

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ABU CANGKANG  
KELAPA SAWIT (*PALM KERNEL SHELL*) TERHADAP  
KUAT TEKAN BETON NORMAL**



**NAMA : AINUL MARDIAH**

**NIM : 1822201013**

**Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Mendapatkan  
Gelara Sarjana S1 Teknik Sipil**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI  
RIAU  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN DEWAN PENGUJI  
UJIAN TUGAS AKHIR S1 TEKNIK SIPIL**

No.	Nama	Tanda Tangan
1	Beny Setiawan, M.T.	 (.....)
2	Yusnira, M.Si.	 (.....)
3	Hanantatur Adeswastoto, S.T., M.T.	 (.....)
4	Aris Fiatno, S.T., M.T.	 (.....)

Mahasiswa :

Nama : AINUL MARDIAH

NIM : 1822201013

Tanggal Ujian: 28 Juli 2022

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Penelitian Tugas Akhir yang Berjudul :

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ABU CANGKANG KELAPA  
SAWIT (*PALM KENEL SHELL*) TERHADAP  
KUAT TEKAN BETON NORMAL**

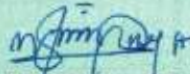
Disusun Oleh :

NAMA : AINUL MARDIAH  
NIM : 1822201013  
Program Studi : S1 Teknik Sipil

Bangkinang, 28 Juli 2022

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Beny Setiawan, M.T.  
NIDN. 1005048902

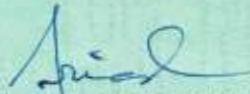
Pembimbing II



Y u s n i r a, M.Si.  
NIDN. 0404037302

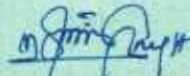
Mengetahui:

Fakultas Teknik  
Dekan,



Emon Azrindi, S.T., M.Sc.E.  
NIDN. 1001117701

Program Studi S1 Teknik Sipil  
Ketua,



Beny Setiawan, M.T.  
NIDN. 1005048902

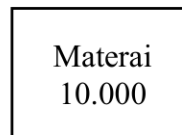
## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa:

1. Penelitian Tugas Akhir yang penulis susun ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik baik di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Penelitian Tugas Akhir ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan penulis sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan dari pembimbing.
3. Penelitian Tugas Akhir ini tidak memuat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan disebutkan nama pengarangnya dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini penulis buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dalam pernyataan ini, penulis bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang penulis peroleh karena Penelitian Tugas Akhir ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Bangkinang, 28 Juli 2022

Saya yang Menyatakan,



**Ainul Mardiah**  
**1822201013**

**CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
FACULTY OF ENGINEERING  
PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI UNIVERSITY**

**Final Project Research Results Seminar, 28 July 2022  
AINUL MARDIAH**

***ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDING PALM KERNEL SHELL ASH  
TO NORMAL CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH***

**xiv + 97 Pages + 23 Tables + 9 Figures + 29 Appendices**

***ABSTRACT***

*The current development of the construction industry in Indonesia has an impact on increasing the use of concrete as a building construction material. Various attempts have been carried out in research to obtain advances in concrete technology, i.e. the addition of admixture materials, one of the additives that can be used in the manufacture of concrete is palm kernel shell ash. In this study, palm kernel shell ash were used as an additive in normal concrete. This study meets the principles of environmentally friendly technology and is included in the direction of circular economy research. The type of research used in this study is laboratory material testing to find the effect and value of the addition of palm kernel shell ash on the density and compressive strength of normal concrete. The results showed that testing the specific gravity of normal concrete with the addition of palm kernel shell ash with variations of 0%, 1.5%, 3%, and 7% did not affect the specific gravity of normal concrete and had met the standard specific gravity of normal concrete that had been set. This is proven by the results of the specific gravity test which has the value of each variation of the addition of palm kernel shell ash ranging from 2265 Kg/m<sup>3</sup> – 2306 Kg/m<sup>3</sup> at each age of concrete. The results of the normal concrete compressive strength test with the addition of palm kernel shell ash have a good effect on the value of normal concrete compressive strength in the addition variation of 1.5%, this is proven by the results of research on the compressive strength of normal concrete of 161 Kg/cm<sup>2</sup> at the age of 28 days, while the addition of palm kernel shell ash by 3% and 7% has a compressive strength value below the addition of palm kernel shell ash variation of 1.5%.*

***Keywords: Normal concrete, palm kernel shell, specific gravity, compressive strength.***

***Reading list: 42 (1990-2022)***

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI**

**Seminar Hasil Penelitian Tugas Akhir, 28 Juli 2022**

**AINUL MARDIAH**

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT (*PALM KERNEL SHELL*) TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL**

**xiv + 97 Halaman + 23 Tabel + 9 Gambar + 29 Lampiran**

**ABSTRAK**

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia saat ini telah berdampak pada meningkatnya penggunaan beton sebagai bahan konstruksi bangunan. Berbagai upaya telah dilakukan penelitian guna memperoleh kemajuan dalam teknologi beton yaitu penambahan bahan *admixture*, salah satu bahan tambahan yang dapat digunakan dalam pembuatan beton adalah abu cangkang kelapa sawit. Pada penelitian ini, abu cangkang kelapa sawit dimanfaatkan untuk menjadi bahan tambahan pada beton normal. Pemanfaatan ini memenuhi prinsip teknologi ramah lingkungan dan termasuk dalam arah penelitian ekonomi sirkular (*Circular Economy*). Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian bahan laboratorium untuk mencari pengaruh dan nilai dari penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap berat jenis dan kuat tekan beton normal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian berat jenis beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi sebesar 0 %, 1,5 %, 3 %, dan 7 % tidak mempengaruhi berat jenis pada beton normal dan telah memenuhi standar berat jenis beton normal yang telah ditetapkan. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian berat jenis yang memiliki nilai dari masing-masing variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit berkisaran antara 2265 Kg/m<sup>3</sup> – 2306 Kg/m<sup>3</sup> pada setiap umur beton. Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit mempunyai pengaruh yang baik bagi nilai kuat tekan beton normal di variasi penambahan 1,5%, ini dibuktikan dengan hasil penelitian terhadap kuat tekan beton normal sebesar 161 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari, sedangkan penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 3 % dan 7 % memiliki nilai kuat tekan dibawah penambahan variasi abu cangkang kelapa sawit sebesar 1,5 %.

**Kata Kunci : Beton normal, abu cangkang sawit, berat jenis, kuat tekan.  
Daftar Bacaan : 42 (1990-2022)**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit (*Palm Kernel Shell*) Terhadap Kuat Tekan Beton Normal**”.

Penelitian ini diajukan guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai. Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada yang terhormat:

1. Bapak Prof. Dr. Amir Luthfi, selaku Rektor Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.
2. Bapak Emon Azriadi, S.T., M.Sc.E., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.
3. Bapak Beny Setiawan, M.T., selaku Ketua Prodi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, sekaligus pembimbing I yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan serta arahan petunjuk dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.
4. Ibu Yusnira, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan serta arahan petunjuk dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.
5. Bapak Hanantatur Adeswastoto, S.T., M.T., selaku Sekretaris Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai sekaligus Narasumber I yang telah memberikan kritik dan saran dalam kesempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Aris Fiatno, S.T., M.T., selaku Narasumber II yang telah memberikan kritik dan saran dalam kesempurnaan pelaksanaan Tugas Akhir ini.

7. Bapak dan Ibu dosen Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai yang telah memberikan kesempatan dan kemudahan bagi penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan membantu keberhasilan Tugas Akhir ini. Terimakasih kepada Dona Putra, Lc., yang telah memberikan semua dukungan dan mendoakan yang terbaik dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Asisten Laboratorium Teknik Terpadu yang ikut berpartisipasi dalam pengambilan data yang diteliti pada Tugas Akhir ini. Terimakasih kepada Rezki Mardona, Ramadhan Saputra, Ade Septiawan dan M. Rafly Alfayed.
10. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2018 Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai yang telah bermurah hati dalam membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Seluruh keluarga besar Mahasiswa Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai angkatan tahun 2017, 2018, 2019, 2020 dan 2021 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada peneliti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Seluruh sahabat dan saudara yang memberikan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
13. Seluruh pihak yang terlibat yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dari segi penampilan dan penulisan. Oleh karena itu, penulis senantiasa mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Bangkinang, 28 Juli 2022

Penulis



**DAFTAR ISI**

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN DEWAN PENGUJI .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b><i>ABSTRACT</i> .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Penelitian .....	1
B. Rumusan Penelitian.....	6
C. Batasan Penelitian .....	7
D. Tujuan Penelitian .....	8
E. Manfaat Penelitian .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
A. Tinjauan Pustaka .....	9
B. Kerangka Teori.....	11
1. Pengertian dan Klasifikasi Beton .....	11
2. Bahan Campuran Beton Normal.....	14

3.	Pemeriksaan Agregat .....	23
4.	Perencanaan Campuran ( <i>Mix Design</i> ) .....	35
5.	Perawatan Beton .....	47
6.	Pengujian Berat Jenis.....	49
7.	Pengujian Kuat Tekan.....	50
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>52</b>
A.	Desain Penelitian.....	52
B.	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	52
1.	Lokasi Penelitian .....	52
2.	Waktu Penelitian.....	53
C.	Metode Pengumpulan Data.....	53
1.	Bahan .....	54
2.	Peralatan .....	55
D.	Prosedur Penelitian.....	56
1.	Prosedur Pemeriksaan Agregat Halus .....	56
2.	Prosedur Pemeriksaan Agregat Kasar .....	64
3.	Prosedur Pembuatan Beton Normal .....	69
4.	Prosedur Pemeriksaan <i>Slump Test</i> Beton .....	69
5.	Prosedur Perawatan Beton.....	70
6.	Prosedur Pengujian Berat Jenis .....	71
7.	Prosedur Pengujian Kuat Tekan .....	72
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>73</b>
A.	Pemeriksaan Material Agregat.....	73
1.	Agregat Halus .....	73
2.	Agregat Kasar .....	81

B.	Perencanaan Campuran dan Pembuatan Benda Uji.....	87
1.	Perencanaan Campuran .....	87
2.	Pembuatan Campuran.....	88
3.	<i>Slump Test</i> .....	88
C.	Pengujian Berat Jenis .....	90
D.	Pengujian Kuat Tekan .....	93
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>98</b>
A.	Kesimpulan .....	98
B.	Saran.....	100

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Luas dan Produksi Perkebunan Rakyat Komoditi Kelapa Sawit Menurut Kecamatan Tahun 2013 .....	4
Tabel 1. 2	Jumlah Benda Uji.....	7
Tabel 2. 1	Gradasi Agregat Halus.....	16
Tabel 2. 2	Kandungan Unsur Kimia Abu Cangkang Kelapa Sawit.....	22
Tabel 2. 3	Spesifikasi Standar Agregat .....	35
Tabel 2. 4	Faktor Air Semen .....	37
Tabel 2. 5	Jumlah Berat Air dan Persen Udara Terperangkap.....	40
Tabel 2. 6	Persen Volume Agregat Kasar .....	41
Tabel 2. 7	Nilai <i>Slump Test</i> Beton .....	45
Tabel 2. 8	Standar Nilai Kuat Tekan Beton.....	51
Tabel 4. 1	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus .....	74
Tabel 4. 2	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus.....	75
Tabel 4. 3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus .....	76
Tabel 4. 4	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus .....	78
Tabel 4. 5i	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus .....	79
Tabel 4. 6i	Pemeriksaan Bahari Lolos Saringan Nomor 200 Agregat Halus ....	80
Tabel 4. 7	Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus .....	81
Tabel 4. 8	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar .....	82
Tabel 4. 9	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar.....	83
Tabel 4. 10i	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	84
Tabel 4. 11	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar .....	85
Tabel 4. 12i	Pemeriksaan Ketahanan Ausi Agregat Kasar .....	86
Tabel 4. 13i	Perencanaan Campuran Beton Normal .....	87
Tabel 4. 14i	Pemeriksaan <i>Slump Test</i> Beton Normal .....	89
Tabel 4. 15	Pemeriksaan Berat Jenis Beton Normal.....	90
Tabel 4. 16	Lanjutan Pemeriksaan Berat Jenis Beton Normal.....	91
Tabel 4. 17i	Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Normal .....	93
Tabel 4. 18	Lanjutan Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Normal .....	94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit.....	6
Gambar 2. 1 Jenis Slump Test.....	47
Gambar 3. 1 Semen Portland Komposit .....	54
Gambar 3. 2 Agregat Halus dan Agregat Kasar dari PT.UJK .....	54
Gambar 3. 3 Limbah Cangkang Kelapa Sawit.....	55
Gambar 4. 1 Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus.....	75
Gambar 4. 2 Diagram Nilai <i>Slump Test</i> Beton.....	89
Gambar 4. 3 Pemeriksaan Berat Jenis Beton Normal .....	92
Gambar 4. 4 Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Normal.....	95

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Pemeriksaan Material Agregat Halus dan Kasar
- Lampiran 2 Perencanaan Campuran Beton Normal, Pengujian Slump Test Beton Normal, Pengujian Berat Jenis dan Pengujian Kuat Tekan Beton Normal
- Lampiran 3 Pengambilan Agregat di PT. UJK dan Pengambilan Abu cangkang Kelapa Sawit di PT. Johan Sentosa
- Lampiran 4 Lembar Konsultasi Pembimbing

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Penelitian**

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia saat ini telah berdampak pada meningkatnya penggunaan beton sebagai bahan konstruksi bangunan. Beton memiliki sifat yang mudah dibentuk sesuai permintaan dan ketersediaan bahan penyusun beton yang mudah diperoleh. Beton adalah campuran antara Semen Portland atau Semen Hidrolis yang lain, agregat dan air dengan adanya bahan tambahan ataupun tanpa bahan tambahan, yang membentuk massa yang padat, kuat dan stabil (SNI 7656:2012). Bahan yang berperan penting dalam menentukan mutu beton adalah agregat halus dan agregat kasar, dapat dipastikan bahwa semakin baik kualitas agregat halus dan agregat kasar, maka semakin baik pula kualitas betonnya. Agregat halus dan agregat kasar merupakan bahan yang banyak terdapat di alam, seperti sungai, gunung, dan bahan-bahan yang terurai dari batuan alam, sehingga masing-masing sumber agregat tersebut akan memiliki kualitas yang berbeda-beda (Munawir, 2019).

Agregat merupakan material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku pijar yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolis. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, sedangkan agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau

berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 03-2847-2002).

Kabupaten Kampar, Provinsi Riau banyak terdapat sumber agregat halus dan agregat kasar yang melimpah sehingga dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai tempat penambangan (*Quarry*). Salah satu lokasi *quarry* yang ada di Kabupaten Kampar adalah PT. Usaha Jaya Kontraktor (PT.UJK) yang beralamatkan di Pasir Sialang, Kecamatan Bangkinang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Penelitian ini menggunakan agregat yang bersumber dari PT.UJK tersebut. Penulis mengambil agregat di tempat tersebut dikarenakan telah adanya *Memorandum Of Understanding* (MoU) dari Prodi Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai dengan PT. UJK. MoU tersebut telah memudahkan Mahasiswa dalam melakukan penelitian, dan pihak PT.UJK mendukung penuh Mahasiswa Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai dalam melakukan penelitian.

Saat ini Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, mencanangkan arah penelitian kepada ekonomi sirkular (*Circular Economy*), dimana ekonomi sirkular adalah sebuah sistem ramah lingkungan yang mempertahankan nilai material agar dapat digunakan berulang-ulang. Salah satu upaya pengurangan limbah adalah melalui penerapan prinsip ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular bukan hanya konsep yang mengelola sampah menjadi barang-barang yang dapat didaur ulang, namun ekonomi sirkular juga menekankan pada perubahan masyarakat dalam memutuskan membeli barang, bagaimana penggunaannya dan ketika barang tersebut diputuskan untuk tidak digunakan sesuai fungsi awalnya (Handawati & Mataburu, 2020).



Model ekonomi sirkular merupakan model yang memanfaatkan barang yang sudah dikonsumsi dengan mengolahnya kembali. Hal utama yang membedakan konsep ekonomi sirkular adalah dari pemanfaatan sumber daya. Ekonomi sirkular adalah sebuah konsep ekonomi dimana kita berusaha untuk menggunakan sumber daya, bahan baku maupun produk jadi yang bisa dipakai ulang untuk selama mungkin, dan menghasilkan sampah atau limbah seminimal mungkin. Sampah dapat diproduksi ulang untuk mengurangi dampak limbah buangan yang berbahaya bagi lingkungan dan juga dapat digunakan kembali sebagai produk baru atau sebagai bahan baku produk lain (Purwanti, 2021).

Alasan mengapa konsep ekonomi sirkular ini seharusnya mulai diterapkan oleh pelaku industri dan jasa, baik skala kecil maupun skala besar, seperti dengan diterapkannya ekonomi sirkular maka akan dapat mengurangi limbah, mendorong produktivitas sumber daya menjadi lebih baik, mengatasi permasalahan kelangkaan sumber daya yang akan muncul dimasa yang akan datang, maupun mengurangi dampak lingkungan dari produksi dan konsumsi. Berbagai upaya penelitian telah dilakukan untuk memperoleh kemajuan teknologi beton, salah satunya melakukan penambahan bahan tambahan pada beton.

Industri kelapa sawit di Indonesia hampir ada di setiap daerah. Hampir seluruh daerah Indonesia memiliki lahan kelapa sawit yang luas dan tidak menutup kemungkinan limbah kelapa sawit akan melimpah pula, salah satunya di Kabupaten Kampar, dan salah satu industri kelapa sawit di Kabupaten Kampar adalah PT. Johan Sentosa, yang merupakan salah satu pabrik industri sawit yang terletak di Sei Jernih, Kelurahan Pasir Sialang, Kecamatan Bangkinang,

Kabupaten Kampar, Riau. Penulis mengambil limbah abu cangkang kelapa sawit di PT. Johan Sentosa dikarenakan lokasi PT. Johan Sentosa dekat dengan lokasi penelitian yang dilakukan penulis yaitu Laboratorium Teknik Terpadu Universitas Pahlawan.

**Tabel 1. 1 Luas dan Produksi Perkebunan Rakyat Komoditi Kelapa Sawit Menurut Kecamatan Tahun 2013**

Kecamatan	Luas Area Perkebunan (Ha)			Jumlah	Produksi (Ton)
	TBM	TM	TTR		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Kampar Kiri	1.513	14.333	-	15.846	237.275
Kampar Kiri Hulu	187	273	-	460	3.388
Kampar Kiri Hilir	466	3.277	24	3.767	53.003
Kampar Kiri Tengah	165	4.348	-	4.513	71.745
Gunung Sahilan	826	712	-	1.538	8.151
XIII Koto Kampar	425	5.252	-	5.687	77.581
Koto Kampar Hulu	209	939	-	1.148	9.745
Kuok	1.608	180	-	1.788	2.402
Salo	276	230	-	506	2.550
Tapung	3.124	30.978	-	34.102	496.310
Tapung Hulu	2.390	51.592	65	54.047	675.323
Tapung Hilir	2.318	29.464	-	31.782	499.455
Bangkinang	78	1.212	-	1.259	19.396
Bangkinang Seberang	78	3.058	23	3.159	38.581
Kampar	258	1.155	-	1.413	13.198
Kampar Timur	170	4.036	1	4.207	66.671
Rumbio Jaya	139	4.355	7	4.501	71.665
Kampar Utara	124	3.259	16	3.399	48.757
Tambang	1.940	1.903	-	3.843	24.390
Siak Hulu	5.034	5.654	-	10.688	87.321
Perhentian Raja	397	2.418	18	2.833	30.650
Jumlah	21.694	168.638	154	190.486	2.537.557
2012	24.020	165.869	127	190.016	2.534.207
2011	23.116	136.794	54	159.964	2.203.450
2010	25.074	133.465	54	158.593	1.842.821

**Sumber: Dinas Perkebunan Kabupaten Kampar**

**Keterangan:**

**TBM : Tanaman Belum Menghasilkan**

**TM : Tanaman Menghasilkan**

**TTR : Tanaman Tua Rusak**

Limbah merupakan masalah bagi industri kelapa sawit karena memerlukan lahan dan pembuangan yang luas dan jumlahnya yang terus meningkat. Seiring dengan terus bertambahnya penumpukan limbah, maka akan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Berkembangnya industri minyak kelapa sawit menyebabkan meningkatnya limbah cangkang sawit yang cukup besar, yang mencapai 60% dari produksi minyak (Oktarina & Natalina, 2018). Cangkang kelapa sawit (*Palm Kernel Shell*) atau biasa disebut dengan tempurung kelapa sawit adalah bagian keras yang terdapat pada buah kelapa sawit yang berfungsi untuk melindungi isi dari buah sawit tersebut.

Abu cangkang kelapa sawit adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran cangkang kelapa sawit pada suhu 500 - 700°C dalam tungku boiler. Masalah yang dapat dihasilkan dari limbah abu cangkang kelapa sawit adalah terjadinya kerusakan tanah dan udara akibat sisa pembakaran yang dibuang begitu saja. Sejauh ini sebagian limbah abu cangkang kelapa sawit hanya dimanfaatkan menjadi pupuk kompos (fadli eka, 2020). Oleh karena itu diperlukan pemanfaatan lebih lanjut untuk mengurangi limbah abu cangkang kelapa sawit. Penulis melakukan sebuah penelitian dengan menggunakan abu cangkang kelapa sawit yang akan dicampurkan pada beton normal sehingga beton yang dihasilkan ramah lingkungan dan memenuhi prinsip teknologi ramah lingkungan yaitu *reuse* (penggunaan kembali bahan yang tidak terpakai atau limbah pembuangan dan diolah dengan cara yang berbeda) dan *recovery* (menggunakan material dari limbah untuk diolah demi kepentingan lain). Limbah cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 1.1.



**Gambar 1. 1 Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit  
Sumber: PT. Johan Sentosa**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian ini yang nantinya diharapkan dapat memanfaatkan limbah industri kelapa sawit sebagai bahan tambahan pada beton normal, karena itu penulis memilih judul penelitian yaitu “Analisis Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit (*Palm Kernel Shell*) Terhadap Kuat Tekan Beton Normal”.

## **B. Rumusan Penelitian**

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah diatas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian analisis kuat tekan beton normal menggunakan agregat dari PT. UJK dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit (*Palm Kernel Shell*) adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap berat jenis beton normal dan kuat tekan beton normal?
2. Berapa nilai berat jenis dan kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit?

### C. Batasan Penelitian

Penulis membatasi penelitian ini agar arah dan fokus penelitian tidak terlalu melebar, adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat yang digunakan dalam penelitian berasal dari PT. UJK.
2. Abu cangkang kelapa sawit berasal dari PT. Johan Sentosa.
3. Komposisi campuran beton normal berdasarkan pada SNI 03-2834-200.
4. Pembuatan benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm dalam penelitian.
5. Pengujian dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari.
6. Abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambahan dengan persentase penambahan sebesar 0%, 1,5%, 3% dan 7%.
7. Penelitian hanya melihat seberapa besar nilai kuat tekan beton normal di Laboratorium Teknik Terpadu Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.
8. Jumlah benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.2 berikut:

**Tabel 1. 2 Jumlah Benda Uji**

No	Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit	Jumlah Sampel Umur 7 Hari	Jumlah Sampel Umur 14 Hari	Jumlah Sampel Umur 21 Hari	Jumlah Sampel Umur 28 Hari
1	0%	3	3	3	3
2	1,5%	3	3	3	3
3	3%	3	3	3	3
4	7%	3	3	3	3
Jumlah		12	12	12	12
Total		48 Sampel			

#### **D. Tujuan Penelitian**

Penulis melakukan penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap berat jenis beton normal dan kuat tekan beton normal.
2. Mengetahui nilai berat jenis dan kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi:

1. Universitas, penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk menambah referensi sebagai bahan penelitian lanjutan yang lebih mendalam pada masa yang akan mendatang.
2. Mahasiswa, sebagai referensi ilmu bagi Mahasiswa dan sebagai referensi penelitian lainnya, untuk mencoba mencari alternatif-alternatif bahan tambahan yang bisa dimanfaatkan untuk konstruksi lainnya.
3. Masyarakat, sebagai pemanfaatan limbah industri kelapa sawit menjadi bahan tambahan beton normal dan memenuhi prinsip teknologi ramah lingkungan yaitu *reuse* (penggunaan kembali bahan yang tidak terpakai atau limbah pembuangan dan diolah dengan cara yang berbeda) dan *recovery* (menggunakan material dari limbah untuk diolah demi kepentingan lain).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Pustaka

Suatu penelitian diperlukan dukungan hasil-hasil penelitian yang telah ada sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian tersebut.

1. Penelitian yang dilakukan Hidayat & Ariyanto, (2019) menjelaskan tentang peningkatan kekuatan melalui penambahan cangkang sawit pada beton ringan struktural sebagai agregat kasar. Penelitian ini menggunakan komposisi dengan *job mix design* dengan metode ACI, yaitu semen: pasir: cangkang sawit: air: *Superplasticizer Sikament NN* sebesar 1: 1.89: 1.02: 0.45: 0.77% menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 14.29 Mpa pada umur 7 hari, umur 14 hari sebesar 17,04 Mpa, umur 21 hari sebesar 18.85 Mpa, sedangkan kuat tekan maksimum pada umur 28 hari rata-rata sebesar 20.79 Mpa, dari penelitian yang dilakukan, maka peneliti secara keseluruhan sudah mendekati nilai kuat tekan beton rencana 21 Mpa.
2. Penelitian yang dilakukan Fadli Eka, (2020) meneliti tentang pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap karakteristik beton mutu tinggi yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Perencanaan campuran beton dilakukan dengan metode *American Concrete Institute (ACI)*, dengan variasi abu cangkang kelapa sawit yang telah ditentukan sebagai substitusi pengganti sebagian semen dengan persentase 0%, 7%, 7.7%, 10%, 12.7%, 17%, dan



20%. Setelah penelitian dilakukan didapat nilai kuat tekan rata-rata pada umur 3 hari sebesar 46.48 Mpa, 49.45 Mpa, 50.26 Mpa, 50,64 Mpa, 52.70 Mpa, 48.26 Mpa, dan 44,42 Mpa. Pada umur 14 hari sebesar 55.62 Mpa, 58.71 Mpa, 60.03 Mpa, 59.47 Mpa, 63.13 Mpa, 57.53 Mpa, dan 52.23 Mpa. Sedangkan pada umur 28 hari sebesar 58.60 Mpa, 60.07 Mpa, 61.42 Mpa, 62,02 Mpa, 64.72 Mpa, 60.83 Mpa, dan 55.81 Mpa. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan abu cangkang kelapa sawit sebagai substitusi pengganti sebagian semen dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton mutu tinggi dengan mutu rencana 55 Mpa.

3. Penelitian yang dilakukan Johan et al., (2020) menjelaskan tentang penelitian beton bermutu dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambah pada semen dengan variasi campuran 0%, 3%, 6% dan 9% dari berat semen. Jenis pengujian yang dilakukan berupa kuat tekan beton dan pengamatan benda uji dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Hasil penelitian diperoleh kenaikan nilai kuat tekan beton pada variasi penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambahan pada semen untuk menciptakan beton bermutu dan ramah lingkungan. Adapun hasil kuat tekan beton dengan besar penambahan abu cangkang kelapa sawit 0% atau beton normal didapat kuat tekan rata-rata beton sebesar 26.12 Mpa > kuat tekan rencana sebesar 25 Mpa. Penambahan abu cangkang kelapa sawit 3% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 26.54 Mpa. Penambahan abu cangkang

kelapa sawit 6% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 27.84 Mpa, sedangkan penambahan abu cangkang kelapa sawit 9% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 20.35 Mpa.

Berdasarkan penelitian tersebut, terdapat persamaan dan perbedaan terhadap penelitian penulis yaitu persamaannya pada penelitian yang dilakukan Fadli Eka, (2020) dan penelitian Johan et al., (2020) adalah pada campuran material beton yang sama-sama menambahkan abu cangkang kelapa sawit dan pada penelitian Johan et al., (2020) menggunakan campuran beton mutu normal. Perbedaan pada ketiga penelitian tersebut yaitu penelitian pertama yang dilakukan Hidayat & Ariyanto, (2019) menggunakan cangkang sawit pada beton mutu ringan struktural sebagai agregat kasar. Penelitian kedua yang dilakukan oleh Fadli Eka, (2020) menggunakan jenis beton mutu tinggi dan menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai substitusi pengganti sebagian pasir, sedangkan pada penelitian Johan et al., (2020) menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai substitusi pengganti sebagian semen, selain itu perbedaan penelitian juga terdapat pada campuran variasi untuk abu cangkang kelapa sawit, sedangkan pada penelitian penulis menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambahan pada campuran beton normal tanpa mengganggu jumlah material penyusun beton yang telah ditentukan sebelumnya.

## **B. Kerangka Teori**

### **1. Pengertian dan Klasifikasi Beton**

Tjokrodimuljo (1996) seperti yang dikutip Johan et al., (2020) beton merupakan campuran yang terdiri dari Semen Portland, udara, agregat halus, agregat kasar dan kadang-kadang bahan tambahan, yang berupa bahan kimia tambahan, serat, ataupun bahan buangan non kimia. Bahan penyusun beton dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Kelompok bahan aktif yang dikenal sebagai bahan pengikat atau perekat adalah semen dan air, sedangkan bahan pasif yang disebut bahan pengisi adalah agregat halus dan agregat kasar.

Beberapa klasifikasi beton, yaitu klasifikasi beton berdasarkan cara pembuatannya terdapat dua kategori, yaitu beton konvensional dan beton modern. Klasifikasi beton berdasarkan cara pengecoran dikelompokkan menjadi dua, yaitu beton cor ditempat (*cast in-situ or cast-in-place concrete*), dan beton pracetak (*pre-cast*), yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur. Klasifikasi beton berdasarkan kuat tekan ada 3 macam, yaitu kuat tekan beton mutu rendah, kuat tekan beton mutu normal (sedang) dan kuat tekan beton mutu tinggi. Klasifikasi beton berdasarkan penulangannya dikelompokkan menjadi beton polos atau beton tak bertulang (*plain concrete*) dan beton bertulang baik bertulangan polos (*plain deformed*) maupun tulangan berulir (*deformed*). Selain yang telah diuraikan sebelumnya, jenis

beton lainnya adalah beton siklop, *selfconsolidating concretes*, beton tembus (*pervious concrete*), beton tanpa pasir (*no-fines concrete*), beton hampa udara (*vacuum concrete*), *shortcrete*, beton massa, beton *roller-padat*, atau rcc dan beton serat (Tri, 2015).

Klasifikasi beton berat jenisnya yaitu beton berat, beton normal dan beton ringan, yaitu:

a. Beton Berat

Beton berat merupakan salah satu jenis beton yang memiliki berat satuan melebihi berat satuan beton normal, yaitu  $> 2.500 \text{ kg/m}^3$  (SNI 7656:2012). Beton berat digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya.

b. Beton Normal

Beton normal merupakan campuran dari Semen Portland atau Semen Hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Beton normal memiliki berat satuan  $2.200 - 2.500 \text{ kg/cm}^3$  menggunakan agregat alam yang dipecah (SNI 03-2834-2000). Beton normal digunakan untuk keperluan proyek dengan beban yang relatif kecil dan sedang yang berupa rumah bertingkat, ruko, kantor, gedung sekolah dan lain sebagainya.

c. Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang mempunyai berat satuan  $< 1.900 \text{ kg/cm}^3$  (SNI 03-2847-2002). Beton ringan adalah beton yang

menggunakan material baik agregat halus maupun agregat kasar yang ringan. Penggunaan beton ringan pada bangunan konstruksi menjadikan beban yang diterima oleh pondasi menjadi lebih berkurang. Beton ringan dipakai untuk pembuatan bata, panel beton ringan, pagar beton, ornamen bangunan dan lain sebagainya.

## **2. Bahan Campuran Beton Normal**

Beton pada umumnya terdiri dari tiga bahan utama yaitu semen, agregat dan air, jika perlu dapat ditambahkan bahan tambahan (*Admixture*) untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Semen sebagai pengikat hidraulik (bahan yang mengeras setelah bercampur dengan air) mengikat agregat untuk menciptakan massa yang kompak atau padat ada beton dan mengisi rongga-rongga antar partikel agregat. Spesifikasi semen mengacu pada SNI 15-2049-2004. Bahan campuran beton normal yaitu:

### **a. Semen**

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling kerak Semen Portland, terutama yang terdiri dari kalsium silikat hidraulik, dan digiling dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan dapat ditambahkan bahan tambahan lainnya (SNI 15-2049-2004). Menurut Fadli Eka, (2020) penggunaan semen disebabkan karena adanya kondisi tertentu yang diperlukan pada konstruksi yang dilaksanakan di lokasi pembangunan,

dengan berkembangnya semen yang pesat, dikenal berbagai jenis Semen Portland antara lain:

- 1) Semen Portland Tipe I tidak memiliki persyaratan khusus seperti jenis lainnya, dan digunakan untuk pekerjaan umum tanpa persyaratan khusus. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.
- 2) Semen Portland Tipe II dalam penerapannya membutuhkan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi dengan tingkat sedang, digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang selalu berhubungan dengan air kotor, air tanah atau pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam sulfat).
- 3) Semen Portland Tipe III membutuhkan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan 28 hari biasanya dapat dicapai dalam waktu 1 minggu. Jenis semen ini sering ditemui ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus secepatnya dipakai.
- 4) Semen Portland Tipe IV menggunakan panas hidrasi yang rendah, digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum, misalnya dalam konstruksi seperti bendungan gravitasi besar.
- 5) Semen Portland Tipe V yang dalam penerapannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat, digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut dan untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah dengan mengandung sulfat yang tinggi.



9,6	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	90	75	100	90	100
0,60	15	34	35	59	60	79	80	100
0,30	5	20	8	30	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

**Sumber: (SNI 03-2834-2000)**

**Keterangan:**

**Daerah I : Pasir kasar**

**Daerah II : Pasir agak kasar (gradasi pasir yang baik)**

**Daerah III : Pasir Halus**

**Daerah IV : Pasir agak Halus**

Menurut PBI (1971) seperti yang dikutip oleh Alif, (2019) syarat-syarat untuk agregat halus adalah:

- a) Agregat halus memiliki butiran-butiran yang kuat serta tajam.
- b) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % terhadap berat agregat kering.
- c) Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
- d) Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beranekaragam besarnya.

## 2) Agregat Kasar

Agregat kasar memiliki ukuran maksimum untuk beton yang ditentukan berdasarkan kebutuhan agregat supaya dengan mudah mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan. Agregat disebut kasar jika ukurannya terletak diatas saringan nomor 4. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan ketahanannya terhadap disentrigrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya.



Menurut PBI (1971) seperti yang dikutip oleh Alif, (2019) syarat-syarat untuk agregat Kasar adalah:

- a) Berbutir kasar (tidak mudah hancur) dan tidak berpori untuk menghasilkan beton yang keras dan sifat tembus airnya kecil.
- b) Kerikil tidak mengandung lempung lebih dari 1% terhadap berat kering.
- c) Kerikil tidak mengandung zat reaktif alkali (dapat menyebabkan pengembangan beton).
- d) Diameter butiran kerikil lebih baik yang beraneka ragam besarnya, untuk saling mengisi rongga yang kosong, agar udara tidak masuk.

c. Air

Mulyono (2003) seperti yang dikutip oleh Latjemma, (2021) air dibutuhkan dalam proses pembuatan beton untuk memicu proses kimia semen, membasahi agregat dan mempermudah dalam pekerjaan beton. Air yang mengandung senyawa berbahaya, tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila digunakan dalam campuran beton akan menurunkan mutu beton dan bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan. Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, kolam, telaga, situ dan lainnya), air laut atau air limbah asalkan memenuhi persyaratan mutu yang ditetapkan.

Air yang mengandung bahan berbahaya jika digunakan untuk mencampur beton, maka kualitas beton akan menurun,

juga dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Kekuatan dan kualitas beton sering dipengaruhi oleh air yang digunakan dalam proses pencampuran. Air yang digunakan perlu disesuaikan dengan batas pencampuran agar beton tercampur merata, karena air sangat mempengaruhi kinerja beton. Air yang mengandung bahan berbahaya tidak boleh digunakan sebagai pembuatan beton, untuk mendapatkan beton dengan pelaksanaan yang mudah dan memiliki kekuatan yang tetap, maka harus dipertahankan jumlah air dengan semennya atau disebut dengan faktor air semen (*Water Cemen Ratio* atau *W/C-Ratio*). Jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi berkisar 20% dari berat semen, tetapi pemakaiannya untuk adukan harus dibatasi karena dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton. Perbandingan jumlah air semen akan mempengaruhi kemudahan pekerjaan, kestabilan volume, kekuatan beton (*Strength Of Conceret*) dan keawetan beton (*Durability Of Conceret*). Terlalu banyak air akan membuat banyak gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sementara itu terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak sempurna.

Menurut SNI 03-2847-2002 persyaratan air yang dapat digunakan untuk campuran beton adalah:

- 1) Air yang digunakan harus bebas dari zat berbahaya yang mengandung minyak atau oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau zat lainnya yang merugikan bagi beton atau tulangan.

2) Air pencampur yang digunakan adalah air yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, yang tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang dapat membahayakan.

d. Bahan Tambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit

Bahan tambahan (*Admixture*) adalah bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk mengubah sifat-sifat tertentu. Fungsi bahan-bahan ini adalah untuk merubah sifat-sifatnya agar cocok untuk pekerjaan tertentu, ekonomis atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi (SNI 7656:2012).

Menurut Rahmat et al., (2016) Tujuan penggunaan bahan tambahan pada beton segar adalah:

- 1) Memperbaiki kemampuan kerja beton,
- 2) Mengatur faktor air semen pada beton segar,
- 3) Mengurangi penggunaan semen,
- 4) Mengatur waktu pengikatan adukan beton,
- 5) Meningkatkan kekuatan beton keras,
- 6) Meningkatkan sifat kedap air pada beton keras,
- 7) Meningkatkan sifat tahan lama pada beton keras termasuk tahan terhadap zat-zat kimia, tahan terhadap gesekan dan lainnya.

Bahan tambahan yang digunakan untuk campuran beton secara umum ada dua jenis yaitu bahan tambahan yang berupa mineral (*additive*) dan bahan tambah kimiawi (*chimical admixture*). Bahan tambah *additive* lebih banyak bersifat penyemenan sehingga digunakan dengan tujuan perbaikan kinerja kekuatannya. Bahan tambahan *additive* ditambahkan pada saat pengadukan sedangkan bahan tambahan *chimical admixture* ditambahkan pada saat pengadukan atau pengecoran. Bahan tambahan *chimical admixture* biasanya dimaksudkan untuk mengubah perilaku beton pada saat pelaksanaan atau untuk meningkatkan kinerja beton pada saat pelaksanaan. Penelitian ini penulis menggunakan jenis bahan tambahan untuk campuran beton yang berupa mineral (*additive*). Bahan tambahan yang berupa mineral (*additive*) adalah *puzzollan*, *fly ash*, *slag* dan *silica fume*, dan bahan tambahan yang berupa mineral lainnya yang dapat digunakan untuk bahan tambahan pada beton (Riyadi & Amalia, 2005).

Campuran beton untuk beberapa keperluan masih ditambahkan bahan tambahan berupa zat kimia tambahan (*Chemical Additive*) dan mineral atau material tambahan. Bahan tambahan kimia ini biasanya berbentuk bubuk atau cairan yang mempunyai pengaruh kimia terhadap keadaan campuran beton, sedangkan mineral atau material tambahan berupa agregat dengan sifat-sifat tertentu. Standar pengadaan bahan tambahan pada beton diatur dalam SNI 03-2495-1991. Penelitian ini menggunakan bahan tambahan yang hanya berupa mineral atau material tambahan yang berupa abu cangkang kelapa sawit.

Kelapa sawit (*Elaeis*) merupakan salah satu tanaman industri penghasil minyak goreng, minyak industri dan bahan bakar (*Biodiesel*). Perkebunan kelapa sawit dilakukan dalam skala besar dan menghasilkan keuntungan besar, sehingga banyak hutan dan perkebunan lama yang menjadi perkebunan kelapa sawit. Penelitian ini bagian kelapa sawit yang digunakan adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit merupakan bagian pelindung buah kelapa sawit dengan struktur yang keras.

Widarsi (2008) seperti yang dikutip oleh Vitri & Herman (2019) salah satu hasil limbah dari pengolahan kelapa sawit dalam jumlah besar antara lain cangkang kelapa sawit. Cangkang yang dihasilkan mencapai 60% dari produksi minyak. Cangkang kelapa sawit yang di hasilkan oleh pabrik industri tersebut kemudian dibakar dalam tungku boiler sehingga menghasilkan abu cangkang kelapa sawit. Abu cangkang kelapa sawit ini merupakan bahan agregat alam yang ramah lingkungan sebagai campuran beton dan telah memenuhi prinsip teknologi ramah lingkungan yaitu *reuse* (penggunaan kembali bahan yang tidak terpakai atau limbah pembuangan dan diolah dengan cara yang berbeda) dan *recovery* (menggunakan material dari limbah untuk diolah demi kepentingan lain). Abu cangkang kelapa sawit ini digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton normal.

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (2020) seperti yang dikutip oleh Fadli Eka, (2020) menunjukkan bahwa kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$  yang terkandung dalam abu cangkang kelapa sawit yang dibutuhkan untuk pembuatan beton. Abu cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai

bahan tambahan dalam produksi beton karena mengandung senyawa yang berperan dalam produksi beton, seperti terlihat pada tabel 2.2 berikut:

**Tabel 2. 2 Kandungan Unsur Kimia Abu Cangkang Kelapa Sawit**

No	Parameter	Hasil	Metode
1	Silika ( $\text{SiO}_2$ )	33.12%	Gravimetri
2	Besi Oksidasi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0.10%	AAS
3	Kalsium Oksidasi ( $\text{CaO}$ )	3.03%	AAS
4	Aluminium Oksidasi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	5.59%	Spektrofotometri

**Sumber: fadli eka, (2020)**

$\text{SiO}_2$  dalam abu cangkang kelapa sawit merupakan senyawa dengan kandungan tertinggi dibandingkan dengan komponen utama lainnya, sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk produksi beton normal (Rahman & Fathurrahman, 2017). Penelitian Epi Prianti (2015) yang dikutip oleh Rahman & Fathurrahman, (2017) memperoleh penyerapan air dalam abu sebesar 0,28%. Nilai serapan air yang dihasilkan abu cangkang kelapa sawit memenuhi syarat untuk mencegah atau mengurangi rongga kosong pada beton.

### 3. Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat yang dilakukan berupa pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar yang mana pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan dan mengetahui nilai setiap material yang akan dijadikan untuk merencanakan campuran beton (*Mix Design*). Pemeriksaan material agregat halus dan agregat kasar akan dijelaskan berikut ini:

#### a. Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus ini terdiri dari beberapa pemeriksaan yang dilakukan diantaranya nya:

1) Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi agregat halus didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Uji berat isi dalam agregat halus digunakan untuk mengetahui seberapa kepadatan agregat halus yang digunakan untuk mengisi cetakan kubus. Berat isi adalah perbandingan antara berat agregat dengan volume wadah (SNI 03-4804-1998).

Pemeriksaan berat isi agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-4804-1998 dan berdasarkan modul praktikum bahan bangunan Laboratorium Teknik Terpadu, Fakultas Teknik, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai yang berpedoman pada 03-4804-1998. Pemeriksaan berat isi dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Berat Isi Agregat } (M) = \frac{(G - T)}{V} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

$M$  = Berat isi agregat ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$G$  = Berat benda uji dan wadah (Kg)

$T$  = Berat wadah (Kg)

$V$  = Volume wadah ( $\text{m}^3$ )

2) Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur distribusi ukuran pasir atau gradasi pasir dan modulus kehalusan pasir atau menentukan pembagian butir agregat (SNI 03-1968-1990). Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton.

Pemeriksaan analisa saringan berdasarkan SNI 03-1968-1990. Rumus yang digunakan untuk menentukan *fine modulus* (FM) pada analisa saringan adalah sebagai berikut:

$$FM = \frac{\% \text{ Total Kumulatif Tertahan}}{100} \dots\dots\dots(2)$$

### 3) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara massa padat agregat dengan massa air yang volumenya sama pada suhu yang sama (SNI 1970:2008). Pengujian ini dilakukan untuk mengukur berat jenis pasir dalam kondisi agregat dianggap dalam keadaan kering permukaan (*Saturated Surface Dry Condition/SSD*). Setiap jenis pasir memiliki berat jenis yang berbeda-beda, pasir yang digunakan untuk campuran beton juga harus memiliki tingkat kekuatan yang diinginkan, karena berat jenis pasir akan mempengaruhi kekuatan dari beton itu sendiri. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air berdasarkan SNI 1970:2008.

Macam-macam berat jenis (*Specific Gravity*) menurut SNI 1970:2008 yaitu:

#### a) *Apparent specific gravity* (berat jenis semu)

Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu. Rumus untuk mendapatkan *Apparent specific gravity* (berat jenis semu) adalah sebagai berikut:



$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(B + A - C)} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

$A$  = Berat benda uji kering oven (gram)

$B$  = Berat piknometer yang berisi air (gram)

$C$  = Berat piknometer dengan benda uji dan air (gram).

b) *Bulk spesifik gravity* kondisi kering (berat jenis curah)

Berat jenis curah adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan penuh pada suhu tertentu. Rumus untuk mendapatkan *Bulk spesifik gravity* kondisi kering (berat jenis curah) adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B + S - C)} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

$A$  = Berat benda uji kering oven (gram)

$B$  = Berat piknometer yang berisi air (gram)

$C$  = Berat piknometer dengan benda uji dan air (gram)

$S$  = Berat benda uji kondisi kering SSD (gram)

- c) *Bulk spesifik gravity* kondisi kering SSD (berat jenis jenuh kering permukaan)

Berat jenis jenuh kering permukaan adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Rumus untuk mendapatkan *Bulk spesifik gravity* kondisi kering SSD (berat jenis jenuh kering permukaan) adalah sebagai berikut:

$$\text{Jenuh Kering Permukaan} = \frac{S}{(B + S - C)} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

$B$  = Berat piknometer yang berisi air (gram)

$C$  = Berat piknometer dengan benda uji dan air (gram)

$S$  = Berat benda uji kondisi kering SSD (gram)

- d) *Absorption* (penyerapan)

Penyerapan adalah perbandingan antara berat air yang dapat diserap terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam persen. Penyerapan air dilakukan untuk mengukur kadar resapan pasir.

Penyerapan adalah kemampuan untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai kondisi jenuh. Proses penyerapan air ke dalam material sangat mempengaruhi waktu beton untuk mengeras. Setiap bahan campuran beton memiliki tingkat penyerapan yang berbeda tergantung pada jumlah rongga udara yang terjadi. Rumus untuk mendapatkan *Absorption* (penyerapan) adalah sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan Air} = \left[ \frac{S-A}{A} \right] \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

*A* = Berat benda uji kering oven (gram)

*S* = Berat benda uji kondisi kering SSD (gram)

#### 4) Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur dilakukan untuk menentukan kadar lumpur (butir lolos nomor 200) yang terkandung dalam agregat halus, pengujian ini dilakukan dengan cara pencucian. Lumpur adalah gumpalan atau lapisan yang menutupi permukaan butiran agregat dan lolos ayakan nomor 200.

Kandungan kadar lumpur pada permukaan butiran agregat akan mempengaruhi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga akan mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Karena itulah pemeriksaan kadar lumpur sangat penting untuk dilakukan sehingga didapatkan kadar lumpur yang memenuhi syarat ASTM C 142, yaitu tidak boleh lebih dari 5% untuk agregat halus. Pemeriksaan

kadar lumpur agregat halus dilakukan sesuai dengan buku panduan praktikum bahan bangunan program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai. Rumus untuk mendapatkan kadar lumpur adalah sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \left[ \frac{V_2}{V_1 + V_2} \right] \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

$V_1$  = Tinggi pasir (cm)

$V_2$  = Tinggi lumpur (cm)

#### 5) Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air agregat halus ditentukan dengan cara pengeringan. Kadar air agregat merupakan perbandingan antara berat air dalam agregat dan berat kering agregat yang dinyatakan dalam persen. Kadar air membantu dalam mengatur takaran air dalam adukan beton yang di sesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan (SNI 03-1971-1990).

Kadar air dalam agregat dapat mempengaruhi kuat tekan beton, kadar air agregat juga mempengaruhi faktor air semen (FAS), dalam perencanaan campuran beton, kondisi agregat dianggap dalam keadaan kering permukaan (*Saturated Surface Dry Condition/SSD*) sehingga perlu dilakukan pengecekan kadar air pada agregat sebelum digunakan, jika agregat tidak jenuh air maka agregat akan menyerap air campuran beton yang menyebabkan kekurangan air untuk proses pengeringan, dengan mengetahui kadar air agregat, maka dapat

diperkirakan atau diperhitungkan untuk penambahan atau pengurangan air dalam campuran beton. Pemeriksaan kadar air berdasarkan SNI 03-1971-1990. Adapun pemeriksaan kadar air dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air Agregat} = \left[ \frac{W3-W5}{W5} \right] \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

$W3$  = Berat benda uji semula (gram)

$W5$  = Berat benda uji kering (gram)

6) Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan Nomor 200 Agregat Halus

Pemeriksaan bahan lolos saringan nomor 200 diperlukan untuk menentukan persentase jumlah dalam agregat yang lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) dengan cara pencucian sampai air pencucian menjadi jernih. Jumlah material yang lolos saringan nomor 200 merupakan cara yang dilakukan untuk menentukan banyaknya material yang lolos saringan nomor 200 setelah agregat di cuci hingga air pencuciannya menjadi jernih. Pemeriksaan bahan lolos saringan nomor 200 berdasarkan SNI 03-4142-1996. Adapun pemeriksaan bahan lolos saringan nomor 200 dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Lolos Saringan NO. 200} = \left[ \frac{W1-W4}{W1} \right] \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

$W1$  = Berat benda uji awal (gram)

$W4$  = Berat benda uji kering sesudah pencucian (gram)

#### 7) Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

Pemeriksaan kadar organik dilakukan untuk menentukan adanya bahan organik dalam agregat halus dengan memperhatikan warna cairan pada permukaan agregat halus dan membandingkannya dengan larutan pembanding (SNI 03-2816-1992).

Zat organik yang terdapat dalam agregat halus biasanya berasal dari hasil penghancuran bahan tanaman, terutama dalam bentuk humus dan lumpur organik. Zat organik yang merugikan dapat berupa gula, minyak dan lemak. Gula dapat menghambat pengikatan semen dan menurunkan kekuatan beton, sedangkan minyak dan lemak dapat mengurangi daya rekat semen. Oleh karena itu, pengujian agregat diperlukan untuk menentukan kualitas agregat yang digunakan. Pemeriksaan kadar organik berdasarkan SNI 03-2816-1992. Standar warna larutan yang terlihat pada botol adalah sebagai berikut:

- a) 1-2 untuk kadar organik rendah
- b) 3 untuk kadar organik normal
- c) 4-5 untuk kadar organik tinggi

#### b. Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar terdiri dari beberapa pengujian kurang lebih sama dengan pengujian pada agregat halus, diantara pengujian tersebut adalah:

1) Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Pemeriksaan berat isi agregat kasar ini memiliki prosedur praktikum dan peralatan yang sama dengan pengujian untuk agregat halus. Pemeriksaan berat isi berdasarkan SNI 03-4804-1998. Rumus untuk pemeriksaan berat isi agregat kasar sama dengan pemeriksaan untuk agregat halus, terdapat pada persamaan (1).

2) Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur distribusi ukuran agregat atau menentukan pembagian butiran (gradasi agregat). Sama seperti pemeriksaan analisa saringan untuk agregat halus, analisa saringan adalah pemeriksaan menyeluruh untuk menentukan pembagian butir dan persentase berat butiran yang lolos saringan, kemudian hasil persentase digambarkan pada grafik pembagian butir pada praktikum yang mengacu pada SNI 03-1968-1990 tentang metode yang digunakan untuk menentukan pembagian butir agregat menggunakan dengan saringan yang telah ditentukan. Rumus untuk pemeriksaan analisa saringan agregat kasar sama dengan pemeriksaan untuk agregat halus, terdapat pada persamaan (2).

3) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air dilakukan untuk menentukan berat jenis agregat kasar dalam kondisi SSD. Berat jenis merupakan perbandingan agregat kering dan berat isi suling dalam keadaan jenuh (SNI 1969:2008). Pengujian penyerapan air dilakukan

untuk mengukur kadar resapan agregat. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air dilakukan berdasarkan SNI 1969:2008. Pemeriksaan ini sama seperti pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus yang memiliki perhitungan dengan empat rumus untuk mendapatkan nilai dari agregat tersebut, yaitu:

a) *Apparent specific gravity* (berat jenis semu)

Rumus untuk mendapatkan *Apparent specific gravity* (berat jenis semu) adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(A - C)} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

*A* = Berat benda uji kering oven (gram)

*C* = Berat benda uji dalam air (gram)

b) *Bulk specific gravity* kondisi kering (berat jenis curah)

Rumus untuk mendapatkan *Bulk specific gravity* kondisi kering (berat jenis curah) adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B - C)} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

*A* = Berat benda uji kering oven (gram)

*B* = Berat benda uji kondisi SSD di udara (gram)

*C* = Berat benda uji dalam air (gram)



- c) *Bulk specific gravity* kondisi kering SSD (berat jenis jenuh kering permukaan)

Rumus untuk mendapatkan *Bulk specific gravity* kondisi kering SSD (berat jenis jenuh kering permukaan) adalah sebagai berikut:

$$\text{Jenuh Kering Permukaan} = \frac{B}{(B - C)} \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan:

$B$  = Berat benda uji kondisi SSD di udara (gram)

$C$  = Berat benda uji dalam air (gram)

- d) *Absorption* (penyerapan)

Rumus untuk mendapatkan *Absorption* (penyerapan) adalah sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan Air} = \left[ \frac{B - A}{A} \right] \times 100\% \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan:

$A$  = Berat benda uji kering oven (gram)

$B$  = Berat benda uji kondisi SSD di udara (gram)

#### 4) Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar air agregat kasar kurang lebih sama dengan pemeriksaan agregat halus, yang mana pemeriksaan kadar air dilakukan untuk menentukan kadar air agregat kasar dengan cara pengeringan. Pemeriksaan kadar air agregat kasar dilakukan berdasarkan SNI 03-1971-1990. Rumus untuk pemeriksaan kadar air

agregat kasar sama dengan pemeriksaan untuk agregat halus, terdapat pada persamaan (2.8).

5) Pemeriksaan Ketahanan Aus Agregat Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles

Pemeriksaan ketahanan aus agregat dilakukan untuk mengukur tingkat ketahanan keausan agregat. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan nomor 12 (1,7 mm) terhadap berat semula dinyatakan dalam persen (SNI 2417:2008). Pengujian keausan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui agregat kasar dengan memperkirakan kehilangan berat agregat. Sifat kekuatan agregat penting dalam menentukan kesesuaiannya untuk digunakan sebagai bahan dalam produksi beton atau terapan jalan raya. Pemeriksaan ketahanan aus agregat kasar berdasarkan SNI 2417:2008. Rumus ketahanan aus adalah sebagai berikut:

$$\text{Ketahanan Aus} = \left[ \frac{a-b}{a} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

$a$  = Berat benda uji awal (gram)

$b$  = Berat benda uji sesudah di los angeles (gram)

c. Spesifikasi Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Spesifikasi standar pemeriksaan agregat beton dapat dilihat pada tabel

2.3 berikut ini:

**Tabel 2. 3 Spesifikasi Standar Agregat**

No	Pemeriksaan	Spesifikasi	Nilai Spesifikasi	
			Agregat Halus	Agregat Kasar
1	Berat Isi			
	Padat	ASTM C 29	1,4 - 1,9	1,4 - 1,9
	Gembur	ASTM C 29	1,4 - 1,9	1,4 - 1,9
2	Analisa Saringan			
	Modulus	SNI 03-1968-1990	1,5 – 3,8	5,0 – 8,0
	Gambar		Zona 2	-
3	Berat Jenis dan Penyerapan Air			
	<i>Apparent specific Gravity</i>	SNI 03-1970-1990	2,58 – 2,85	2,58 – 2,85
	<i>Bulk Specific Gravity kondisi kering</i>	SNI 03-1970-1990	2,58 – 2,86	2,58 – 2,86
	<i>Bulk Specific Gravity kondisi kering SSD</i>	SNI 03-1970-1990	2,58 – 2,87	2,58 – 2,87
	<i>Absorption</i>	SNI 03-1970-1990	2 % - 7 %	2 % - 7 %
4	Kadar Lumpur	ASTM C 142	< 5%	-
5	Kadar Air	ASTM C 566	3 % - 5 %	3 % - 5 %
6	Lolos Saringan No 200	STM C 142	< 5%	-
7	Kadar Organik	SNI03-2816-1992	≤ 3	-
8	Ketahanan Aus Agregat dengan Mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	-	< 10 %

#### 4. Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Sebelum campuran beton dibuat, harus dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap bahan-bahan penyusun beton yang akan digunakan, yang nantinya akan didapatkan nilai hasil dari setiap pengujian yang dilakukan terhadap material, data material tersebut dilakukan perhitungan desain campuran (*mix design*), dan pada akhirnya akan didapatkan kebutuhan agregat berupa perbandingan berat atau perbandingan volume yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton. Perencanaan campuran beton normal dilakukan berdasarkan pada SNI 03-2834-2000. Adapun pengolahan data dalam perencanaan campuran beton dapat dilihat pada persamaan berikut:

a. Penetapan Variabel Perencanaan dapat ditentukan dengan beberapa kategori, yaitu :

a. Kategori jenis struktur

Kategori jenis struktur ini harus ditentukan guna nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai *slump test* beton. Adapun kategori jenis struktur dan nilai slump yang dipakai dapat dilihat pada tabel 2. 7 *Nilai Slump Test* beton.

b. Kuat tekan karakteristik beton ( $\text{kg/cm}^2$ )

Kuat tekan karakteristik beton ditentukan dengan jenis beton seperti yang terlihat pada tabel 2.8 standar nilai kuat tekan beton.

c. Standar deviasi rencana ( $\text{kg/cm}^2$ )

Standar deviasi rencana telah ditetapkan secara internasional yang mana nilainya adalah  $65 \text{ kg/cm}^2$ .

d. Nilai tambah ( $k = 1,64$ )

Nilai tambah dapat dihitung menurut rumus sebagai berikut.

$$M_{\square} = 1,64 \times Sr \dots\dots\dots(15)$$

Dengan :

$M_{\square}$  = Nilai tambah

1,64 = Tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan sebesar maksimum 5 %

$Sr$  = Deviasi standar rencana

- e. Kuat tekan rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

Nilai kuat tekan rata-rata didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$f_{cr} = f'_c + M \dots \dots \dots (16)$$

Dengan :

$f_{cr}$  = Nilai kuat tekan rata-rata

$f'_c$  = Kuat tekan karekteristik beton

$M$  = Nilai Tambah

- f. Faktor air semen ( $W/C$ ) dapat ditinjau dari kuat tekan rencana ( $f'_c$ ) berdasarkan tabel 2.4 berikut. Jika nilai yang digunakan tidak ada dalam tabel, maka untuk mencari nilai yang diperlukan harus menggunakan rumus interpolasi.

**Tabel 2. 4 Faktor Air Semen**

Kekuatan tekan beton umur 28 hari ( $\text{Kg/cm}^2$ )	Nilai rata-rata W/C
420	0,44
350	0,53
280	0,62
210	0,73
140	0,89

**Sumber: Aneka alam abadi, (2018)**

- g. *Slump* rencana (cm)

Nilai slump beton didapatkan berdasarkan tabel 2.7 mengenai nilai *slump test* beton yang telah ditetapkan nilainya.

- b. Data material yang digunakan dan nilai pemeriksaan material yang diperlukan untuk perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut :

- 1) Berat jenis semen dan berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )  
Berat jenis semen dan berat jenis air memiliki nilai yang telah ditetapkan secara internasional yaitu  $3,15 \text{ kg/m}^3$  untuk berat jenis semen dan  $1 \text{ kg/m}^3$  untuk berat jenis air.
- 2) Ukuran maksimum agregat kasar (mm)  
Ukuran maksimum agregat kasar yang dimaksudkan adalah ukuran agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton. Pada penelitian ini digunakan ukuran 19,1 mm.
- 3) *Specifi gravity* agregat kasar (SDD)  
Nilai dari *Specifi gravity* agregat kasar (SDD) didapatkan dari hasil salah satu dari pemeriksaan bahan agregat kasar yaitu berat jenis dan penyerapan air agregat.
- 4) berat volume agregat kasar kondisi padat ( $\text{kg/m}^3$ )  
Berat volume agregat kasar kondisi padat didapatkan dari hasil pemeriksaan berat isi/volume agregat kasar yang dilakukan pada agregat kasar.
- 5) penyerapan air agregat kasar (%)  
Nilai dari penyerapan air agregat kasar didapatkan dari hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat.
- 6) kadar air agregat kasar (%)  
Kadar air agregat kasar didapatkan nilainya dari hasil pemeriksaan terhadap agregat kasar yaitu pemeriksaan kadar air.

7) *Specifi gravity* agregat halus (SDD)

Nilai dari *Specifi gravity* agregat halus (SDD) diperoleh dari hasil pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat halus yaitu pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat.

h. Modulus kehalusan agregat halus

Nilai dari modulus kehalusan agregat halus didapatkan dari hasil pemeriksaan terhadap agregat halus yang mana pemeriksaan itu adalah pemeriksaan analisa saringan.

i. Penyerapan air agregat halus (%)

Nilai dari penyerapan air agregat halus diperoleh dari salah satu pemeriksaan terhadap agregat halus yaitu pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat.

j. Kadar air agregat halus (%)

Nilai kadar air agregat halus diperoleh dari hasil salah satu pemeriksaan terhadap agregat halus yaitu pemeriksaan kadar air.

k. Persen udara terperangkap (%) dan jumlah air  $\text{kg/m}^3$

Jumlah berat air perlu untuk setiap  $\text{m}^3$  beton dan udara yang terperangkap untuk berbagai *slump* dan ukuran maksimum agregat. Untuk mencari % udara terperangkap dan jumlah air ditentukan dengan tabel 2.5 berikut ini. Jika nilai yang digunakan tidak ada dalam tabel, maka untuk mencari nilai yang diperlukan harus menggunakan rumus interpolasi.



**Tabel 2. 5 Jumlah Berat Air dan Persen Udara Terperangkap**

Slump (cm)	Berat Air (kg/m <sup>3</sup> ) beton untuk ukuran agregat berbeda							
	10 mm	12.5 mm	20 mm	25 mm	38 mm	50 mm	75 mm	150 mm
2,5 – 5	207	199	187	179	166	154	130	113
7,5 – 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 - 17	243	228	216	202	190	178	160	-
	Persen udara (%) yang ada dalam unit beton							
	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2

**Sumber: Aneka alam abadi, (2018)**

- c. Komposisi bahan yang diperlukan untuk campuran beton adalah sebagai berikut :

- 1) Jumlah air (kg/m<sup>3</sup>)

Nilai jumlah air diperoleh berdasarkan tabel 2.5 jumlah berat air dan persen udara terperangkap.

- 2) Berat semen (kg/m<sup>3</sup>)

Nilai komposisi bahan berat semen diperoleh dari membagi jumlah air dengan W/C (faktor air semen), yaitu :

$$\text{Rumus Berat Semen} = \frac{(\text{Jumlah Air})}{(W/C)} \dots\dots\dots(17)$$

- 3) % volume agregat kasar (%)

Persen volume agregat kasar ditentukan dengan tabel 2.6 berikut ini. Jika nilai yang digunakan tidak ada dalam tabel, maka untuk mencari nilai yang diperlukan harus menggunakan rumus interpolasi.

**Tabel 2. 6 Persen Volume Agregat Kasar**

Ukuran Agregat Kasar (mm)	presentase volume agregat kasar/m <sup>3</sup> volume beton untuk fineness modulus agregat halus (pasir)					
	2,40	2,60	2,80	3,00	3,4	3,6
10,0	50	48	46	44	42	40
12,5	59	57	55	53	51	49
20,0	66	64	62	60	58	56
25,0	71	69	67	65	63	61
37,5	75	73	71	69	67	65
50,0	78	76	74	72	70	68
75,0	82	80	78	76	74	72
150,0	87	85	83	81	79	77

Sumber: Novriza et al., (2019)

4) Berat agregat kasar (kg/m<sup>3</sup>)

Nilai dari berat agregat kasar diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$\frac{(\text{Persen Vol. Agregat Kasar})}{(100)} \times (\text{vol. agregat kasar kondisi padat}) \dots \dots \dots (18)$$

5) Volume semen (m<sup>3</sup>)

Nilai dari volume semen didapatkan dari rumus sebagai berikut ini :

$$\frac{(\text{Berat Semen})}{(\text{Berat Jenis Semen}) \times 1000} \dots \dots \dots (19)$$

6) Volume air (m<sup>3</sup>)

Nilai dari volume air diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$\frac{(\text{Jumlah Air})}{((\text{Berat Jenis Air}) \times 1000)} \dots \dots \dots (20)$$

7) Volume agregat kasar ( $m^3$ )

Nilai dari volume agregat kasar didapatkan dari rumus sebagai berikut :

$$\frac{(\text{Berat Agregat Kasar})}{(\text{Specific gravity agregat kasar (SSD)}) \times 1000} \dots \dots \dots (21)$$

8) Volume udara terperangkap ( $m^3$ )

Nilai dari volume udara terperangkap diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$\frac{(\text{Persen Udara Terperangkap})}{100} \dots \dots \dots (22)$$

9) Volume agregat halus ( $m^3$ )

Nilai dari volume agregat halus dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$1 - (\text{Vol. Semen} + \text{Volume Air} + \text{Vol. Agt Kasar} + \text{Vol. Udara Terperangkap}) \dots \dots \dots (23)$$

10) Berat rencana agregat halus ( $m^3$ )

Nilai dari berat rencana agregat halus didapatkan dari rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat Rencana Agt. Halus Specific gravity agt. halus (SSD)} \times \text{Vol. Agt Halus} \times 100 \dots \dots \dots (24)$$

d. Untuk mendapatkan koreksi berat bahan diperlukan beberapa kategori yaitu :

## 1) Koreksi air adukan dari kondisi agregat kasar (%)

Nilai koreksi air adukan dari kondisi agregat kasar didapatkan dengan rumus :

*Penyerapan air agregat Kasar – Kadar air agregat kasar .....(25)*

- 2) Tambahan air dari kondisi agregat kasar (kg)

Nilai tambahan air dari kondisi agregat kasar diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$\frac{(\text{Koreksi Air Adukan dari Kondisi Agregat Kasar} \times \text{Berat Agregat Kasar})}{100} \dots\dots\dots(26)$$

- 3) Koreksi air adukan dari kondisi agregat halus (%)

Nilai koreksi air adukan dari kondisi agregat halus didapatkan dari rumus sebagai berikut :

*Penyerapan air agt. halus (% – Kadar air agregat halus (%)).....(27)*

- 4) Tambahan air dari kondisi agregat halus (kg)

Nilai dari tambahan air kondisi agregat halus didapatkan dari rumus sebagai berikut :

$$\frac{(\text{Koreksi Air Adukan dari Kondisi Agregat Halus} \times \text{Berat Rencana Agregat Halus})}{100} \dots\dots\dots(28)$$

- e. Komposisi untuk 1 m<sup>3</sup> beton yang didapatkan yaitu :

- 1) Berat semen didapatkan dari persamaan 17 seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

- 2) Berat air (kg)

Nilai berat air diperoleh dari rumus sebagai berikut :

*Jumlah Air + Tambahan Air Kondisi Agt. Kasar +*

*Tambahan Air Kondisi Agt. Halus.....(29)*

- 3) Berat agregat kasar (kg)

Nilai dari berat agregat kasar diperoleh dari rumus, yaitu :

*Berat Agregat Kasar – Tambahan Air Kondisi Agregat Kasar.....(30)*

4) Berat agregat halus (kg)

Nilai berat agregat halus didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

*Berat Rencana Agr. Halus – Tambahan Air Kondisi Agr. Halus.....(31)*

5) Abu cangkang kelapa sawit (kg)

Mencari nilai yang diperlukan untuk abu cangkang kelapa sawit diperoleh dari mengalikan persentase abu cangkang kelapa sawit yang dipakai dengan jumlah kubus atau cetakan yang digunakan.

Komposisi beton normal dilakukan dengan menambahkan bahan tambahan pada campuran beton, bahan tambahan tersebut berupa abu cangkang kelapa sawit dengan variasi penambahan sebanyak 0%, 1,5%, 3% dan 7% dari bobot semen, dengan dilakukannya variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap beton normal maka akan didapatkan nilai kuat tekan beton normal yang berbeda dari setiap variasi yang dicampurkan. Setelah perencanaan campuran beton selesai dilakukan maka tahap selanjutnya pembuatan beton dan pemeriksaan *slump* beton yang akan dijelaskan berikut ini :

a. Pembuatan Beton Normal

Beton dihasilkan dari pencampuran bahan-bahan agregat halus, agregat kasar, semen dan air sebagai bahan yang diperlukan untuk reaksi

kimia selama proses pengerasan beton berlangsung. Penelitian ini memiliki 48 sampel pengujian yang berbentuk kubus dari setiap umur beton yang berbeda, dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit yang memiliki persentase sebesar 0%, 1,5%, 3% dan 7% dari bobot semen.

b. Pemeriksaan *Slump Test* Beton

Pemeriksaan *slump test* beton dapat dilakukan setelah proses pembuatan beton segar selesai dilakukan. Pemeriksaan *slump test* dilakukan untuk menentukan ukuran keruntuhan pengecoran adukan beton basah atau segar dan dapat menentukan kekentalan adukan beton serta membuktikan hasil penentuan *slump* beton dalam pembuatan perencanaan adukan beton. Nilai *slump* beton didapatkan dengan mengurangi tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata yang ada. Pemeriksaan *slump test* beton berdasarkan SNI 1972:2008.

PBI, (1971) seperti yang dikutip oleh Saputra et al., (2019) Nilai *slump test* beton yang dianjurkan untuk konstruksi dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut ini:

**Tabel 2. 7 Nilai *Slump Test* Beton**

No	Struktur	Nilai Slump Test Maksimum (cm)	Nilai Slump Test Minimum (cm)
1	Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	9,0	2,5
3	Plat (lantai), balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

**Sumber: Saputra et al., (2019)**

Pemeriksaan *slump test* beton dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Slump Test Beton} = V - T \dots\dots\dots (32)$$

Keterangan:

$V$  = Tinggi cetakan (cm)

$T$  = Tinggi rata-rata benda uji (cm)

Pemeriksaan slump beton biasanya akan di dapat tiga jenis *slump*, yaitu:

1) *Collapse/runtuh*

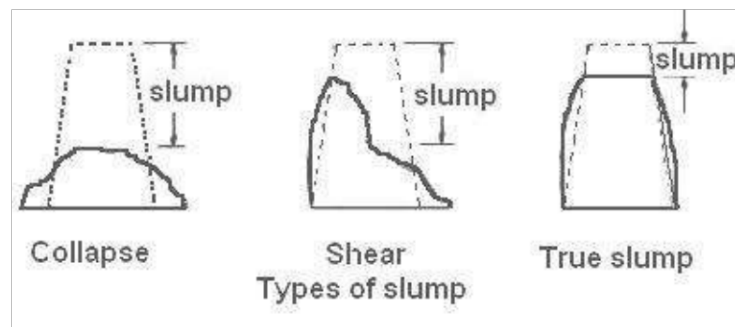
Keadaan ini disebabkan terlalu banyak air/basah sehingga campuran dalam cetakan runtuh sempurna. Bisa juga kerana merupakan campuran yang *workability* nya tinggi yang diperuntukkan untuk lokasi pengecoran tertentu sehingga memudahkan pematatan.

2) *Shear*

Keadaan ini ketika bagian atas sebagian tertahan, sebagian runtuh sehingga berbentuk miring, hal itu terjadi karena adukan belum rata tercampur.

3) *True*

Merupakan bentuk slump yang benar dan ideal. Perhatikan gambar 2.1 jenis *slump test* berikut ini:.



**Gambar 2. 1 Jenis Slump Test**  
**Sumber: Rochmah, (2021)**

## 5. Perawatan Beton

Benda uji yang telah diproduksi akan menjalani proses perawatan dalam jangka waktu tertentu agar terawat dengan baik dan hasilnya sempurna seperti yang diharapkan. Hidrasi dalam semen terjadi karena adanya air yang tercampur ke dalam campuran beton. Kondisi ini harus dijaga agar proses reaksi hidrasi kimia berlangsung sempurna, jika beton terlalu cepat kering maka akan muncul retakan di permukaan. Kekuatan beton akan berkurang karena retak-retak yang muncul.

Metode yang digunakan untuk menjaga stabilitas perubahan suhu dan kelembaban di dalam dan di luar beton adalah perawatan (*Curing*) beton, perawatan beton dapat mempercepat hidrasi beton, mencapai kuat tekan beton yang direncanakan. Perawatan beton dilakukan setelah beton dituang atau dicor dan dibuka cetakannya untuk mencegah beton kehilangan air terlalu cepat, menjaga kelembaban dan suhu dalam beton. Proses hidrasi dapat bekerja dengan sempurna serta menghindari retak pada beton. Secara umum di lapangan perawatan beton dilakukan sekitar 7 hari berturut-turut mulai hari kedua setelah pengecoran atau setelah cetakan dibuka, sementara



proses pengikatan dan pengerasan beton sepenuhnya terjadi pada umur beton 28 hari.

Indrayurmansyah (2001) seperti yang dikutip oleh Mulyati & Arkis, (2020) perawatan beton diperlukan untuk mencegah pengeringan beton yang dapat menyebabkan hilangnya air yang dibutuhkan untuk proses pengerasan beton atau mengurangi kebutuhan air dalam proses hidrasi semen. Penguapan air pada beton yang belum mengeras dapat dihindari dengan cara melakukan perawatan basah pada benda uji mulai dari waktu pencetakan sampai saat pengujian. Penguapan air dalam beton yang belum mengeras dapat dihindari dengan cara perawatan basah terhadap benda uji mulai dari pencetakan sampai saat pengujian. Perawatan basah adalah cara menjaga objek yang di uji sehingga selalu memiliki air bebas di seluruh permukaannya. Perawatan basah dapat dilakukan dengan cara menyimpan benda uji pada tempat yang jenuh air dan dapat juga dilakukan dengan merendam benda uji dalam air jenuh, pada perawatan basah, benda uji tidak boleh diletakkan pada air yang menetes atau air yang mengalir (SNI 2493:2011).

Nizar (2011) seperti yang dikutip oleh Mulyati & Arkis, (2020). Beton tanpa perawatan dibiarkan begitu saja di udara akan terjadi perbedaan panas di luar dan di dalam beton yang menyebabkan bagian luar beton menyusut lebih banyak dari bagian dalam beton yang mengakibatkan kualitas beton menjadi retak, sehingga kualitas beton menurun.

Perawatan beton yang tepat akan menghasilkan beton yang lebih padat, lebih tahan abrasi, dan tahan lama dibandingkan beton yang tidak dirawat.

Kondisi perawatan beton yang baik dapat dicapai dengan melakukan beberapa tindakan, yaitu:

a) *Water (Standart Curing)*

Perawatan ini dilakukan dengan menggunakan media air. Beton direndam di dalam air selama waktu yang diperlukan untuk menggunakan beton tersebut.

b) *Exposed Atmosfer*

Beton dibiarkan setelah dibuka dari cetakan di dalam ruangan menurut temperatur ruangan yang ada.

c) *Sealed atau wropping*

Perawatan beton dengan cara menutupi semua permukaan beton. Beton dilindungi dengan karung basah agar uap air yang terdapat dalam beton tidak hilang.

d) *Stem Curing* (perawatan uap)

Perawatan dengan uap seringkali digunakan untuk beton yang dihasilkan dari pabrik. Temperatur perawatan uap ini 80-150°C dan biasanya lama perawatan satu hari.

e) *Autoclave*

Perawatan beton dengan cara memberikan tekanan yang tinggi pada beton dalam ruangan tertutup, sehingga mutu yang diinginkan tercapai.

## 6. Pengujian Berat Jenis

Pemeriksaan berat jenis beton normal dilakukan setelah proses perawatan beton selesai dilakukan. Berat jenis beton merupakan besarnya berat beton per volume kubus. Berat jenis beton normal memiliki berat satuan  $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$ . Hasil dari pemeriksaan berat jenis beton normal diharapkan mencapai berat satuan beton normal yang telah ditetapkan. Menurut Karimah, (2017) berat jenis beton didapatkan dengan berat benda uji beton di bagi dengan volume beton. Berat jenis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (33)$$

Keterangan:

$W$  = Berat Beton (kg)

$V$  = Volume Beton ( $\text{m}^3$ )

## 7. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beban beton merupakan besarnya beban per satuan luas, dimana pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin kuat tekan beton yang akan menyebabkan beton menjadi rusak karena di bebani oleh gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan tersebut. Pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat melakukan pengetesan tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan. Pengujian kuat tekan beton dilakukan umumnya pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Beton mempunyai waktu pengikat sampai struktur menyatu dengan sempurna,

semakin lama umur beton maka semakin kuat ikatan antara agregat dan pasta semen, dan kuat tekan beton meningkat secara linier sampai umur 28 hari. Semakin lama umur beton maka kekuatan beton yang didapatkan akan bertambah, dan kekuatan tekan beton akan naik dengan cepat pada umur 28 hari, namun setelah 28 hari kenaikan kekuatan beton akan menjadi kecil (SNI 03-1974-1990).

Tjokrodimuljo, K. (2010) seperti yang dikutip oleh Habibi et al., (2016) standar nilai kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut ini:

**Tabel 2. 8 Standar Nilai Kuat Tekan Beton**

No	Jenis Beton	Nilai Kuat Tekan (Fc'/Mpa)
1	Beton Sederhana ( <i>Plain Concrete</i> )	Sampai 10 Mpa
2	Beton Normal	15 – 30 Mpa
3	Beton Prategang	30 – 40 Mpa
4	Beton Kuat Tekan Tinggi	40 – 80 Mpa
5	Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	> 80 Mpa

**Sumber: Habibi et al., (2016)**

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur, jika kekuatan struktur yang dikehendaki semakin ringgi, maka akan menghasilkan mutu beton yang tinggi pula. Kuat tekan beton dirumuskan sebagai berikut:

$$f = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (34)$$

Keterangan:

$f$  = Kuat tekan pengujian (Mpa)

$P$  = Beban maksimum (kg)

$A$  = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Desain Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian bahan Laboratorium untuk mencari hubungan penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap berat jenis dan kuat tekan beton normal yang dilakukan di Laboratorium Teknik Terpadu Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai dengan melihat pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambahan terhadap beton normal yang akan mempengaruhi berat jenis dan kuat tekan beton normal, yang mana persentase penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap beton normal sebanyak 0%, 1,5%, 3%, dan 7% dari bobot semen. Pembuatan benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm.

Penelitian yang dilakukan memiliki jenis penelitian kualitatif yang mana instrumen utama penelitiannya ada pada peneliti sendiri melalui catatan-catatan deskriptif yang dilakukan selama penelitian. Catatan tersebut dapat diperoleh melalui kegiatan seperti wawancara kepada narasumber, observasi atau pengamatan, dokumentasi, studi literatur dan lain sebagainya.

## **B. Lokasi dan Waktu Penelitian**

### **1. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian pembuatan dan pengujian kuat tekan pada beton normal dilakukan di Laboratorium Teknik Terpadu Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.

### **2. Waktu Penelitian**

Penelitian ini dimulai dari Bulan Februari sampai dengan Bulan Juli 2022.

## **C. Metode Pengumpulan Data**

Data penelitian yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer mengacu pada data yang telah dikumpulkan secara langsung. Cara yang paling umum untuk mengumpulkan data primer adalah dengan menggunakan eksperimen dan survei. Data primer adalah pengambilan objek data yang diambil secara langsung oleh individual atau kelompok (Hardani et al., 2020). Data primer pada penelitian ini di dapatkan dari hasil penelitian yang di lakukan di Laboratorium Teknik Terpadu. Hasil penelitian tersebut di dapatkan dari pemeriksaan material agregat kasar, agregat halus, pengujian *slump test*, pemeriksaan berat jenis beton normal dan pengujian kuat tekan beton normal.

Data sekunder adalah data yang sebelumnya tersedia yang dikumpulkan dari sumber-sumber tidak langsung, misalnya dari sumber milik pemerintah atau perpustakaan. Data sekunder adalah pengambilan objek data dilakukan secara tidak langsung atau data diperoleh dengan perantara (Hardani et al., 2020). Data sekunder pada penelitian ini di dapatkan dari hasil penelitian sebelumnya, baik

dari SNI (Standar Nasional Indonesia), jurnal penelitian, buku, ataupun tugas akhir yang bersangkutan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

Adapun untuk mendapatkan hasil penelitian dibutuhkan bahan dan alat sebagai penunjang penelitian, adapun bahan dan alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. **Bahan**

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

#### a. Semen

Semen yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen PCC (*Portland Composite Cement*) yang diproduksi oleh PT. Semen Padang.



**Gambar 3. 1 Semen Portland Komposit**  
**Sumber: PT Semen Padang, (2022)**

#### b. Agregat

Material yang berupa agregat halus dan agregat kasar yang digunakan untuk penelitian diperoleh dari PT.UJK yang berlokasi di Pasir Sialang, Kecamatan Bangkinang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.



**Gambar 3. 2 Agregat Halus dan Agregat Kasar dari PT.UJK  
Sumber: Data Pribadi**



c. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini merupakan air bersih yang berasal dari Laboratorium Teknik Terpadu, Fakultas Teknik, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.

d. Abu Cangkang Kelapa Sawit (*Palm Kernel Shell*)

Abu cangkang kelapa sawit diperoleh dari PT. Johan Sentosa yang merupakan salah satu pabrik industri sawit yang terletak di Sei Jernih, Kelurahan Pasir Sialang, Kecamatan Bangkinang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau.



**Gambar 3. 3 Limbah Cangkang Kelapa Sawit**

**Sumber: Data Pribadi**

## **2. Peralatan**

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

- a. *Oven memmert*
- b. Timbangan
- c. Mould (cetakan) untuk pemeriksaan berat isi
- d. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar

- e. *Electronic sieve shaker*
- f. Piknometer
- g. Cetakan kerucut pasir
- h. Standar warna (*organic plate*)
- i. Talam untuk mengeringkan contoh agregat
- j. Meteran dan mistar
- k. Gelas ukur
- l. Alat pengaduk beton (*mixer*)
- m. Cetakan benda uji berbentuk kubus
- n. Alat kuat tekan (*compression*)
- o. Mesin *los angeles*
- p. Bola-bola baja
- q. Tempat perendaman beton
- r. Molen pengaduk beton
- s. Peralatan lainnya

#### **D. Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian dapat dilakukan setelah data primer dan data sekunder terkumpul. Berdasarkan dari kajian teori diatas, penulis akan melakukan pengujian berdasarkan teori tersebut. Adapun prosedur yang penulis lakukan sebagai berikut:

##### **1. Prosedur Pemeriksaan Agregat Halus**

- a. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus
  - 1) Bahan Uji

- a) Bahan uji berupa agregat halus dan pengujian dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian

2) Peralatan

- a) *Oven memmert*
- b) Timbangan
- c) Talam untuk mengeringkan contoh agregat
- d) Tongkat pemadat dengan diameter 15 mm panjang 60 cm, yang diujungnya buat terbuat dari baja tahan karat.
- e) Mistar perata
- f) Sendok/sekop kecil
- g) Mould (cetakan)

3) Prosedur Praktikum

Material agregat halus dimasukkan ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas mould (cetakan), selanjutnya mengeringkan agregat dengan oven yang memiliki suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  atau kondisi SSD sampai berat menjadi tetap untuk digunakan sebagai benda uji. Prosedur praktikum berat isi ini dilakukan dalam dua pengujian, yaitu:

- a) Berat isi kondisi gembur
  - 1) Menimbang dan mencatat berat wadah (*WI*).
  - 2) Memasukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir agregat kedalam wadah

dengan menggunakan sendok atau skop sampai penuh.

- 3) Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- 4) Menimbang dan mencatat berat wadah beserta benda uji ( $W2$ ).
- 5) Menghitung berat benda uji ( $W3 = W2 - W1$ ).

b) Berat isi kondisi padat

- 1) Menimbang dan mencatat berat wadah ( $W1$ ).
- 2) Mengisi wadah dengan benda uji dalam tiga lapisan yang sama tebal, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditumbuk sebanyak 25 kali secara merata.
- 3) Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- 4) Menimbang dan mencatat berat wadah beserta benda uji ( $W2$ ).
- 5) Menghitung berat benda uji ( $W3 = W2 - W1$ ).

b. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

1) Bahan Uji

- a) Bahan uji berupa agregat halus dan pengujian dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian dengan berat minimum 500 gram.

## 2) Peralatan

- a) Timbangan
- b) Satu set saringan untuk agregat halus dan nomor saringan yang dipakai adalah nomor 4 (4,75 mm), nomor 8 (2,36 mm), nomor 16 (1,18 mm), nomor 40 (0,43 mm), nomor 60 (0,25 mm), nomor 100 (0,150 mm) dan nomor 200 (0,075 mm).
- c) *Oven memmert.*
- d) Mesin pengguncang saringan (*Electronic Sieve Shaker*).
- e) Talam
- f) Kuas, sendok/sekop kecil, dan peralatan lainnya.

## 3) Prosedur Praktikum

- a) Mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu  $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat benda uji tetap.
- b) Benda uji dimasukkan ke dalam saringan, dan susun saringan mulai dari saringan paling besar diatas. Saringan diguncang dengan menggunakan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

## c. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

## 1) Bahan Uji

- a) Bahan uji berupa agregat halus dan disiapkan sebanyak 1000 gram yang diperoleh melalui penyaringan dengan

saringan nomor 4 untuk memisahkan agregat halus dan agregat kasar yang tercampur.

- 2) Peralatan
  - a) Timbangan
  - b) Piknometer
  - c) Cetakan kurucut pasir
  - d) Tongkat pemadat dari logam untuk cetakan kerucut.
- 3) Prosedur Praktikum
  - a) Agregat halus terdiri dari 3 buah sampel dengan berat semua sampel 1000 gram dan kemudian di rendam selama 24 jam.
  - b) Mengeringkan benda uji yang jenuh air sampai diperoleh kondisi kering permukaan.
  - c) Memasukkan sebagian dari benda uji pada “*metal sand cone mild*” dan kemudian benda uji ditusuk sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat pemadat, apabila cetakan diangkat maka butiran-butiran pasir akan runtuh. Maka di dapatkanlah benda uji dalam kondisi kering permukaan.
  - d) Masukkan agregat halus sebanyak 500 gram ke dalam piknometer. Isi piknometer dengan air sampai 90% penuh. hilangkan gelembung-gelembung udara dengan menggoyang-goyang piknometer, dan merendam

piknometer selama 24 jam, dan timbang berat piknometer yang berisi contoh air.

- e) Memisahkan contoh benda uji dari piknometer dan keringkan dengan oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam. Setelah benda uji dingin kemudian ditimbang.

d. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

1) Bahan Uji

- a) Bahan uji berupa agregat halus yang diambil secukupnya dalam kondisi lapangan. Benda uji berupa 3 buah sampel pengujian.

2) Peralatan

- a) Gelas ukur
- b) Alat pengaduk.

3) Prosedur Praktikum

- a) Benda uji dimasukkan kedalam gelas ukur
- b) Tambahkan air pada gelas ukur
- c) Gelas ukur dikocok untuk mencuci pasir dan lumpur.
- d) Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
- e) Ukur tinggi lumpur ( $V1$ ) dan tinggi lumpur ( $V2$ ).

e. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

1) Bahan Uji

- a) Bahan uji berupa agregat halus dengan 3 buah sampel pengujian sebanyak 2000 gram untuk masing-masing sampel.
- 2) Peralatan
    - a) *Oven memmert*
    - b) Timbangan
    - c) Talam.
  - 3) Prosedur Praktikum
    - a) Menimbang dan mencatat berat talam ( $W1$ )
    - b) Masukkan benda uji kedalam talam dan kemudian menimbang berat talam serta benda uji ( $W2$ ).
    - c) Menghitung berat benda uji ( $W3 = W2 - W1$ ).
    - d) Mengeringkan contoh benda uji bersama talam dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai mendapatkan bobot tetap selama 24 jam.
    - e) Setelah kering, benda uji ditimbang kembali dan kemudian mencatat berat benda uji beserta talam ( $W4$ ).
    - f) Menghitung berat benda uji kering ( $W5 = W4 - W1$ ).
- f. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan Nomor 200 Agregat Halus
- 1) Bahan Uji
    - a) Bahan uji berupa agregat halus dengan menggunakan 3 buah sampel pengujian dengan berat 500 gram setiap benda uji.



- 2) Peralatan
  - a) Saringan nomor 200 dan nomor 16
  - b) Wadah pencuci benda uji dengan kapasitas yang cukup besar sehingga pada waktu pengguncangan benda uji atau air tidak tumpah.
  - c) *Oven memmert*
  - d) Timbangan
  - e) Talam.
- 3) Prosedur Praktikum
  - a) Memasukkan benda uji agregat halus yang beratnya 1,25 kali berat minimum benda uji ke dalam talam, kemudian mengeringkannya dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai mendapatkan bobot tetap selama 24 jam.
  - b) Memasukkan benda uji agregat ke dalam wadah dan memberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
  - c) Mengguncang-guncangkan wadah dan menuangkan air ke dalam susunan saringan nomor 16 dan nomor 200.
  - d) Masukkan air pencuci baru, mengulangi pekerjaan sampai air pencuci menjadi jernih.
  - e) Mengembalikan semua bahan yang tertahan saringan nomor 16 dan nomor 200 ke dalam wadah, kemudian memasukkan seluruh bahan tersebut ke dalam talam yang

diketahui beratnya ( $W_2$ ), dan kemudian mengeringkannya kedalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai mendapat bobot tetap selama 24 jam.

- f) Menimbang dan mencetak beratnya setelah kering ( $W_3$ ).
- g) Menghitung berat beban kering tersebut ( $W_4 = W_3 - W_2$ ).

g. Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

1) Bahan Uji

- a) Benda uji berupa agregat halus.

2) Peralatan

- a) Botol gelas tembus pandang dengan penutup yang tidak beraksi terhadap larutan NaOH.
- b) Standar warna (*Organic Plate*).
- c) Larutan NaOH 3%.

3) Prosedur Praktikum

- a) Memasukkan benda uji kedalam botol.
- b) Tambah senyawa NaOH 3% kemudian kocok hingga volumenya menjadi 3/4 botol.
- c) Tutup botol kemudian kocok dan diamkan selama 24 jam.
- d) Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar.

**2. Prosedur Pemeriksaan Agregat Kasar**

a. Pemeriksaan Berat isi Agregat Kasar

Pemeriksaan berat isi agregat kasar dalam prosedur praktikum, bahan maupun peralatan sama dengan pemeriksaan berat isi agregat halus yang telah di jelaskan sebelumnya.

b. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

1) Bahan Uji

- a) Bahan uji berupa agregat kasar yang disesuaikan dengan ukuran maksimum agregat kasar. Penelitian ini menggunakan ukuran maksimum 3/8 dengan berat benda uji adalah 1,0 kg.

2) Peralatan

- a) Timbangan
- b) Satu set saringan untuk agregat kasar dan nomor saringan yang dipakai adalah nomor 3/4 (19 mm), nomor 3/8 (9,5 mm), nomor 4 (4,75 mm), nomor 8 (2,36 mm), nomor 16 (1,18 mm), nomor 40 (0,43 mm), nomor 60 (0,25 mm), nomor 100 (0,150 mm) dan nomor 200 (0,075 mm).
- c) *Oven memmert*
- d) Mesin pengguncang saringan (*Electronic Sieve Shaker*)
- e) Talam
- f) Kuas, sendok/sekop kecil dan peralatan lainnya.

3) Prosedur Praktikum

- a) Mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat benda uji tetap.

- b) Benda uji dimasukkan ke dalam saringan, dan susun saringan mulai dari saringan paling besar diatas, saringan diguncang dengan menggunakan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
- c. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar
- 1) Bahan Uji
    - a) Bahan uji berupa agregat kasar dengan 3 buah sampel pengujian.
  - 2) Peralatan
    - a) Timbangan
    - b) *Oven memmert*
    - c) Keranjang besi
    - d) Alat penggantung untuk keranjang
    - e) Tempat air untuk timbangan
    - f) Kain atau handuk.
  - 3) Prosedur Praktikum
    - a) Merendam benda uji ke dalam air selama 24 jam.
    - b) Setelah perendaman kemudian keringkan dalam kondisi (SSD). Benda uji dikeringkan dengan menggunakan kain atau handuk.
    - c) Menghitung berat contoh SSD (*A*).
    - d) Memasukkan benda uji ke keranjang dan merendam kembali ke air agar menjaga temperatur 25°C dan

menggoyang keranjang ke dalam air untuk melepaskan udara terperangkap. Hitung jenuh ( $B$ ).

- e) Benda uji dikeringkan dalam *oven memmert* dengan suhu  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat benda uji tetap.
- f) Benda uji yang sudah di oven selanjutnya ditimbang beratnya.

d. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

1) Bahan Uji

- a) Benda uji berupa agregat kasar dengan menggunakan 3 buah benda uji.

2) Peralatan

- a) Timbangan
- b) *Oven memmert*
- c) Talam.

3) Prosedur Praktikum

- a) Menimbang dan mencatat berat talam ( $W1$ )
- b) Memasukkan benda uji ke dalam talam dan menimbang talam beserta berat uji ( $W2$ ).
- c) Menghitung berat benda uji ( $W3 = W2 - W1$ ).
- d) Mengeringkan contoh benda uji bersama talam dan oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat benda uji tetap.
- e) Setelah kering benda uji di timbang kembali dan mencatat berat benda uji beserta talam ( $W4$ ).

- f) Menghitung berat benda uji kering ( $W5 = W4 - W1$ ).
- e. Pemeriksaan Ketahanan Aus Agregat Kasar
- 1) Bahan Uji
    - a) Benda uji berupa agregat kasar dengan menggunakan 3 buah benda uji.
  - 2) Peralatan
    - a) Mesin *los angeles*
    - b) Saringan nomor 12
    - c) Timbangan
    - d) Bola-bola baja
    - e) *Ovent memmert*
    - f) Talam.
  - 3) Prosedur Praktikum
    - a) Mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat benda uji tetap.
    - b) Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin *los angeles*.
    - c) Memutar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm selama 13 menit sebanyak 500 putaran.
    - d) Mengeluarkan benda uji dari mesin *los angeles* dan disaring dengan saringan nomor 12 (1,7 mm).
    - e) Menimbang butiran yang tertinggal pada saringan tersebut serta mencatat beratnya.

### 3. **Prosedur Pembuatan Beton Normal**

- a. Bahan
  - 1) Agregat halus
  - 2) Agregat kasar
  - 3) Air
  - 4) Semen.
- b. Peralatan
  - 1) Timbangan
  - 2) Molen pengaduk beton
  - 3) Sendok semen
  - 4) Cetakan kubus berukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm.
  - 5) Peralatan penunjang lainnya.
- c. Prosedur Praktikum
  - 1) Menimbang semua material yang akan digunakan untuk campuran beton sesuai dengan perencanaan yang telah ada.
  - 2) Mencampur semua material yang telah ditentukan beratnya dengan menggunakan molen pengaduk beton.

### 4. **Prosedur Pemeriksaan *Slump Test* Beton**

- a. Bahan
  - 1) Beton segar sesuai dengan is cetakan.
- b. Peralatan

- 1) Cetakan berupa kerucut panjang dengan bagian atas dan bawah cetakan terbuka.
  - 2) Tongkat pemadat dengan ujung dibulatkan dan sebaiknya tongkat terbuat dari baja tahan karat.
  - 3) Plat logam dengan permukaan rata dan kedap air.
  - 4) Sendok cekung.
- c. Prosedur Praktikum
- 1) Cetakan dan plat dibasahi dengan kain basah
  - 2) Cetakan diletakkan diatas plat
  - 3) Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis, setiap lapis berukuran  $\frac{1}{3}$  dari isi cetakan. Setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tumpukan secara merata. Tongkat pemadat harus masuk tepat sampai lapisan bagian tepi dilakukan dengan tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan dinding cetakan.
  - 4) Setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua kelebihan beton segar di sekitar cetakan harus dibersihkan.
  - 5) Cetakan diangkat perlahan dengan tegak lurus ke atas
  - 6) Balikkan cetakan dan letakkan di samping benda uji
  - 7) Ukurlah *slump* beton yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.



## **5. Prosedur Perawatan Beton**

- a. Bahan
  - 1) Beton yang telah dikeluarkan dari cetakan kubus
- b. Peralatan
  - 1) Tempat perendaman beton
- c. Prosedur Praktikum
  - 1) Beton dimasukkan ditempat perendaman yang telah di isi dengan air, pastikan semua beton terendam dengan sempurna.
  - 2) Keluarkan beton setelah umur beton sesuai dengan waktu yang telah di tetapkan untuk dilakukan pengujian kuat tekan.

## **6. Prosedur Pengujian Berat Jenis**

- a. Bahan
  - 1) Beton yang telah melalui tahap perawatan dengan merendam beton sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.
- b. Peralatan
  - 1) Timbangan
- c. Prosedur Praktikum
  - 1) Benda uji atau beton di timbang dengan timbangan
  - 2) Mencatat berat beton yang didapatkan.

## 7. Prosedur Pengujian Kuat Tekan

- a. Bahan
  - 1) Beton yang telah dilakukan perawatan dengan merendam benton dengan air sesuai dengan umur beton yang telah ditentukan.
- b. Peralatan
  - 1) Timbangan
  - 2) Mesin penguji kuat tekan
- c. Prosedur Praktikum
  - 1) Mengambil benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekannya dari bak perendaman, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dan dikeringkan.
  - 2) Benda uji yang sudah dikeringkan selanjutnya siap di uji kuat tekan dengan mesin kuat tekan beton.
  - 3) Mencatat                                    bacaan                                    alat.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Pemeriksaan Material Agregat**

Pemeriksaan material baik agregat halus maupun agregat kasar diperlukan sebelum digunakan untuk dijadikan bahan pencampuran beton. Pemeriksaan material ini diperlukan untuk mengetahui keadaan material yang akan digunakan. Adapun berdasarkan prosedur penelitian diatas, penulis telah melakukan pengujian atau pemeriksaan berdasarkan prosedur tersebut. Adapun hasil dari pemeriksaan material yang penulis lakukan adalah sebagai berikut:

##### **1. Agregat Halus**

Hasil pemeriksaan material untuk agregat halus yang dilakukan sebelum pencampuran beton adalah sebagai berikut:

###### **a. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus**

Pemeriksaan berat isi dilakukan dengan 3 (tiga) buah sampel pengujian dan nilai/data yang diambil adalah hasil dari rata-rata disetiap sampel pengujian. Hasil pemeriksaan atau pengujian berat isi dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

**Tabel 4. 1 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus**

No.Contoh	: Hasil Rata – Rata	Sumber Contoh	: PT.UJK			
Tgl Uji	: 19 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Halus			
Pelaksana	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian			
Uraian	Padat			Gembur		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Volume Wadah (m <sup>3</sup> )	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054
Berat Wadah (kg)	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18
Berat Benda Uji + Wadah (kg)	9,51	9,55	9,61	8,83	8,85	8,94
Berat Benda Uji (kg)	6,33	6,37	6,43	5,64	5,67	5,76
Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> )	1175	1183	1194	1048	1053	1069
Rata-rata	1184			1057		

**Sumber: Hasil Penelitian**

Hasil pemeriksaan berat isi sesuai dengan tabel 4.1 bahwa berat isi dalam keadaan padat sebesar 1,184 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan dalam keadaan gembur berat isi yang didapatkan sebesar 1,057 kg/m<sup>3</sup>. Spesifikasi untuk kondisi padat dan gembur tidak memenuhi standar spesifikasi berat isi yang telah ditentukan yang terdapat pada tabel 2.3 yaitu 1,4 – 1,9. Pemeriksaan berat isi diperlukan untuk melihat nilai agregat dalam kondisi padat dan gembur dan diharapkan memenuhi spesifikasi standar berat isi. Kepadatan mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen. Agregat halus ini tidak sesuai dengan spesifikasi, sehingga akan menyebabkan kurangnya kepadatan agregat yang menyebabkan volume pori beton besar dan kekuatan beton akan berkurang.

b. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

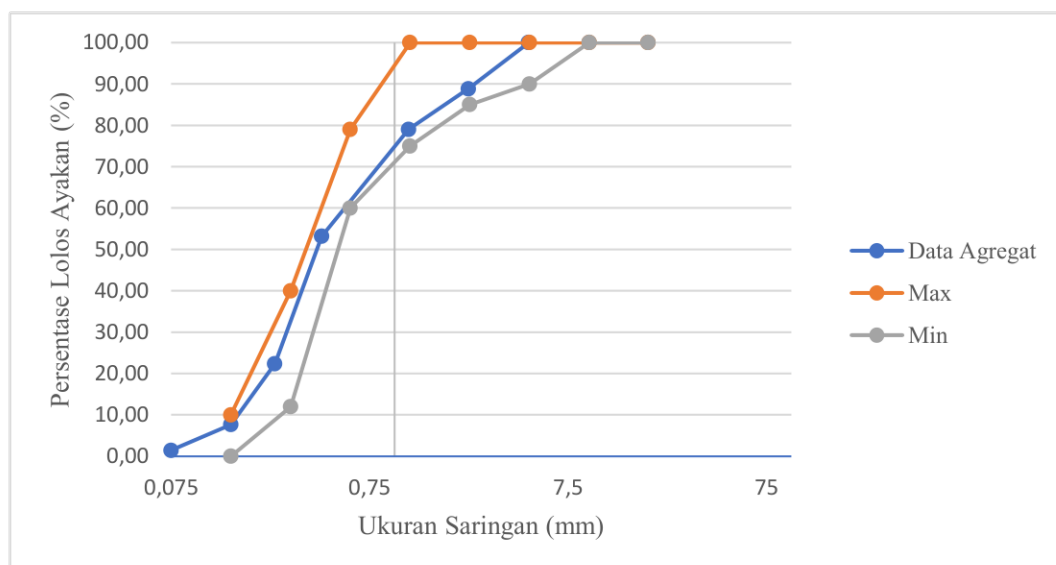
Pemeriksaan analisa saringan dilakukan dengan menggunakan 3 buah sampel pengujian untuk mendapatkan nilai rata-rata dari setiap

sampel. Hasil pemeriksaan analisa saringan ini berupa tabel 4.2 dan gambar 4.1 berikut ini:

**Tabel 4. 2 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus**

No. Contoh	: Hasil rata – rata	Sumber Contoh	: PT.UJK		
Tanggal Uji	: 21 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Halus		
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian		
No Ayakan	Lubang Ayakan	Berat Tertahan	Persentase Tertahan	% Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif
	(mm)	(gram)	%	%	%
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
No.8	2,36	55,50	11,16	11,2	88,84
No.16	1,18	48,83	9,82	20,99	79,01
No. 40	0,43	128,50	25,85	46,83	53,17
No. 60	0,25	153,17	30,81	77,64	22,36
No. 100	0,15	73,17	14,72	92,36	7,64
No. 200	0,075	30,83	6,20	98,56	1,44
	Sisa/Pan Cover	7,17	1,44	100,00	0,00
	TOTAL	497,17	100,00	447,54	
	FINE MODULUS =			4,48	

**Sumber: Hasil Penelitian**



**Gambar 4. 1 Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus**

**Sumber: Hasil Penelitian**

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.1 terlihat bahwa hasil dari pemeriksaan analisa saringan didapatkan nilai modulus kehalusan sebesar 4,48 mm dan termasuk dalam daerah zona III yaitu memiliki butiran pasir yang halus. Penentuan daerah gradasi pasir ini berdasarkan tabel 2.1. Nilai modulus kehalusan agregat halus ini tidak memenuhi standar spesifikasi modulus halus butir agregat halus sesuai dengan tabel 2.3 yaitu 1,5 - 3,8. Mencapai kuat tekan beton yang lebih tinggi diperlukan agregat yang kasar dan bervariasi agar betonnya ekonomis tetapi masih mudah dikerjakan. Ukuran agregat yang bervariasi menyebabkan volume pori kecil dan kepadatan tinggi.

c. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air bisa dilihat pada tabel 4.3 yang mana pengujian ini menggunakan 3 buah sampel pengujian.

**Tabel 4. 3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus**

No. Contoh	: Hasil Rata - Rata	Sumber Contoh	: PT.UJK
Tanggal Uji	: 21 - 05 - 2022	Jenis Contoh	: Agregat Halus
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian
Uraian	Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Rata - Rata
Berat Piknometer	172	173	
Berat Benda Uji Kondisi SSD	500	500	
Berat Piknometer + Benda Uji+ Air	977	978	
Berat Piknometer + Air	669	670	
Berat Benda Uji Kering Oven	498	498	
<i>Apparent Specific Gravity</i> (Berat Jenis Semu)	2,63	2,62	2,62
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering (Berat Jenis Curah)	2,60	2,59	2,60
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD (Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan)	2,61	2,60	2,61
Persentase <i>Absorpsi</i> (Penyerapan) Air	0,40%	0,40%	0,40%

**Sumber: Hasil Penelitian**

Berdasarkan tabel 4.3 pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai :

<i>Apparent Specific Gravity</i>	= 2,62 gram
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering	= 2,60 gram
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD	= 2,61 gram
Persentase <i>Absorption</i> Air	= 0,40%

Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan beton adalah *bulk specific gravity* pada keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) yang memiliki nilai sebesar 2,61, maka nilai ini memenuhi spesifikasi sesuai dengan tabel 2.3 yaitu 2,58 – 2,87. Sedangkan untuk nilai *apparent specific gravity* sebesar 2,62 dan *bulk specific gravity* kondisi kering sebesar 2,60. Maka nilai yang didapatkan sesuai dengan spesifikasi yaitu 2,58 – 2,85 untuk *apparent specific gravity* dan 2,58 – 2,86 untuk *bulk specific gravity* kondisi kering.

Pemeriksaan penyerapan (*absorption*) agregat halus tidak memenuhi standar spesifikasi yaitu 2% - 7%. Berarti agregat halus tersebut dalam kondisi basah. Hal ini disebabkan material yang diperiksa telah terkena hujan sebelum dilakukan penelitian. *Absorption* agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen, dengan demikian pembuatan beton perlu mengurangi air.

d. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan untuk pemeriksaan kadar lumpur yang terdapat dalam agregat halus dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian yang nantinya nilai/hasil yang dipakai adalah rata-rata dari setiap sampel yang ada. Hasil pemeriksaan kadar lumpur dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini:

**Tabel 4. 4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus**

No. Contoh	: Hasil Rata-Rata	Sumber Contoh	: PT.UJK
Tanggal Uji	: 10 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Halus
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian
Uraian	Sampel 1 (cm)	Sampel 2 (cm)	Sampel 3 (cm)
Tinggi Pasir	9,7	9,5	9,7
Tinggi Lumpur	1,2	1	1
Kadar Lumpur	11,01	9,52	9,35
Rata - rata kadar lumpur	9,96 %		

**Sumber: Hasil Penelitian**

Hasil dari pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan untuk keperluan penelitian memiliki nilai kadar lumpur sebesar 9,96 %. Nilai ini tidak sesuai dengan spesifikasi yang berdasarkan tabel 2.3 yaitu  $< 5$ . Lumpur yang menempel pada permukaan agregat dapat menghalangi terjadinya lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen. Nilai kadar lumpur yang besar menandakan banyaknya kandungan lempung atau kotoran pada agregat.



e. Pemeriksaan kadar air Agregat Halus

Pemeriksaan yang dilakukan untuk memeriksa kadar air ini menggunakan 3 buah sampel pengujian dengan nilai yang dipakai adalah nilai rata-rata dari setiap sampel pengujian yang dilakukan. Hasil dari pemeriksaan kadar air ini dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini:

**Tabel 4. 5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus**

No. Contoh	: Hasil Rata-Rata	Sumber Contoh	: PT.UJK
Tanggal Uji	: 18 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Halus
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian
Uraian	Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Sampel 3 (gram)
Berat Talam	243,5	242,5	252,5
Berat Talam + Benda Uji	2243,5	2242,5	2252,5
Benda Uji	2000	2000	2000
Benda Uji Kering + Talam	2122,5	2119,5	2130
Berat Benda Uji Kering	1879	1877	1877,5
Kadar Air Agregat	6,440	6,553	6,525
Rata-rata Kadar Air	6,506 %		

**Sumber: Hasil Penelitian**

Hasil dari pemeriksaan kadar air agregat halus dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan untuk keperluan penelitian memiliki nilai kadar air sebesar 6,506%. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air pada tabel 2.3 yaitu 3% -5%. Dengan demikian perhitungan campuran adukan beton perlu mengurangi jumlah air ke dalam campuran. Kadar air pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dalam campuran adukan beton.

f. Pemeriksaan bahan lolos saringan nomor 200 Agregat Halus

Pemeriksaan bahan lolos saringan nomor 200 dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian dan nilai yang dipakai adalah nilai dari rata-rata setiap sampel pengujian yang dilakukan. Hasil dari pemeriksaan bahan lolos saringan nomor 200 dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini:

**Tabel 4. 6 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan Nomor 200 Agregat Halus**

No. Contoh	: Rata - rata	Sumber Contoh	: PT.UJK	
Tanggal Uji	: 22 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Halus	
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian	
Uraian		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat benda uji awal		625	625	625
berat talam		243	241,5	252,5
Berat benda uji kering + talam		847	843	857
berat benda uji kering		604	601,5	604,5
Lolos saringan No 200		3,36	3,76	3,28
Rata - rata Lolos Saringan No. 200		3,47 %		

**Sumber: Hasil Penelitian**

Agregat halus yang digunakan untuk penelitian memiliki nilai lolos saringan nomor 200 sebesar 3,47%. Nilai yang diperoleh setelah pemeriksaan lolos saringan nomor 200 ini memiliki nilai yang sesuai menurut spesifikasi berdasarkan tabel 2.3 yaitu  $< 5 \%$ .

g. Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan untuk menentukan kadar organik yang terdapat dalam agregat halus dilakukan dengan satu buah sampel pengujian. Hasil dari pemeriksaan kadar organik dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini:

**Tabel 4. 7 Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus**

No. Contoh	: 1	Sumber Contoh	: PT.UJK
Tanggal Uji	: 10 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Halus
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian



**Sumber: Hasil Penelitian**

Hasil dari pemeriksaan kadar organik diketahui bahwa agregat halus yang digunakan untuk penelitian memiliki nomor warna kadar organik yaitu nomor 3, artinya kadar organik yang terkandung dalam agregat halus adalah normal, dan bisa digunakan untuk penelitian sesuai pada standar spesifikasi untuk kadar organik pada tabel 2.3. Zat organik yang terlalu banyak dapat menghambat pengikatan semen maupun mengurangi daya rekat semen dan menurunkan kekuatan beton.

## **2. Agregat Kasar**

Hasil dari pemeriksaan material agregat kasar dapat di lihat sebagai berikut:

### **a. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar**

Pemeriksaan berat isi ini dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian dan nilai yang dipakai adalah nilai rata-rata dari setiap sampel pengujian. Hasil dari pemeriksaan berat isi dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut ini:

**Tabel 4. 8 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar**

No.Contoh	: Hasil Rata – Rata	Sumber Contoh	: PT.UJK			
Tgl Uji	: 18 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Kasar			
Pelaksana	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian			
Uraian	Padat			Gembur		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Volume Wadah (m <sup>3</sup> )	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054
Berat Wadah (kg)	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18
Berat Benda Uji + Wadah (kg)	8,22	8,21	8,32	7,39	7,39	7,24
Berat Benda Uji (kg)	5,04	5,03	5,14	4,21	4,20	4,06
Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> )	935	934	954	781	781	754
Rata-rata	941			772		

**Sumber: Hasil Penelitian**

Hasil pemeriksaan berat isi sesuai dengan tabel 4.8 bahwa berat isi dalam keadaan padat sebesar 941 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan dalam keadaan gembur berat isi yang didapatkan sebesar 772 kg/m<sup>3</sup>. Nilai yang didapatkan setelah pengujian tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan sesuai dengan tabel 2.3 yaitu 1,4 – 1,9. Jika spesifikasi tidak sesuai maka akan menyebabkan kurangnya kepadatan agregat yang menyebabkan volume pori beton besar dan kekuatan beton akan berkurang.

## b. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Hasil dari pemeriksaan analisa saringan berupa tabel 4.9 bisa dilihat berikut ini.

**Tabel 4. 9 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar**

No. Contoh	: Hasil rata – rata	Sumber Contoh	: PT.UJK		
Tanggal Uji	: 23 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Kasar		
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian		
No Ayakan	Lubang Ayakan	Berat Tertahan	Persentase Tertahan	% Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif
	(mm)	(gram)	%	%	%
No. 3/4	19	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 3/8	9,5	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	530,84	60,21	60,21	39,79
No.8	2,36	97,17	11,02	71,2	28,77
No.16	1,18	30,83	3,50	74,73	25,27
No. 40	0,43	38,67	4,39	79,11	20,89
No. 60	0,25	43,00	4,88	83,99	16,01
No. 100	0,15	54,00	6,12	90,11	9,89
No. 200	0,075	66,83	7,58	97,69	2,31
	SISA	20,33	2,31	100,00	0,00
	TOTAL	881,67	100,00	657,07	
	FINE MODULUS =			6,57	

**Sumber: Hasil Penelitian**

Hasil dari pemeriksaan analisa saringan agregat kasar didapatkan nilai modulus kehalusan sebesar 6,57 mm. Nilai yang didapatkan setelah dilakukan pengujian ini memenuhi standar spesifikasi modulus kasar sesuai dengan tabel 2.3 yaitu 5,0 – 8,0.

c. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian dimana nilai yang dipakai adalah nilai rata-rata dari setiap pengujian. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini:

**Tabel 4. 10 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar**

No. Contoh	: Hasil Rata - Rata	Sumber Contoh	: PT.UJK		
Tanggal Uji	: 12 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Kasar		
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian		
<b>Uraian</b>					
		Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Sampel 2 (gram)	Rata - Rata
Berat Benda Uji Kondisi SSD di Udara		2000	2000	2000	
Berat Benda Uji Kondisi Jenuh dalam air		1200	1200	1200	
Berat Benda Uji Kering		1949,5	1952,5	1950,5	
<i>Apparent Specific Gravity</i> (Berat Jenis Semu)		2,601	2,595	2,599	2,598
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering (Berat Jenis Curah)		2,437	2,441	2,438	2,439
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD (Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan)		2,500	2,500	2,500	2,500
Persentase <i>Absorpsi</i> (Penyerapan) Air		2,590 %	2,433 %	2,538 %	2,520 %

**Sumber: Hasil Penelitian**

Berdasarkan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat diketahui bahwa agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai:

*Apparent Specific Gravity* = 2,598 gram

*Bulk Specific Gravity* kondisi kering = 2,439 gram

*Bulk Specific Gravity* kondisi SSD = 2,500 gram

Persentase *Absorption* air = 2,520 %

Nilai dari *apparent specific gravity* sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan tabel 2.3 yaitu 2,58 – 2,85. *Bulk specific gravity* kondisi kering tidak memenuhi spesifikasi yaitu 2,58 – 2,86, untuk nilai *bulk specific gravity* kondisi SSD tidak memenuhi standar yaitu 2,58 – 2,87, namun hampir mendekati dengan nilai

spesifikasi yang ada. Sedangkan pemeriksaan penyerapan (*absorption*) agregat kasar memenuhi standar spesifikasi yaitu 2% - 7%. Berarti agregat kasar tersebut dalam kondisi kering. *Absorption* agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen.

d. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan kadar air dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

**Tabel 4. 11 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar**

No. Contoh	: Hasil Rata-Rata	Sumber Contoh	: PT.UJK
Tanggal Uji	: 12 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Kasar
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian
Uraian	Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Sampel 3 (gram)
Berat Talam	178	188	177
Berat Talam + Benda Uji	3178	3188	3177
Benda Uji	3000	3000	3000
Benda Uji Kering + Talam	3134,5	3142,5	3145,5
Berat Benda Uji Kering	2956,5	2954,5	2968,5
Kadar Air Agregat	1,471	1,540	1,061
Rata-rata Kadar Air	1,358 %		

**Sumber: Hasil Penelitian**

Hasil dari pemeriksaan kadar air agregat kasar dapat diketahui bahwa agregat kasar yang digunakan untuk keperluan penelitian memiliki nilai kadar air sebesar 1,358%. Nilai yang diperoleh dari hasil pengujian tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan sesuai tabel 2.3 yaitu 3 % - 5%. Hal ini disebabkan material yang diperiksa telah kering terkena sinar matahari langsung sebelum dilakukan penelitian. Kadar air pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dalam campuran adukan beton.

Dengan demikian perhitungan campuran adukan betony perlu menambah jumlah air ke dalam campuran.

e. Pemeriksaan Ketahanan Aus Agregat Kasar

Pemeriksaan ketahanan aus dilakukan pada agregat kasar, pengujian ini juga dilakukan dengan 3 buah sampel pengujian, dimana nilai yang dipakai adalah nilai rata-rata dari setiap sampel pengujian. Hasil dari pemeriksaan ketahanan aus agregat kasar dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini:

**Tabel 4. 12 Pemeriksaan Ketahanan Aus Agregat Kasar**

No. Contoh	: Hasil Rata-Rata	Sumber Contoh	: PT.UJK
Tanggal Uji	: 12 – 05 – 2022	Jenis Contoh	: Agregat Kasar
Pelaksanaan	: Ainul Mardiah	Kegunaan	: Penelitian
Uraian	Sampel 1 (gram)	Sampel 2 (gram)	Sampel 3 (gram)
Berat Semula	2500	2500	2500
Berat Setelah di LA	1028	1004	947
Ketahanan Aus	58,90	59,86	62,14
Rata - rata	60,3 %		

**Sumber: Hasil Penelitian**

Hasil dari pemeriksaan ketahanan aus agregat kasar dapat diketahui bahwa nilai ketahanan aus yang terdapat pada agregat kasar yang digunakan untuk keperluan penelitian memiliki nilai ketahanan aus sebesar 60,3%. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi ketahanan aus sesuai tabel 2.3 yaitu  $< 10\%$ . Kekuatan betony dipengaruhi oleh kekuatan agregatnya, oleh karena itu ketahanan aus agregat sangat menentukan kekuatan beton yang dibuat.



## B. Perencanaan Campuran dan Pembuatan Benda Uji

### 1. Perencanaan Campuran

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang telah dilakukan, berikut adalah tabel perencanaan campuran berdasarkan dengan perencanaan campuran beton sebelumnya seperti yang tertera pada tabel 4.13.

**Tabel 4. 13 Perencanaan Campuran Beton Normal**

No	Penetapan Variabel Perencanaan	Keterangan	Hasil	Satuan
1	Kategori jenis struktur	Perencanaan	Plat (lantai), balok, kolom dan dinding	
2	Kuat tekan karakteristik beton	Perencanaan	150	kg/cm <sup>2</sup>
3	Standar deviasi rencana	Ketetapan	65	kg/cm <sup>2</sup>
4	Nilai tambah (k= 1,64)	Persamaan (15)	106,6	kg/cm <sup>2</sup>
5	Kuat tekan rata-rata rencana	Persamaan (16)	256,6	kg/cm <sup>2</sup>
6	W/C (berdasarkan 'fc')	Tabel 2.4	0,87	
7	Slump rencana	Tabel 2. 7	7,5-10	cm
<b>Data Material</b>				
8	Berat jenis semen	Ketetapan	3,15	kg/cm <sup>3</sup>
9	Berat jenis air	Ketetapan	1	kg/cm <sup>3</sup>
10	Ukuran maksimum agregat kasar	Ukuran Saringan yang dipakai	19,1	mm
11	Specific gravity agregat kasar (SSD)	Tabel 4. 10	2,500	
12	Berat isi agregat kasar (kondisi padat)	Tabel 4. 8	941	kg/cm <sup>3</sup>
13	Penyerapan air ( <i>absorpsi</i> ) ag. Kasar (%)	Tabel 4. 10	2,520	%
14	Kadar air agregat kasar (%)	Tabel 4. 11	1,358	%
15	Specific gravity agregat halus (SSD)	Tabel 4. 3	2,608	
16	Modulus kehalusan Ag. Halus	Tabel 4. 2	4,48	
17	Penyerapan air ( <i>absorpsi</i> ) ag. halus (%)	Tabel 4. 3	0,402	%
18	Kadar air agregat halus (%)	Tabel 4. 5	6,506	%
19	% udara terperangkap	Tabel 2.5	2,06	%
<b>Komposisi Bahan</b>				
20	Jumlah Air	Tabel 2.5	206,32	kg/cm <sup>3</sup>
21	Berat Semen	Persamaan (17)	237,15	kg/cm <sup>3</sup>
22	% Volume Ag. Kasar	Tabel 2.6	57,16	%
23	Berat Ag. Kasar	Persamaan (18)	537,96	kg/cm <sup>3</sup>

24	Volume semen	Persamaan (19)	0,0753	m <sup>3</sup>
25	Volume air	Persamaan (20)	0,206	m <sup>3</sup>
26	Volume Ag. Kasar	Persamaan (21)	0,215	m <sup>3</sup>
27	Volume udara terperangkap	Persamaan (22)	0,021	m <sup>3</sup>
28	Volume Ag. Halus	Persamaan (23)	0,483	m <sup>3</sup>
29	Berat rencana agregat halus	Persamaan (24)	1258,65	m <sup>3</sup>
<b>Koreksi Berat Bahan</b>				
30	Koreksi air adukan dari kondisi Ag. Kasar	Persamaan (25)	1,162	%
31	Tambahan air dari kondisi Ag. Kasar	Persamaan (26)	6,251	kg
32	Koreksi air adukan dari kondisi Ag. Halus	Persamaan (27)	-6,104	%
33	Tambahan air dari kondisi Ag. Halus	Persamaan (28)	-76,823	kg
<b>Komposisi untuk 1 m<sup>3</sup> Beton</b>				
34	Berat semen	Persamaan (17)	237,15	kg
35	Berat air	Persamaan (29)	135,74	kg
36	Berat agregat kasar	Persamaan (30)	531,712	kg
37	Berat agregat halus	Persamaan (31)	1335,47	kg
38	Abu Cangkang Kelapa Sawit	0 %	0 %	kg
		1,5 %	0,194 %	kg
		3 %	0,389 %	kg
		7 %	0,908 %	kg

**Sumber: Hasil Penelitian**

## 2. Pembuatan Campuran

Setelah perencanaan campuran selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan pembuatan campuran beton normal, dengan jumlah material yang telah di tentukan sebelumnya. Semua bahan material di campur dengan rata sehingga menjadi beton segar dengan menggunakan mesin molen pengaduk beton, setelah tercampurnya beton segar langkah selanjutnya dilakukan pemeriksaan *slump test* beton yang akan di jelaskan berikut ini:

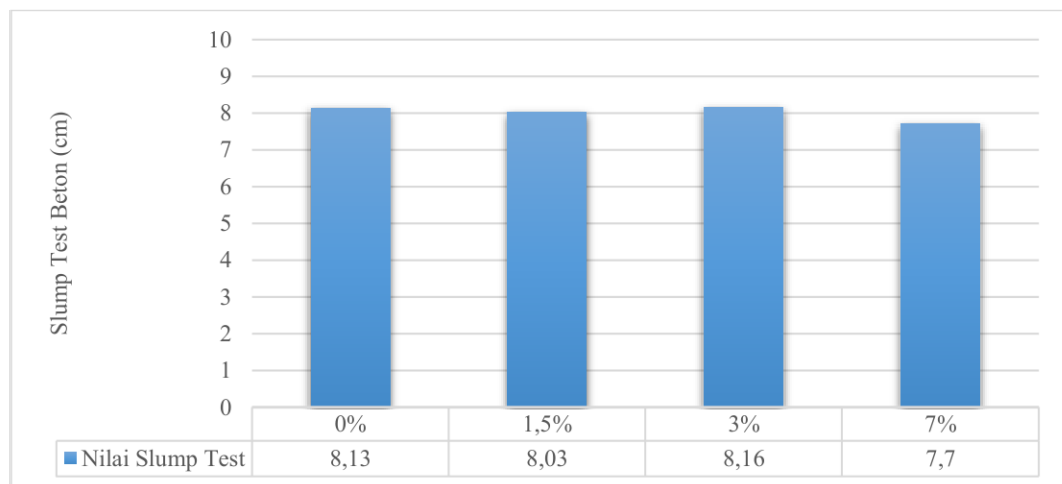
## 3. *Slump Test*

Pemeriksaan *slump* beton dilakukan setelah pencampuran bahan material untuk membuat beton segar telah selesai dilaksanakan. Hasil pemeriksaan *slump test* beton dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut:

**Tabel 4. 14 Pemeriksaan *Slump Test* Beton Normal**

Laboratorium Teknik Terpadu Fakultas Teknik Pemeriksaan <i>Slump Test</i> Beton Normal				
Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit	Tanggal Buat	Tinggi Cetakan (A)	Tinggi Rata-Rata (B)	Nilai Slump (A-B)
		cm	cm	cm
0 %	26/05/2022	31	22,87	8,13
1,5 %	28/05/2022	31	22,97	8,03
3 %	30/05/2022	31	22,84	8,16
7 %	01/06/2022	31	23,3	7,7

**Sumber: Hasil Penelitian**



**Gambar 4. 2 Diagram Nilai *Slump Test* Beton  
Sumber: Hasil Penelitian**

Nilai *slump* pada variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 0 %, 1,5 %, 3 % dan 7 % memiliki nilai *slump* sebesar 8,13 cm, 8,03 cm, 8,16 cm dan 7,7 cm. Berdasarkan nilai *slump test* beton yang didapatkan dari hasil pengujian maka telah memenuhi nilai *slump test* beton yang di anjurkan untuk konstruksi beton yang telah dibahas sebelumnya yaitu berdasarkan pada tabel 2.4.

### C. Pengujian Berat Jenis

Penelitian ini diharapkan memenuhi berat jenis beton normal yang telah ditetapkan oleh SNI yaitu beton normal memiliki berat satuan 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup> (SNI 03-2834-2000). Hasil pemeriksaan berat jenis beton normal dapat dilihat pada tabel 4.15.

**Tabel 4. 15 Pemeriksaan Berat Jenis Beton Normal**

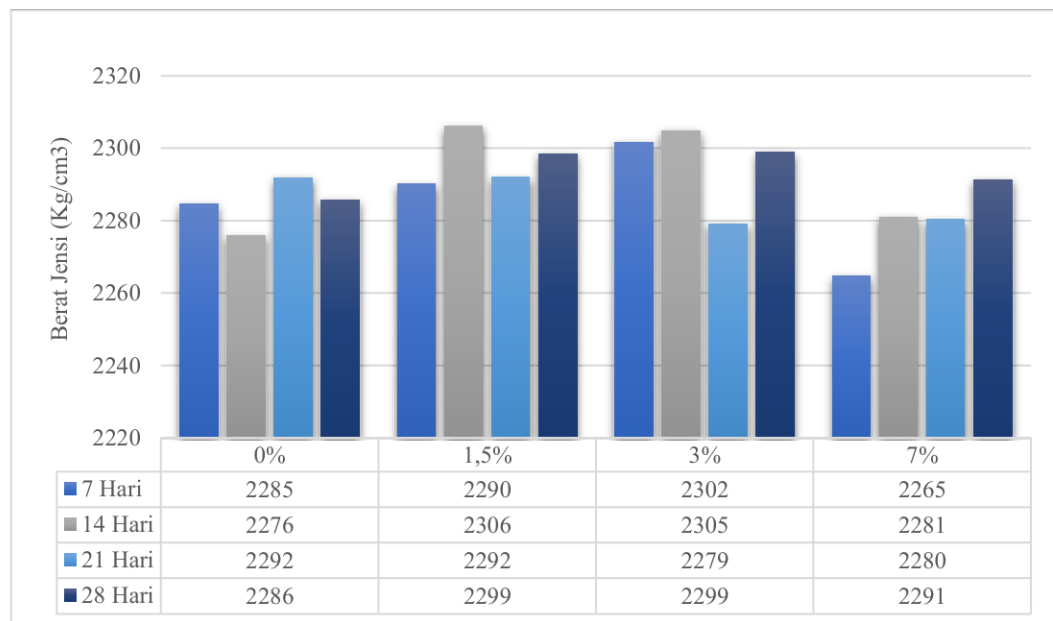
Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit	Berat Jenis Beton Normal					
	Umur Beton	Kode Beton	Berat Beton (A)	Volume Beton (B)	Berat Jenis (A/B)	Rata-Rata
			Kg	m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>
0 %	7 Hari	B1	7,7080	0,003375	2283,851852	2285
		B2	7,7195		2287,259259	
		B3	7,7050		2282,962963	
	14 Hari	B1	7,6905		2278,666667	2276
		B2	7,5925		2249,62963	
		B3	7,7600		2299,259259	
	21 Hari	B1	7,7100		2284,444444	2292
		B2	7,7140		2285,62963	
		B3	7,7805		2305,333333	
	28 Hari	B1	7,7210		2287,703704	2286
		B2	7,6625		2270,37037	
		B3	7,7585		2298,814815	
1,5 %	7 Hari	B1	7,7060	0,003375	2283,259259	2290
		B2	7,7635		2300,296296	
		B3	7,7180		2286,814815	
	14 Hari	B1	7,7795		2305,037037	2306
		B2	7,8010		2311,407407	
		B3	7,7700		2302,222222	
	21 Hari	B1	7,6840		2276,740741	2292
		B2	7,7285		2289,925926	
		B3	7,7940		2309,333333	
	28 Hari	B1	7,8590		2328,592593	2299
		B2	7,7425		2294,074074	
		B3	7,6710		2272,888889	

Sumber: Hasil Penelitian

**Tabel 4. 16 Lanjutan Pemeriksaan Berat Jenis Beton Normal**

Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit	Berat Jenis Beton Normal					
	Umur Beton	Kode Beton	Berat Beton (A)	Volume Beton (B)	Berat Jenis (A/B)	Rata-Rata
			Kg	m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>
3 %	7 Hari	B1	7,7680	0,003375	2301,62963	2302
		B2	7,8060		2312,888889	
		B3	7,7305		2290,518519	
	14 Hari	B1	7,7655		2300,888889	2305
		B2	7,7875		2307,407407	
		B3	7,7830		2306,074074	
	21 Hari	B1	7,6320		2261,333333	2279
		B2	7,6460		2265,481481	
		B3	7,7970		2310,222222	
	28 Hari	B1	7,7525		2297,037037	2299
		B2	7,7840		2306,37037	
		B3	7,7395		2293,185185	
7 %	7 Hari	B1	7,6335	0,003375	2261,777778	2265
		B2	7,6205		2257,925926	
		B3	7,6775		2274,814815	
	14 Hari	B1	7,6360		2262,518519	2281
		B2	7,7495		2296,148148	
		B3	7,7080		2283,851852	
	21 Hari	B1	7,7455		2294,962963	2280
		B2	7,6880		2277,925926	
		B3	7,6560		2268,444444	
	28 Hari	B1	7,7045		2282,814815	2291
		B2	7,7160		2286,222222	
		B3	7,7795		2305,037037	

**Sumber: Hasil Penelitian**



**Gambar 4. 3 Pemeriksaan Berat Jenis Beton Normal**

**Sumber: Hasil Penelitian**

Berdasarkan pada tabel 4.15 dan gambar 4.3 dapat diketahui bahwa nilai berat jenis dari masing-masing variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit berbeda. Namun masing-masing variasi berkisaran antara  $2265 \text{ Kg/m}^3$  –  $2306 \text{ Kg/m}^3$  pada setiap umur beton. Nilai berat jenis beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi 0 %, 1,5 %, 3 % dan 7 % tidak jauh berbeda dari setiap umur beton yang ada. Berdasarkan SNI 03-2834-2000 berat jenis beton normal memiliki berat satuan  $2200 - 2500 \text{ kg/m}^3$  dan nilai yang didapatkan pada pemeriksaan berat jenis beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit adalah  $2265 \text{ Kg/m}^3 - 2306 \text{ Kg/m}^3$ . Sehingga didapatkan nilai berat jenis beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit tidak mempengaruhi berat jenis pada beton normal dan telah memenuhi berat jenis beton normal yang telah ditetapkan berdasarkan SNI 03-2834-2000.

#### D. Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut ini:

**Tabel 4. 17 Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Normal**

Variasi Abu CKS	Berat Jenis Beton Normal							
	Umur Beton	Kode Beton	Luas Penampang (A)	Bacaan Alat (B)	Konveri (C)	Beban Maksimum (D = B*C)	Kekuatan Tekan (D/A)	Rata-Rata
			Cm	kN	kN ke Kg	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0 %	7 Hari	B1	225	245	101,097	24769	110,08	106
		B2		220		22241	98,85	
		B3		240		24263	107,84	
	14 Hari	B1		290		29318	130,30	119
		B2		260		26285	116,82	
		B3		245		24769	110,08	
	21 Hari	B1		310		31340	139,29	134
		B2		285		28813	128,06	
		B3		300		30329	134,80	
	28 Hari	B1		330		33362	148,28	138
		B2		280		28307	125,81	
		B3		310		31340	139,29	
1,5 %	7 Hari	B1	225	245	101,097	24769	110,08	112
		B2		240		24263	107,84	
		B3		260		26285	116,82	
	14 Hari	B1		265		26791	119,07	133
		B2		305		30835	137,04	
		B3		315		31846	141,54	
	21 Hari	B1		310		31340	139,29	153
		B2		365		36900	164,00	
		B3		345		34878	155,02	
	28 Hari	B1		355		35889	159,51	161
		B2		345		34878	155,02	
		B3		375		37911	168,50	

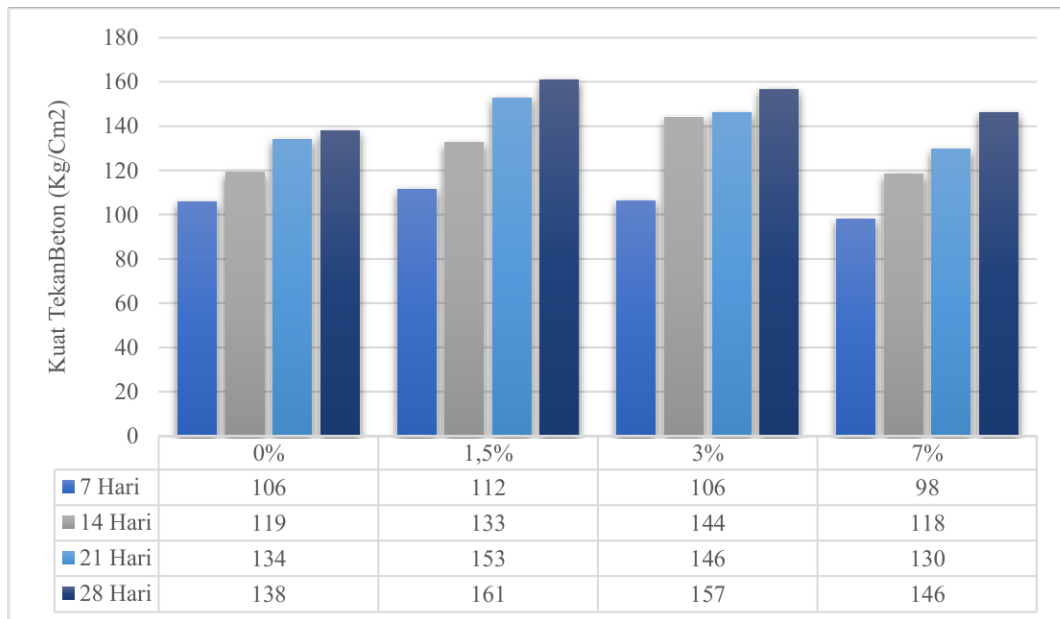
Sumber: Hasil Penelitian

**Tabel 4. 18 Lanjutan Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Normal**

Variasi Abu CKS	Berat Jenis Beton Normal							
	Umur Beton	Kode Beton	Luas Penampang (A)	Bacaan Alat (B)	Konversi (C)	Beban Maksimum (D = B*C)	Kekuatan Tekan (D/A)	Rata-Rata
			Cm	kN	kN ke Kg	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
3 %	7 Hari	B1	225	235	101,097	23758	105,59	106
		B2		235		23758	105,59	
		B3		240		24263	107,84	
	14 Hari	B1		315		31846	141,54	144
		B2		315		31846	141,54	
		B3		330		33362	148,28	
	21 Hari	B1		315		31846	141,54	146
		B2		320		32351	143,78	
		B3		340		34372	152,77	
	28 Hari	B1		345		34878	155,02	157
		B2		350		35383	157,26	
		B3		350		35384	157,26	
7 %	7 Hari	B1	225	210	101,097	21230	94,36	98
		B2		220		2224	98,85	
		B3		225		22747	101,10	
	14 Hari	B1		265		26791	119,07	118
		B2		235		23758	105,59	
		B3		290		29318	130,30	
	21 Hari	B1		305		30835	137,04	130
		B2		255		25780	114,58	
		B3		305		30835	137,04	
	28 Hari	B1		365		36900	164,00	146
		B2		330		33362	148,28	
		B3		280		28307	125,81	

**Sumber: Hasil Penelitian**





**Gambar 4. 4 Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Normal**

**Sumber: Hasil Penelitian**

Pemeriksaan kuat tekan beton normal dapat dilihat pada tabel 4.16 dimana nilai kuat tekan yang dihasilkan dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit berbeda disetiap umur beton, dimana semakin lama umur beton maka nilai kuat tekan beton normal semakin tinggi. Nilai kuat tekan beton normal dengan variasi campuran abu cangkang kelapa sawit pada variasi 0 % di dapatkan nilai kuat tekan pada umur 7 hari adalah 106 Kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 14 hari nilai kuat tekan yang di dapatkan sebesar 119 Kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 21 hari didapatkan nilai kuat tekan 134 Kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 28 hari nilai kuat tekan yang di dapatkan pada beto normal adalah sebesar 138 Kg/cm<sup>2</sup>. Penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 1,5 % mendapatkan nilai kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 112 Kg/cm<sup>2</sup>, pada umur beton 14 hari nilai kuat tekan yang didapatkan adalah 133 Kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada umur beton yang ke 21 hari nilai kuat tekan yang didapatkan sebesar 153 Kg/cm<sup>2</sup>,

dan pada umur beton yang ke 28 hari nilai kuat tekan yang didapatkan adalah 161 Kg/cm<sup>2</sup>.

Penambahan abu cangkang kelapa sawit sebanyak 3 % mempunyai kuat tekan beton pada umur 7 hari sebesar 106 Kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 14 hari sebesar 144 Kg/cm<sup>2</sup>, sedangkang pada umur 21 hari sebesar 146 Kg/cm<sup>2</sup>, dan nilai kuat tekan beton normal pada umur 28 hari mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 157 Kg/cm<sup>2</sup>. Penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi penambahan sebesar 7 % memiliki nilai kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 98 Kg/cm<sup>2</sup>, umur 14 hari memiliki kuat tekan 118 Kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 21 hari mempunyai kuat tekan sebesar 130 Kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur beton 28 hari mempunyai nilai kuat tekan beton normal sebesar 146 Kg/cm<sup>2</sup>.

Berdasarkan nilai kuat tekan beton yang telah didapatkan pada beton normal diketahui bahwa dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit maka akan meningkatkan nilai kuat tekan beton normal dibandingkan dengan tidak menambahkan abu cangkang kelapa sawit pada campuran beton. Dimana nilai kuat tekan yang tidak ada penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 138 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari, sedangkang nilai kuat tekan dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi campuran sebesar 1,5 %, 3 % dan 7 % pada umur 28 hari sebesar 161 Kg/cm<sup>2</sup>, 157 Kg/cm<sup>2</sup> dan 146 Kg/cm<sup>2</sup>. Namun dari hasil pemeriksaan kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dapat diketahui bahwa variasi penambahan sebesar 1,5 % memiliki kuat tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan variasi penambahan yang lainnya.

Semakin banyak penambahan abu cangkang kelapa sawit maka akan menurunkan nilai kuat tekan beton normal.

Hasil dari pemeriksaan nilai kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi campuran 1,5 % dan 3 % sudah memenuhi nilai kuat tekan beton normal yang telah di tentukan yaitu 15 Mpa – 30 Mpa (Habibi et al., 2016). Sedangkan penambahan variasi campuran abu cangkang kelapa sawit sebanyak 7 % memiliki kuat tekan beton normal tidak setinggi nilai kuat tekan dengan variasi abu cangkang sawit lainnya. Dapat diambil kesimpulan penambahan abu cangkang kelapa sawit dapat memberikan dampak yang baik pada nilai kuat tekan beton normal dengan kadar yang tidak terlalu banyak.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Hasil penelitian dan pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi penambahan sebesar 0 %, 1,5 %, 3 %, dan 7 % yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Hasil dari pengujian berat jenis beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi sebesar 0 %, 1,5 %, 3 %, dan 7 % tidak mempengaruhi berat jenis pada beton normal dan telah memenuhi standar berat jenis beton normal yang telah ditetapkan sesuai SNI 03-2834-2000 yaitu memiliki berat satuan 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian berat jenis yang memiliki nilai dari masing-masing variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit berkisaran antara 2265 Kg/m<sup>3</sup> – 2306 Kg/m<sup>3</sup> pada setiap umur beton.
2. Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit mempunyai pengaruh yang baik bagi nilai kuat tekan beton normal dengan kadar penambahan abu cangkang kelapa sawit yang tidak banyak, ini dibuktikan dengan hasil penelitian terhadap kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 1,5% memiliki nilai kuat tekan sebesar 161 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari, sedangkan penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 3 % dan 7 % memiliki nilai

kuat tekan dibawah penambahan variasi abu cangkang kelapa sawit sebesar 1,5 %.

3. Hasil pemeriksaan berat jenis beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit sebanyak 0 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari didapatkan nilai berat jenis sebesar 2285 Kg/m<sup>3</sup>, 2276 Kg/m<sup>3</sup>, 2292 Kg/m<sup>3</sup> dan 2286 Kg/m<sup>3</sup>. Penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 1,5 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari didapatkan nilai berat jenis sebesar 2290 Kg/m<sup>3</sup>, 2306 Kg/m<sup>3</sup>, 2292 Kg/m<sup>3</sup>, 2299 Kg/m<sup>3</sup>. Penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 3 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari didapatkan nilai berat jenis sebesar 2302 Kg/m<sup>3</sup>, 2305 Kg/m<sup>3</sup>, 2279 Kg/m<sup>3</sup>, 2299 Kg/m<sup>3</sup>. Penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 7 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari didapatkan nilai berat jenis sebesar 2265 Kg/m<sup>3</sup>, 2281 Kg/m<sup>3</sup>, 2280 Kg/m<sup>3</sup>, 2291 Kg/m<sup>3</sup>.
4. Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan variasi abu cangkang kelapa sawit sebesar 0 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari didapatkan nilai kuat tekan sebesar 106 Kg/cm<sup>2</sup>, 119 Kg/cm<sup>2</sup>, 134 Kg/cm<sup>2</sup>, dan 138 Kg/cm<sup>2</sup>. Pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi 1,5 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari didapatkan nilai kuat tekan sebesar 112 Kg/cm<sup>2</sup>, 133 Kg/cm<sup>2</sup>, 153 Kg/cm<sup>2</sup>, dan 161 Kg/cm<sup>2</sup>. Pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi 3 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari mempunyai kuat tekan beton sebesar 106 Kg/cm<sup>2</sup>, 144 Kg/cm<sup>2</sup>, 146 Kg/cm<sup>2</sup>, dan 157 Kg/cm<sup>2</sup>. Pengujian kuat tekan beton normal dengan

penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi 7 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki nilai kuat tekan sebesar 98 Kg/cm<sup>2</sup>, 118 Kg/cm<sup>2</sup>, 130 Kg/cm<sup>2</sup>, dan 146 Kg/cm<sup>2</sup>.

## **B. Saran**

Adapun saran yang ingin penulis sampaikan agar penelitian yang telah diselesaikan ini mampu untuk dikembangkan menjadi lebih luas lagi serta bermanfaat untuk orang banyak, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lagi mengenai kuat tekan dengan bahan tambahan lain yang bisa digunakan dalam perencanaan campuran beton.
2. Setiap tahapan pengujian sangat diperlukan ketelitian supaya memperoleh hasil yang maksimal.
3. Bahan campuran yang digunakan untuk beton diharapkan sesuai dengan standar kelayakan sesuai dengan ketentuan yang telah ditentukan, sehingga nilai kuat tekan yang didapatkan tercapai dan tidak mempengaruhi nilai kuat tekan.
4. Penelitian tugas akhir ini bisa dijadikan literatur tambahan atau sebagai bahan evaluasi bagi penelitian tugas akhir selanjutnya, dengan harapan pada hasil evaluasi penelitian tugas akhir tersebut nantinya akan lebih baik.
5. Kepada Prodi Teknik Sipil dan Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai diharapkan bisa memfasilitasi lebih Laboratorium Teknik guna memudahkan Mahasiswa dalam melakukan penelitian.



### DAFTAR PUSTAKA

- Alif, Abdullah. 2019. “Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi (*Abu Batu Effect As Subtitusion Of Fine Aggregate And Addition Of Superplasticizer Characteristics On High Quality Concrete*).” Universitas Islam Indonesia 11–25.
- ASTM C 142-97. 1998. *Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates*. American.
- ASTM C 29. 2003. *ASTM C 29/C 29M – 97. Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate*. Vol. 97. American.
- ASTM C 566-97. 2004. *Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. Vol. i. American.
- fadli eka. 2020. “Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi.” Repositori Institusi Universitas Sumatra Utara.
- Habibi, Tengku, As’at Pujiyanto, and Restu Faizah. 2016. “Naskah Seminar Kajian Perbandingan Kuat Tekan Beton Terhadap Jenis Pasir Di Yogyakarta.” *Repository Umy* 1–12.
- Handawati, Rayuna, and Ilham Mataburu. 2020. “Mengenalkan Kegiatan Ekonomi Sirkular Personal Sekolah Dasar.” *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat* 71–82.
- Hardani, Helmina Andriani, Jumari Ustiawaty, Evi Fatmi, Ria Rahmatul, Roushandy Asri, Dhika Juliana, and Nur Hikmatul. 2020. *Buku Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Yogyakarta.
- Hidayat, Arifal, and Anton Ariyanto. 2019. “Peningkatan Kekuatan Melalui Penambahan Cangkang Sawit Pada Beton Ringan Struktural Sebagai Agregat Kasar.” *Jurnal APTEK* 1(1):25–30.
- Johan Oberlyn Simanjuntak, Tiurma Elita Saragih, Partahi Lumbangaol, Sintong Petrus Panjaitan. 2020. “Beton Bermutu Dan Ramah Lingkungan Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Cangkang Sawit.” *Jurnal Darma Agung* 28:401.
- Karimah, Rofikatul. 2017. “Pemanfaatan Limbah Pecahan Keramik Terhadap Berat Jenis Dan Kuat Tekan Pada Beton Ringan Ramah Lingkungan.” *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi Dan Rekayasa)* 1–6.
- Latjemma, Sudirman. 2021. “Pengaruh Sumber Material Agregat Halus Sebagai Bahan Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton Normal.” *Jurnal Media Bina*



16(1):6035–48.

Mulyati, and Ziga Arkis. 2020. “Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal.” 7(2):78–84. doi: 10.21063/JTS.2020.V702.05.

Munawir, Diki. 2019. “Analisa Perbandingan Pasir Sungai Sugiwaras Dengan Pasir Sungai Tanjung Raja Terhadap Kuat Tekan Beton K-300.” *Pramudiyanto* 126(1):1–7.

Novriza, Ferdiansyah, Yana Desi, Syukri. 2019. “Kondisi Bakar Dan Tanpa Bakar (Studi Mutu Beton 20 MPa Menggunakan Metode *American Concrete*” *Preparation of Paper in Two Column Format for the Proceedings of Conferences Sponsored by IEEE* (1):29–33

Oktarina, Devi, and Natalina. 2018. “UNTUK BATA BETON RINGAN.” *Jurnal Rekayasa Teknologi Dan Sains* 2:8–12.

Padang, PT Semen. 2022. “Semen Portland Komposit.” *PT Semen Padang*. Retrieved July 6, 2022 (<https://www.semenpadang.co.id/index.php>).

Purwanti, Indah. 2021. “Konsep Implementasi Ekonomi Sirkular Dalam Program Bank Sampah (Studi Kasus: Keberlanjutan Bank Sampah Tanjung).” *AmaNu: Jurnal Manajemen Dan Ekonomi* 4(1):89–98.

Rahman, Fauzi, and Fathurrahman. 2017. “Pemanfaatan Hasil Pembakaran Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengganti Pada Pembuatan Beton Normal.” *Neliti* 6(1):30–40.

Rahmat, Irna Hendriyati, and Moh. Syaiful Anwar. 2016. “Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture.” *Info Teknik* 17(2):205–18.

Riyadi, Muhtarom, and Amalia. 2005. *Teknologi Bahan I*. Jakarta.

Rochmah, Nurul. 2021. “Pemanfaatan Limbah Kotoran Hewan Pada Campuran Beton.” *Pawon: Jurnal Arsitektur* V:239–50. doi: <https://doi.org/10.36040/pawon.v5i2.3469>.

Saputra, Eko Bagus, Luky Indra Gunawan, and Hendramawat Aski Safarizki. 2019. “Pengaruh Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Beton Normal.” *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil* 1(2):67. doi: 10.32585/modulus.v1i2.589.

SNI 03-1968-1990, 1990. *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*. Bandung.

SNI 03-1970-1990, 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*.

- SNI 03-1974-1990,1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- SNI 03-2816-1992, 1992. *Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar Atau Beton*.
- SNI 03-2834-2000, 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- SNI 03-4804-1998, 1998. *Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*.
- SNI 15-2049-2004, 2004. *Semen Portland*. Jakarta.
- SNI 1969:2008, 2008. *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Bandung.
- SNI 1970:2008, 2008. *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Bandung.
- SNI 1972:2008, 2008. *Cara Uji Slump Beton*. Bandung.
- SNI 2417:2008, 2008. *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Bandung.
- SNI 2493:2011, 2011. *Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium*. Jakarta.
- SNI 03-1971-1990. 1990. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Vol. 27. Bandung.
- SNI 03-2495-1991. 1991. *Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton*. Bandung.
- SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. Bandung.
- SNI 03-4142-1996. 1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No 200 (0,075 Mm)*. Vol. 200.
- SNI, 2847:2019. 2019. *Penetapan Standar Nasional Indonesia 2847 : 2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013*. Jakarta.
- SNI 7656:2012. 2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa*. Bandung.
- Tri, Mulyono. 2015. *Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek*. Jakarta.
- Vitri, Gusni, and Hazmal Herman. 2019. "Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit

Sebagai Material Tambahan Beton.” *Jurnal Teknik Sipil* 6(2):78–87. doi: 10.21063/JTS.2019.V602.06.