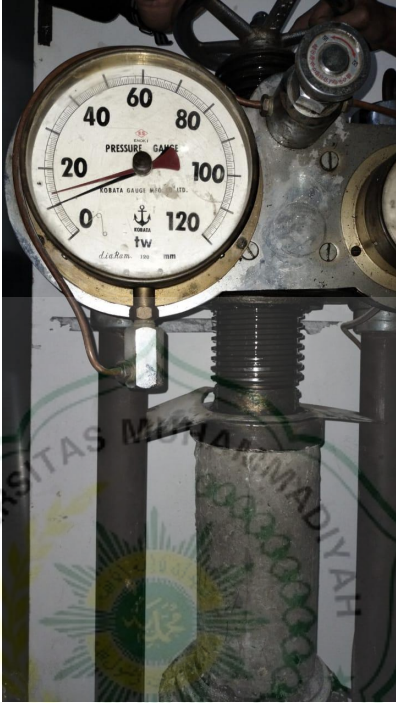

Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Cangkang Kemiri 10%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 A photograph of a pressure gauge mounted on a testing machine. The gauge has a white face with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 with major increments every 20 units. The needle is pointing to the 16 mark. The gauge is labeled 'PRESSURE GAUGE' and 'tw'. A watermark for 'UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH' is visible in the background.	16
Sampel 2	 A photograph of a pressure gauge mounted on a testing machine. The gauge has a white face with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 with major increments every 20 units. The needle is pointing to the 23 mark. The gauge is labeled 'PRESSURE GAUGE' and 'tw'. A watermark for 'UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH' is visible in the background.	23


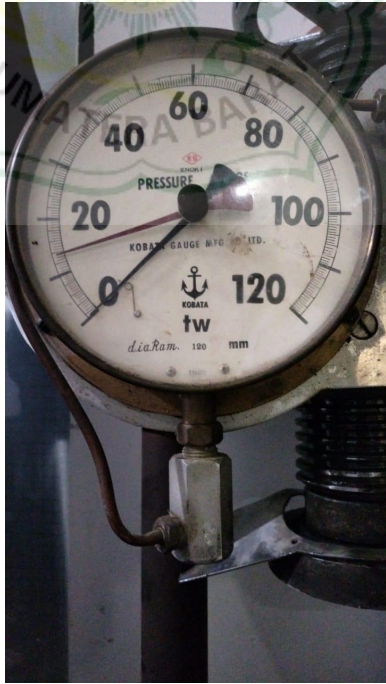
Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Cangkang Kemiri 10%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 A photograph of a pressure gauge mounted on a testing machine. The gauge has a white face with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 with major ticks every 20 units. The needle is pointing to the 16 mark. The gauge is labeled 'PRESSURE GAUGE' and 'KOBATA tw dia. 100 mm'. A concrete cylinder is visible below the gauge.	16
Sampel 2	 A photograph of a pressure gauge mounted on a testing machine. The gauge has a white face with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 with major ticks every 20 units. The needle is pointing to the 10 mark. The gauge is labeled 'PRESSURE GAUGE' and 'KOBATA tw dia. 100 mm'. A concrete cylinder is visible below the gauge.	10


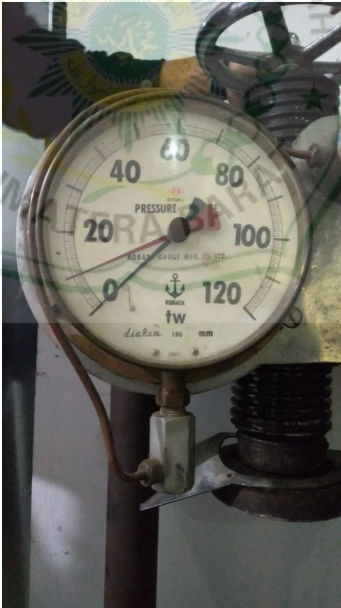
Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Cangkang Kemiri 20%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 A photograph of a pressure gauge used in a concrete compression test. The gauge has a white face with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 with major increments every 20 units. The needle is pointing to approximately 13. The gauge is mounted on a metal frame, and a concrete specimen is visible below it. A watermark for Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara is overlaid on the image.	13
Sampel 2	 A photograph of a pressure gauge similar to the one in the first row. The needle is pointing to approximately 20. The gauge is mounted on a metal frame, and a concrete specimen is visible below it. A watermark for Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara is overlaid on the image.	20



Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Cangkang Kemiri 20%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 A photograph of a pressure gauge attached to a concrete cylinder. The gauge is a circular dial with a scale from 0 to 120, with major markings every 20 units and minor markings every 5 units. The needle points to approximately 16. The gauge has the text 'PRESSURE', 'KOBAYASHI GAUGE MFG. CO. LTD.', 'KOBAYASHI', 'tw', and 'dia. 100 mm' on it. The concrete cylinder is light-colored and has some faint markings on it.	16
Sampel 2	 A photograph of a pressure gauge attached to a concrete cylinder. The gauge is a circular dial with a scale from 0 to 120, with major markings every 20 units and minor markings every 5 units. The needle points to approximately 14. The gauge has the text 'PRESSURE', 'KOBAYASHI GAUGE MFG. CO. LTD.', 'KOBAYASHI', 'tw', and 'dia. 100 mm' on it. The concrete cylinder is light-colored and has some faint markings on it.	14



Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Cangkang Kemiri 20%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 A photograph of a pressure gauge mounted on a testing machine. The gauge has a white face with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 with major increments every 20 units. The needle is pointing to approximately 10. The gauge is labeled 'PRESSURE' and 'tw'.	10
Sampel 2	 A photograph of a pressure gauge mounted on a testing machine, similar to the one in the first row. The needle is pointing to approximately 10. The gauge is labeled 'PRESSURE' and 'tw'.	10

Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Cangkang Kemiri 30%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1		12
Sampel 2		14



Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Cangkang Kemiri 30%




Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1		15
Sampel 2		16

Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Campuran Cangkang Kemiri 30%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1		11
Sampel 2		13

**DOKUMENTASI
HASIL PENGUJIAN SLUMP TEST DAN MATERIAL CAMPURAN**

NO	DOKUMENTASI	KETERANGAN
1		Pengujian <i>slump test</i>
2		Pengujian <i>slump test</i>

3		Pembuatan Benda Uji
4		Sampel Benda Uji
5		Cangkang Kemiri