

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

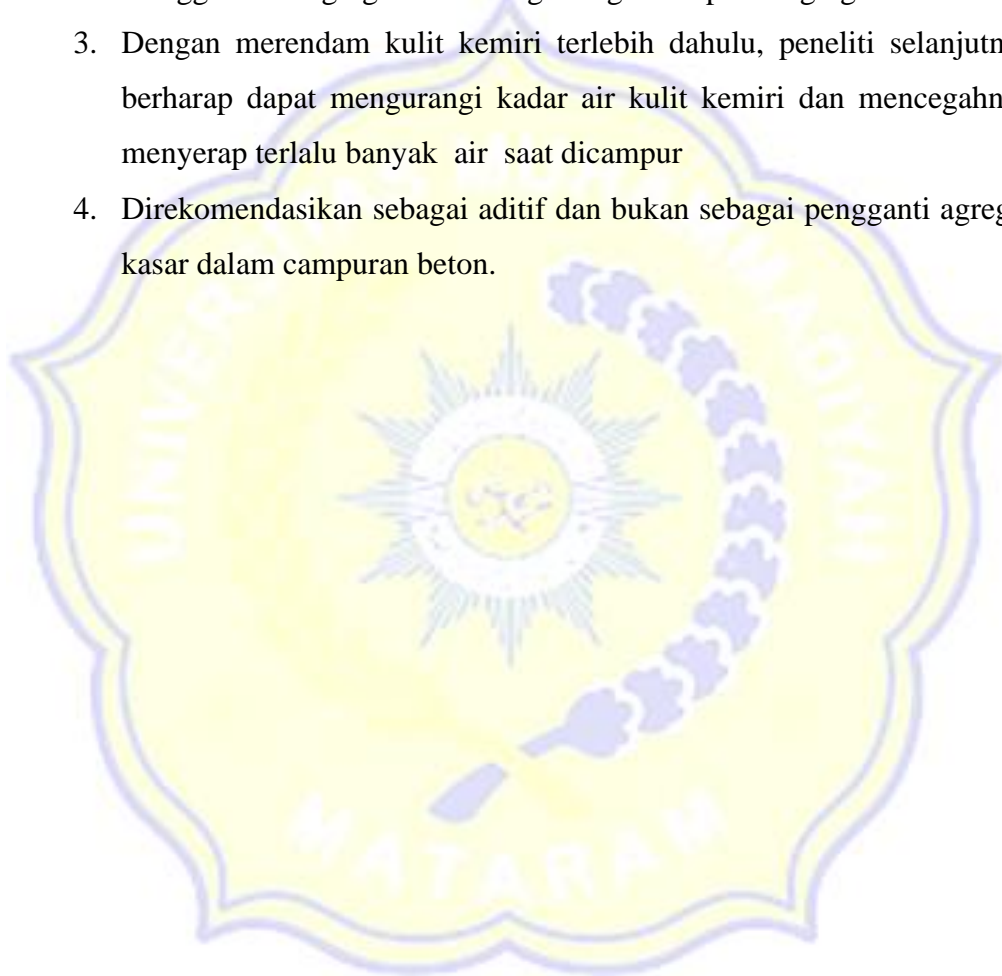
Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa penggunaan tempurung kemiri sebagai agregat kasar dalam campuran beton biasa tidak terlalu efektif karena kuat tekan beton berkurang dengan variasi persentasenya. Nilai kuat tekan beton pada campuran limbah kemiri sebesar 12.927 MPa dengan variasi 25% dan nilai kuat tekan beton terendah sebesar 6.071 MPa dengan variasi 100%. Namun kuat tekan beton tertinggi dari variasi campuran kulit kemiri tidak sesuai dengan kuat tekan standar beton biasa. Hal ini disebabkan karena berat jenis kulit kemiri dan tekstur kulit kemiri yang seragam, pada saat pemadatan kulit kemiri akan mengapung ke permukaan, membuat permukaan beton tidak rata dan kekuatan permukaan beton sangat lemah. Uji kuat tekan.
2. Sebagai hasil dari pengujian, itu membersihkan standar kekuatan beton biasa tanpa mencampur remah-remah lilin. Sedangkan variasi terbaik untuk campuran limbah cangkang kemiri adalah variasi agregat kasar daur ulang 25% dengan kuat tekan rata-rata 12,972 MPa. Karena agregat kerikil lebih kasar dari limbah sekam lilin, kuat tekan beton lebih baik dari 50%, 75% dan 100% dengan variasi 25%. ini berarti kuat tekan campuran tidak optimal. Dari sini dapat disimpulkan bahwa penggantian agregat kasar dengan limbah cangkang kemiri adalah yang paling optimal dengan variasi 25% atau kurang. Selain itu, variasi 25 persen atau lebih tidak direkomendasikan karena tidak memenuhi persyaratan kuat tekan, tarik belah dan kuat geser beton mutu 20 MPa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan selama pengujian ini, saran berikut dibuat.

1. Bagi peneliti selanjutnya dapat dilakukan variasi pencampuran kulit kemiri yang berbeda agar kuat tekan beton dapat membantu.
2. Studi lebih lanjut tentang sifat mekanik dan kimia diperlukan sebelum menggunakan agregat daur ulang sebagai campuran agregat kasar biasa.
3. Dengan merendam kulit kemiri terlebih dahulu, peneliti selanjutnya berharap dapat mengurangi kadar air kulit kemiri dan mencegahnya menyerap terlalu banyak air saat dicampur
4. Direkomendasikan sebagai aditif dan bukan sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton.



DAFTAR PUSTAKA

- Amri, D., dan Irwan, 2019. Pengaruh Penambahan Pecahan Kulit Kemiri sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar pada Beton Terhadap Massa dan Kuat Tekan Beton. Skripsi. Universitas Medan Area.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SNI 03-1750-1990 "Mutu dan Cara Uji Agregat". Jakarta:Badan Standar Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SNI 03-1968-1990 "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar". Bandung
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SNI 03-1971-1990: "Metode Pengujian Kadar Air Agregat". Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional, 1998. SNI 03-4804-1998 "Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat". Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2008. SNI 1970-2008. "Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus". Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2008. SNI 1972-2008. "Cara Uji Slump Beton". Jakarta: Badan Standar Nasional
- Badan Standarisasi Nasional, 2011. SNI 1974-2011. "Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder". Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012. SNI 7656-2012. "Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal". Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Erfan, M., Sriliani Surbakti, M., dan Nenny R., 2019. Optimasi Penggunaan Fly Ash Dengan Kadar Semen Minimum Pada Beton Mutu Tinggi. Laporan Akhir Penelitian. Institut Teknologi Malang.
- Liem, A. R., 2020. Pengaruh Penggunaan Limbah Fly Ash dan Limbah Abu Batu Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton. Skripsi. Program Sarjana Departemen Teknik Sipil. Institut Teknologi PLN.

MC KAB SUMBAWA, 2020. *Minyak Kemiri dan Madu Primadona Stand UMKM Sumbawa* di *Jakarta*.

<http://infopublik.id/kategori/nusantara/396997/minyak-kemiri-dan-madu-primadona-stand-umkm-sumbawa-di-jakarta>. Diakses tanggal 16 Februari 2021.

Mulyati, M., & Adman, A., 2019. Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri dan Sikacim Concrete Additive terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP*. Vol.6

Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.

Nawy, Edward G, 1990. *Beton Bertulang Satu Pendekatan Mendasar* (diterjemahkan oleh Bambang Suryoatmono). Eresco. Bandung.

Tjokrodinuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri. Yogyakarta.

Tjokrodinuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*. KMTS FT UGM. Yogyakarta

Tjokrodinuljo, Kardiyono. (2012). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit KMTS FT UGM. Yogyakarta.

Utami, M. E., 2020. Pengaruh Penggunaan Limbah *Fly Ash*, Limbah Cangkang Kemiri dan Penambahan Serat Sabut Pinang Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. Skripsi. Program Sarjana Departemen Teknik Sipil. Institut Teknologi PLN.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Campuran Cangkang Kemiri

Kode Beton	No Sampel	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Berat (kg)	P maks (N)	f' c (Mpa)
0%	I	150	17678,571	12,136	425000	24,040
	II	150	17678,571	11,664	363000	20,533
	III	150	17678,571	13,223	361000	20,420
Rata-rata						21,665
25%	I	150	17678,571	11,145	190000	10,747
	II	150	17678,571	12,066	182000	10,295
	III	150	17678,571	10,905	316000	17,875
Rata-rata						12,972
50%	I	150	17678,571	11,128	197000	11,143
	II	150	17678,571	11,094	247000	13,972
	III	150	17678,571	12,343	183000	10,352
Rata-rata						11,822
75%	I	150	17678,571	10,132	154000	8,711
	II	150	17678,571	12,426	256000	14,481
	III	150	17678,571	10,106	153000	8,655
Rata-rata						10,615
100%	I	150	17678,571	9,371	123000	6,958
	II	150	17678,571	9,581	102000	5,770
	III	150	17678,571	9,553	97000	5,487
Rata-rata						6,071

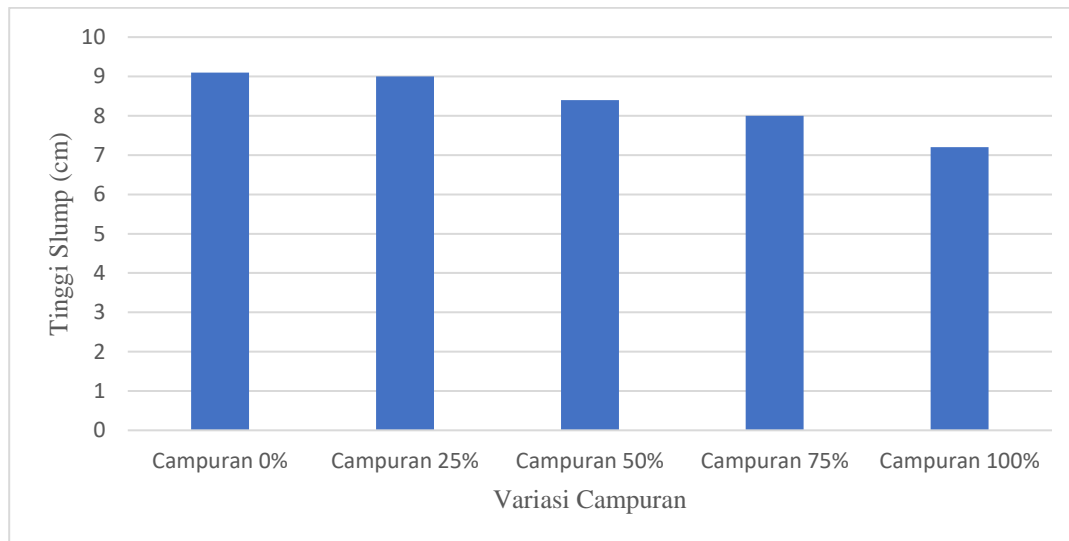
Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Campuran Cangkang Kemiri

Kode Beton	No Sampel	Diameter (mm)	L (mm)	Berat (kg)	P maks (N)	f'ct (MPa)
0%	I	150	300	13,084	180000	2,545
	II	150	300	13,536	200000	2,828
	III	150	300	13,223	190000	2,687
Rata-rata						2,545
25%	I	150	300	11,883	119000	1,683
	II	150	300	13,094	94000	1,329
	III	150	300	11,909	129000	1,824
Rata-rata						1,612
50%	I	150	300	13,583	68000	0,962
	II	150	300	11,793	91000	1,287
	III	150	300	11,962	119000	1,683
Rata-rata						0,962
75%	I	150	300	11,32	80000	1,131
	II	150	300	11,465	76000	1,075
	III	150	300	11,329	70000	0,990
Rata-rata						1,065
100%	I	150	300	11,166	61000	0,863
	II	150	300	11,221	50000	0,707
	III	150	300	11,,338	68000	0,962
Rata-rata						0,844

Hasil Pengujian Kuat Geser Beton dengan Variasi Campuran Cangkang Kemiri

Kode Beton	No Sampel	b (mm)	h (mm)	Berat (kg)	P maks (N)	F geser (MPa)
0%	I	75	90	9543,3	33000	4,889
	II	75	90	9281,1	25000	3,704
	III	75	90	9234,2	45000	6,667
Rata-rata						5,086
25%	I	75	90	9574,1	38000	5,630
	II	75	90	9440,5	21000	3,111
	III	75	90	9560,4	35000	5,185
Rata-rata						4,642
50%	I	75	90	9280,4	18000	2,667
	II	75	90	9223,8	19000	2,815
	III	75	90	9301,1	20000	2,963
Rata-rata						2,815
75%	I	75	90	8271,4	24000	3,556
	II	75	90	8568,6	20000	2,963
	III	75	90	8525,6	21000	3,111
Rata-rata						3,210
100%	I	75	90	7798,8	29000	4,296
	II	75	90	7976,1	20000	2,963
	III	75	90	7898,1	21000	3,111
Rata-rata						3,457

Grafik Hasil Pengujian *Workability Slump* Beton



Hasil Pengujian Berat Satuan Padat Agregat Halus

Pemeriksaan	I	II
Berat Bejana, B_1 (gram)	4000	4000
Berat Bejana + Benda Uji, B_2 (gram)	8600	8500
Berat Benda Uji, B_3 (gram)	4600	4500
Volume Bejana = Volume Benda Uji, V (cm^3)	2901,86	
Berat Isi Padat = B_3/V (gr/cm^3)	1,585	1,550
Berat Isi Rata-rata (gr/cm^3)	1,567	

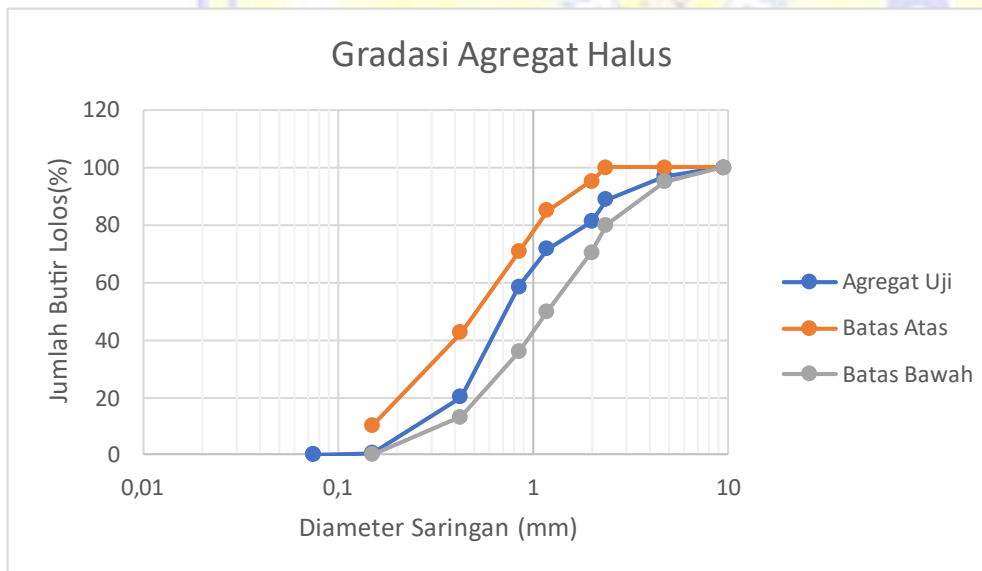
Hasil Pengujian Berat Satuan Lepas Agregat Halus

Pemeriksaan	I	II
Berat Bejana, B_1 (gram)	4000	4000
Berat Bejana + Benda Uji, B_2 (gram)	7700	7600
Berat Benda Uji, B_3 (gram)	3700	3600
Volume Bejana = Volume Benda Uji, V (cm^3)	2901,86	
Berat Isi Padat = B_3/V (gr/cm^3)	1,275	1,240
Berat Isi Rata-rata (gr/cm^3)	1,257	

Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

lubang ayakan (mm)	berat tertinggal (gram)	berat tertinggal (%)	berat tertinggal kumulatif %	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,75	15,1	3,02	3,02	96,98
2,38	40,4	8,08	11,1	88,9
2	38,5	7,7	18,8	81,2
1,18	47,4	9,48	28,28	71,72
0,85	66	13,2	41,48	58,52
0,425	191,7	38,34	79,82	20,18
0,15	98,5	19,7	99,52	0,48
0,075	2	0,4	99,92	0,08
Sisa	0,4	0,08	100	0
jumlah	500		381,94	
			MHB=	3,8

Grafik Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus



Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil pengujian	
	I	II
Berat pasir SSD (gram)	500	500
Berat Piknometer + Pasir SSD + Air, Bt (gram)	1534,3	1530,7
Berat Pasir setelah kering oven, Bk (gram)	462,9	450,8
Berat Piknometer + Air, B (gram)	1244,4	1244,4
Berat jenis (Bulk) = $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,203	2,109
Berat jenis (Bulk) rata-rata	2,156	
Berat jenis SSd = $500 / (B + 500 - Bt)$	2,379	2,339
Berat jenis SSD rata-rata	2,359	
Berat jenis semu = $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,675	2,621
Berat jenis semu rata-rata	2,648	
Penyerapan = $\left(\frac{500 - Bk}{Bk} \right) \times 100$ (%)	8,014	10,913
Penyerapan rata-rata (%)	9,463	

Hasil Pengujian Kadar Air

Pemeriksaan	I	II
Berat pasir SSD, B ₁ (gram)	500	500
Berat pasir kering oven, B ₂ (gram)	490,7	492,6
Berat air, B ₃ = B ₁ - B ₂	9,3	7,4
Kadar air = $\left(\frac{B_3}{B_2} \right) \times 100$ (%)	2,895	1,50
Kadar air rata-rata (%)	2,19	

Hasil Pengujian Berat Satuan Padat Agregat Kasar

Pemeriksaan	I	II
Berat Bejana, B_1 (gram)	4000	4000
Berat Bejana + Benda Uji, B_2 (gram)	8400	8500
Berat Benda Uji, B_3 (gram)	4400	4500
Volume Bejana = Volume Benda Uji, V (cm^3)	2901,86	
Berat Isi Padat = B_3/V (gr/cm^3)	1,516	1,550
Berat Isi Rata-rata (gr/cm^3)	1,533	

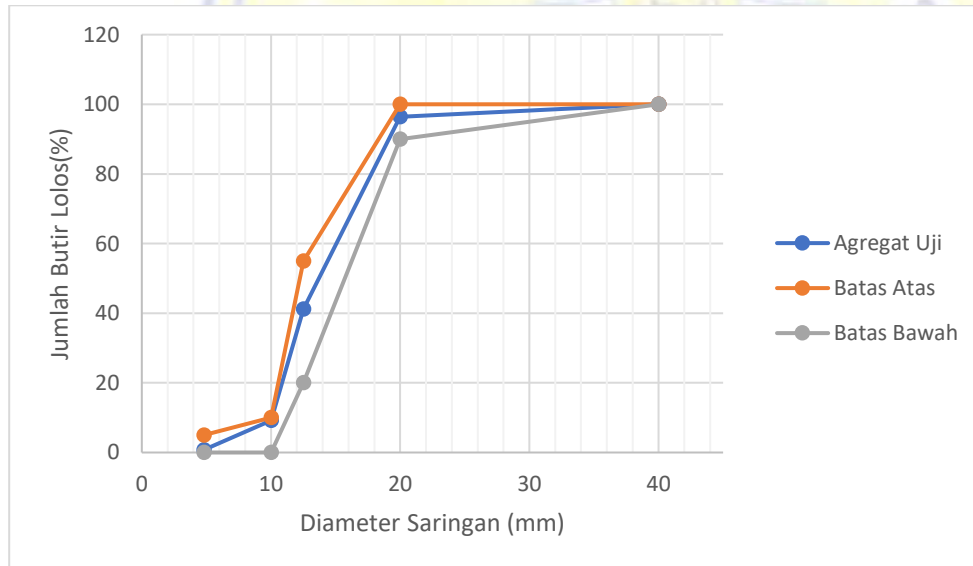
Hasil Pengujian Berat Satuan Lepas Agregat Kasar

Pemeriksaan	I	II
Berat Bejana, B_1 (gram)	4000	4000
Berat Bejana + Benda Uji, B_2 (gram)	8100	8000
Berat Benda Uji, B_3 (gram)	4100	4000
Volume Bejana = Volume Benda Uji, V (cm^3)	2901,86	2901,86
Berat Isi Padat = B_3/V (gr/cm^3)	1,412	1,378
Berat Isi Rata-rata (gr/cm^3)	1,395	

Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

lubang ayakan (mm)	berat tertinggal (gram)	berat Tertinggal (%)	berat tertinggal kumulatif %	persen lolos kumulatif (%)
25,4	0	0	0	100
3/4'	19,3	3,86	3,86	96,14
12,7	270,3	54,06	57,92	42,08
3/8'	164,3	32,86	90,78	9,22
4,75	42,3	8,46	99,24	0,76
2,38	3,8	0,76	100	0
1,18	0	0	100	0
0,85	0	0	100	0
0,425	0	0	100	0
0,15	0	0	100	0
Sisa	0	0	100	0
jumlah	500	100	751,8	
			MHB=	7,518

Grafik Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar



Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pemeriksaan	Hasil pengujian	
	I	II
Berat tempat dan SSD Agregat, (gram)	653,7	572,7
Berat tempat (gram)	153,7	72,3
Berat SSD Agregat (gram), Bj	500	500
Berat SSD Agregat dalam air, Ba	300	300
Berat tempat dan SSD Agregat kering oven	643,3	555,2
Berat Agregat kering oven, Bk (gram)	489,6	482,9
Berat jenuh bulk = $Bk/(Bj-Ba)$	2,448	2,414
Berat jenis bulk rata-rata	2,431	
Berat jenis SSD = $Bj/(Bk-Ba)$	2,637	2,733
Berat jenis SSD rata-rata	2,685	
Berat jenis semu = $Bk/(Bk-Ba)$	2,582	2,64
Berat jenis semu rata-rata	2,611	
Penyerapan = $\left(\frac{500-Bk}{Bk}\right) \times 100$ (%)	2,124	3,541
Penyerapan rata-rata	2,832	

Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pemeriksaan	I	II
Berat pasir SSD, B ₁ (gram)	500	500
Berat pasir kering oven, B ₂ (gram)	490,7	492,1
Berat air, B ₃ = B ₁ -B ₂ (gram)	9,3	7,9
Kadar air = $\left(\frac{B_3}{B_2}\right) \times 100$	1,896	1,605
Kadar air rata-rata (%)	1,750	

Hasil Pengujian Berat Satuan Padat Agregat Kasar Tambahan (Limbah Cangkang Kemiri)

Pemeriksaan	I	II
Berat Bejana, B ₁ (gram)	4000	4000
Berat Bejana + Benda Uji, B ₂ (gram)	5964	6275
Berat Benda Uji, B ₃ (gram)	1964	2275
Volume Bejana = Volume Benda Uji, V (cm ³)	2901,86	
Berat Isi Padat = B ₃ /V (gr/cm ³)	0,676	0,783
Berat Isi Rata-rata (gr/cm ³)	0,863	

Hasil Pengujian Berat Satuan Lepas Agregat Kasar Tambahan (Limbah Cangkang Kemiri)

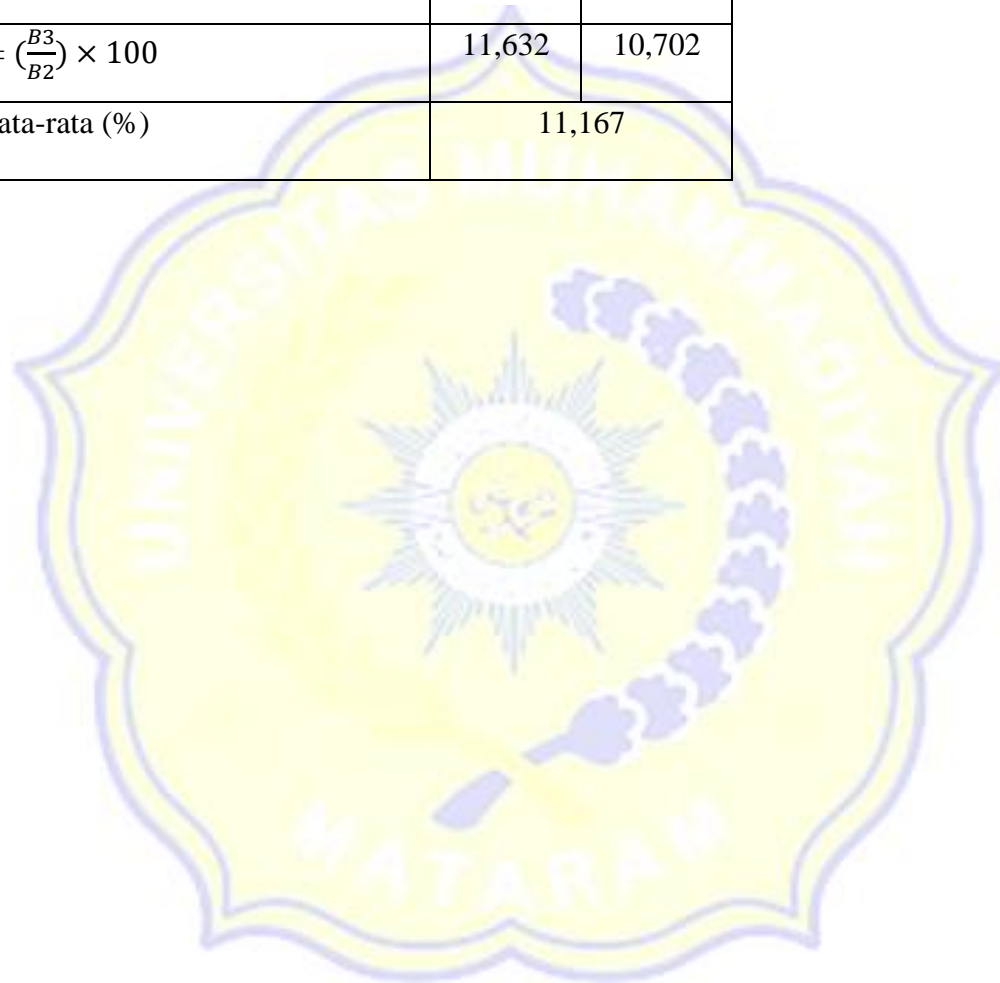
Pemeriksaan	I	II
Berat Bejana, B ₁ (gram)	4000	4000
Berat Bejana + Benda Uji, B ₂ (gram)	5679	5798
Berat Benda Uji, B ₃ (gram)	1679	1798
Volume Bejana = Volume Benda Uji, V (cm ³)	2901,86	2901,86
Berat Isi Padat = B ₃ /V (gr/cm ³)	0,578	0,619
Berat Isi Rata-rata (gr/cm ³)	0,598	

Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar (Limbah Cangkang Kemiri)

lubang ayakan (mm)	berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	berat Tertinggal Kumulatif %	persen lolos kumulatif (%)
25,4	0	0	0	100
3/4'	18,1	3,62	3,62	96,38
12,7	275,8	55,16	58,78	41,22
3/8'	160,3	32,06	90,84	9,16
4,75	42	8,4	99,24	0,76
2,38	3,8	0,76	100	0
1,18	0	0	100	0
0,85	0	0	100	0
0,425	0	0	100	0
0,15	0	0	100	0
Sisa	0	0	100	0
jumlah	500	100	752,48	
			MHB=	7,5248

Hasil Pengujian Kadar Air

Pemeriksaan	I	II
Berat pasir SSD, B ₁ (gram)	500	500
Berat pasir kering oven, B ₂ (gram)	447,9	451,3
Berat air, B ₃ = B ₁ -B ₂ (gram)	52,1	48,3
Kadar air = $\left(\frac{B_3}{B_2}\right) \times 100$	11,632	10,702
Kadar air rata-rata (%)	11,167	



**PERHITUNGAN MIX DESIGN BETON
(SNI 7656-2012)**

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) untuk umur 28 hari adalah 20 MPa
2. Perhitungan nilai standar deviasi (S)

Volume pekerjaan < 1000 m³. Pengawasan pelaksanaan baik.

Deviasi Standar Sebagai Ukuran Mutu Pelaksanaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m ³)	Baik Sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	<1000	4,5<S<5,5	5,5<S<6,5	6,6<S<8,5
Sedang	1000-3000	3,5<S<4,5	4,5<S<5,5	6,5<S<7,5
Besar	>3000	2,5<S<3,5	3,5<S<4,5	4,5<S<6,5

Dari tabel diatas, standar deviasi $5,5 \text{ MPa} < S < 6,5 \text{ MPa}$

Diambil, $S = 6 \text{ MPa}$.

3. Perhitungan nilai tambah (M)

$$M = k.s$$

$K = 1,64$ untuk kegagalan/cacat maksimum 5%

$$\text{Jadi, } M = 1,64 \times 6$$

$$= 9,84 \text{ MPa}$$

4. Penetapan nilai kuat tekan beton rata-rata ($f'cr$)

$$F'cr = F'c + M$$

$$= 20 + 9,84$$

$$= 29,84 \text{ MPa}$$

5. Penetapan jenis agregat yang digunakan :

a) Agregat kasar yang digunakan yaitu:

- Jenis : kerikil/batu pecah dengan diameter maksimum 25 mm
- Berat satuan kerikil : 1533 kg/m³

- Berat jenis (SSD) : 2,65
- Modulus halus butir (MHB) : 7,518
- *Absorpsi* (penyerapan air) : 2,832%
- Kadar air : 1,750%

b) Agregat halus yang digunakan yaitu:

- Jenis : Pasir gunung
- Berat jenis (SSD) : 2,359
- Modulus halus butir (MHB) : 3,8
- *Absorpsi* (penyerapan air) : 9,463 %
- Kadar air : 2,19

6. Penetapan nilai slump

Nilai slump yang digunakan 75-100 mm untuk tipe konstruksi kolom bangunan sesuai pada tabel 1 SNI 7656-2012

Tabel 1 Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi

Tipe konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondai telapak)	75	25
Pondasi bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

7. Kebutuhan air pencampur untuk beton dengan slump 75-100 (untuk kolom bangunan) dan diameter agregat maksimum 25 mm ditentukan berdasarkan tabel 2 SNI 7656-2012 Didapatkan 193 Kg/m^3 .

Tabel 2 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah

Air (kg/m³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 (mm)	12,7 (mm)	19 (mm)	25 (mm)	37,5 (mm)	50 (mm)	75 (mm)	150 (mm)
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	145	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

8. Rasio air semen untuk beton dengan kekuatan $F'_c = 29,84 \text{ MPa}$ dapat ditentukan berdasarkan tabel 3 SNI 7656-2012

Tabel 3 Hubungan antara rasio air-semen (f/c) atau rasio air-bahan bersifat semen ($f/(c+p)$) dan kekuatan beton

Kekuatan beton umur 28 hari, (MPa)	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Dikarenakan nilai rasio air semen untuk beton dengan kekuatan 29,84 MPa (tanpa tambahan udara) tidak ada nilainya dan berada pada luar data, maka digunakan rumus *extrapolasi* untuk mencari nilai rasio air semen.

Mencari nilai modulus kehalusan dengan interpolasi:

$$Y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \times (x - x_0)$$

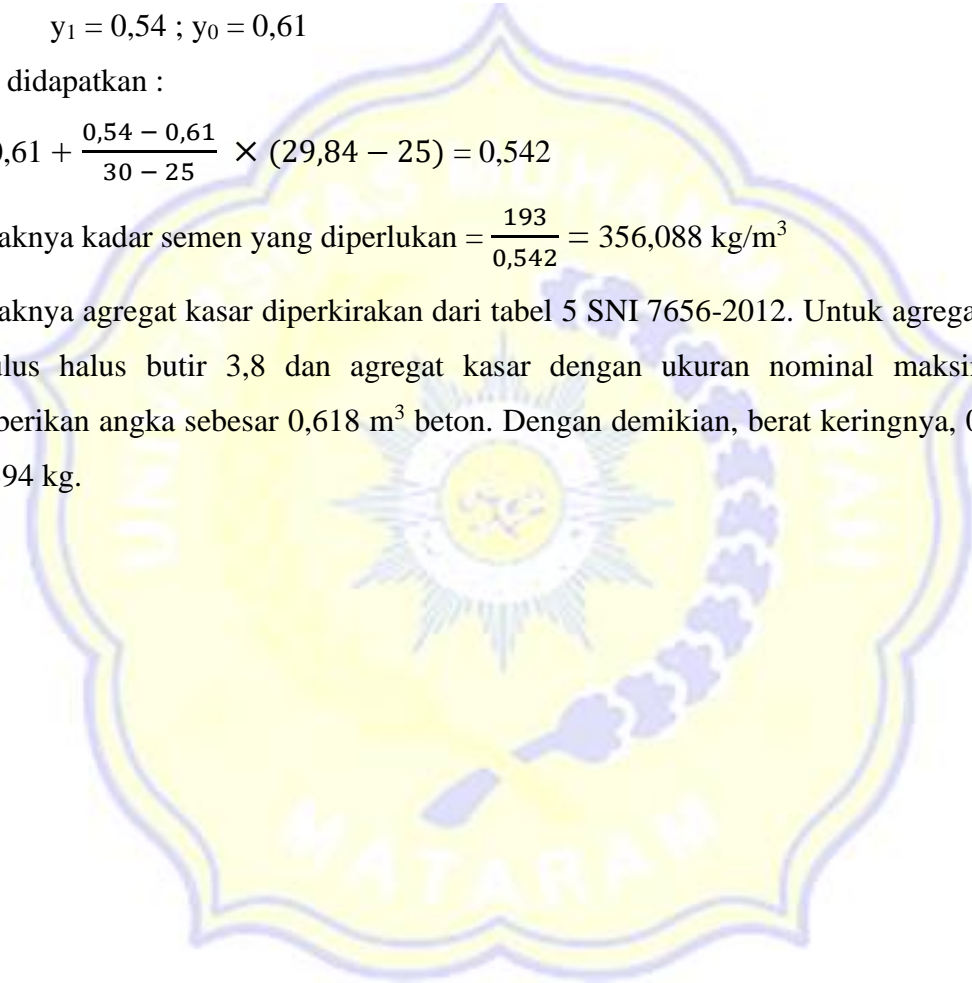
Dengan : $x = 29,84 \text{ Mpa}$; $x_1 = 30$; $x_0 = 25$

$$y_1 = 0,54 ; y_0 = 0,61$$

maka didapatkan :

$$Y = 0,61 + \frac{0,54 - 0,61}{30 - 25} \times (29,84 - 25) = 0,542$$

9. Banyaknya kadar semen yang diperlukan = $\frac{193}{0,542} = 356,088 \text{ kg/m}^3$
10. Banyaknya agregat kasar diperkirakan dari tabel 5 SNI 7656-2012. Untuk agregat halus dengan modulus halus butir 3,8 dan agregat kasar dengan ukuran nominal maksimum 25 mm, memberikan angka sebesar $0,618 \text{ m}^3$ beton. Dengan demikian, berat keringnya, $0,618 \times 1533 = 947,394 \text{ kg}$.



Tabel 5 Volume agregat kasar per satuan volume beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasarkering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Catatan : Volume berdasarkan berat kering oven sesuai SNI 03-4804-1998

Lihat SNI 03-1998 untuk menghitung modulus kehalusan

Mencari nilai modulus kehalusan dengan interpolasi:

$$Y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \times (x - x_0)$$

Dengan : $x = 3,8$; $x_1 = 3,0$; $x_0 = 2,8$

$$y_1 = 0,65$$
 ; $y_0 = 0,67$

maka didapatkan :

$$Y = 0,67 + \frac{0,65 - 0,67}{3,0 - 2,8} \times (3,8 - 2,8) = 0,618$$

11. Perkiraan agregat halus

a) Atas dasar massa (berat)

Perkiraan awal berat beton 2345 kg/m^3 dapat dilihat ditabel 6 SNI 7656-2012.

Berat (massa) yang sudah diketahui:

Air : 193 kg
Semen : 356,088 kg
Agregat kasar : 947,394kg
Jumlah : 1496,482 kg

Jadi, massa (berat) agregat halus = $2345 - 1496,482 = 848,518$ kg

b) Atas dasar volume absolut

- Volume air $= \frac{193}{1000} = 0,193 \text{ m}^3$
- Volume padat semen $= \frac{356,088}{3,15 \times 1000} = 0,113 \text{ m}^3$
- Volume absolut agregat kasar $= \frac{947,394}{2,685 \times 1000} = 0,352 \text{ m}^3$
- Volume udara terperangkap $= 0,03 \times 1000 = 0,030 \text{ m}^3$

Jumlah volume agregat padat = $0,193 + 0,113 + 0,352 + 0,030 = 0,688 \text{ m}^3$

Bahan selain agregat halus

- Volume agregat halus yang dibutuhkan = $1,000 - 0,688 = 0,312 \text{ m}^3$
- Besar agregat halus kering yang dibutuhkan = $0,312 \times 2,359 \times 1000 = 736,008 \text{ kg}$

c) Perbandingan berat campuran 1 m^3 beton yang dihitung dengan dua cara perhitungan diatas adalah sebagai berikut:

Bahan	Berdasarkan perkiraan massa beton, kg	Berdasarkan perkiraan volume absolut bahan, kg
Air	193	193
Semen	356,088	356,088
Agregat kasar (kering)	947,394	947,394
Pasir (kering)	736,008	736,008

12. Koreksi terhadap kadar air

- Kadar air agregat kasar = 1,750 %
- Kadar air agregat halus = 2,19%

Maka berat (massa) penyesuaian dari agregat menjadi:

- Agregat kasar (basah) = $947,394 + (947,394 \times 1,750 \%)$
= 963,973 kg
- Agregat halus (basah) = $736,008 + (736,008 \times 2,19 \%)$
= 752,126 kg

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampuran dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan. Dengan demikian, air pada pembukaan yang diberikan dari agregat kasar dan agregat halus yaitu sebesar:

- Agregat kasar = $1,750 - 2,832 = -1,082$
- Agregat halus = $2,19 - 9,463 = -7,273$

Dengan demikian, kebutuhan perkiraan air yang ditambahkan yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 193 - ((752,126 \times (-0,07273)) - (947,394 \times (-0,01082))) \\ &= 237,451 \text{ kg} \end{aligned}$$

13. Perkiraan berat campuran beton 1 m³ beton:

Dari langkah-langkah diatas didapatkan susunan campuran beton per m³ :

- Air = 237,451 kg
 - Semen Portland = 356,088 kg
 - Agregat kasar = 947,394 kg
 - Agregat halus = 752,126 kg +
-
- Total = 2293,059 kg

14. Silinder

1) Perhitungan volume silinder

Diketahui :

- Diameter silinder (d) = 0,15 m
- Tinggi silinder (t) = 0,30 m

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (d^2) \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,15^2) \times 0,30 \end{aligned}$$

$$= 0,00529 \text{ m}^3$$

2) Proporsi campuran untuk silinder (15 cm x 30 cm)

- Air = $237,451 \text{ kg} \times 0,00529 = 1,256 \text{ kg}$
- Semen Portland = $356,088 \text{ kg} \times 0,00529 = 1,883 \text{ kg}$
- Agregat kasar = $947,394 \text{ kg} \times 0,00529 = 5,011 \text{ kg}$
- Agregat halus = $752,126 \text{ kg} \times 0,00529 = 3,978 \text{ kg}$

15. Double

1) Volume double L

Diketahui :

- Panjang = 0,30 m
- Lebar = 0,20 m
- Tinggi = 0,075 m

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= p \times l \times t \\ &= 0,30 \times 0,20 \times 0,075 \\ &= 0,0045 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3) Proporsi campuran untuk double L

- Air = $237,451 \text{ kg} \times 0,0045 = 1,068 \text{ kg}$
- Semen Portland = $356,088 \text{ kg} \times 0,0045 = 1,602 \text{ kg}$
- Agregat kasar = $947,394 \text{ kg} \times 0,0045 = 4,263 \text{ kg}$
- Agregat halus = $752,126 \text{ kg} \times 0,0045 = 3,384 \text{ kg}$

KEBUTUHAN BAHAN PENYUSUN BETON

Kebutuhan bahan pembuatan benda uji silinder dan double L :

Setiap campuran dibuat 6 silinder dan 3 double L

- Volume 1 silinder = $0,00529 \text{ m}^3$
- Volume 1 double L = $0,0045 \text{ m}^3$
- Volume 6 silinder dan 3 double L = $(6 \times 0,00529) + (3 \times 0,0045) = 0,04524 \text{ m}^3$

1. Proporsi campuran 0% cangkang kemiri

Jadi, untuk satu adukan beton dengan 0% cangkang kemiri diperoleh :

- Air = $237,451 \text{ kg} \times 0,04524 = 10,742 \text{ kg}$
- Semen Portland = $356,088 \text{ kg} \times 0,04524 = 16,109 \text{ kg}$
- Agregat kasar = $947,394 \text{ kg} \times 0,04524 = 42,860 \text{ kg}$
- Agregat halus = $752,126 \text{ kg} \times 0,04524 = 34,026 \text{ kg}$

2. Proporsi campuran 25% cangkang kemiri

Kebutuhan 25% cangkang kemiri sebagai agregat kasar:

- Cangkang kemiri = $947,394 \text{ kg} \times 25\% = 236,848 \text{ kg}$
- Agregat kasar = $947,394 \text{ kg} - 236,848 = 710,546 \text{ kg}$

Jadi, untuk satu adukan beton dengan 25% cangkang kemiri sebagai agregat kasar diperoleh :

- Air = $237,451 \text{ kg} \times 0,04524 = 10,742 \text{ kg}$
- Semen Portland = $356,088 \text{ kg} \times 0,04524 = 16,102 \text{ kg}$
- Agregat kasar = $710,546 \text{ kg} \times 0,04524 = 32,145 \text{ kg}$
- Cangkang kemiri = $236,848 \text{ kg} \times 0,04524 = 10,715 \text{ kg}$
- Agregat halus = $752,126 \text{ kg} \times 0,04524 = 34,026 \text{ kg}$

3. Proporsi campuran 50% cangkang kemiri

Kebutuhan 50% cangkang kemiri sebagai agregat kasar:

- Cangkang kemiri = $947,394 \text{ kg} \times 50\% = 473,697 \text{ kg}$
- Agregat kasar = $947,394 \text{ kg} - 473,697 \text{ kg} = 473,697 \text{ kg}$

Jadi, untuk satu adukan beton dengan 50% cangkang kemiri sebagai agregat kasar diperoleh :

- Air = $237,451 \text{ kg} \times 0,04524 = 10,742 \text{ kg}$
- Semen Portland = $356,088 \text{ kg} \times 0,04524 = 16,102 \text{ kg}$
- Agregat kasar = $473,697 \text{ kg} \times 0,04524 = 21,430 \text{ kg}$
- Cangkang kemiri = $473,697 \text{ kg} \times 0,04524 = 21,430 \text{ kg}$
- Agregat halus = $752,126 \text{ kg} \times 0,04524 = 34,026 \text{ kg}$

4. Proporsi campuran 75% cangkang kemiri

Kebutuhan 75% cangkang kemiri sebagai agregat kasar:

- Cangkang kemiri = $947,394 \text{ kg} \times 75\% = 710,545 \text{ kg}$
- Agregat kasar = $947,394 \text{ kg} - 710,545 \text{ kg} = 236,848 \text{ kg}$

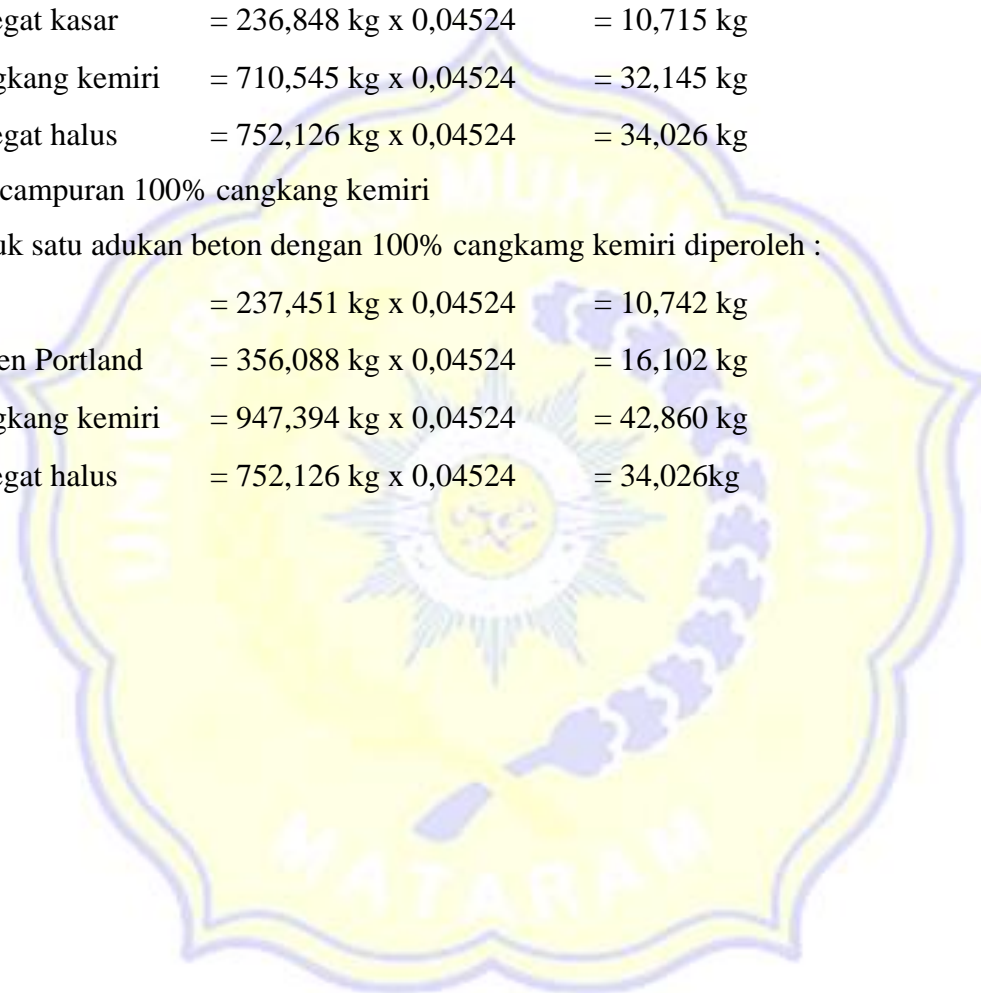
Jadi, untuk satu adukan beton dengan 75% cangkang kemiri sebagai agregat kasar diperoleh :

- Air = $237,451 \text{ kg} \times 0,04524 = 10,742 \text{ kg}$
- Semen Portland = $356,088 \text{ kg} \times 0,04524 = 16,102 \text{ kg}$
- Agregat kasar = $236,848 \text{ kg} \times 0,04524 = 10,715 \text{ kg}$
- Cangkang kemiri = $710,545 \text{ kg} \times 0,04524 = 32,145 \text{ kg}$
- Agregat halus = $752,126 \text{ kg} \times 0,04524 = 34,026 \text{ kg}$

5. Proporsi campuran 100% cangkang kemiri

Jadi, untuk satu adukan beton dengan 100% cangkang kemiri diperoleh :

- Air = $237,451 \text{ kg} \times 0,04524 = 10,742 \text{ kg}$
- Semen Portland = $356,088 \text{ kg} \times 0,04524 = 16,102 \text{ kg}$
- Cangkang kemiri = $947,394 \text{ kg} \times 0,04524 = 42,860 \text{ kg}$
- Agregat halus = $752,126 \text{ kg} \times 0,04524 = 34,026 \text{ kg}$



Dokumentasi



Pengujian Kepadatan Agregat Halus



Pengujian Kepadatan Agregat Kasar



Pengujian kadar Air Agregat Halus



Pengujian Kadar Air Agregat Kasar



Pengujian Kepadatan Cangkang Kemiri



Pengujian Kadar Air Cangkang Kemiri



Pengujian Saringan agregat



Pengujian *slump* Beton segar



Perendaman Beton selama 28 hari



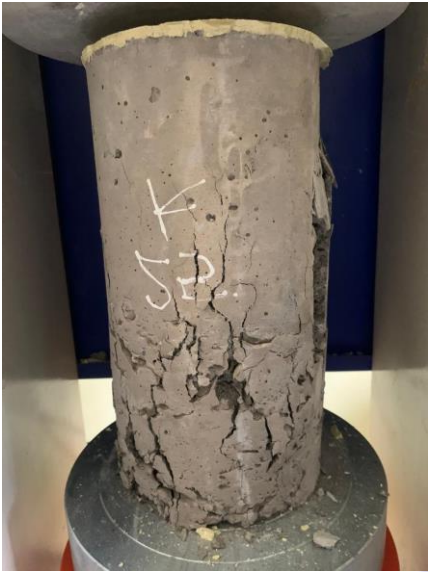
Penimbangan Benda Uji



Mengukur Benda Uji



Pengujian Kuat Tekan Beton



Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Cangkang Kemiri



Pengujian Kuat Tarik Belah



Hasil Pengujian Kuat Tari Belah



Pengujian Kuat Geser



Hasil Pengujian Kuat Geser





LAMPIRAN



LAMPIRAN 1
Hasil Pengujian Agregat



LAMPIRAN 2

Mix Design



LAMPIRAN 3

Hasil Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah, Geser dan *Slump*



Dokumentasi Penelitian