

## PEMANFAATAN TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA MIX DESIGN BETON

### *UTILIZATION OF COCONUT SHELL AS A COARD AGGREGATE IN CONCRETE MIX DESIGN*

<sup>1</sup>Sri Sulawati\*, <sup>2</sup>Purnomo S. Hadi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tompotika Luwuk Banggai  
email: [sri.wati979@gmail.co.id](mailto:sri.wati979@gmail.co.id)

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tompotika Luwuk Banggai  
email: [purshadi@untika.ac.id](mailto:purshadi@untika.ac.id)

#### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton pada campuran beton dengan penggunaan tempurung kelapa sebesar 25% dan 50% dari berat agregat kasar pada mix design beton, pengambilan sampel dilakukan di Desa Uling Kec. Kintom Kabupaten Banggai. Pengujian dilakukan pada Laboratorium Dinas PU Kab. Banggai. Benda uji yang digunakan adalah kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Jumlah benda uji untuk semua pengujian adalah 48 buah dengan umur pengujian 7, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan beton dengan persentase tempurung kelapa 25% umur 28 hari sebesar 14.40 MPa, pada persentase tempurung kelapa 50% umur 28 hari sebesar 10.27 MPa dan yang tidak menggunakan tempurung kelapa menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 19.20 MPa. Hasil pengujian ini menunjukkan, bahwa beton yang tidak menggunakan tempurung kelapa lebih kuat dari yang menggunakan tempurung kelapa.

**Kata Kunci :** tempurung kelapa, agregat, kuat tekan beton

#### **Abstract**

This study aims to determine the value of the compressive strength of concrete in a concrete mixture using coconut shells of 25% and 50% of the weight of the coarse aggregate in the concrete mix design, sampling was carried out in Uling Village, Kec. Kintom, Banggai Regency. The test was carried out at the District Public Works Laboratory. proud. The test object used is a cube with a size of 5 cm x 5 cm x 5 cm. The number of test objects for all tests was 48 pieces with a test age of 7, 14, and 28 days. The results showed that the compressive strength of concrete with the percentage of coconut shell 25% aged 28 days was 14.40 MPa, the percentage of coconut shell 50% aged 28 days was 10.27 MPa and that did not use coconut shell produced a compressive strength value of 19.20 MPa. The results of this test indicate that the concrete that does not use coconut shell is stronger than the one that uses coconut shell.

**Keywords:** coconut shell, aggregate, compressive strength of concrete

## **PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi yang semakin pesat memicu perkembangan suatu kota yang tidak terlepas dari aspek pembentuk kota meliputi: sosial budaya, ekonomi, pemukiman, kependudukan, sarana dan prasarana serta transportasi (Rachman, H. F. 2010). Bertambahnya penduduk berkorelasi positif dengan bertambahnya kebutuhan pemukiman, artinya dari tahun ketahun kebutuhan akan pemukiman/perumahan semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk ( Dewi, B. K., & Fitria, L. 2022). Untuk memenuhi kebutuhan akan pemukiman, maka penduduk mendirikan bangunan-bangunan baik itu dalam bentuk konstruksi semi permanen maupun permanen.

Dalam dunia konstruksi, beton merupakan salah satu bahan yang paling banyak dijumpai dalam kehidupan, berbagai bangunan didirikan dengan menggunakan beton sebagai bahan utama, baik bangunan gedung, bangunan air, bangunan/prasarana transportasi, dan bangunan-bangunan lain (Umum, D. P. 1986). Banyak alasan mengapa beton menjadi pilihan utama sebagai bahan konstruksi bila dibandingkan dengan material baja atau material kayu, diantaranya bahan penyusunnya mudah diperoleh, harga relatif murah, tahan lama, tahan terhadap api, mudah dibentuk sesuai dengan keinginan sehingga menghasilkan nilai seni yang tinggi (Ahmad, S. N., et. al 2021).

Kabupaten Banggai, merupakan sentra produksi terbesar komoditas perkebunan khususnya kelapa di Sulawesi Tengah. Produksi kelapa saat ini mencapai 48.132 kg, yang dihasilkan dari luas areal sekitar 54.000 hektar. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang penggunaan tempurung kelapa sebagai agregat kasar dalam pencampuran beton. Dan melalui penelitian ini akan diketahui pengaruh penggunaan tempurung kelapa terhadap kuat tekan beton dengan membandingkan kuat tekan beton tanpa menggunakan tempurung kelapa.

## **METODE PENELITIAN**

Lokasi pengambilan sampel terletak di Desa Uling Kecamatan Kintom Kabupaten Banggai. Desa Uling salah satu dari 19 desa di wilayah Kecamatan Kintom, yang terletak  $\pm$  1 km ke arah utara dari Ibukota Kecamatan, 32 km dari pusat pemerintahan Kabupaten dan 676 km dari Ibukota Propinsi. Desa Uling memiliki luas wilayah 30,60 km<sup>2</sup>, dan luas lahan pertanian 175 Ha. Secara Administratif terdiri dari 3 dusun dan 9 RT (<http://banggaikab.bps.go.id>)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Eksperimen, benda uji yang akan digunakan adalah kubus, dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm, dimana pengujian dilakukan pada variasi campuran tempurung kelapa 0%, 25%, 50% dari berat agregat kasar dan umur rencana beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Data primer penelitian diperoleh dari pengambilan sampel di lokasi studi berupa pasir, kerikil dan tempurung kelapa pada beberapa titik pengumpul warga untuk dilakukan pengujian di laboratorium Dinas Pekerjaan Umum di Kabupaten Banggai. Data sekunder diperoleh dari intansi terkait berupa kondisi eksisting lokasi studi dan data-data penunjang lainnya berupa referensi/literatur serta penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan judul penelitian.

Bahan utama yang akan digunakan dalam penelitian yaitu:

1. Semen yang akan digunakan adalah semen tipe I yang terdapat di Kabupaten Banggai dengan merek dagang semen tonasa.
2. Air yang akan digunakan adalah air bersih yang tersedia di laboratorium PU Kabupaten Banggai.
3. Agregat halus yang akan digunakan adalah pasir dari sungai Kecamatan Kintom, dimana pasir tersebut mempunyai bentuk yang bulat, bersih, butir-butir yang halus dan mempunyai gradasi yang baik.
4. Agregat kasar yang akan digunakan adalah kerikil dari Kecamatan Kintom yang beukuran 0,5 -1 cm.
5. Tempurung kelapa di ambil langsung dari tempat pengolahan kelapa yang ada di Kecamatan Kintom Desa Uling. Adapun pengolahan tempurung kelapa yang akan digunakan adalah sebagai berikut : Tempurung terlebih dahulu dibersihkan agar sabut dan sisa-sisa kelapa yang menempel dapat hilang dengan menggunakan peralatan berupa pisau atau sejenisnya, kemudian tempurung ditumpuk/dipecahkan dengan menggunakan palu agar diperoleh ukuran tempurung 2 – 3 cm, kemudian di giling menggunakan chruser mini untuk memperoleh ukuran 4,8 mm yang akan di gunakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

Dalam penelitian ini ada beberapa pengujian awal yang dilakukan untuk menentukan sifat dari material yang akan digunakan dalam perencanaan campuran beton. Agregat kasar dan halus diperiksa untuk menentukan sifat dasar dari agregat tersebut. Hasil pengujian tersebut dipakai untuk membuat rencana campuran beton. Pada penelitian di laboratorium untuk agregat halus menggunakan saringan Nomor 1½", ¾", ⅜", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, dan No. 100. Untuk agregat kasar menggunakan saringan Nomor 1½", ¾", ⅜", dan No. 4 Berdasarkan hasil pengujian laboratorium diperoleh persentase lolos saringan sebagai berikut :

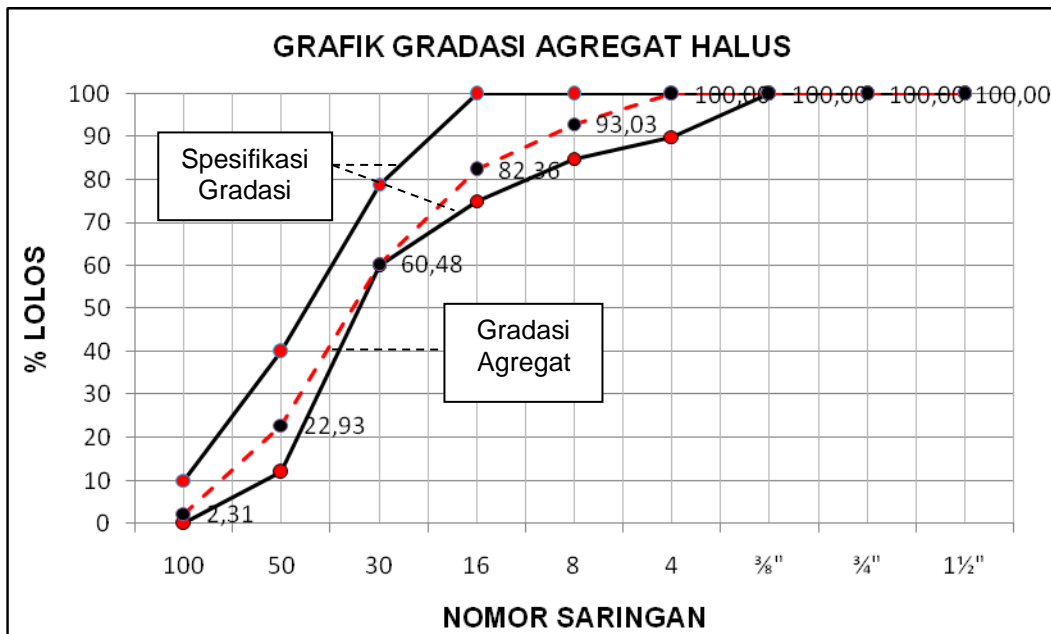
#### a. Analisa saringan agregat halus

Contoh perhitungan saringan No. 8

$$\begin{aligned} \text{Komulatif tertahan} &= \frac{\text{Sampel 1} + \text{sampel 2}}{2} = \frac{105 + 115}{2} = 110 \text{ gr} \\ \text{Persentase tertahan} &= \frac{\text{Komulatif tertahan tiap ayakan}}{\text{Berat total benda uji}} \times 100\% \\ &= \frac{110 \text{ gr}}{1579 \text{ gr}} \times 100\% = 6,97\% \\ \text{Persentase lolos} &= 100\% - \% \text{ tertahan} \\ &= 100\% - 6,97\% = 93,03\% \end{aligned}$$

Tabel 10. Distribusi ukuran butiran agregat halus

Saringan No	Berat Tertahan (gr)		Komulatif Tertahan Rata-rata (gr)	Tertahan %	Lolos %	Spek
	Sampel 1	Sampel 2				
1 ½"	0	0	0	0	100.00	100
¾"	0	0	0	0	100.00	100
⅜"	0	0	0	0	100.00	100
No. 4	0	0	0	0.00	100.00	90 - 100
No. 8	105	115	110.00	6.97	93.03	85 - 100
No. 16	166	171	278.50	17.64	82.36	75 - 100
No. 30	338	353	624.00	39.52	60.48	60 - 79
No. 50	570	616	1217.00	77.07	22.93	12 - 40
No. 100	304	347	1542.50	97.69	2.31	0 - 10
Pan	34	39	1579.00	-		
Jumlah	1517	1641		238.89		
Fineness Modulus (FM)				2.39		



Gambar 8. Grafik gradasi agregat halus

Berdasarkan grafik tersebut diatas, gradasi agregat halus lolos saringan di nomor saringan 8 dan presentase lolos saringannya 93,03%

b. Analisa saringan agregat kasar

Contoh perhitungan saringan No. 3/8"

$$\text{Kumulatif tertahan} = \frac{\text{Sampel 1} + \text{sampel 2}}{2} = \frac{223 + 163}{2} = 193 \text{ gr}$$

$$\text{Persentase tertahan} = \frac{\text{Kumulatif tertahan tiap ayakan}}{\text{Berat total benda uji}} \times 100\%$$

$$= \frac{193 \text{ gr}}{2588 \text{ gr}} \times 100\% = 10,12 \%$$

$$\text{Persentase lolos} = 100 \% - \% \text{ tertahan}$$

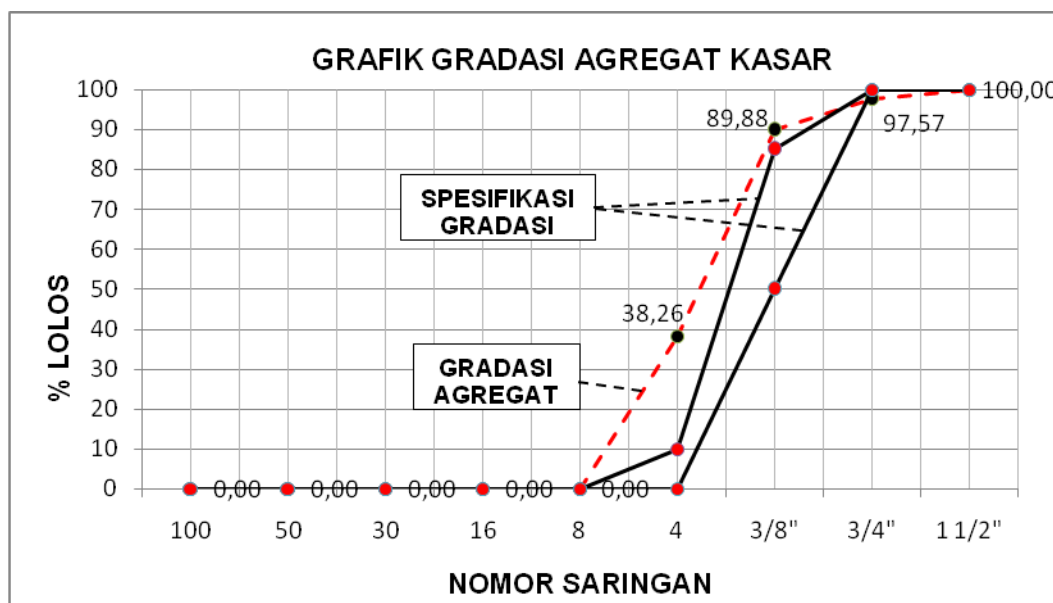
$$= 100 \% - 10,12 \% = 89,88 \%$$

Tabel 11. Distribusi ukuran butiran agregat kasar

Saringan No	Berat Tertahan (gr)		Komulatif Tertahan Rata-rata (gr)	% Tertahan	% Lolos	Spek
	Sampel 1	Sampel 2				
1 1/2"	0	0	0	0	100.00	100 - 100
3/4"	70	52	61	2.43	97.57	100 - 100
3/8"	223	163	193	10.12	89.88	50 - 85
No. 4	1262	1330	1550	61.74	38.26	0 - 10
No. 8	0	0	1550	61.74	0.00	0
No. 16	0	0	1550	61.74	0.00	0
No. 30	0	0	1550	61.74	0.00	0
No. 50	0	0	1550	61.74	0.00	0
No. 100	0	0	1550	61.74	0.00	0
Pan	949	1126	2588	-	0.00	

Jumlah	2504	2671	382.99
Fineness Modulus (FM)			3.830

Dari hasil pengujian analisa saringan, untuk analisa saringan agregat kasar diperoleh batas *gradasi* benda uji termasuk spesifikasi butiran maksimum 40 mm. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar 9.



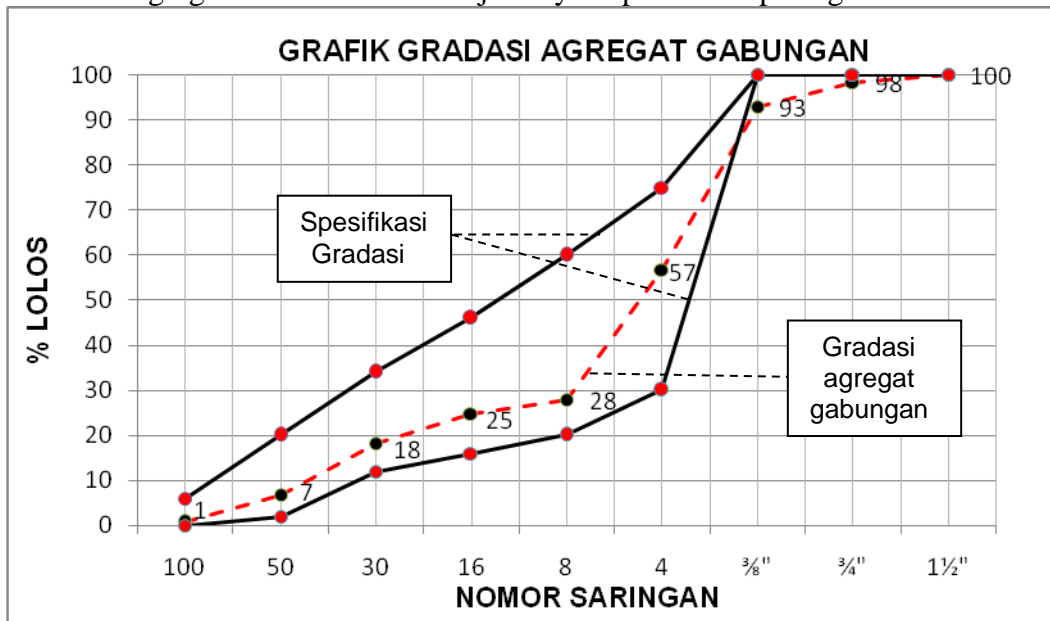
Gambar 9. Grafik *gradasi* agregat kasar

Berdasarkan grafik tersebut diatas, *gradasi* agregat kasar lolos saringan di nomor saringan 3/8" dan presentase lolos saringannya 89,88%

Tabel 12. Distribusi agregat gabungan 30% pasir dan 70% kerikil

Saringan No	% Lolos		Komposisi		Agregat Gabungan	Spek
	Pasir	Kerikil	Pasir (%)	Kerikil (%)		
1 1/2"	100.00	100.00	30.00	70.00	100	100 -
3/4"	100.00	97.57	30.00	68.30	98	100 -
3/8"	100.00	89.88	30.00	62.92	93	100 -
No. 4	100.00	38.26	30.00	26.78	57	30 - 75
No. 8	93.03	0.00	27.91	0.00	28	20 - 60
No. 16	82.36	0.00	24.71	0.00	25	16 - 46
No. 30	60.48	0.00	18.14	0.00	18	12 - 34
No. 50	22.93	0.00	6.88	0.00	7	2 - 20
No. 100	2.31	0.00	0.69	0.00	1	0 - 6
Pan	0.00	0.00	0.00	0.00		

Distribusi ukuran butiran agregat gabungan, untuk proporsi agregat 30 % agregat halus dan 70 % agregat kasar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik gradasi agregat gabungan

Berdasarkan grafik tersebut diatas, gradasi agregat gabungan lolos saringan di nomor saringan 4 dan presentase lolos saringannya 57%

## 2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Kadar lumpur maksimum yang digunakan dalam campuran beton (berdasarkan SNI) adalah 3 % apabila kadar lumpur lebih dari 3% maka agregat halus harus dicuci dengan maksud untuk mengurangi kadar lumpur.

### a. Agregat Halus

Berdasarkan pengujian laboratorium diperoleh nilai kadar lumpur sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$$

Contoh perhitungan :

$$\text{Tinggi pasir} = 9,30 \text{ mm } (V_1)$$

$$\text{Tinggi lumpur} = 0,20 \text{ mm } (V_2)$$

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$$

$$= \frac{0,20}{9,30 + 0,20} \times 100\% = 2,11 \%$$

Dari tabel 11 dan tabel 12 diperoleh distribusi agregat gabungan seperti pada tabel 13.

Tabel 13. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

Pemeriksaan		Sampel I	Sampel II
Skala Pembacaan Lumpur	V2 (mm)	0,20	0,20
Skala Pembacaan Pasir	V1 (mm)	9,30	8,8
Kadar Lumpur	$V_2/(V_1+V_2) \times 100$	2,11	2,22
Kadar Lumpur Rata-rata (%)		2,16	

Dari hasil percobaan pasir ex. sungai Kintom Desa Uling sebagai agregat halus diperoleh kadar lumpur rata-rata sebesar 2,16 % atau < 3 %, maka pasir sungai ex. Kecamatan Kintomi Desa Uling dapat digunakan untuk campuran beton.

b. Agregat kasar

Berdasarkan pengujian laboratorium diperoleh nilai kadar lumpur untuk agregat kasar sebagai berikut:

Diketahui data dari laboratorium :

- Berat kering benda uji sebelum dicuci (a) = 2.136 gram
- Berat kering benda uji setelah dicuci (b) = 2.111 gram

$$\begin{aligned} \text{Persen bahan lolos saringan No. 200} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{2136 - 2111}{2136} \times 100\% = 1,170 \% \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya perhitungan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada tabel 14

Tabel 14. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar

Pemeriksaan	I	II
Berat Kering Benda Uji Sebelum Dicuci	2.136	2.264
Berat Kering Benda Uji Setelah Dicuci	2.111	2.225
Persen bahan Lolos Saringan No. 200 (%)	1,170	1,723
Persen bahan Lolos Saringan No. 200 Rata-rata (%)	1,447	

Dari hasil percobaan agregat kasar ex. Kec Kintom desa Uling diperoleh kadar lumpur rata-rata sebesar 1,447 % atau < 3 %, maka agregat kasar Ex. Kecamatan Kintom Desa Uling dapat digunakan untuk campuran beton.

3. Pemeriksaan Kotoran Organik Dalam Pasir

Untuk mengetahui kandungan kotoran organik yang ada dalam agregat dilakukan pemeriksaan dengan cara mencampurkan pasir dengan larutan NaOH (3%) dalam sebuah botol, kemudian kocok botol lalu diamkan selama 24 jam, setelah 24 jam bandingkan warna yang terjadi dengan warna yang terdapat pada organik *Plate*.

Berdasarkan pemeriksaan laboratorium diperoleh hasil bahwa pasir sungai ex. Kecamatan Kintom Desa Uling masuk dalam warna standar No. 1 yaitu warna kuning muda artinya kondisi agregat tersebut baik dan layak digunakan.

4. Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk memeriksa berat isi agregat kasar dan halus serta berat isi untuk menentukan perbandingan volume dalam proporsi campuran *mix design*. Berat isi adalah perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

a. Agregat Kasar

$$\text{Berat isi} = \frac{W}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } V &= \text{Volume Mold (cm}^3\text{)} \\ &= 2777,69 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

1). Perhitungan berat isi lepas

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Berat Mold ( $W_1$ ) = 2523 gram

- Berat Mold + Sampel ( $W_2$ ) = 6494 gram
- Berat Sampel ( $W_3$ ) =  $W_2 - W_1$  = 2521 gram
- Volume Mold ( $V$ ) = 2777,69  $\text{cm}^3$

Sehingga :

$$\text{Berat Isi Sampel} = \frac{W_3}{V} = \frac{2521}{2777,69} = 0,908 \text{ gr/cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} \\ &= \frac{0,908 + 1,395}{2} = 1,151 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

2). Perhitungan berat isi padat

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Berat Mold ( $W_1$ ) = 2523 gram
- Berat Mold + Sampel ( $W_2$ ) = 6971 gram
- Berat Sampel ( $W_3$ ) =  $W_2 - W_1$  = 4268 gram
- Volume Mold ( $V$ ) = 2777,69  $\text{cm}^3$

Sehingga :

$$\text{Berat Isi Sampel} = \frac{W_3}{V} = \frac{4268}{2777,69} = 1,536 \text{ gr/cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} \\ &= \frac{1,537 + 1,534}{2} = 1,535 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Tabel 15. Berat isi agregat kasar

Pemeriksaan	Lepas		Padat	
	Sampel I	Sampel II	Sampel I	Sampel II
Berat Mold ( $W_1$ )	2523	2523	2523	2523
Berat Mold + Benda Uji ( $W_2$ )	6494	6397	6791	6783
Berat Benda Uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	2521	3874	4268	4260
Volume Mold ( $V$ )	2777,69	2777,69	2777,69	2777,69
Berat Isi Agregat ( $W_3/V$ )	0,908	1,395	1,537	1,535
Berat Isi Rata-rata ( $\text{gr/cm}^3$ )	1,151		1,535	
	1,343			

b. Agregat Halus

$$\text{Berat isi} = \frac{W}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } V &= \text{Volume Mold (cm}^3\text{)} \\ &= 2777,69 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

1). Perhitungan berat isi lepas

Diketahui data-data sebagai berikut:

- Berat Mold ( $W_1$ ) = 2523 gram
- Berat Mold + Sampel ( $W_2$ ) = 6805 gram
- Berat Sampel ( $W_3$ ) =  $W_2 - W_1$  = 4282 gram
- Volume Mold ( $V$ ) = 2777,69  $\text{cm}^3$

Sehingga :

$$\text{Berat Isi Sampel} = \frac{W_3}{V} = \frac{4282}{2777,69} = 1,542 \text{ gr/cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} \\ &= \frac{1,542 + 1,569}{2} = 1,555 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$



2). Perhitungan berat isi padat

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Berat Mold ( $W_1$ ) = 2523 gram
- Berat Mold + Sampel ( $W_2$ ) = 7124 gram
- Berat Sampel ( $W_3 = W_2 - W_1$ ) = 4601 gram
- Volume Mold ( $V$ ) = 2777,69  $\text{cm}^3$

Sehingga :

$$\text{Berat Isi Sampel} = \frac{W_3}{V} = \frac{4601}{2777,69} = 1,656 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} = \frac{1,656 + 1,649}{2} = 1,653 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 16. Berat isi agregat halus

Pemeriksaan	Lepas		Padat	
	Sampel I	Sampel II	Sampel I	Sampel II
Berat Mold ( $W_1$ )	2523	2523	2523	2523
Berat Mold + Benda Uji ( $W_2$ )	6805	6880	6791	6783
Berat Benda Uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	4282	3874	4268	4260
Volume Mold ( $V$ )	2777,69	2777,69	2777,69	2777,69
Berat Isi Agregat ( $W_3/V$ )	1,542	1,569	1,656	1,649
Berat Isi Rata-rata ( $\text{gr/cm}^3$ )	1,555		1,653	
	1,604			

c. Semen

$$\text{Berat isi} = \frac{W}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$$\text{Dimana : } V = \text{Volume Mold (cm}^3\text{)} \\ = 2777,69 \text{ cm}^3$$

1). Perhitungan berat isi lepas

Diketahui data-data sebagai berikut:

- Berat Mold ( $W_1$ ) = 2523 gram
- Berat Mold + Sampel ( $W_2$ ) = 5645 gram
- Berat Sampel ( $W_3 = W_2 - W_1$ ) = 3122 gram
- Volume Mold ( $V$ ) = 2777,69  $\text{cm}^3$

Sehingga :

$$\text{Berat Isi Sampel} = \frac{W_3}{V} = \frac{3122}{2777,69} = 1,124 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} = \frac{1,124 + 1,117}{2} = 1,121 \text{ gr/cm}^3$$

2). Perhitungan berat isi padat

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Berat Mold ( $W_1$ ) = 2523 gram
- Berat Mold + Sampel ( $W_2$ ) = 6031 gram
- Berat Sampel ( $W_3 = W_2 - W_1$ ) = 3508 gram
- Volume Mold ( $V$ ) = 2777,69  $\text{cm}^3$

Sehingga :

$$\text{Berat Isi Sampel} = \frac{W_3}{V} = \frac{3508}{2777,69} = 1,263 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Berat isi sampel 1} + \text{berat isi sampel 2}}{2} = \frac{1,263 + 1,284}{2} = 1,273 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 17. berat isi semen

Pemeriksaan	Lepas		Padat	
	Sampel I	Sampel II	Sampel I	Sampel II
Berat Mold ( $W_1$ )	2523	2523	2523	2523
Berat Mold + Benda Uji ( $W_2$ )	5645	5627	6031	6089
Berat Benda Uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	3122	3104	3508	3566
Volume Mold (V)	2777,69	2777,69	2777,69	2777,69
Berat Isi Agregat ( $W_3/V$ )	1,124	1,117	1,263	1,284
Berat Isi Rata-rata ( $\text{gr/cm}^3$ )	1,121		1,273	
	1,197			

Semakin padat keadaan suatu agregat, maka berat isinya akan semakin berat pula, demikian pula sebaliknya. Hal ini disebabkan karena pori-pori yang terbentuk pada agregat sedikit, sehingga sebagian besar ruang ditempati oleh agregat. Dalam perhitungan *Mix Design* berat isi yang digunakan adalah berat isi lepas.

#### 5. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar, serta angka penyerapan dari agregat kasar. Tujuan pengujian ini untuk memperoleh angka berat jenis curah (*Bulk Specific Gravity*), berat jenis kering permukaan (*Saturated Surface Dry*) dan berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) serta besarnya angka penyerapan air dalam menentukan proporsi campuran. Berdasarkan SNI untuk penyerapan air yaitu <3%.

Data dari laboratorium

Berat contoh kering oven (Bk) = 2638 gram

Berat contoh kering permukaan (Bj) = 2556 gram

Berat contoh dalam air (Ba) = 1640 gram

- Berat jenis curah (*bulk spesifik gravity*) =  $\frac{Bk}{Bj - Ba} = \frac{2638}{2556 - 1640} = 2,750$

- Berat jenis kering permukaan (SSD) =  $\frac{Bj}{Bj - Ba} = \frac{2556}{2556 - 1640} = 2,790$

- Berat jenis semu (*apparent spesifik gravity*) =  $\frac{Bk}{Bk - Ba} = \frac{2638}{2638 - 1640} = 2,866$

- Penyerapan air =  $\frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\%$   
 $= \frac{(2556 - 2638)}{2638} \times 100\%$   
 $= 1,469\%$

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa penyerapan air yang terjadi pada agregat kasar rata-rata sebesar 1,436 %.

Tabel 18. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	(gr) Bk	2519	2638	
Berat contoh kering permukaan	(gr) Bj	2556	2675	
Berat contoh dalam air	(gr) Ba	1640	1718	
Berat jenis bulk (Bj. Ov.)	Bk / (Bj-Ba)	2.750	2.757	2.753
Berat jenis bulk SSD (Bj. SSD)	Bj / (Bj-Ba)	2.790	2.795	2.793
Berat jenis semu (Bj. App.)	Bk / (Bk-Ba)	2.866	2.867	2.867
Penyerapan air (%)	(Bj-Bk) / Bk x 100 %	1.469	1.403	1.436

6. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Data dari Laboratorium

Berat contoh kering oven (Bk) = 493 gram

Berat contoh kering permukaan (B) = 698,4 gram

Berat contoh dalam air (Bt) = 1004,0 gram

- Berat jenis curah (*bulk spesifik gravity*) =  $\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$   
 $= \frac{493}{698,4 + 500 - 1004,0} = 2,54$
- Berat jenis kering permukaan (SSD) =  $\frac{500}{B + 500 - Bt}$   
 $= \frac{500}{698,4 + 500 - 1004,0} = 2,572$
- Berat jenis semu (*apparetn spesifik gravity*) =  $\frac{Bk}{B + Bk - Bt}$   
 $= \frac{493}{698,4 + 493,1 - 1004,0} = 2,631$
- Penyerapan air =  $\frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100 \%$   
 $= \frac{(500 - 493)}{493} \times 100\% = 1,420 \%$

Tabel 19. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pemeriksaan		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	(gr) Bk	493	492	
Berat botol + air	(gr) B	698.4	694.7	
Berat contoh + botol + air	(gr) Bt	1004.0	1001.5	
Berat jenis bulk (Bj. Ov.)	Bk / (B + 500 - Bt)	2.54	2.55	2.541
Berat jenis bulk SSD (Bj. SSD)	500 / (B + 500 - Bt)	2.572	2.588	2.580

Berat jenis semu (Bj. App.)	$Bk / (B + Bk - Bt)$	2.631	2.657	2.644
Penyerapan air (%)	$(500-Bk) / Bk) \times 100 \%$	1.420	1.626	1.523

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa penyerapan air yang terjadi pada agregat halus rata-rata sebesar 1,523 %.

#### 7. Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles

Dari hasil pengujian diperoleh nilai keausan (*abrasi*) agregat rata-rata sebesar 21,55 %. Hal ini menunjukkan bahwa agregat tersebut baik digunakan sebagai bahan campuran beton karena memiliki keausan yang kurang dari 40 %. Adapun data-data yang diperoleh di laboratorium dapat dilihat pada tabel 20.

Tabel 20. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *Abrasi Los Angeles*

Gradasi Pemeriksaan Saringan		I		II	
		Berat Contoh (a)	Berat Contoh (b)	Berat Contoh (a)	Berat Contoh (b)
Lolos	Tertahan				
3" (76,2 mm)	2½" (63,5 mm)				
2½" (63,5 mm)	2" (50,8 mm)				
2" (50,8 mm)	1½" (37,5 mm)				
1½" (37,5 mm)	1" (25,4 mm)				
1" (25,4 mm)	¾" (19,0 mm)				
¾" (19,0 mm)	½" (12,5 mm)	2500,00	2500,00		
½" (12,5 mm)	⅜" (9,5 mm)	2500,00	2500,00		
⅜" (9,5 mm)	¼" (6,3 mm)				
¼" (6,3 mm)	No.4" (4,75mm)				
No.4" (4,75mm)	No.8" (2,36 mm)				
A. Berat Contoh		5000,00	5000,00		
B. Berat tertahan Saringan No.12		3889	3956		
Keausan (%) $(A-B)/(A) \times 100\%$		22,22	20,88		
Keausan Rata-rata (%)		21,55		Memenuhi spesifikasi (<40%)	

Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan keausan agregat yaitu sebagai berikut.

$$\text{Keausan} = \frac{(a-b)}{a} \times 100 \%$$

Dimana a = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji tertahan saringan No. 200 (gram)

Dari hasil percobaan diketahui:

Berat benda uji semula (a) = 5000 gram

Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (b) = 3889 gram

Sehingga :

$$\text{Keausan (abrasi)} = \frac{(5000 - 3889)}{5000} \times 100 \% = 22,22 \%$$

Rancangan komposisi campuran beton dihitung berdasarkan data-data pemeriksaan bahan penyusun beton dan spesifikasi yang diinginkan. Setelah diperoleh data-data pemeriksaan untuk membuat rancangan campuran beton, kemudian dilakukan perhitungan rancangan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Dalam pengujian ini digunakan komposisi campuran beton 30% pasir 70% kerikil. Hasil perhitungan rancangan komposisi campuran beton untuk tiap m<sup>3</sup> disajikan dalam tabel 21 dan 22.

Tabel 21. Komposisi campuran beton 30 % pasir dan 70 % kerikil

No	Uraian		Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari	19	MPa
2	<i>Deviasi standart (s)</i>	7	MPa
3	Nilai tambah (m)	11,48	MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (MPa)	30,48	MPa
5	Jenis semen	Tipt I (Tonasa)	-
6	Jenis agregat kasar	Alami	-
7	Faktor air semen (fas)	0,6	-
8	Faktor air semen maksimum	0,60	-
9	Nilai <i>slump</i>	10 ± 2	cm
10	Ukuran maksimum kerikil	10,00	mm
11	Kebutuhan air	233,33	Ltr/m <sup>3</sup>
12	Kebutuhan semen	388,89	Kg
13	Kebutuhan semen minimum	275	Kg
14	Penyesuaian jumlah air atau fas	233,33	Ltr/m <sup>3</sup>
15	Pasir masuk dalam daerah <i>gradasi</i>	Daerah <i>gradasi</i> No. 4	-
16	Presentase pasir terhadap agregat campuran	30,00	%
17	Presentase kerikil 3-4 terhadap agregat campuran	70,00	%
18	Berat jenis campuran dari data material	2,73	
19	Berat beton (Kg/m <sup>3</sup> )	2420	Kg/m <sup>3</sup>
20	Kebutuhan campuran pasir dan kerikil	1798	Kg/m <sup>3</sup>
21	Kebutuhan pasir	593,33	Kg/m <sup>3</sup>
22	Kebutuhan kerikil	1258,44	Kg/m <sup>3</sup>

Hasil rancangan komposisi campuran beton f'c 19 MPa untuk campuran beton 30 % pasir dan 70 % kerikil disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 22. Hasil komposisi campuran beton

Proporsi campuran material	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Tempurung kelapa		Air (Liter)
				25%	50%	

				(Kg)	(Kg)	
Tiap M <sup>3</sup> Beton	388.89	539.33	1258.44	943.83	629.22	233.33
Rasio	1	1.387	3.236	2.427	1.618	0.600
Perbandingan Volume	0.325	0.336	0.937	0.703	0.468	0.233

8. Hasil pengujian kuat tekan beton

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \left(\frac{1}{4}\right) \times \left(\frac{22}{7}\right) \times 15^2 \\ &= 176,79 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tekan : } \sigma_c = \frac{P}{A} = \frac{42 \text{ KN}}{25.00 \text{ cm}^2} = \frac{42 \cdot 10^3 \text{ N}}{25.00 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 16,80 \text{ N/mm}^2 = 16,80 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tekan karateristik (K-)} = \frac{16,80 \times 10}{0,83} = 202,41 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan selanjutnya sudah ditabelkan.

Tabel 23. Hasil pengujian kuat tekan beton 100% kerikil umur 7 hari f'c 19 MPa

No. Ben da Uji	Tanggal Pembuatan	Berat (kg)	Dime nsi Beton (cm)	Luas Penampa ng (cm <sup>2</sup> )	Um ur Beton (hari)	Beban Maksim um Alat (kN)	Kuat Tekan σ(MPa)	Kuat Tekan Karateristik (K-) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanggal Pengujian
1	8/3/2017	314.7	5 x 5	25.00	7	42	16.80	202.41	15/3/2017
2	8/3/2017	316.0	5 x 5	25.00	7	32	12.80	154.22	15/3/2017
3	8/3/2017	315.0	5 x 5	25.00	7	35	14.00	168.67	15/3/2017
4	8/3/2017	317.3	5 x 5	25.00	7	38	15.20	183.13	15/3/2017
5	8/3/2017	315.7	5 x 5	25.00	7	35	14.00	168.67	15/3/2017
Rata-rata							14.56	175.42	

Kuat tekan beton 100% kerikil umur 7 hari k- 175,42 kg/cm<sup>2</sup> = f'c 14,56 MPa

Tabel 24. Hasil pengujian kuat tekan beton 75% kerikil + 25% persentase tempurung kelapa umur 7 hari f'c 19 MPa

No. Ben da Uji	Tanggal Pembuata n	Berat (kg)	Dime nsi Beton (cm)	Luas Penampa ng (cm <sup>2</sup> )	Umu r Beton (hari)	Beban Maksi mum Alat (kN)	Kuat Tekan σ(MPa)	Kuat Tekan Karateristik (K-) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanggal Pengujian
1	10/3/2017	259.6	5 x 5	25.00	7	30	12.00	144.58	17/3/2017
2	10/3/2017	250.8	5 x 5	25.00	7	25	10.00	120.48	17/3/2017
3	10/3/2017	265.9	5 x 5	25.00	7	27	10.80	130.12	17/3/2017
4	10/3/2017	257.6	5 x 5	25.00	7	29	11.60	139.76	17/3/2017
5	10/3/2017	267.7	5 x 5	25.00	7	30	12.00	144.58	17/3/2017

Rata-rata	11.28	135.90
Kuat tekan beton 75% kerikil + 25% persentase tempurung kelapa 25% umur 7 hari k- 135,90 kg/cm <sup>2</sup> = f'c 11,28 MPa		

Tabel 25. Hasil pengujian kuat tekan beton 50% kerikil + 50% persentase tempurung kelapa umur 7 hari f'c 19 MPa

No. Ben da Uji	Tanggal Pembuat an	Berat (kg)	Dimens i Beton (cm)	Luas Penamp ang (cm <sup>2</sup> )	Umur Beton (hari)	Beban Maksi mum Alat (kN)	Kuat Tekan σ(MP a)	Kuat Tekan Karater istik (K-) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanggal Pengujian
1	12/3/2017	228.8	5 x 5	25.00	7	21	8.40	101.20	19/3/2017
2	12/3/2017	215.7	5 x 5	25.00	7	22	8.80	106.02	19/3/2017
3	12/3/2017	218.5	5 x 5	25.00	7	17	6.80	81.93	19/3/2017
4	12/3/2017	223.2	5 x 5	25.00	7	20	8.00	96.39	19/3/2017
5	12/3/2017	217.2	5 x 5	25.00	7	20	8.00	96.39	19/3/2017
Rata-rata							8.00	96.39	

Kuat tekan beton 50% kerikil + 50% persentase tempurung kelapa umur 7 hari k- 96,39 kg/cm<sup>2</sup> = f'c 8,00 MP

Tabel 26. Hasil pengujian kuat tekan beton 100% kerikill umur 14 hari f'c 19 MPa

No. Ben da Uji	Tanggal Pembuat an	Berat (kg)	Dimens i Beton (cm)	Luas Penamp ang (cm <sup>2</sup> )	Umur Beton (hari)	Beban Maksi mum Alat (kN)	Kuat Tekan σ(MP a)	Kuat Tekan Karater istik (K-) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanggal Pengujian
1	8/3/2017	315.6	5 x 5	25.00	14	34	13.60	163.86	22/3/2017
2	8/3/2017	319.8	5 x 5	25.00	14	36	14.40	173.49	22/3/2017
3	8/3/2017	318.6	5 x 5	25.00	14	41	16.40	197.59	22/3/2017
4	8/3/2017	319.2	5 x 5	25.00	14	36	14.40	173.49	22/3/2017
5	8/3/2017	318.7	5 x 5	25.00	14	41	16.40	197.59	22/3/2017
Rata-rata							15.04	181.20	

Kuat tekan beton 100% kerikil umur 14 hari k- 181,20 kg/cm<sup>2</sup> = f'c 15,04 MPa

Tabel 27. Hasil pengujian kuat tekan beton 75% kerikil + 25% persentase tempurung kelapa umur 14 hari f'c 19 MPa

No. Ben da Uji	Tanggal Pembuat an	Berat (kg)	Dime nsi Beton (cm)	Luas Penampa ng (cm <sup>2</sup> )	Umur Beton (hari)	Beban Maksi mum Alat (kN)	Kuat Tekan σ(MP a)	Kuat Tekan Karateris tik (K-) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanggal Pengujian
----------------	--------------------	------------	---------------------	------------------------------------	-------------------	---------------------------	--------------------	---	-------------------

1	10/3/2017	281.2	5 x 5	25.00	14	31	12.40	149.40	24/3/2017
2	10/3/2017	266.6	5 x 5	25.00	14	31	12.40	149.40	24/3/2017
3	10/3/2017	281.3	5 x 5	25.00	14	25	10.00	120.48	24/3/2017
4	10/3/2017	270.1	5 x 5	25.00	14	35	14.00	168.67	24/3/2017
5	10/3/2017	260.1	5 x 5	25.00	14	26	10.40	125.30	24/3/2017
Rata-rata							11.84	142.65	

Kuat tekan beton 75% kerikil + 25% persentase tempurung kelapa umur 14 hari k-  
 $142,65 \text{ kg/cm}^2 = f'c \text{ 11,84 MPa}$

Tabel 28. Hasil pengujian kuat tekan beton 50% kerikil + 50% persentase tempurung kelapa umur 14 hari  $f'c \text{ 21 MPa}$

No. Ben da Uji	Tanggal Pembuatan	Berat (kg)	Dime nsi Beton (cm)	Luas Penampa ng (cm <sup>2</sup> )	Umur Beton (hari)	Beban Maksi mum Alat (kN)	Kuat Tekan $\sigma$ (MP a)	Kuat Tekan Karateris tik (K-) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanggal Pengujian
1	12/3/2017	207.5	5 x 5	25.00	14	25	10.00	120.48	26/3/2017
2	12/3/2017	224.9	5 x 5	25.00	14	28	11.20	134.94	26/3/2017
3	12/3/2017	221.2	5 x 5	25.00	14	30	12.00	144.58	26/3/2017
4	12/3/2017	214.7	5 x 5	25.00	14	26	10.40	125.30	26/3/2017
5	12/3/2017	214.1	5 x 5	25.00	14	25	10.00	120.48	26/3/2017
Rata-rata							10.72	129.16	

Kuat tekan beton 50% kerikil + 50% persentase tempurung kelapa umur 14 hari k-  
 $129,16 \text{ kg/cm}^2 = f'c \text{ 10,72 MPa}$

Tabel 29. Hasil pengujian kuat tekan beton 100% kerikil umur 28 hari  $f'c \text{ 19 MPa}$

No. Ben da Uji	Tanggal Pembuatan	Berat (kg)	Dime nsi Beton (cm)	Luas Penampa ng (cm <sup>2</sup> )	Umur Beton (hari)	Beban Maksi mum Alat (kN)	Kuat Tekan $\sigma$ (MP a)	Kuat Tekan Karateris tik (K-) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanggal Pengujian
1	8/3/2017	324.3	5 x 5	25.00	28	50	20.00	240.96	6/4/2017
2	8/3/2017	319.4	5 x 5	25.00	28	47	18.80	226.51	6/4/2017
3	8/3/2017	315.3	5 x 5	25.00	28	45	18.00	216.87	6/4/2017
4	8/3/2017	320.1	5 x 5	25.00	28	49	19.60	236.14	6/4/2017
5	8/3/2017	320.2	5 x 5	25.00	28	51	20.40	245.78	6/4/2017
6	8/3/2017	321.9	5 x 5	25.00	28	46	18.40	221.69	6/4/2017
Rata-rata							19.20	231.33	

Kuat tekan beton 100% kerikil umur 28 hari k-  $231,33 \text{ kg/cm}^2 = f'c \text{ 19,20 MPa}$



Tabel 30. Hasil pengujian kuat tekan beton 75% kerikil + 25% persentase tempurung kelapa umur 28 hari  $f'c$  19 MPa

No. Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Berat (kg)	Dimensi Beton (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Umur Beton (hari)	Beban Maksimum Alat (kN)	Kuat Tekan $\sigma$ (MPa)	Kuat Tekan Karakteristik (K-) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanggal Pengujian
1	10/3/2017	260.9	5 x 5	25.00	28	32	12.80	154.22	8/4/2017
2	10/3/2017	278.4	5 x 5	25.00	28	31	12.40	149.40	8/4/2017
3	10/3/2017	264.5	5 x 5	25.00	28	37	14.80	178.31	8/4/2017
4	10/3/2017	275.9	5 x 5	25.00	28	30	12.00	144.58	8/4/2017
5	10/3/2017	270.1	5 x 5	25.00	28	38	15.20	183.13	8/4/2017
6	10/3/2017	277.1	5 x 5	25.00	28	48	19.20	231.33	8/4/2017
Rata-rata							14.40	173.49	

Kuat tekan beton 75% kerikil + 25% persentase tempurung kelapa umur 28 hari  $k-173,49 \text{ kg/cm}^2 = f'c \text{ 14,40 MPa}$

Tabel 31. Hasil pengujian kuat tekan beton 50% kerikil + 50% persentase tempurung kelapa umur 28 hari  $f'c$  19 MPa

No. Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Berat (kg)	Dimensi Beton (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Umur Beton (hari)	Beban Maksimum Alat (kN)	Kuat Tekan $\sigma$ (MPa)	Kuat Tekan Karakteristik (K-) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanggal Pengujian
1	12/3/2017	240.0	5 x 5	25.00	28	26	10.40	125.30	9/4/2017
2	12/3/2017	243.8	5 x 5	25.00	28	24	9.60	115.66	9/4/2017
3	12/3/2017	235.3	5 x 5	25.00	28	25	10.00	120.48	9/4/2017
4	12/3/2017	243.2	5 x 5	25.00	28	30	12.00	144.58	9/4/2017
5	12/3/2017	240.2	5 x 5	25.00	28	25	10.00	120.48	9/4/2017
6	12/3/2017	258.5	5 x 5	25.00	28	24	9.60	115.66	9/4/2017
Rata-rata							10.27	123.69	

Kuat tekan beton 50% kerikil + 50% persentase tempurung kelapa umur 28 hari  $k-123,69 \text{ kg/cm}^2 = f'c \text{ 10,27 Mpa}$

## KESIMPULAN

Kuat tekan beton umur 28 hari dengan menggunakan benda uji berbentuk kubus pada beton 100% kerikil lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan 25% dan 50% tempurung kelapa sebagai agregat kasar.

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, rata-rata peningkatan kuat tekan beton umur 28 hari yang tidak menggunakan tempurung kelapa dan yang menggunakan tempurung kelapa adalah:

Presentase peningkatan kuat tekan beton rata-rata

Umur beton	Jenis Beton					
	100% Krikil		75% krikil + 25% Tempurung Kelapa		50% krikil + 50% Tempurung Kelapa	
7 hari	14.56	MPa	11.28	MPa	8.00	MPa
14 hari	15.04	MPa	11.84	MPa	10.72	MPa
28 hari	19.20	MPa	14.40	MPa	10.27	MPa

Untuk pembangunan non struktural, seperti; pengecoran lantai dasar, lahan parkir dan pasangan dinding, mutu beton yang menggunakan persentase tempurung kelapa dalam penelitian ini dapat digunakan dengan mutu beton k-175.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan berkat dukungan dari berbagai pihak.

Kami menyadari, bahwa dalam penyusunan hasil penelitian ini masih terdapat kekurangan, namun mudah-mudahan sumbangan pemikiran ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Akhirnya dengan tulus hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada : Ayah dan Ibu, Suami, Istri dan Anak-Anak tercinta yang telah mendoakan dan memberi motivasi kepada kami penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam proses penelitian ini.

Penulis akan sangat menghargai dan berterima kasih apabila pembaca berkenan memberi kritik dan saran yang berguna bagi penyempurnaan lebih lanjut. Semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan anugrah-Nya kepada kita semua dan menerima apa yang kita lakukan sebagai bagian dari ibadah kita kepada-Nya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. N., Hanafie, I. M., Sriwati, M., Kamba, C., Lopian, F. E. P., Risfawany, L. D., ... & Wasolo, I. G. (2021). *Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi)*. TOHAR MEDIA.
- Anonim. *Praktikum Uji Bahan Konstruksi (TBK-2)*. Palu: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako
- Anonim. *Pedoman Penyusun Proposal Tugas Akhir*. Luwuk: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tompotika.
- Asroni, A., 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Dewi, B. K., & Fitria, L. (2022). Analisis Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di DKI Jakarta Tahun 2019-2021. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(7), 9160-9172.
- Dipohusodo, I., 1991. *Struktur Beton Bertulang*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Mulyono, 2003. *Teknologi Beton*. Ed. II. Yogyakarta : Andi
- Nugraha. Antoni. P. 2009. *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja tinggi*. Edisi 1, Yogyakarta.
- (Online) I Wayan Suarnita, *Karakteristik Beton Ringan Dengan Menggunakan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar*. *Jurnal Penelitian : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Unversitas Tadulako*.

(Online)Kukuh Hartanto, 2014,Pemanfaatan Limbah Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai BahanTambah Pada Campuran Bahan Baku Batako.Tugas akhir, Surakarta: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhamadiyah surakarta.

(Online), <http://google.beton.blogspot.com>

Rachman, H. F. (2010). *Kajian Pola Spasial Pertumbuhan Kawasan Perumahan dan Permukiman di Kecamatan Limboto Kabupaten Gorontalo* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS DIPONEGORO).

Standar Nasional Indonesia (SNI 13-6717-2002)

Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000)

Umum, D. P. (1986). Standar Perencanaan Irigasi. *Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi (KP-0*