

**PENGARUH SUBSTITUSI TEMPURUNG KELAPA PADA
CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN**

SKRIPSI

OLEH:

**DEBY AFIFAH RAMADHANTY
198110077**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

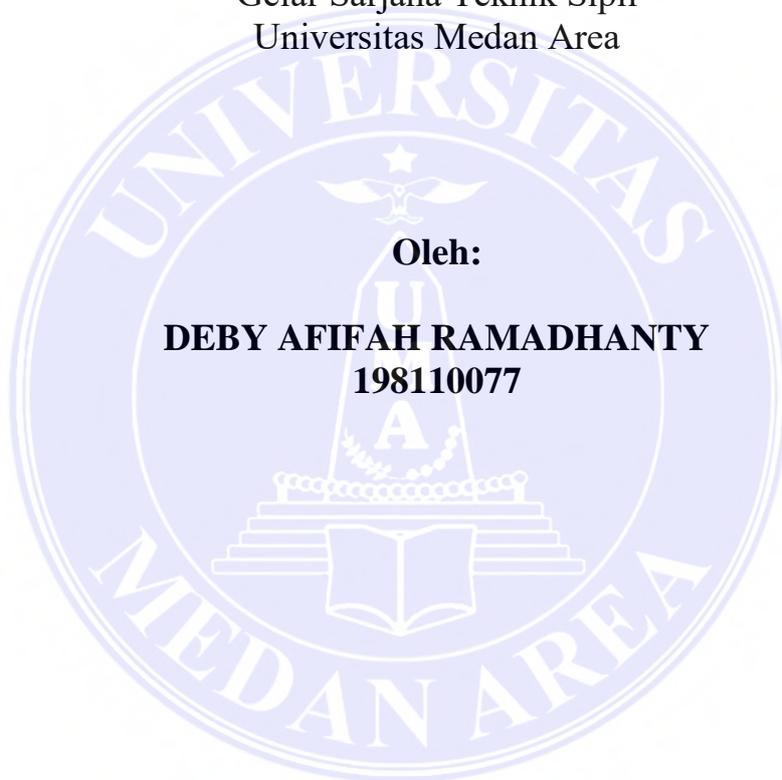
Document Accepted 29/5/24

Access From (repository.uma.ac.id)29/5/24

PENGARUH BAHAN SUBSTITUSI TEMPURUNG KELAPA PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil
Universitas Medan Area



Oleh:
DEBY AFIFAH RAMADHANTY
198110077

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 29/5/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)29/5/24

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Bahan Substitusi Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan
Nama : Deby Afifah Ramadhanty
NPM : 198110077
Fakultas : Teknik

Disetujui oleh :



Samsul A. Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T.
Pembimbing



Prof. Priatno, S.T., M.T.
Kaprodi Lektor Kepala
Fakultas Teknik



Prof. Lina Ernita Wulandari, S.T., M.T.
Ka. Prodi Teknik Sipil

Tanggal Lulus : 19 Maret 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

dan, 19 Maret 2024



Deby Afifah Ramadhanty
198110077

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Deby Afifah Ramadhanty

NPM : 198110077

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (No-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pengaruh Substitusi Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan.

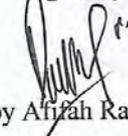
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 19 Maret 2024

Yang menyatakan

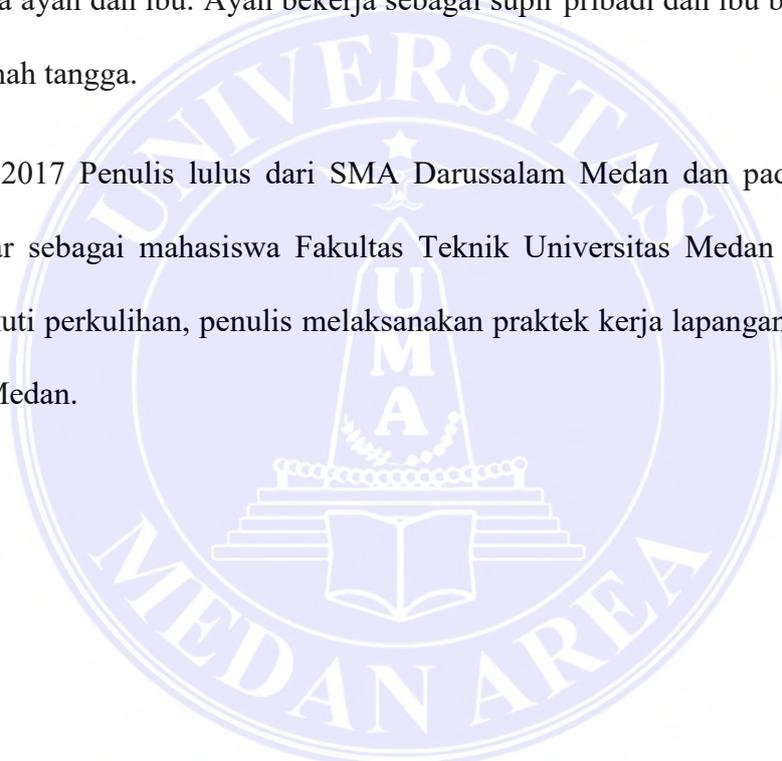

(Deby Afifah Ramadhanty)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 23 Desember 1999 dari ayah M. Syafii dan ibu Effi Nila Sari Hrp. Penulis merupakan putri pertama dari empat bersaudara.

Alamat tinggal penulis di Jalan Gatot Subroto Km. 8,5 Komp PTP III No. 9A bersama ayah dan ibu. Ayah bekerja sebagai supir pribadi dan ibu bekerja sebagai ibu rumah tangga.

Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA Darussalam Medan dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. Japfa Medan.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Uji Kuat Tekan Beton dengan judul Pengaruh Bahan Substitusi Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan. Terima kasih penulis sampaikan kepada Samsul A. Rahman Sidik Hasibuan S.T., M.T. selaku pembimbing yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman seperjuangan saya yang telah disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis Menyadari bahwa tugas akhir skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 19 Maret 2024

Deby Afifah Ramadhanty
198110077

ABSTRAK

Beton merupakan suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan kelapa yang sangat luas. Ketika produksi melimpah, akan menghasilkan limbah yang banyak pula. Pembuangan bahan limbah tempurung kelapa adalah suatu tantangan lingkungan, maka diperlukan usaha untuk mengubahnya menjadi bahan yang bermanfaat untuk meminimalkan efek negatif terhadap lingkungan. Terkadang pada daerah tertentu sangat sulit untuk mendapatkan agregat, khususnya agregat halus sebagai bahan utama dalam pembuatan beton. Untuk mengatasi hal tersebut, maka penulis melakukan penelitian ini dengan menggunakan tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tempurung kelapa sebagai bahan substitusi terhadap kuat tekan beton. Dari hasil penelitian didapat rata-rata kuat tekan beton pada 14 hari tanpa bahan substitusi tempurung kelapa sebesar 18,1 MPa, 2,5% sebesar 18,8 MPa, 5% sebesar 16,9 MPa, 7,5% sebesar 15,6 MPa. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara menetapkan beton rencana $f_c = 22,5$ Mpa sebagai kontrol dengan beton yang akan di eksperimen. Benda uji yang dibuat dalam eksperimen ini berupa silinder beton dengan ukuran 15 cm x 30 cm yang nantinya akan diuji kuat tekan. Terdapat empat variasi sampel beton yaitu beton dengan campuran 2,5%, 5% dan 7,5% tempurung kelapa. Kemudian pada 28 hari tanpa bahan substitusi tempurung kelapa sebesar 22,1 MPa, 2,5% sebesar 22,7 MPa, 5% sebesar 20,9 MPa, 7,5% sebesar 19,7 MPa. Dari hasil pengujian kuat tekan terjadi penurunan pada beton dengan substitusi 5% dan 7,5% abu tempurung kelapa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penggunaan tempurung kelapa yang digunakan maka semakin kecil nilai kuat tekan yang didapat. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa penggunaan tempurung kelapa sebagai bahan substitusi pada campuran beton tidak dapat digunakan dikarenakan hasil uji kuat tekan beton menurun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa eksperimen dengan berbagai variasi substitusi abu tempurung kelapa dapat sebagai manfaat dalam penelitian selanjutnya dan sebagai bahan pertimbangan untuk inovasi penggantian agregat halus dalam pembuatan beton dengan agregat apapun dan diterapkan pada penggunaan yang tepat.

Kata Kunci : Tempurung Kelapa, Variasi Campuran, Kuat Tekan Beton

ABSTRACT

Deby Afifah Ramadhanty. 198110077. "The Effect of Substitution for Coconut Shell in Concrete Mix with Compressive Strength". Supervised by Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T.

Concrete is a structural element consisting of aggregate particles that are bound together by a paste made from Portland cement and water. Indonesia is a country that has very extensive coconut plantations. When production is abundant, it will also generate a significant amount of waste. The disposal of coconut shell waste material poses an environmental challenge, necessitating efforts to convert it into useful materials to minimize its negative effects on the environment. Sometimes, in specific regions, obtaining aggregate can be quite challenging, particularly fine aggregate, which is a key component in concrete production. To address this issue, the author conducted research using coconut shells as a substitute for fine aggregate in concrete production. This research aimed to determine the effect of coconut shells as a substitute material on the compressive strength of concrete. From the research results, it was found that the average compressive strength of concrete at 14 days without coconut shell substitute material was 18.1 MPa, with 2.5% at 18.8 MPa, 5% at 16.9 MPa, and 7.5% at 15.6 MPa. The research conducted utilized the experimental method as the primary research approach. Within this study, the experimental method was implemented by establishing a predetermined concrete strength of $f_c = 22.5$ MPa as a control alongside the concrete designated for experimentation. The experimental specimens created for this study consisted of concrete cylinders measuring 15 cm x 30 cm, for subsequent evaluation of compressive strength. Four different concrete samples were prepared, each incorporating varying proportions of coconut shells at 2.5%, 5%, and 7.5%. After 28 days, the compressive strength values were recorded as follows: the control sample without coconut shell substitution exhibited strength of 22.1 MPa, the 2.5% substitution yielded 22.7 MPa, the 5% substitution resulted in 20.9 MPa, and the 7.5% substitution showed strength of 19.7 MPa. Analysis of the compressive strength test data revealed a decline in strength for the samples with 5% and 7.5% coconut shell content. This observation indicated that as the percentage of coconut shell substitution increased, there was a corresponding decrease in compressive strength. Consequently, it was deduced that utilizing coconut shells as a substitute material in concrete mixtures was not feasible due to the decrease in compressive strength values observed in this study. The findings underscore that further research exploring various proportions of coconut shell ash substitution could be beneficial for future investigations and could facilitate innovative approaches in replacing fine aggregate in concrete production, thereby enhancing its applicability to specific contexts.

Keywords: Coconut Shell, Mixed Variations, Compressive Strength of Concrete



30/04/2024

DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
NOTASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Beton	8
2.2.1 Jenis-Jenis Beton	9
2.2.2 Material Pembentuk Beton	13
2.2.3 Kelebihan dan Kelemahan Beton	18
2.2.4 Sifat-Sifat Beton	19
2.3 Perancangan Campuran.....	21
2.4 Pengujian Slump	22
2.5 Perawatan Beton.....	24
2.6 Pengujian Kuat Tekan Beton	25
2.7 Bahan Substitusi Tempurung Kelapa.....	26
2.8 Pelaksanaan Penelitian	31
2.8.1 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	31
2.8.2 Pembuatan Benda Uji	32
2.8.3 Pengujian <i>Slump</i>	32
2.8.4 Perawatan Beton.....	32
2.8.5 Pengujian Kuat Tekan Beton	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Bahan dan Alat Penelitian.....	35
3.2 Metode Penelitian.....	36
3.3 Sampel Penelitian.....	36
3.4 Analisis Data	36
3.4.1 Analisis Agregat Halus	36

3.4.2 Analisis Agregat Kasar	40
3.4.3 Bahan Tambah Tempurung Kelapa	43
3.5 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>) K-225	44
3.6 Pengujian Slump	44
3.7 Pengujian Kuat Tekan Beton	45
3.8 Bagan Alir Penelitian	47
BAB IV HASIL PENELITIAN	48
4.1 Hasil Penelitian	48
4.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus	49
4.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar	52
4.1.3 Hasil Perhitungan <i>Mix Design</i>	55
4.1.4 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	59
4.1.5 Hasil Pemeriksaan Berat Beton	60
4.1.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder (15 cm x 30 cm)	61
4.2 Pembahasan	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
5.3 Keterbatasan Penelitian	68
DAFTAR PUSTAKA	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Sketsa kerucut <i>abrams</i>	23
Gambar 2	Pengujian <i>Slump Test</i>	24
Gambar 3	Sketsa Benda Uji	26
Gambar 5	Pengujian <i>Slump</i>	46
Gambar 6	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	46
Gambar 7	Bagan Alir Penelitian	47
Gambar 8	Grafik Analisis Ayakan Pasir.....	50
Gambar 9	Grafik Analisis Ayakan Kerikil.....	53
Gambar 10	Grafik Pengujian Slump.....	60
Gambar 11	Grafik Uji Kuat Tekan Beton.....	63
Gambar 12	Grafik Regresi Linear Kuat Tekan Beton	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Komposisi Kimia Tempurung Kelapa	30
Tabel 2	Kandungan Arang Tempurung Kelapa	31
Tabel 3	Gradasi Kekasaran Pasir	36
Tabel 4	Gradasi Agregat Kasar	41
Tabel 5	Hasil Pemeriksaan Saringan Agregat Halus	49
Tabel 6	Hasil Penelitian Kadar Lumpur Pasir	50
Tabel 7	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Pasir	50
Tabel 8	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir	51
Tabel 9	Kesimpulan Pemeriksaan Agregat Halus	52
Tabel 10	Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar	52
Tabel 11	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Kerikil	54
Tabel 12	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil	54
Tabel 13	Perhitungan Mix Design	58
Tabel 14	Data Hasil Pengujian Slump	60
Tabel 15	Berat Benda Uji	61
Tabel 16	Hasil Uji Kuat Tekan Beton (KN)	61
Tabel 17	Hasil Uji Kuat Tekan Beton (K)	62
Tabel 18	Hasil Uji Kuat Tekan Beton (MPa)	62

NOTASI

$f'c$ = Kuat tekan beton (kg/cm^2)

P = Beban maksimal (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm^2)



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Tjokrodimulyo, 2007). Beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air. Tetapi belakangan ini definisi dari beton sudah semakin luas, dimana beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai macam tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, abu terbang, terak kapur tinggi, sulfur serat dan lain-lain (Sujatmiko, 2019).

Semen adalah perekat hidraulik yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari bahan utama silikat-silikat kalsium dan bahan tambahan batu gypsum dimana senyawa-senyawa tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru bersifat perekat pada bebatuan. (Jones dan Jean, 2019). Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu: trikalsium silikat (C3S), dikalsium silikat (C2S), trikalsium aluminat (C3A), dan tetrakalsium aluminoforit (C4AF). Selain itu, pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil, misalnya : MgO, TiO₂, Mn₂O₃, K₂O dan Na₂O. Soda atau potasium (Na₂O dan K₂O) merupakan komponen minor dari unsur-unsur penyusun semen yang harus diperhatikan, karena keduanya merupakan alkalis yang dapat bereaksi dengan

silika aktif dalam agregat, sehingga menimbulkan disintegrasi beton (Neville dan Brooks, 1987).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa menggunakan tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam beton dapat meningkatkan beberapa sifat mekaniknya. Sebagai contoh penggunaan tempurung kelapa dapat meningkatkan kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah beton (Nawati, 2019). Dan ada beberapa penelitian campuran beton menggunakan tempurung kelapa mengalami penurunan kuat tekan beton. Tempurung kelapa juga ditemukan memiliki kepadatan yang lebih rendah daripada bahan agregat halus tradisional, yang dapat menyebabkan penurunan berat beton. Selain itu, penggunaan tempurung kelapa sebagai agregat halus dapat meningkatkan sifat insulasi termal beton, yang bermanfaat dalam aplikasi tertentu. Namun, penting untuk dicatat bahwa tingkat peningkatan sifat-sifat ini akan bergantung pada berbagai faktor, seperti persentase tempurung kelapa yang digunakan sebagai pengganti, kualitas tempurung kelapa, dan desain campuran beton (Panjaitan, 2022).

Permintaan pasir konstruksi meningkat lebih cepat dari pada pasokan, yang dipakai untuk membuat beton rumah, aspal jalan, dan sebagainya. Pasir, bahan penyusun kehidupan modern yang berada di jantung industri pembangunan, semakin menipis dan tidak ada yang tahu seberapa cepat akan habis (Nisa, 2016). Tidak seperti kebanyakan komoditas lainnya, pembuat kebijakan kecenderungan hanya memiliki perkiraan kasar tentang berapa banyak komoditas tersebut digunakan setiap tahun. Meski pasir dapat diperoleh dengan menghancurkan batu, di sebagian wilayah, bahkan kelangkaan pasir terjadi yang memicu kerusakan lingkungan. Penambangan pasir menghancurkan habitat, sungai kotor dan

mengikis pantai, banyak di antaranya sudah kehilangan tanah karena naiknya permukaan laut. Saat penambang menggali lapisan pasir, tepian sungai menjadi kurang stabil. Polusi dan keasaman dapat membunuh ikan dan menyisakan lebih sedikit air untuk manusia dan tanaman. Masalah menjadi lebih buruk ketika bendungan di hulu mencegah sedimen mengisi kembali sungai (Akbar, 2023).

Oleh sebab itu peneliti melakukan penelitian dengan bahan campuran tempurung kelapa dikarenakan mudah didapat dan lebih ekonomis serta di beberapa daerah tempurung kelapa merupakan limbah yang juga dapat merusak lingkungan. Untuk itu, peneliti melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Bahan Substitusi Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh tempurung kelapa sebagai bahan substitusi terhadap kuat tekan beton dengan presentase substitusi 2,5 %, 5 %, 7,5 % sehingga memenuhi syarat.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tempurung kelapa sebagai bahan substitusi terhadap kuat tekan beton.

1.4 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk :

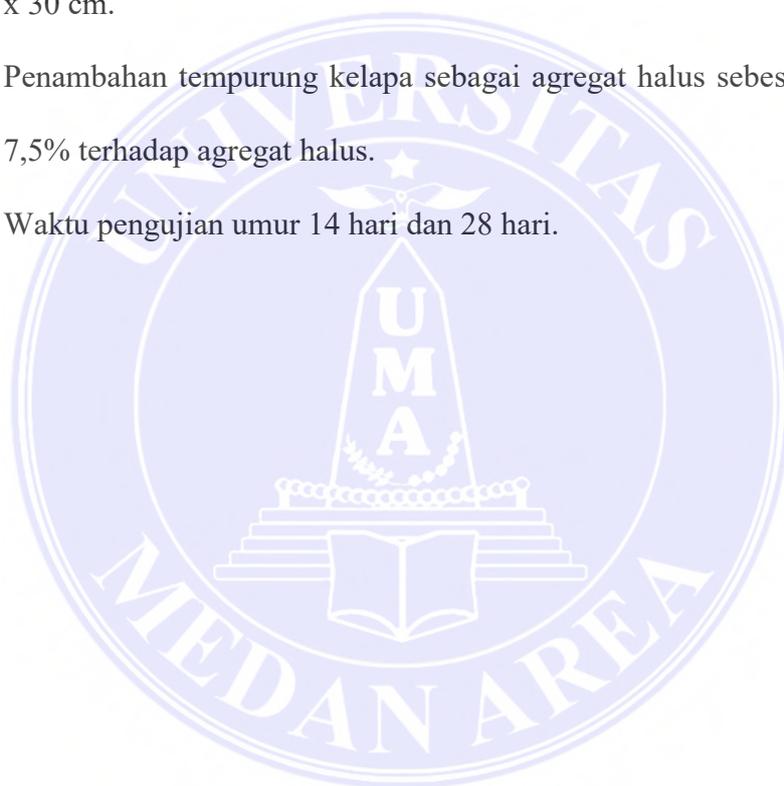
1. Sebagai informasi dan referensi terhadap penggunaan bahan substitusi tempurung kelapa pada kuat tekan beton agar memiliki karakteristik.

2. Penelitian ini sebagai acuan dalam bidang pengetahuan teknologi bahan konstruksi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. *Mix Design* menggunakan metode SNI 03-2834-2000.
2. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.
3. Penambahan tempurung kelapa sebagai agregat halus sebesar 2,5%, 5%, 7,5% terhadap agregat halus.
4. Waktu pengujian umur 14 hari dan 28 hari.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Fauzul Akbar et al (2013), telah melakukan penelitian dengan judul Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100, tempurung kelapa dipecah menjadi serpihan berukuran maksimal 15 mm x 15 mm dan digunakan sebagai penambah agregat kasar yang dicampur dengan agregat halus, air dan semen PCC. Jumlah semen yang digunakan adalah 325 kg/m³ dengan faktor air semen (fas) 0,55 dan berat beton yang diambil 2300 kg/m³. Persentase variasi tempurung kelapa yang diterapkan dalam penelitian ini adalah 0%, 5%, 7%, 9%, 11%, 13% dan 15%. Perbandingan campuran pasir dan kerikil yang digunakan adalah 40% : 60% yang dicetak berbentuk kubus yang berukuran 150 x 150 x 150 mm. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik beton K-100 dengan penambahan tempurung kelapa dan mendapatkan variasi campuran yang efisien melalui uji kuat tekan pada umur 7 hari. Dari hasil penelitian, dapat diketahui bahwa kuat tekan beton tertinggi pada beton yang menggunakan campuran tempurung kelapa 5% yaitu sebesar 16,5 Ton atau 73,33 Kg/Cm² dengan proyeksi kuat tekan umur 28 hari sebesar 112,82 Kg/Cm² sedangkan kuat tekan terendah terdapat pada beton yang menggunakan campuran 15% yaitu 4,5 Ton atau 20 Kg/Cm² dengan proyeksi kuat tekan umur 28 hari sebesar 30,77 Kg/Cm². Penambahan tempurung kelapa terhadap campuran beton meningkatkan kuat tekan beton untuk penambahan 5% tempurung kelapa dari berat agregat kasar.

Wartini et al (2023), Pada penelitian ini menggunakan bahan serbuk arang tempurung kelapa untuk campuran beton fc'20 sebagai pengganti agregat halus dengan variasi campuran 5%, 8%, dan 11% yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton normal dengan penambahan serbuk arang tempurung kelapa. Adapun pengujian kuat tekan menggunakan alat cetak silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Kuat lentur dengan ukuran 15 x 15 x 30 cm. Jumlah benda uji kuat tekan normal adalah 27 sampel dan kuat tekan untuk campuran 15 sampel setiap variasi campuran untuk jumlah benda uji kuat lentur adalah 3 buah. Penambahan serbuk arang tempurung kelapa adalah 5%, 8%, dan 11% terhadap agregat halus dengan mutu fc'20 dan dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur. Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa dari hasil uji kuat tekan beton dengan nilai yang optimal ada pada campuran 8% dengan peningkatan sebesar 8% pada umur 28 hari dari beton normal, dengan persamaan garis regresi liniernya $Y' = 11,924 + 0,427X$, untuk hasil kuat lentur mengalami peningkatan pada campuran 8% sebesar 5% dan mengalami penurunan sebesar 25% dan 22% pada campuran 5% dan 11% dibandingkan beton normal, dengan persamaan garis regresi liniernya $Y' = 3,433 - 0,050X$.

Sarta Nento et al (2022), Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik, nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari yang telah menggunakan pecahan tempurung kelapa pengganti sebagian agregat kasar pada kadar 3%, 5.5%, 7.5%, 9.5% dan 11.5%. Pengumpulan data dilakukan dengan uji Laboratorium berdasarkan SNI 2012. Analisis data dilakukan dengan menghitung rata-rata hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan SNI-7656 2012. Dari

hasil penelitian pada kadar 3% tempurung kelapa didapatkan nilai kuat tekan 20.66 MPA di bandingkan dengan kuat tekan beton normal rencana menurut SNI 7656: 2012 yaitu 20 MPA mengalami kenaikan sebesar 3.3%. Jadi dengan menggunakan Pecahan tempurung kelapa sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar pada campuran beton dapat menghasilkan nilai kuat tekan beton lebih tinggi daripada kuat tekan yang direncanakan.

Handika, et al (2022), Penelitian ini bertujuan untuk; 1) mengetahui penambahan limbah cacahan tempurung kelapa dalam campuran beton dapat meningkatkan uji kuat tekan dan lentur beton; 2) mengetahui kuat lentur beton $f_c' = 19,3$ MPa dengan variasi tempurung kelapa 0%, 5%, 7,5% dan 10%. Pada penelitian ini, jika dilihat dari kuat tekan dan lentur plat tempurung kelapa dimanfaatkan untuk proporsi campuran. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan merancang komposisi campuran beton untuk masing-masing variasi penambahan limbah cacahan tempurung kelapa. Sampel beton dibuat sebanyak 24 buah dimana masing-masing campuran dibuat 3 sampel uji kuat tekan dan uji kuat lentur beton. Dari hasil penelitian, nilai kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari tanpa penambahan limbah tempurung kelapa dengan nilai rata-rata dari 0% (beton normal) sebesar 24,78 MPa. Sedangkan kuat tekan rata-rata dengan penambahan limbah tempurung kelapa dengan variasi penambahan 5%, 7,5% dan 10% adalah sebagai berikut. Pada penambahan limbah tempurung kelapa 5% menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata 21,65 MPa, pada penambahan limbah tempurung kelapa 7,5% memperoleh nilai kuat tekan rata-rata 16,17 MPa, pada penambahan limbah tempurung kelapa 10% memperoleh nilai kuat tekan rata 10,86 MPa. Untuk nilai kuat lentur rata-rata pada variasi 0% dengan nilai

momen maksimum sebesar 102,39 kN.m, variasi 5% dengan nilai momen maksimum sebesar 106,84 kN.m, variasi 7,5% dengan nilai momen maksimum sebesar 97,74 kN.m dan variasi 10% dengan nilai momen maksimum sebesar 89,03 kN.m. Jadi benda uji yang menahan beban terbesar pada pengujian kuat lentur adalah persentase 5% mengalami peningkatan dengan nilai momen maksimum 106.84 kN.m.

2.2 Beton

Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air. Struktur beton ini dapat diketahui lewat karakteristik beton yang itu sendiri. Proses terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dan semen (Mulyono, 2004). Selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton.

Pengolahan beton meliputi beberapa tahapan yakni pencampuran atau pengadukan bahan-bahan beton, pengangkutan atau pemindahan adukan beton, penuangan adukan beton, memadatkan adukan beton, meratakan permukaan beton dan perawatan beton. Berdasarkan SNI 03-4431-1997 beton yang mempunyai berat isi antara 2200 kg/m³ sampai 2500 kg/m³, beton dengan bahan penyusun semen, air, agregat kasar, dan agregat halus, serta bahan tambah apabila diperlukan dengan perbandingan tertentu yang bersifat plastis pada saat pertama dibuat dan kemudian secara perlahan-lahan akan mengeras seperti batu.

2.2.1 Jenis-Jenis Beton

Jenis jenis beton memiliki kegunaannya masing-masing dalam pekerjaan kontruksi bangunan. Walaupun tampilannya dan pengerjaannya sepintas bagi orang awam adalah terlihat sama: substansi berwarna abu-abu yang terlihat sebagai campuran semen, pasir dan batu kerikil. Kita lihat saat ini, beton digunakan sebagai bahan baku konstruksi dalam proyek bangunan, gedung, rumah tinggal, apartemen, digunakan sebagai jalan raya, jembatan, *fly over*, bendungan, tiang pancang, perapihan tepi sungai dan berbagai proyek pembangunan infrastruktur yang sedang marak saat ini. Ada sepuluh jenis beton yang saat ini umum digunakan dalam pekerjaan konstruksi:

a. Beton Non-Pasir

Seperti namanya, beton non-pasir, proses pembuatannya sama sekali tidak menggunakan pasir. Hanya kerikil, semen, dan air. Hal ini menyebabkan terbentuknya rongga-rongga yang berisi udara di celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun lebih rendah. Karena tanpa pasir, persentase semen pada beton ini juga lebih sedikit. Beton non-pasir biasanya digunakan pada pembuatan struktur ringan, kolom dan dinding sederhana, bata beton, serta buis beton.

b. Beton Ringan

Beton ringan dibuat dengan memakai agregat yang berbobot ringan. Seringkali ditambahkan zat aditif yang dapat menyebabkan terbentuknya gelembung-gelembung udara di dalam adonan beton. Banyaknya gelembung udara yang terjadi menyebabkan volume adonan juga semakin besar sementara bobotnya lebih ringan dibandingkan beton lain dengan

volume yang sama. Beton ringan biasanya digunakan untuk dinding non-struktural.

c. Beton Hampa

Beton hampa merupakan jenis beton yang unik. Disebut sebagai beton hampa karena memang beton ini bersifat hampa. Hal ini tidak terlepas dari proses pembuatan beton tersebut. Dalam pembuatan beton hampa ini, beton menjadi hampa karena dilakukan penyedotan air pengencer yang terkandung di dalam adukan beton memakai vacuum khusus. Akibatnya pun beton hanya mengandung air yang sudah bereaksi dengan semen saja. Sehingga kekuatan yang dimilikinya pun sangat tinggi. Beton hampa banyak dimanfaatkan pada gedung pencakar langit.

d. Beton Serat

Beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adonan beton, seperti: asbestos, plastik, kawat baja, dan sebagainya. Tujuan penambahan serat tersebut adalah untuk meningkatkan kekuatan tarik beton, sehingga beton tahan terhadap gaya tarik akibat, cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi pada beton dengan permukaannya yang luas. Jenis serat yang dapat digunakan dalam beton serat dapat berupa serat alam atau serat buatan.

e. Beton Mortar

Mortar adalah pasta dari campuran semen, pasir, dan air yang berguna untuk mengikat, mengisi, dan menutup celah yang tidak beraturan antara blok-blok bangunan seperti unit batu, batu bata, dan beton. Nilai kuat tekan mortar paling maksimum pada umur mortar 7 hari terjadi pada

komposisi campuran dengan penggunaan ASP 0% yaitu sebesar 9,14 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan paling minimum terjadi pada komposisi campuran beton dengan ASP 10% yaitu sebesar 7,91 MPa.

f. Beton Massa

Beton massa adalah penuangan beton yang sangat besar di atas kebutuhan rata-rata. Umumnya, beton massa memiliki dimensi yang berukuran lebih dari 60 cm. Perbandingan antara volume dan luas permukaannya pun sangat tinggi. Beton ini digunakan dalam pembuatan pilar-pilar bangunan, pondasi berukuran besar, dan juga bendungan. Pada bendungan biasanya dibedakan antara beton massa dalam dan beton massa luar dimana beton massa dalam tidak terpengaruh cuaca luar sedangkan beton massa luar terpengaruh cuaca luar sehingga ada persyaratan khusus yaitu nilai faktor air semen antara 0,50 sampai 0,70.

g. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah adukan beton yang diberi tulangan dari baja. Penambahan tulangan baja ini akan meningkatkan kekuatan terhadap gaya tarik dan juga *ductility* struktur bangunan. Beton bertulang umumnya digunakan pada struktur bangunan karena sifatnya yang kuat. Oleh karena itu, material ini sering digunakan untuk bagian pondasi, balok ikat, plat beton, kolom, balok, maupun dinding geser. Tidak hanya itu, beton bertulang juga dapat digunakan untuk furnitur rumah.

h. Beton Prategang

Beton prategang ialah beton bertulang dimana sudah disebabkan tegangan-tegangan intern dengan nilai dan pembagian yg sedemikian rupa sampai

tegangan-tegangan akibat beton- beton dapat dinetralkan sampai suatu tingkat yang diinginkan. Klasifikasi beton prategang dibagi menjadi dua berdasarkan cara memberikan tegangannya, yaitu prategang pra-tarik (*pretensioned prestressed concrete*) dan prategang pasca-tarik (*Post tensioned prestressed concrete*).

i. Beton Pracetak

Beton pracetak adalah beton yang dicetak terpisah di luar area pekerjaan. Hal ini biasanya dilakukan karena terbatasnya lahan area pekerjaan dan juga karena alasan kepraktisan. Pengerjaan bangunan dapat dipersingkat sehingga lebih efektif dan efisien. Karena precast concrete (beton pracetak) dibuatnya di pabrik sehingga kekuatan uji di lokasi tidak diperlukan lagi, dari segi waktu tentu precast concrete (beton pracetak) lebih cepat karena tinggal melakukan pemasangan di lokasi proyek dan tidak perlu untuk mendapatkan kekuatan.

j. Beton Siklop

Beton jenis ini menggunakan bahan tambahan agregat yang berukuran besar (sekitar 15 sampai 20 cm) dalam adonan beton. Hal ini untuk meningkatkan daya tahan beton untuk digunakan dalam pengerjaan bangunan yang bersinggungan dengan air, seperti jembatan dan bendungan. Beton siklop memiliki bentuk yang sama dengan beton pada umumnya. Namun, terdapat perbedaan pada penggunaan agregat. Beton siklop memang difungsikan untuk pondasi dalam. Maka dari itu, komposisinya berbeda dengan beton biasa. Hal ini dilakukan karena

bergantung pada workabilitas, durabilitas dan waktu proses pengerasan sehingga menghasilkan karakter tertentu.

2.2.2 Material Pembentuk Beton

Material pembentuk beton terdiri dari beberapa material kasar maupun halus dan ditambah dengan air. Kombinasi keseluruhan material tersebut didapatkanlah menjadi beton. Pada dasarnya bahan utama penyusun beton adalah semen, pasir dan kerikil. Akan tetapi banyak juga bahan-bahan tambahan yang dapat kita jumpai seperti bahan tambahan kimia dan yang lainnya. Disini kita akan membahas tentang bahan-bahan dasar penyusun beton tersebut.

a. Semen Portland

Semen portland adalah jenis semen yang paling umum yang digunakan secara umum di seluruh dunia sebagai bahan dasar beton, mortar, plester, dan adukan non-spesialisasi. Semen ini dikembangkan dari jenis lain kapur hidraulis di Britania Raya pada pertengahan abad ke-19, dan biasanya berasal dari batu kapur. Semen ini adalah serbuk halus yang diproduksi dengan memanaskan batu gamping dan mineral tanah liat dalam tanur untuk membentuk klinker, penggilingan klinker, dan menambahkan sejumlah kecil bahan lainnya. Beberapa jenis semen portland tersedia, yang paling umum disebut semen portland biasa (OPC), berwarna abu-abu, namun semen portland putih juga tersedia. Namanya berasal dari kesamaannya dengan batu Portland yang digali di Pulau Portland di Dorset, Inggris. Nama itu dinamai oleh Joseph Aspdin yang mendapatkan hak paten untuknya pada tahun 1824. Namun, anak laki-

lakinya William Aspdin dianggap sebagai penemu semen portland "modern" karena perkembangannya pada tahun 1840-an.

Semen portland bersifat kaustik, sehingga bisa menyebabkan luka bakar kimia. Bubuk tersebut dapat menyebabkan iritasi atau, dengan paparan yang parah, kanker paru-paru, dan dapat mengandung beberapa komponen berbahaya; Seperti kristal silika dan kromium heksavalensi. Kekhawatiran lingkungannya adalah konsumsi energi yang tinggi yang dibutuhkan untuk menambang, memproduksi, dan mengangkut semen; serta polusi udara terkait, termasuk pelepasan gas rumah kaca (misalnya, karbon dioksida), dioksin, NO_x, SO₂, dan partikulatnya. Biaya rendah dan ketersediaan batu kapur, serpih, dan bahan alami lainnya yang banyak digunakan di semen portland menjadikannya salah satu bahan dengan biaya terendah yang banyak digunakan selama abad terakhir di seluruh dunia. Beton yang dihasilkan dari semen portland adalah salah satu bahan konstruksi paling serbaguna yang tersedia di dunia.

b. Agregat

Agregat artinya sekumpulan buah-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa akibat alam juga buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang digunakan bersama-sama menggunakan suatu media pengikat buat membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan. Pengertian Agregat dan Klasifikasinya. Berdasarkan Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-buah batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang asal berasal alam juga sintesis yg berbentuk mineral padat berupa

berukuran besar mauppun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen primer dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat sesuai persentase berat, atau 75 –85% agregat berdasarkan persentase volume. menggunakan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat serta akibat campuran agregat dengan material lain. Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. yang menentukan kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan merupakan:

- 1) Gradasi
- 2) Kebersihan
- 3) Kekerasan
- 4) Ketahanan agregat bentuk buah
- 5) Tekstur bagian atas
- 6) Porositas
- 7) Kemampuan buat menyerap air
- 8) Berat jenis, dan
- 9) Daya kelekatan terhadap aspal

Sifat agregat sangat dipengaruhi oleh jenis batuananya. Pengertian Agregat dan Klasifikasi Ciri-ciri luar agregat, terutama bentuk partikel dan tekstur bagian atasnya, memainkan peranan penting dalam sifat-sifat beton segar dan keras. Berdasarkan BS 812 : Part 1: 1975, bentuk partikel agregat bisa dibedakan atas:

- 1) *Rounded*

- 2) *Irregular*
- 3) *Flaky*
- 4) *Angular*
- 5) *Elongated*
- 6) *Flakyy & Elongated*

Penjabaran Agregat

- 1) Agregat Ringan ialah agregat yg pada keadaan kemarau dan gembur mempunyai berat 1100 Kilo Gram/m³ atau kurang. Agregat Halus ialah pasir alam menjadi akibat desintegrasi alami bantuan atau pasir yang dihasilkan sang industri pemecah batu serta mempunyai ukuran buah terbesar lima,0 mm.
- 2) Agregat Kasar adalah kerikil menjadi akibat desintegrasi alami dari bantuan atau berupa batu pecah yang diperoleh asal industri pemecah batu dan mempunyai berukuran buah antara 5 - 40 mm. Agregat Kasar, ialah agregat dengan ukuran butiran lebih besar asal dari saringan No.88 (dua,36 mm)
- 3) Bahan Pengisi (filler), artinya bagian asal agregat halus yg minimum 75% lolos saringan no. 30 (0,06 mm)

Jenis Agregat sesuai proses pengolahannya

- 1) Agregat Alam. Agregat yang bisa digunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi serta degradasi. Bentuk partikel asal agregat alam ditentukan proses pembentukannya.

2) Agregat melalui proses pengolahan. Digunung-gunung atau dibukit-bukit, serta sungai-sungai acapkali ditemui agregat yg masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar -besar sebagai akibatnya diharapkan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum bisa dipergunakan sebagai agregat konstruksi jalan.

3) Agregat sintesis. Agregat yg yang adalah artinya mineral filler/pengisi (partikel dengan berukuran $< 0,075$ mm), diperoleh asal yang akan terjadi sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

c. Air

Air sebagai bagian vital sangat dibutuhkan dalam pembuatan beton untuk memicu proses kimia semen, membasahi agregat dan mempermudah pekerjaan beton. Air minum pada umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton, namun jika air tersebut mengandung senyawa berbahaya seperti terkontaminasi garam, minyak, gula atau bahan kimia lain yang digunakan dalam campuran beton maka akan menurunkan mutu beton bahkan dapat mengubah kualitas beton. sifat beton yang dihasilkan. Dalam kegiatan pelaksanaan proyek di lapangan, terkadang penggunaan air sebagai campuran beton tidak memperhatikan aspek kelayakan dan persyaratan yang telah ditentukan. Untuk mengetahui apakah air untuk campuran beton memenuhi kriteria standar yang diberikan atau tidak dapat dilakukan dengan analisis kimia. Analisis ini meliputi pemeriksaan sulfat, magnesium, amonium, klorida, pH, karbon dioksida, minyak dan lemak, zat penyusutan. Menurut SK SNI S-04-1989-F persyaratan untuk kualitas air dalam pengadukan beton adalah :

- 1) Air harus bersih.
- 2) Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat secara visual.
- 3) Tidak mengandung tersuspensi lebih dari 2 gram per liter.
- 4) Tidak boleh mengandung garam, asam, zat organik yang terlarut yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram per liter, klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO₃.
- 5) Bila dibanding dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, penurunan kekuatan tidak lebih 10 %.
- 6) Air yang meragukan harus dianalisis secara kimia.
- 7) Khusus beton pratekan, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

2.2.3 Kelebihan dan Kelemahan Beton

Beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut :

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai kebutuhan.
- b. Mampu memikul beban yang berat.
- c. Tahan terhadap suhu tinggi.
- d. Biaya pemeliharaan yang relative murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga memiliki kekurangan, kekurangan beton adalah sebagai berikut ini :

- a. Sulit merubah bentuk yang telah dibuat.
- b. Pengerjaan membutuhkan ketelitian tinggi.
- c. Daya pantul suara yang besar.

- d. Kuat tarik yang rendah.

2.2.4 Sifat- Sifat Beton

Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara, dan selebihnya agregat kasar dan agregat halus. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda tergantung pada cara pembuatan, perbandingan campuran, cara mencampur, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, cara merawat, dan sebagainya, akan mempengaruhi sifat-sifat beton. Sifat-sifat beton yang di uraikan tidak selalu sama semua harus dimiliki oleh setiap konstruksi beton, dan sifat-sifat tersebut juga relatif ditinjau dari sudut pemakaian beton itu sendiri. Yang penting beton harus memiliki sifat-sifat yang sesuai dengan tujuan pemakaian beton. Misalnya suatu kolom bangunan, yang terpenting harus memiliki kuat tekan yang tinggi yang cukup kuat untuk menahan beban bangunan itu, sedang sifat kerapatan air tidak penting untuk diperhatikan, sebaliknya suatu bak air harus memiliki sifat rapat air.

Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, sedang gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas dan kuantitas air mempengaruhi pengerasan dan kekuatan (Murdock dan Brook, 2003). Untuk keperluan perancangan dan pelaksanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat beton setelah mengeras perlu diketahui, sifat-sifat tersebut antara lain:

- a. Tahan lama (Durability)

Merupakan kemampuan baton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan. Dalam hal ini perlu pembatasan nilai factor air semen maksimum maupun pembatasan dosis semen minimum yang digunakan sesuai dengan kondisi lingkungan. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut :

- 1) Tahan terhadap pengaruh cuaca. Pengaruh cuaca yang dimaksud adalah pengaruh yang berupa hujan dan pembekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering silih berganti.
- 2) Tahan terhadap zat kimia Daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa, dan limbah, zat kimia hasil industry, buangan air kotor dari kota, dan sebagainya perlu diperhatikan terhadap keawetan beton.
- 3) Tahan terhadap erosi Beton dapat mengalami kikisan yang diakibatkan oleh adanya orang yang berjalan kaki dan gerakan lalu lintas di atasnya, gerakan ombak laut, atau oleh partikel yang terbawa oleh air laut atau angin laut.

b. Kuat tekan

Kuat tekan ditentukan berdasarkan pembebanan unaksial benda uji silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan satuan Mpa (N/mm^2) untuk SKSNI 1991.

c. Kuat tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan kuat tekannya, yakni berkisar 10%-15% dari kuat tekannya. Kekuatan tarik beton merupakan sifat penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

d. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan regangan beton, biasanya ditentukan pada 25% - 50% kuat tekan beton.

e. Rangkak (*creep*)

Ini adalah salah satu sifat di mana beton mengalami deformasi terus menerus seiring waktu di bawah beban yang dipikul.

f. Susut (*shrinkage*)

Ini adalah perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pemuatan.

g. *Workability*

Workability adalah kemampuan untuk dilaksanakan atau dikerjakan, yang meliputi bagaimana beton mudah dibawa dan ditempatkan dimana-mana, mudah dikerjakan, mudah dipadatkan, dan mudah diselesaikan. Beton yang cenderung “kering” atau kekurangan air tentu saja cukup sulit dibentuk, sulit dipindahkan, bahkan nantinya sulit untuk difinishing. Jika tidak dibangun dengan baik maka beton tidak akan kuat dan tahan lama.

2.3 Perancangan Campuran

Perancangan campuran beton (*mix design*) merupakan upaya untuk menentukan besarnya jumlah semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang akan digunakan dalam 1 m³ adukan guna memperoleh kuat tekan rencana dan kemudahan kerja yang ditetapkan. Perancangan campuran beton (*mix design*)

bermaksud untuk memenuhi komposisi dan proporsi bahan penyusun beton. Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknik dan ekonomis. Kriteria dasar perancangan beton adalah kekuatan tekan, tarik, dan hubungannya dengan factor air semen yang digunakan.

Pada dasarnya perancangan campuran dimaksudkan untuk mendapatkan proporsi campuran yang optimum dengan kekuatan yang maksimum. Pemilihan agregat yang digunakan juga mempengaruhi sifat pengerjaan. Butiran yang besar akan menyebabkan kesulitan, terutama karena akan menimbulkan segregasi. Jika ini terjadi, kemungkinan terbentuknya rongga-rongga pada saat beton mengeras akan semakin besar. Selain dua kriteria utamatersebut, hal lain yang patut dipertimbangkan adalah keawetan (*durability*) dan permeabilitas beton sendiri.

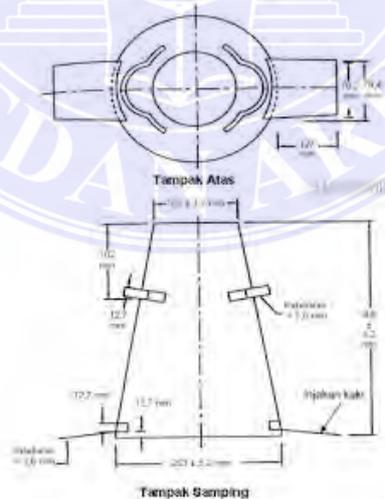
2.4 Pengujian Slump

Slump Test adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur tingkat konsistensi dari adonan beton yang baru dibuat sebelum digunakan. *Slump test* dilakukan untuk mengecek kemampuan beton ketika diaplikasikan pada pembuatan precast. Secara sederhana metode slump pada beton merupakan cara yang digunakan untuk mengetahui nilai konsistensi atau kekakuan campuran beton segar. Fungsi utama slump test yakni untuk menguji tingkat viskositas atau kekentalan adonan beton segar agar hasil akhirnya bisa mencapai nilai kuat tekan seperti yang diinginkan. Pengujian slump dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan

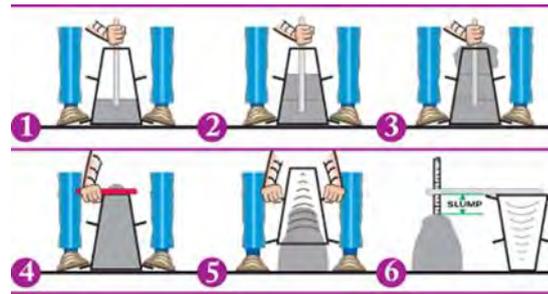
sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan slump dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian slump. Semakin tinggi nilai slump berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan (Badan Standarisasi Nasional, 1990). Dalam praktek, ada tiga macam tipe slump yang terjadi yaitu:

1. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
2. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
3. *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.



Gambar 1. Sketsa kerucut *abrams* (Setyawan, 2020)



Gambar 2. Pengujian *slump test* (Allamraju, 2017)

2.5 Perawatan Beton

Perawatan beton ialah suatu tahap akhir pekerjaan pembeconan, yaitu menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna (kira-kira selama 28 hari). Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga agar air didalam beton segar tidak keluar. Hal ini untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, maka oleh udara panas akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar, sehingga air dari dalam beton segar mengalir keluar, dan beton segar kekurangan air untuk hidrasi, sehingga timbul retak-retak pada permukaan betonnya (Tjokrodumuljo, 2007). Untuk menghindari terjadinya retak-retak pada beton karena proses hidrasi yang terlalu cepat, maka dilakukan perawatan beton dengan cara :

1. Menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab
2. Menaruh beton segar dalam genangan air
3. Menaruh beton segar dalam air
4. Menyelimuti permukaan beton dengan air
5. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah
6. Menyirami permukaan beton secara kontinyu
7. Melapisi permukaan beton dengan air dengan melakukan *compound*

2.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur.

Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 03- 6805 – 2002 dan ASTM C 39/C 39M-04a. Untuk pengujian kuat tekan beton, benda uji berupa silinder beton berdiameter 15 cm dan tingginya 30 cm ditekan dengan beban P sampai runtuh. Karena ada beban tekan P, maka terjadi tegangan tekan pada beton (σ_c) sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang beton (A), sehingga dirumuskan :

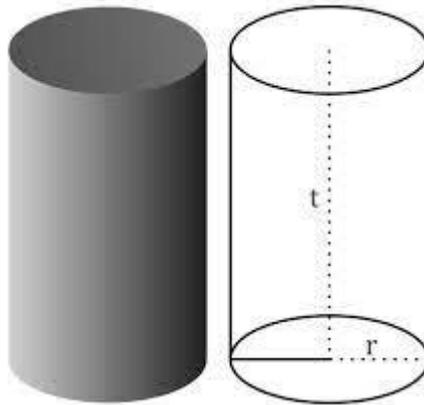
$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

dengan :

σ_c = tegangan tekan beton, MPa

P = besar beban tekan, N

A = luas penampang beton, mm



Gambar 3. Sketsa Benda Uji (Alawiyah, 2020)

2.7 Bahan Substitusi Tempurung Kelapa

Pohon kelapa adalah tanaman asli daerah tropis. Selain tumbuh liar, pohon kelapa juga tumbuh subur dengan melalui pembudidayaan. Jadi jangan heran, jika kelapa juga banyak ditemukan di seluruh penjuru Indonesia, mulai dari daerah pantai yang datar hingga daerah pegunungan yang tinggi. Sedangkan di kawasan padat penduduk seperti Pulau Jawa dan juga Bali. Pada umumnya pohon kelapa lebih banyak ditanam di tanah tegalan atau pekarangan. Sementara di daerah dengan kepadatan penduduk lebih rendah, seperti daerah transmigrasi, pohon ini lebih banyak ditanam di lahan terbuka dan lebih luas dengan pola monokultur.

Habitat pohon kelapa adalah daerah tropis yang lembab. Tanaman kelapa cukup mudah beradaptasi dengan perbedaan suhu. Tumbuhan ini hampir selalu dapat ditemukan di kawasan sepanjang garis khatulistiwa. Kelapa adalah tanaman serba guna bagi masyarakat. Hampir semua bagiannya dapat dimanfaatkan orang. Batang kelapa dapat dimanfaatkan untuk pembuatan alat-alat dapur seperti uleg-uleg (bahasa jawa) dan dapat juga dipakai untuk hiasan dan peralatan mebel seperti kursi dll. Batangnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Daunnya dipakai sebagai atap rumah setelah dikeringkan. Daun muda kelapa

disebut janur, dipakai sebagai bahan anyaman dalam pembuatan ketupat. Dalam upacara adat pernikahan Jawa, terdapat tradisi pemasangan tarub yang terbuat dari anyaman daun kelapa yang disebut dengan blekethepe. Blekethepe merupakan simbol dimulainya suatu rangkaian acara pernikahan dan simbol gotong royong karena pemasangannya dilakukan secara gotong royong antara ibu dan ayah mempelai perempuan. Kegiatan ini dilanjutkan dengan pemasangan tuwuhan (tumbuh-tumbuhan), dimana salah satu komponennya adalah cengkir gading (buah Kelapa Gading) yang melambangkan pengharapan akan keturunan. Upacara adat mitoni (tujuh bulanan wanita hamil) juga menggunakan cengkir gading, dengan dua buah kelapa yang masing-masing digambari Dewa Kamajaya dan Dewi Kamaratih. Dalam pewayangan, dewa dan dewi ini merupakan simbol kerukunan suami istri. Tangkai anak daun yang sudah dikeringkan disebut lidi, dihimpun menjadi satu menjadi sapu lidi. Bunga betinanya disebut blulukdapat dimakan. Endosperm kelapa gading dapat dimanfaatkan sebagai penawar racun.

Menurut data dari Kementerian Pertanian pada 2017, luas areal perkebunan kelapa di Indonesia menurut pulau didominasi oleh Pulau Sumatera sebanyak 1,05 juta hektar (32,90%), kemudian disusul Pulau Jawa sebanyak 781,67 ribu hektar (23,2%) dan Pulau Sulawesi sebanyak 781,23 ribu hektar (22,49%). Selanjutnya Pulau Papua dan Maluku, Bali dan Nusa Tenggara, serta Kalimantan masing-masing memiliki luas areal perkebunan kelapa sebanyak 376,64 ribu hektar (10,9%), 273,09 ribu hektar (7,86%), dan 203,94 ribu hektar (5,87%). Melihat sebaran perkebunan kelapa yang begitu luas, artinya Indonesia punya potensi besar dalam bidang ekspor. Mengingat, tanaman kelapa juga merupakan salah satu komoditas perkebunan penghasil devisa negara, sumber

pendapatan asli daerah (PAD), serta sumber pendapatan petani perkebunan dan masyarakat. Klasifikasi ilmiah tanaman kelapa adalah:

1. Kingdom : *Plantae*
2. Divisi : *Spermatophyta*
3. Kelas : *Liliopsida*
4. Ordo : *Arecales*
5. Famili : *Arecaceae*
6. Genus : *Cocos*
7. Spesies : *Cocos nucifera L.*

Kelapa adalah tumbuhan Angiosperma (berbiji tertutup) dari jenis Monokotil (berbiji tunggal). Sifat dan ciri kelapa adalah sifat tanaman jenis tersebut, yaitu:

1. Biji tertutup, biji kelapa tertutup lapisan yang tersusun dari 3 lapisan: eksokarp, mesokarp dan endokarp. Eksokarp atau lapisan terluar adalah kulit buah kelapa. Mesokarp atau lapisan tengah adalah serabut buah kelapa. Dan endokarp atau lapisan terdalam adalah batok kelapa.
2. Berbiji tunggal, kelapa adalah tanaman monokotil sehingga biji kelapa tidak berbelah.
3. Tidak bercabang, karena kelapa adalah tanaman monokotil, xilem dan floem di saluran pengangkut air di batang kelapa tidak dipisahkan oleh kambium. Akibatnya kelapa tidak bisa membentuk cabang dan hanya berpohon lurus saja.
4. Akar serabut, tanaman kelapa berbentuk serabut yang berukuran kecil namun berjumlah banyak. Kelapa terus menumbuhkan akar serabut ini

selama hidupnya. Jumlah serabut akar bisa mencapai ribuan pada pohon kelapa yang tua.

5. Berdaun tunggal, sebagaimana batangnya, daun kelapa juga tidak bercabang dan hanya berbentuk lurus saja.
6. Bunga majemuk, kelapa memiliki bunga yang bersifat majemuk, yaitu kelapa menghasilkan bunga jantan dan betina dalam satu pohon. Jumlah bunga yang dihasilkan satu pohon dapat berjumlah sangat banyak. Bunga ini setelah dibuahi akan membentuk buah kelapa.

Banyak manfaat pohon kelapa mulai dari akar paling dalam, hingga daunnya paling pucuk. Berikut manfaat pohon kelapa :

1. Dekorasi pada acara, dianyam menjadi sarang ketupat, tempat buah, keranjang sampah, kipas, sandal, tas tangan, topi. Tulang daun kelapa dapat menjadi bahan baku sapu lidi. Pucuk daun kelapa dapat dibuat menjjadi makanan, seperti asinan.
2. Akar, dapat dimanfaatkan sebagai obat-obatan herbal, pewarna makanan, sikat gigi. Selain itu, akar pohon kelas juga dimanfaatkan untuk konstruksi sebagai penyangga, penangkal banjir, dan beragam kerajinan yang bernilai ekonomi.
3. Batang, Batang pohon kelapa yang memiliki kepadatan keras akan cocok untuk digunakan sebagai pilar, gulungan, furnitur, kusen pintu, decking, dan balok lantai. Sedangkan batang yang miliki kepadatan menengah bisa digunakan untuk dinding, balok, langit-langit, dan kancing horizontal. Untuk batang pohon kelapa dengan kepadatan rendah bisa digunakan

untuk membuat panel kayu, lis internal, langit-langit, dan peralatan rumah tangga.

4. Buah, Buah dari pohon kelapa juga bisa dimanfaatkan untuk dikonsumsi. Buah kelapa yang masih muda bisa dikonsumsi air dan daging mudanya untuk dimakan yang akan berikan kesehatan untuk tubuh. Sedangkan kelapa yang sudah agak tebal bisa digunakan untuk membuat minyak kelapa, ataupun santan sebagai bahan makanan.
5. Tempurung kelapa, adalah bagian dari buah kelapa yang berupa endokrap, bersifat keras, dan di selimuti oleh sabut kelapa biasanya tempurung kelapa di gunakan sebagai bahan kerajinan, bahan bakar, dan briket. Pada bagian pangkal tempurung kelapa terdapat 3 titik lubang tumbuh (ovule) yang menunjukkan bahwa bakal buah asalnya berlubang 3 dan yang tumbuh biasanya 1 buah saja. Tempurung kelapa memiliki komposisi kimia mirip dengan kayu, mengandung lignin, pentosa, dan selulosa. Tempurung kelapa dalam penggunaan biasanya digunakan sebagai bahan pokok pembuatan arang dan arang aktif. Hal tersebut dikarenakan tempurung kelapa merupakan bahan yang dapat menghasilkan nilai kalor sekitar 6.500 – 7.600 Kkal/g. Untuk proses pengujian nilai kalor pada tempurung kelapa yaitu dengan menggunakan alat bomb calorimeter, selain memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, tempurung kelapa juga cukup baik untuk bahan arang aktif (Triono, 2006). Tempurung kelapa termasuk golongan kayu keras dengan kadar air sekitar 6-9 % (dihitung berdasar berat kering) yang tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa.

Tabel 1. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa (Suhardiyono, 1988)

Komponen	Persentase %
Lignin	29,4
Air	8,0
Abu	0,6
Komponen ekstraktif	4,2
Selulosa	26,6
Uronat anhidrat	3,5
Nitrogen	0,1
Hemiselulosa	27,7

Pada penelitian ini tempurung kelapa dibakar sampai semua bagian berubah menjadi arang, kemudian di tumbuk menjadi butiran halus berwarna hitam pekat. Dan dilakukan pengayakan untuk mendapatkan abu yang lolos saringan no. 200 agar abu tempurung kelapa dapat mengisi ruang-ruang kosong antar butiran sebagai bahan pengikat dan diharapkan mampu meningkatkan kuat tarik beton.

Tabel 2. Kandungan arang tempurung kelapa (Apriatun, 2020)

Komponen	Persentase %
Volatile	10,60 %
Karbon	76,32 %
Abu	13,08 %

2.8 Pelaksanaan Penelitian

2.8.1 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan Standart SNI-03-2834-2000. Salah satu tujuan penelitian digunakan perencanaan campuran beton dengan standar SNI-03-2834-2000 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Tingkat derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat saat pengujian slump.

2.8.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tingginya 30 cm, yang berjumlah 3 buah.

2.8.3 Pengujian *Slump*

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat workability-nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Target *slump* rencana sesuai mix design adalah 30 - 60 mm. Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 03-2834-2000).

2.8.4 Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air tawar dihari ke 28 untuk mendapatkan variasi dari kuat tarik belah beton sampel sampai saat uji kuat tarik belah beton dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 3 buah.

2.8.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk membandingkan kuat tekan hasil pengujian dengan kuat tekan rencana yang sesuai dengan standarisasi, dan melakukan koreksi terhadap rancangan campuran.

a. Peralatan

- 1) Mesin Kuat Tekan.
- 2) Timbangan kapasitas 25 kg dengan ketelitian minimum 0.01 kg.
- 3) Mistar ukur

b. Prosedur

1. Langkah pertama beton yang berbentuk kubus, yang telah di rawat sampai hari pengujian, diambil dari tempat perawatan. Kemudian permukaannya dilap sehingga kering, lalu masing-masing sampel diberi nomor atau tanda agar tidak tertukar.
2. Timbang benda uji, setelah itu lakukan pengukuran diameter dan tinggi. Luas benda uji yang akan ditekan dicatat (A) cm². Untuk benda uji berbentuk silinder ditimbang (B) gram. Dan benda uji dibawa ke mesin tekan.
3. Mesin tekan disiapkan dengan cara menyambungkan kabel antara bagian penekan dengan bagian kontrol. Kabel listrik dihubungkan antara mesin tekan dengan sumber arus.
4. Lalu mesin tekan diatur, agar jarak antara plat atas dengan plat bawah tidak terlalu jauh, yaitu dengan meletakkan plat sebagai ganjal. Diusahakan setelah benda uji dipasang pada mesin tekan, jarak antara sampel dengan plat atas tidak lebih dari 1(satu) cm.
5. Atur jarum penunjuk sampai menunjukkan angka 0 (nol) dengan cara memutarnya.
6. Lalu mesin tekan dijalankan dengan menekan tombol star, kemudian tombol rapid approach ditekan agar sampel terangkat menempel pada plat atas mesin tekan, sampai jarum penunjuk bergerak sedikit.
7. Lepas tombol rapid approach, sehingga mesin bergerak sendiri. Kecepatan pembebanan diatur dengan memutar load rate antara 0.14 – 0.34 Mpa / detik.

8. Bila beban sudah mencapai maksimum, jika jarum penunjuk berhenti dan kembali ke angka nol. Pada saat tersebut dicatat besar beban maksimum P_{maks} (KN).
9. Segera mesin penguji dihentikan dengan menekan tombol stop sampai sampel dapat diambil dari mesin tekan.



BAB III METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan untuk mengkaji potensi pemanfaatan abu tempurung kelapa untuk beton berkelanjutan yang inovatif.

Ada langkah-langkah metodologis yang akan diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

Adapun bahan penelitian yang digunakan yaitu :

1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen *Portland* merek Semen Padang.

2. Agregat halus (pasir)

Agregat halus diambil dari Panglong S Tuah Sembiring, Jalan Setia Budi No. 198. Tanjung Rejo, Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara.

3. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar diambil dari Panglong S Tuah Sembiring, Jalan Setia Budi No. 198. Tanjung Rejo, Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara.

4. Air

Air yang digunakan dari Laboratorium.

5. Bahan substitusi tempurung kelapa (halus)

Tempurung kelapa didapat dari limbah konsumsi pribadi.

6. Oli bekas

Oli bekas yang digunakan dari Laboratorium.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental, yaitu eksperimen yang bertujuan untuk menyelidiki kuat tekan beton. Benda uji yang dibuat dalam eksperimen ini berupa silinder beton yang nantinya akan diuji kuat tekan.

3.3 Sampel Penelitian

Pembuatan beton yang telah direncanakan yaitu 24 sampel dengan variasi 2,5%, 5%, 7,5% dengan bentuk benda uji silinder (15 cm x 30 cm) yang akan diuji kuat tekannya pada umur 14 hari dan 28 hari.

3.4 Analisis Data

3.4.1 Analisis Agregat Halus

1. Analisis saringan agregat halus

Analisis ayakan (saringan) bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat yang akan digunakan dengan menggunakan saringan. Gradasi digunakan untuk menentukan komposisi material pembentuk beton.

Tabel 3. Gradasi Kekasaran Pasir (SK-SNI-T-15-1990-03)

Lubang (mm)	Agak Kasar
10	100
4,8	90-100
2,4	75-100
1,2	55-90
0,6	35-59
0,3	8-30
0,15	0-10

Derajat kehalusann atau kekerasan suatu agregat ditentukan oleh modulus kehalusan atau finelles modulus.

Nilai Modulus Halus Butiran (MHB) dapat dicari dengan rumus :

$$MHB = \frac{\sum \% \text{ tertahan komulatif}}{100}$$

Pada umumnya pasir dapat dikelompokkan menjadi 3 tingkat kehalusan, yaitu :

- a. Pasir halus : 2,20 – 2,60
- a. Pasir sedang : 2,60 – 2,90
- b. Pasir kasar : 2,90 – 3,20

Alat yang digunakan untuk pengujian :

- a. Pan
- b. Ayakan
- c. Mesin ayakan (*shieve sheker machine*)
- d. Timbangan

Tahapan pengujian :

- a. Ambil pasir yang kering dengan berat sampel 500 gram.
 - b. Sediakan ayakan dan susun berurut dari atas ke bawah sesuai ukurannya 4.75, 2.36, 1.18, 0.6, 0.3, 0.15 dan pan.
 - c. Masukkan pasir kedalam ayakan kemudian tutup.
 - d. Letakan ayakan di atas mesin penggetar (*shieve sheker machine*).
 - e. Hidupkan mesin selama 15 menit.
 - f. Timbang sampel yang tertahan pada masing-masing ayakan.
2. Berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry* (SSD) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan air oleh agregat halus.

Alat yang digunakan untuk pengujian :

- a. Pan
- b. Piknometer
- c. Timbangan
- d. Cetakan kerucut (*mould*)
- e. Batang penumbuk
- f. Saringan no. 4

Tahapan pengujian :

- a. Sediakan pasir secukupnya
- b. Rendam pasir ke dalam air selama 24 jam
- c. Setelah 24 jam keringkan pasir dengan cara dianginkan hingga kering permukaan.
- d. Untuk menentukan pasir dalam kondisi SSD yaitu, masukkan pasir ke dalam mould 1/3 tinggi mould, lalu tumbuk 25 kali, kemudian isi lagi sebanyak 2/3 tinggi, tumbuk lagi sebanyak 25 kali, demikian seterusnya isi hingga penuh dan tumbuk sebanyak 25 kali. Setelah itu angkat mould secara perlahan. Dan apabila pasir runtuh pada bagian tepi atasnya berarti pasir dalam keadaan SSD.
- e. Sediakan pasir dalam keadaan SSD dengan berat 500 gram. Kemudian masukkan pasir ke dalam piknometer dan kemudian diisi dengan air dan diguncang berulang-ulang dengan tujuan agar udara dalam pasir keluar, yang ditandai dengan adanya buih dalam air. Buih yang terdapat dalam piknometer dibuang.
- f. Timbang berat piknometer + air + pasir.

- g. Buang isi piknometer lalu isi dengan air bersih hingga batas maksimum air.
- h. Timbang berat piknometer yang berisi air, dan catat hasilnya
- i. Untuk pasir yang sudah dikeringkan lakukan penimbangan.

Persyaratan untuk berat SSD harus berada diantara berat jenis kering dan berat jenis semu, sedangkan untuk spesifikasi absorbs harus $< 5\%$ dari hasil pemeriksaan yang didapat, maka material tersebut memenuhi persyaratan.

3. Berat isi agregat halus

Berat isi agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis, gradasi agregat, diameter maksimum agregat. Dalam SNI No. 52-1989, berat isi agregat beton disyaratkan harus lebih dari 1,2 kg/liter.

Alat yang digunakan dalam pengujian :

- a. Bejana
- b. Timbangan
- c. Tongkat penumbuk

Tahapan pengujian :

- a. Dengan cara gembur :
 - 1) Timbang berat bejana dan catat
 - 2) Masukkan pasir ke dalam bejana dan ratakan permukaan bejana
 - 3) Timbang bejana yang sudah berisi pasir lalu catat
 - 4) Kemudian timbang bejana yang berisi air lalu catat
- b. Dengan cara padat :

- 1) Masukkan pasir 1/3 bagian bejana lalu dirojok sebanyak 25 kali, tambahkan pasir 2/3 bagian bejana dan dirojok sebanyak 25 kali, kemudian masukkan pasir pada bejana sampai penuh lalu dirojok sebanyak 25 kali, dan ratakan permukaan bejana
 - 2) Timbang bejana yang sudah berisi pasir lalu catat
 - 3) Kemudian timbang bejana yang sudah berisi air lalu catat.
4. Kadar lumpur agregat halus

Tujuan penelitian :

Menerangkan prosedur pemeriksaan kadar air pada agregat dan menghitung presentase kadar air pada agregat.

Pedoman Penelitian :

Kandungan lumpur tidak dibenarkan melebihi 5% apabila melebihi maka pasir harus dicuci.

Prosedur Pengujian :

- a. Timbang pasir seberat 250 gr
- b. Rendam pasir dengan menggunakan air selama 24 jam
- c. Masukkan pasir ke dalam ayakan lalu cuci pasir dengan cara di remas-remas, sampai air cucian dalam ayakan terlihat jernih
- d. Pasir yang telah bersih diletakkan ke dalam pan, dan keringkan pasir sampai kering. Timbang dan catat beratnya.

3.4.2 Analisis Agregat Kasar

1. Analisis Ayakan Agregat Kasar

Tujuan analisis ayakan :

Untuk mengetahui gradasi dari agregat kasar dan menghitung modulus halus butiran (MHB).

Prosedur pengujian :

- a. Benda uji dikeringkan terlebih dahulu.
- b. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang diisyaratkan.
- c. Susun saringan ayakan
- d. Masukkan agregat kasar dari atas dan tutup
- e. Letakkan saringan di alat penggetar dan mulai diayak selama ± 15 menit.
- f. Timbang berat agregat yang tertahan di setiap ayakannya.

Tabel 4 Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000)

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan		
Mm	SNI	ASTM	Inch	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40
75	76	3 in	3,00			100-100
37,5	38	1½ in	1,50		100-100	95-100
19,0	19	¾ in	0,75	100-100	95-100	35-70
9,5	9,6	3/8 in	0,3750	50-85	30-60	10-40
4,75	4,8	No. 4	0,1870	0-10	0-10	0-5

Gradasi yang digunakan adalah gradasi untuk analisis saringan terhadap penelitian ini adalah gradasi untuk ukuran maksimal 20 mm.

2. Berat Jenis Agregat Kasar

Tujuan :

Untuk menentukan berat jenis dan presentase air yang dapat diserap oleh agregat kasar.

Prosedur penelitian :

- a. Timbang kerikil seberat 1000 gram

- b. Rendam kerikil selama 24 jam, lalu keringkan dengan menggunakan lap kain, sample dalam keadaan ini disebut dalam keadaan SSD.
- c. Ambil kerikil yang jenuh kering permukaan (SSD) masukkan ke dalam bejana bercorong dan isi air sampai penuh.
- d. Keluarkan air dari bejana sampai air yang dikeluarkan habis.
- e. Masukkan sample ke dalam keranjang, timbang dan catat beratnya.
- f. Lalu sample dihampar di atas pan dan masukkan ke dalam oven selama 24 jam.

3. Berat Isi Agregat Kasar

Tujuan :

Untuk mengetahui berat isi dari pada agregat kasar (kerikil) dalam satuan isi.

Prosedur Pengujian :

- a. Berat isi lepas :
 - 1) Ambil sampel dengan menggunakan sekop, tuangkan ke dalam bejana secara perlahan-lahan, jarak antara sekop dengan bejana 5 cm
 - 2) Pengisian dilakukan sampai bejana penuh dan diratakan
 - 3) Kemudian bejana dengan isinya ditimbang beratnya dan dicatat
 - 4) Buang isi bejana, kemudian isi air dan ukur air dengan thermometer
 - 5) Lakukan percobaan ini sebanyak 2 kali.
- b. Berat isi padat :

- 1) Ambil sample kerikil, masukkan ke dalam 1/3 dari tinggi bejana, lalu dirojok-rojok menggunakan besi perojok sebanyak 25 kali
- 2) Tambah sample 1/3 bagian lagi sehingga 2/3 bagian, lakukan kembali perojok sebanyak 25 kali dengan ketentuan tidak melewati bagian pertama
- 3) Tambah 1/3 sample rojok kembali sebanyak 25 kali, lalu tambah lagi sampai terisi penuh rojok 25 kali dan ratakan
- 4) Bejana yang telah terisi ditimbang dan dicatat beratnya
- 5) Buang isi bejana, kemudian bejana ditimbang beratnya
- 6) Bejana diisi dengan air sampai penuh, lalu ditimbang beratnya.

3.4.3 Bahan Tambah Tempurung Kelapa

Pengolahan Tempurung Kelapa

Tujuan :

Mengoptimalkan tempurung kelapa sebagai bahan substitusi terhadap agregat halus.

Alat :

- a. Pisau

Bahan : Tempurung Kelapa

Prosedur Pengujian :

- a. Pengumpulan tempurung kelapa
- b. Melakukan pengikisan sabut kelapa menggunakan pisau
- c. Lakukan pengeringan terhadap tempurung sampai tempurung benar-benar kering
- d. Bakar tempurung kelapa

- e. Setelah tempurung terbakar dengan sempurna haluskan tempurung menjadi butiran kecil.

3.5 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*) K-225

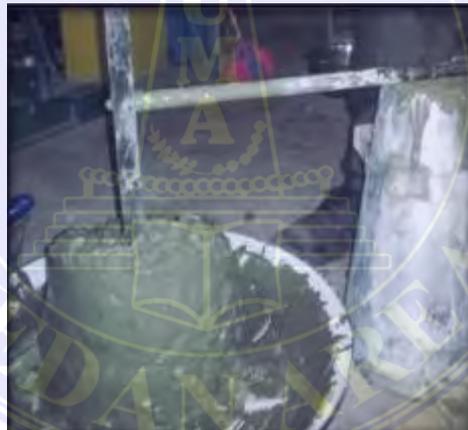
Perencanaan campuran (*mix design*) yang dilakukan mengacu pada SNI-03-2834-2000. Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan campuran beton, mulai dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Hasil dari *mix design* ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

3.6 Pengujian *Slump*

Uji *slump* merupakan sebuah cara untuk mengetahui, sekaligus menentukan konsistensi atau tingkat kekakuan campuran beton segar. Hal tersebut dilakukan untuk menilai *workability* dari beton yang dibuat. Ringkasnya maka metode *slump* pada beton merupakan cara yang digunakan untuk mengetahui nilai konsistensi atau kekakuan campuran beton segar. Proses pengujian *slump* dapat dilakukan secara laboratorium di lapangan (pengujian *ready mix* di lapangan).

Hasil pengujian beton berupa nilai *slump*. Nilainya dinyatakan dalam bentuk satuan internasional dan memiliki standar. Proses pengujian *slump* dimulai dengan membasahi cetakan kerucut abrams dan platnya dengan memakai kain basah dan meletakkan cetakan berada di atas plat. Kemudian mengisi kerucut abrams dengan 1/3 beton segar lalu dipadatkan dengan memakai batang logam secara merata dengan melakukan penusukan. lapisan yang ditusuk pada bagian tepi dengan menggunakan besi miring sesuai dinding cetakan. Pastikan besi yang

dipakai menyentuh pada bagian dasar. Anda perlu melakukan penusukan sekitar 25-30 kali tusukan. Mengisi kembali cetakan kerucut dengan 1/3 bagian beton segar (2/3 beton segar dalam cetakan secara menyeluruh), lalu melakukan penusukan sebanyak 25-30 kali tusukan. Usahakan untuk menusuk besi pada lapisan pertama. Mengisi 1/3 beton segar ke dalam cetakan sesuai langkah sebelumnya. Setelah melakukan pemadatan, selanjutnya meratakan permukaan benda uji dan dapat menunggu selama 30 detik kemudian dilanjutkan dengan membersihkan kelebihan beton di luar cetakan dan plat selama proses menunggu. Lalu mengangkat cetakan secara perlahan tegak lurus ke atas dan mengukur nilai slump dengan cara membalikkan kerucut abrams di sampingnya memakai beda tinggi rata-rata dari benda uji.



Gambar 5. Pengujian Slump (Dokumentasi Penelitian, 2023)

3.7 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari. Pengujian uji kuat tekan beton menggunakan *Compression Testing Machine* yaitu suatu alat yang menekan benda uji silinder untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton. Untuk menghitung kuat tekan beton maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg / cm}^2\text{)}$$

Ket :

F'c = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Beban maksimal (kg)

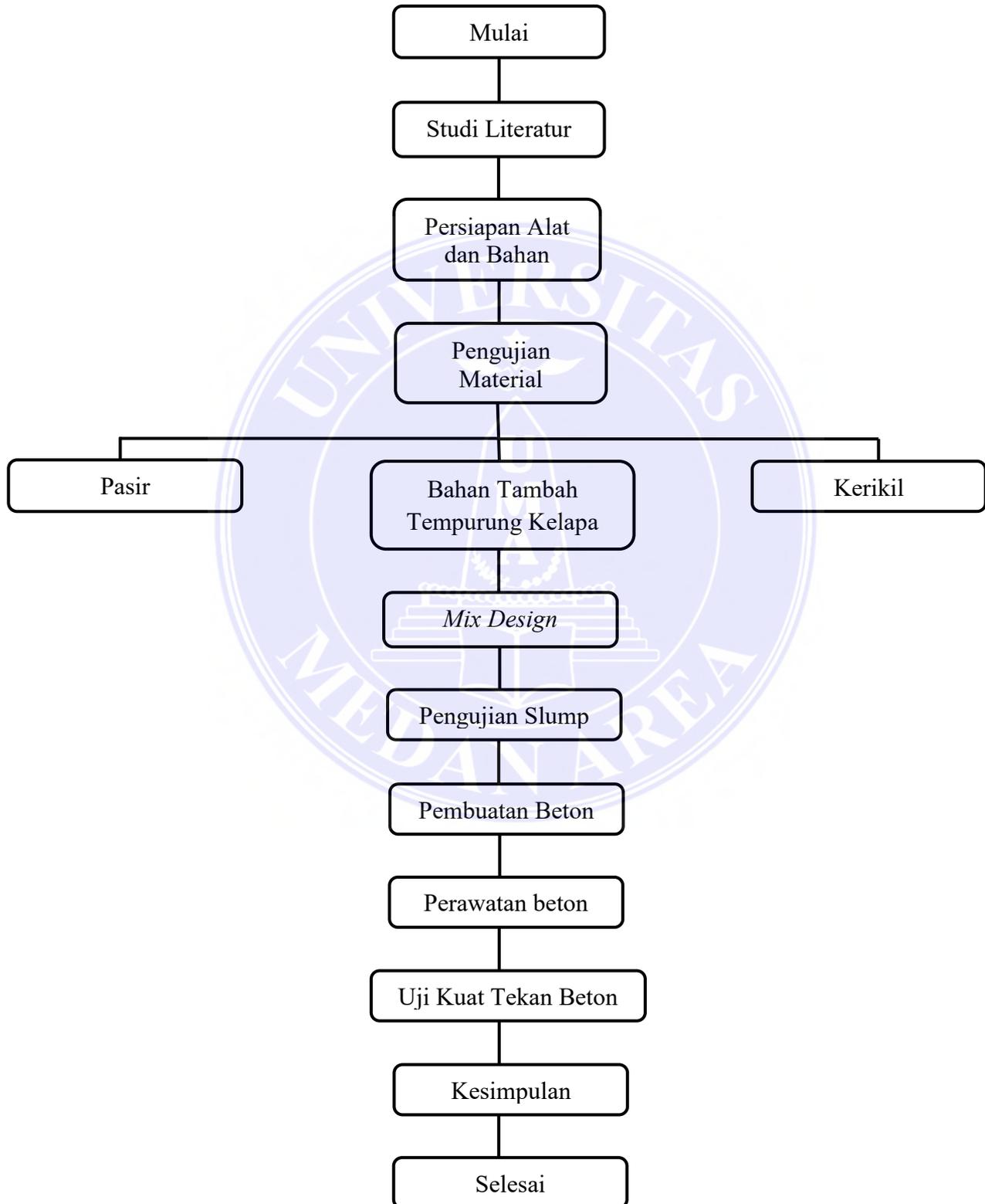
A = Luas penampang benda uji (cm²)



Gambar 6. Pengujian Kuat Tekan Beton (Dokumentasi Penelitian, 2023)

3.8 Bagan Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian yang dilaksanakan dilaboratorium dapat dilihat pada bagan alir sebagai berikut:



Gambar 7. Bagan Alir Penelitian (Dokumentasi Penelitian, 2023)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh substitusi abu tempurung kelapa terhadap kuat tekan beton dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini pengujian kuat tekan yang tertinggi diperoleh pada beton normal dan tempurung kelapa 2,5% perawatan 28 hari yaitu sebesar 22,7 MPa. Sedangkan hasil pengujian kuat tekan beton normal, substitusi abu tempurung kelapa 5%, abu tempurung kelapa 7,5% masing-masing kuat tekannya 22,1 MPa, 20,09 MPa, 19,7 MPa.
2. Substitusi abu tempurung kelapa pada kadar tertentu pada campuran beton mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan.
3. Semakin banyak substitusi abu tempurung kelapa pada adonan beton semakin rendah pula nilai kuat tekan beton.
4. Semakin banyak kadar abu tempurung kelapa yang digunakan pada campuran beton membuat berat benda uji semakin ringan.
5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan tempurung tidak dapat digunakan sebagai bahan substitusi pada campuran beton dikarenakan hasil uji kuat tekan beton mengalami penurunan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat menjadi saran untuk penelitian selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian senyawa kimia yang ada pada tempurung kelapa sebagai bahan substitusi pada campuran beton.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, jumlah sampel yang lebih banyak untuk mendapatkan nilai karakteristik yang lebih baik.
3. Berdasarkan hasil penelitian ini, peneliti menyarankan agar bahan tempurung kelapa tidak digunakan dalam pembuatan beton dikarenakan nilai kuat tekan beton mengalami penurunan.
4. Untuk peneliti selanjutnya perlu dicoba penelitian penambahan tempurung kelapa pada campuran kelapa dengan ditambah bahan kimia lainnya untuk meningkatkan nilai kuat tekan beton sehingga dapat mengurangi limbah tempurung kelapa.

5.3 Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat keterbatasan masalah antara lain:

1. Terbatasnya jumlah benda uji yang direncanakan.
2. Kurangnya variasi campuran substitusi abu tempurung kelapa dan lama hari perawatan beton sehingga terbatasnya hasil uji kuat tekan beton sebagai bahan data observasi lebih lanjut.
3. Peralatan yang digunakan pada proses pembuatan dan pengujian benda uji beton di Laboratorium perlu adanya pembaharuan, seperti: mesin uji kuat tekan dan timbangan mengingat sangat diperlukannya tingkat ketelitian terhadap pembacaan bahan, pembacaan hasil, ataupun benda agar tidak berdampak buruk pada hasil yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, I. (2023). Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Air Laut Serta Pengaruhnya Terhadap Variasi Perendaman. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 12(1), 10-15.
- Akbar, F., Ariyanto, A., Eng, M. Bambang Edison, & Pd, S. (2014). *Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100*. *Jurnal Mahasiswa Teknik, 2014 – e-Journal.Upp.Ac.Id*, 1(1), 1-11. https://scholar.google.co.id/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&scioq=PENGGUNAAN+TEMPURUNG+KELAPA+TERHADAP+KUAT+TEKAN+BETON+K-100&q=PENGGUNAAN+TEMPURUNG+KELAPA+TERHADAP+KUAT+TEKAN+BETON+K-100&btnG=
- Angriani, D. dan Romanty H. 2012. *Pengaruh Penambahan Serat Nilon Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Mutu K-250*. Skripsi. Universitas Borneo, Tarakan.
- Ansori, M. A., Ridwan, A., & Cahyo, Y. (2019). Penelitian Uji Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Air Limbah Tetes Tebu Dan Zat Additive Concrete. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS)*, 2(1), 16-28.
- Badan Standardisasi Nasional. 1990. SNI 03-1968-1990 *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Badan Standar Nasional Indonesia, 1-15
<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/dr-slamet-widodo-stmt/sni-03-1968-1990.pdf>
- Fani Surya Rizki, Z.F. 2020. *Tugas akhir pengaruh penambahan limbah serbuk kayu sebagai substitusi parsial agregat halus dengan bahan tambahan 78 concrete additive terhadap kuat tekan beton*
- Handika, S.W., Blima, O., Andy, K.A., dan Yosef, E.G.. 2022. *Penambahan Limbah Cacahan Tempurung Kelapa terhadap Uji Kuat Tekan dan Lentur Beton pada Mutu Beton ($F_c'19,3$ Mpa)* 1:263-284
- Hasibuan, Samsul & Prayuda, Hakas & Zuhanda, Muhammad & Anisa, Yuan. (2024). *Enhancing concrete strength and sustainability: the role of Medan Barangan banana skin powder as a cement substitute*. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*. 10. 1731-1741. 10.19101/IJATEE.2023.10102126.
- Hidayat, Rahmat. 2016. *Pengaruh Penggunaan Tempurung Kelapa Sebagai Penambah Agregat Kasar Mutu Beton $F_c'17$ Mpa Terhadap Kuat Tekan Beton*. Skripsi. Universitas Medan Area, Medan.

- Kurniawan, K. D., Ridwan, A., & Cahyo, Y. (2020). Uji Kuat Tekan Dan Arbsorpsi Pada Beton Ringan Dengan Penambahan Limbah Bata Ringan Dan Bubuk Talek. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS)*, 3(1), 1-11.
- Krisna, A. D., Winarto, S., & Ridwan, A. (2019). Penelitian Uji Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Limbah Ampas Tebu Dan Zat Additif Sikacim Bonding Adhesive. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS)*, 2(1), 1-15.
- Langitan, G. M., Sumajouw, M. D., & Dapas, S. O. (2022). *STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT LOKAL DAN ABU ARANG TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI SUBTITUSI PARSIAL SEMEN. JURNAL SIPIL STATIK*, 10(2)
- Lestari, W. (2017). Pengujian Komposisi Campuran Beton Mutu K-250 Berdasarkan Sni 7394: 2008 dengan Menggunakan Material Alami Gorontalo (Quarry Sungai Bone). *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 5(1), 72-83.
- Mendrofa, Ricky Wahyudi. 2022. *Pengaruh Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton*. Skripsi. Universitas Medan Area.
- Mucitra, Randy Khummar dan Arif Baihaki. 2012. *Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Mutu K-250*. Skripsi. Universitas Borneo Tarakan.
- Mukhlis Iwan Mustaqim, Juli Marliansyah, A. R. 2017. *Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Paving Block*. *Jurnal Mahasiswa Teknik*, 3, 1-9
- Novitasari, D., Jamal, M., & Widiastuti, M. (2022). ANALISA KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN TEMPURUNG KELAPA PADA CAMPURAN BETON DENGANSIKAFUMESEBAGAI BAHAN TAMBAH. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 6(2), 70-76.
- Panjaitan, N. (2019). *PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU DAN TEMPURUNG KELAPA TERHADAP KUAT TEKAN BETON* (Doctoral dissertation, UNIMED).
- Ramdani, Lalu Mochamad Wahyu. 2020. *Pengaruh Penggunaan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Sebagai Agregat Kasar Terhadap Sifat Mekanik Beton*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Rizquita, G. Q. (2020). *PENELITIAN Uji Santo Pengaruh Penggunaan Batu Apung Sebagai Substitusi Agregat Kasar pada Campuran Beton Terhadap Workability dan Kuat Tekan*

BETON (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP BANDUNG).

Sartan, N., Julius, T.O.R.A., Nurhayati, D., Muhammad, R.O., dan Rahman, A.D. 2022. *Analisis Karakteristik Beton Menggunakan Tempurung Kelapa Pengganti Sebagai Agregat Kasar dengan Mutu FC 20 MPA* 10:202-210

Van Gobel, F. M. (2017). *Nilai Kuat Tekan Beton Pada Slump Beton Tertentu. RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 5(1), 22-33.

Wartini and Indah, S.F. 2023. *Analisis Kuat Tekan dan Kuat Lentur Campuran Beton dengan Penambahan Serbuk Arang Tempurung Kelapa* 11:1-69

SNI 03-2834-2000, 2000. *Metode Mix Design Beton*.







Tempurung kelapa yang belum di bersihkan



Tempurung kelapa yang sudah di bersihkan



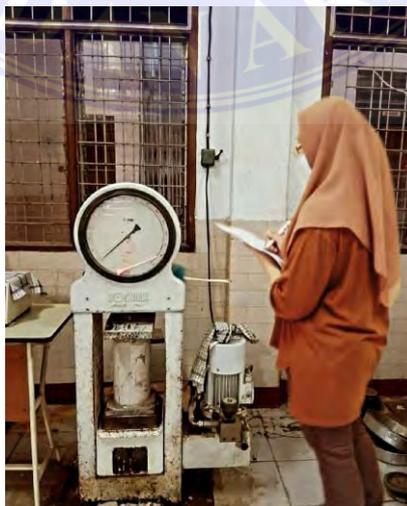
Pembakaran tempurung kelapa hingga jadi abu



Menghaluskan tempurung kelapa



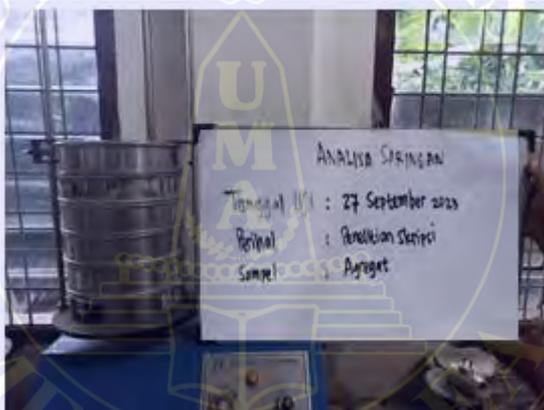
Tempurung kelapa yang sudah dihaluskan



Uji kuat tekan beton



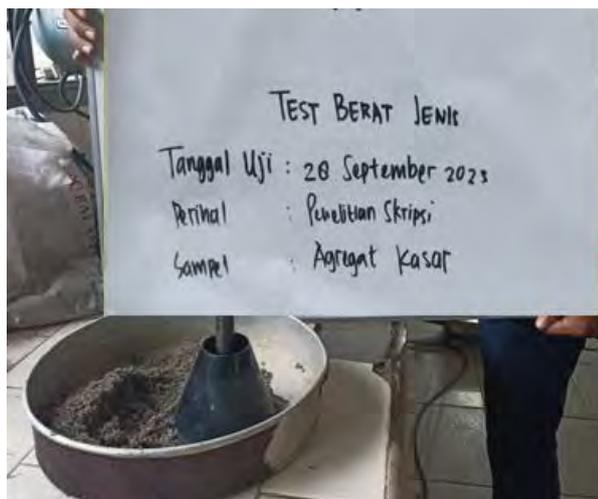
Benda uji



Analisa Saringan



Uji Berat Isi Agregat



Uji Berat Jenis Agregat



Uji Slump



Perendaman Beton



Penimbangan Berat Benda uji



Timbangan



Piknometer