

PEMANFAATAN CANGKANG KEMIRI *ALEURITES MOLUCCANA (CANDLENUT)* SEBAGAI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON RINGAN

Heri Sutanto¹, Fachriza Noor Abdi², Rizky Asdi Kesuma³

¹Pengajar Program Studi S1Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua Jalan Sambaliung No.9, Samarinda 75119, Telp: 0541-736834, Fax: 0541-749315
Email: herysoetanto@yahoo.com

³Pengajar Program Studi S1Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua Jalan Sambaliung No.9, Samarinda 75119, Telp: 0541-736834, Fax: 0541-749315
Email: fnabdi@yahoo.com

³Mahasiswa Program Studi S1Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua Jalan Sambaliung No.9, Samarinda 75119, Telp: 0541-736834, Fax: 0541-749315
Email: kikyasdi@gmail.com

ABSTRAK

Semakin meluasnya penggunaan beton semakin juga banyak kebutuhan bahan baku pembentuk beton, kerikil yang selama ini diperoleh dari alam cenderung menurun. Hal ini mendorong para peneliti menambahkan bahan – bahan lain yang mempunyai sifat yang sama dengan pembentuk beton dalam campuran beton. Cangkang kemiri yang hanya dikenal menjadi limbah, kurang mendapat perhatian dalam pemanfaatannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton maksimal, mengetahui pengaruh cangkang kemiri terhadap kuat tekan beton, mengetahui manfaat dari beton cangkang kemiri dalam dunia konstruksi.

Penelitian ini dimulai dengan pengujian fisis terhadap material penyusun beton dan membuat rancangan adukan beton berdasarkan metode SNI 03-2834-2000 beton normal dan SNI 03-3449-2002 beton ringan. Mutu beton yang direncanakan 20 Mpa, selanjutnya adalah pembuatan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm sebanyak 36 buah. Agregat kasar disubstitusi dengan campuran 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% cangkang kemiri masing – masing sebanyak 3 benda uji. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton berumur 7 dan 28 hari.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan kuat tekan tertinggi 14,12 Mpa dengan campuran 5% cangkang kemiri, dan terus mengalami penurunan nilai kuat tekan sampai 7,37 Mpa dengan campuran 25%, dibandingkan beton normal terjadi penurunan 45 - 71% dari beton normal dengan nilai kuat tekan 25,28 Mpa. Penurunan nilai kuat tekan di pengaruhi oleh kadar air kemiri yang tinggi dan nilai berat jenis cangkang kemiri yang ringan dari pada kerikil. Seluruh beton cangkang kemiri masuk kedalam mutu beton kelas 1, merupakan beton yang berguna untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural (tidak mengandung besi) seperti untuk jalan, pondasi kolom, pengecoran lantai bangunan yang tidak terlalu besar, dan lantai halaman.

Kata kunci: Cangkang Kemiri, Kuat Tekan Beton.

Pendahuluan

Latar Belakang

Nawy, (1990) mengatakan, “semakin meluasnya penggunaan beton menunjukkan semakin juga banyak kebutuhan beton dimasa yang akan

datang, namun bahan baku pembentuk beton yang selama ini diperoleh dari alam cenderung menurun.yang mendorong para peneliti menambahkan bahan – bahan lain yang mempunyai sifat yang sama dengan pembentuk beton dalam campuran beton.Untuk hal ini perlu adanya alternatif bahan campuran tambahan lainnya agar dapat meningkatkan kekuatan pada

beton tersebut memiliki sifat yang lebih baik”. Pemanfaatan cangkang kemiri selama ini hanya berputar pada hal – hal yang bersifat tradisional, misalnya sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar maupun obat nyamuk bakar. Namun kenyataannya potensial dari cangkang kemiri dapat dimanfaatkan lebih besar lagi”. Masyarakat didaerah Sempaja Utara memanfaatkan cangkang kemiri sebagai material untuk lapisan permukaan tanah halaman atau jalan setapak mereka agar tidak becek saat kondisi hujan.

Dari uraian di atas maka penulis mencoba untuk memanfaatkan cangkang kemiri untuk digunakan sebagai campuran agregat kasar dalam pembuatan beton. Disini perlu dilakukan pengujian material yang akan digunakan apakah cangkang kemiri dapat dimanfaatkan sebagai alternatif material penyusun campuran beton.

Tinjauan Pustaka

Pengertian Umum

Menurut (SNI-03-2847-2000), beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, yang dipersatukan dengan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih.

Tabel 2.1 Mutu beton ringan

Jenis Mutu Beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton Ringan Mutu Tinggi	> 17,24
Beton Ringan Mutu Sedang	6,89 – 17,24
Beton Ringan Mutu Rendah	0,69 – 6,89

Beton Ringan

Povovics (1979) mengatakan “beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketahanan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³”.

Kemiri

Kemiri (*Aleurites moluccana*), salah satu komoditas Hasil Hutan Non Kayu (HHNK) penting, biasa digunakan sebagai bahan dasar cat, pernis, tinta, sabun, pengawetkayu, minyak rambut, bahan pembatik, dan bumbu masak. (Krisnawati dkk, 2011).

Biji kemiri tergolong buah batu karena berkulit keras menyerupai tempurung dengan permukaan luar yang kasar berlekuk. Tempurung biji ini tebalnya sekitar 3 - 5 mm, berwarna coklat atau kehitaman. Kemiri yang bersumber dari suatu daerah memiliki tingkat kekerasan (*firmness*) yang berbeda dengan daerah yang lain (Anonim, 2006). Kemiri memiliki bentuk membulat hingga berbentuk limas, agak gepeng dengan salah satu ujungnya meruncing.

Tabel 2.2 Kandungan kimia cangkang kemiri

No.	Komponen (Component)	Kadar (Content) %
1.	Holoselulosa (Holosellulose)	49,22
2.	Pentosa (Pentosan)	14,55
3.	Lignin	54,46
4.	Abu (Ash)	8,73

(Sumber: Lempang, (2011))

Adapun komposisi cangkang kemiri yaitu CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO, H₂O, Fe₂O₃. Saat semua bereaksi, akan ada sisa SiO₂ yang belum bereaksi akan membentuk reaksi silika turunan dengan gel CSH-2 menghasilkan gel CSH-3 yang lebih padat, sehingga akan meningkatkan pasta semen dan agregat.

Tabel 2.3 Komoditi Kemiri propinsi Kaltim

Kabupaten / Kota	Total Luas (Ha)	Produksi (Ton)
Kutai Kartanegara	80	2
Kutai Timur	31	5
Kutai Barat	962	106
Paser	88	40
Berau	5	2
Samarinda	241	33
Balikpapan	40	20
Total Tahun 2018	1.447	208

(Sumber: Dinas Perkebunan Provinsi Kaltim, (2018))

Hasil data terakhir dari Dinas Perkebunan Propinsi Kaltim (2018), menunjukkan propinsi kaltim memproduksi kemiri sebesar 208 ton pertahun. Dimana berat kulit kemiri adalah 70% dari berat total kemiri sehingga total limbah kulit kemiri yang dihasilkan pertahun adalah sebesar 145,6 ton. Kulit kemiri dalam penelitian ini berasal dari Samarinda, dimana Kota Samarinda adalah penghasil kemiri terbesar ketiga di Kalimantan Timur setelah Kabupaten Paser dan Kutai Barat yaitu sebesar 40 dan 106 ton per tahun.

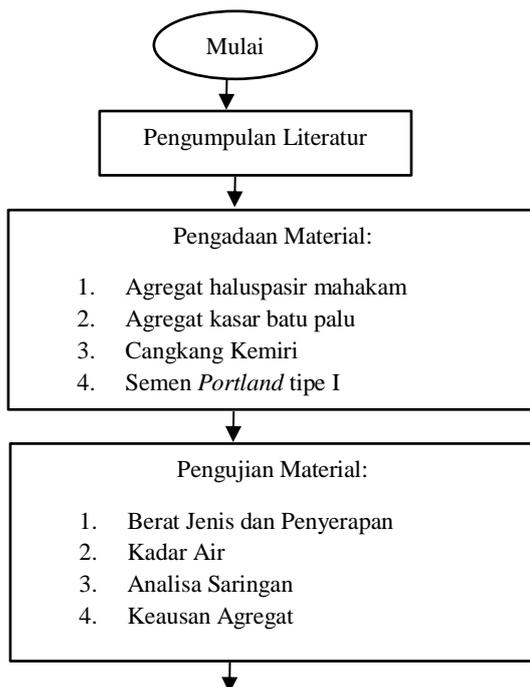


Gambar 2.1 Cangkang Kemiri

Metodologi Penelitian

Bagan Alir

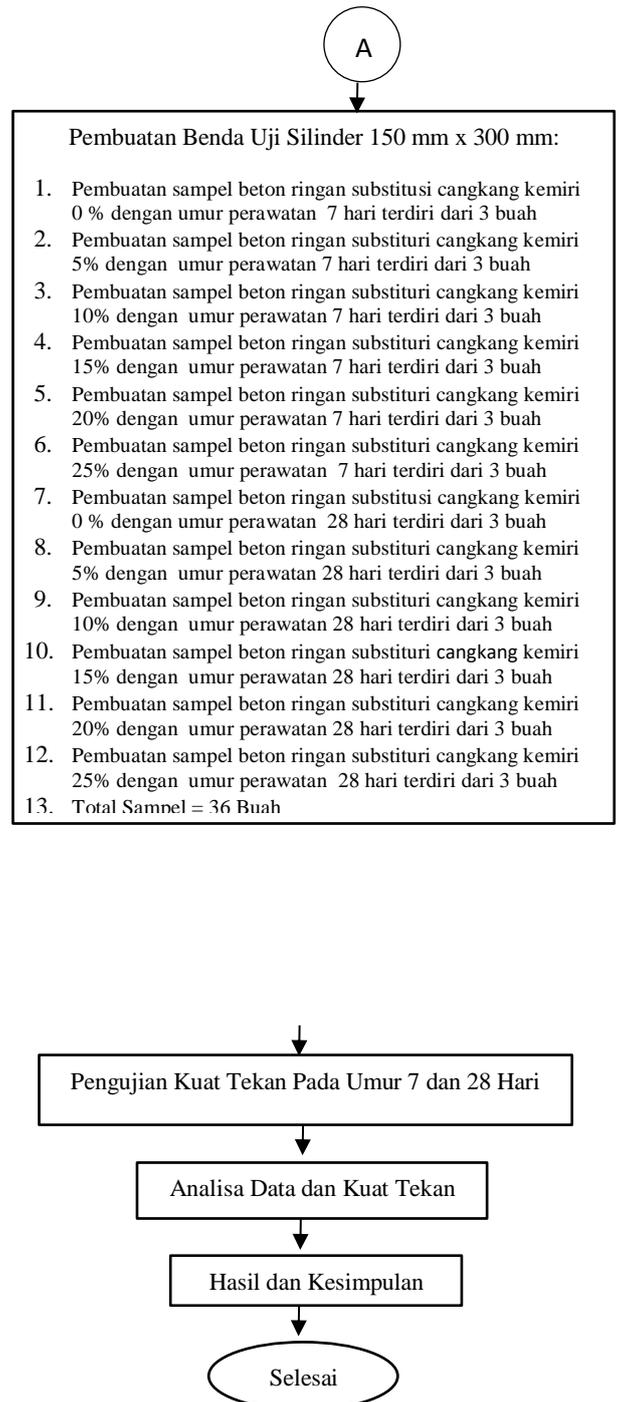
Metode penelitian merupakan tahap awal dan harus ditentukan sebelum masalah yang akan dipecahkan dipikirkan. Selain itu metode penelitian telah ditentukan agar pengambilan dan pengolahan data tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, adapun tahapan penelitian ini ada pada Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:



Di Samarinda cangkang kemiri digunakan sebagai lapis permukaan tanah halaman rumah masyarakat kampung, dan dijadikan bahan bakar anti nyamuk pengusir serangga karena menghasilkan cukup banyak asap bila dibakar.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik (Tjokrodimulyo,1996).



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Umum

Hasil penelitian ini berupa data – data yang telah didapatkan dari pengujian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Mulawarman. Selanjutnya dianalisis sebagai acuan untuk mengetahui berapa banyak kebutuhan bahan yang akan digunakan dalam pembuaatan benda uji beton.

Pengujian Fisis Material

Uji material bertujuan untuk mengetahui data mengenai material yang akan digunakan. Data tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Analisa saringan
2. Kadar air
3. Berat jenis dan penyerapan
4. Keausan agregat (Abrasi)

Dalam pengujian agregat ini terdapat 3 macam pengujian material, yakni pengujian agregat kasar yang berupa kerikil asal palu, cangkang kemiri, dan pengujian agregat halus yang berupa pasir mahakam. Dimana hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 yang ada di bawah ini:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kerikil Asal Palu ½ (10-20 mm)

No	Pengujian Agregat Kasar	Hasil	Interval Spesifikasi	Keterangan
1	Analisis Saringan		6%-8% berat	Memenuhi
	Modulus kekasaran butir	6,495 %	berat	Memenuhi
	sisa diatas ayakan ø 38 mm	0 %	0% berat	Memenuhi
	sisa diatas ayakan ø 4.8 mm	98 %	90% - 98% berat	Memenuhi
2	Analisis Berat Jenis			
Berat Jenis	2,67		Min 2.5	Memenuhi
3	Analisis Penyerapan			
Penyerapan	1,43 %		0.2% - 4%	Memenuhi
4	Analisis kadar Air			
Kadar Air	0,69 %		Maks 1.3%	Memenuhi
5	Analisis keausan Agregat			
Keausan/abrasi	13,302 %		≤ 40%	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian terhadap kerikil asal palu 1/2 (10-20 mm) dapat dilihat pada

tabel 4.1 menunjukkan bahwa hasil pengujian kerikil palu 1/2 (10-20) memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia).

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Cangkang Kemiri 1/3,5 (10-35 mm)

No	Pengujian Agregat Halus	Hasil	Interval Spesifikasi	Keterangan
1	Analisis Saringan			
	Modulus kekasaran butir	6,38 %	6%- 8 % berat	Memenuhi
	sisa diatas ayakan ø 38 mm	0 %	0% berat	Memenuhi
	sisa diatas ayakan ø 4.8 mm	60 %	90% - 98% berat	Tidak memenuhi
2	Analisis Berat Jenis			
Berat Jenis	1,3		1 – 1,8	Memenuhi
3	Analisis Penyerapan			
Penyerapan	7,39 %		< 20%	Memenuhi
4	Analisis kadar Air			
Kadar Air	7,97 %		0 – 3 %	Tidak memenuhi
5	Analisis keausan Agregat			
Keausan/abrasi	5,732 %		≤ 40%	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian terhadap cangkang kemiri 1/3,5 (10-35 mm) dapat dilihat pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa hasil pengujian Analisa saringan dan Kadar air cangkang kemiri tidak memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia).

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pasir Mahakam

No	Pengujian Agregat Halus	Hasil	Interval Spesifikasi	Keterangan
1	Analisa Saringan			
	modulus kehalusan butir	2,27 %	1,5%-3,8% berat	Memenuhi
	tertahan diatas ayakan ø 4.8 mm	0 %	min 2% berat	Tidak memenuhi
	tertahan diatas ayakan ø 1.2 mm	6,49 %	min 10% berat	Tidak memenuhi
	tertahan diatas ayakan ø 0.3 mm	55,47 %	80%-95% berat	Tidak memenuhi
2	Analisis Berat Jenis			
Berat Jenis	2,62		Min 2.5	Memenuhi
3	Analisis Penyerapan			
Penyerapan	1,21 %		Maks 2%	Memenuhi
4	Analisis kadar Air			
Kadar Air	4,72 %		Maks 6%	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian terhadap pasir mahakam dapat dilihat pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa hasil pengujian analisa

saringan pasir mahakam tidak memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia).

Volume 6 buah Silinder (m ³)	Semen (Kg)	Air (Kg)	Pasir (Kg)	Palu ½ (Kg)
0,038185714	13,05	8,05	18,02	51,83

Mix Design

Tabel 4.4 Rancangan beton normal

No.	Uraian	Tabel/Grafik/Perhitungan	Nilai		
1.	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder/kubus)	Ditetapkan	20 Mpa pada 28 hari bagian cacat 5%, k=1,64		
2.	Deviasi Standar	Diketahui/Diperkirakan Tabel	5,6 Mpa		
3.	Nilai tambah (margin)	Dihitung	1,64 x 5,6 = 9,2 Mpa		
4.	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	Dihitung	20 + 9,2 = 29,2 Mpa		
5.	Jenis semen	Ditetapkan	Type I Semen PCC		
6.	Jenis Agregat : - kasar - halus	Ditetapkan	Batu palu 1/2 Alami pasir mahakam		
7.	Faktor air semen bebas	Tabel 9 Grafik 6.5	0,7		
8.	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan/Tabel 13	0,6		
9.	Slump	Ditetapkan/Tabel 10	60 - 180 mm		
10.	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm		
11.	Kadar air bebas	Diketahui, Tabel 2.10	205 kg/m ³		
12.	Jumlah semen	Dihitung	205 : 0,6 = 341,7 kg/m ³		
13.	Jumlah semen maksimum	Tabel 6.13	341,7 kg/m ³		
14.	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³		
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	-	205 : 341,7 = 0,6		
16.	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 8.5.3	Zone 4		
17.	Persen agregat halus	Dihitung/Ditetapkan	25 %		
18.	Berat jenis relative, agregat (kering permukaan)	Dihitung	2,659		
20.	Berat isi beton	Grafik 2.2	2.370 kg/m ³		
21.	Berat agregat (kasar + halus)		BV beton - Air - Semen 1.823 kg/m ³		
22.	Berat agregat halus	25 %	455,8 kg/m ³		
23.	Berat agregat kasar	75 %	1367,5 kg/m ³		
24.	Kemiri	0 %	0 kg/m ³ = 1823,3 kg/m ³		
	Jumlah Masing-masing Bahan / Material	Semen (Kg)	Air (Kg/Ltr)	Pasir (Kg)	Palu ½ (Kg)
	Untuk 1 m ³ Beton	342	205	445,83	1.367,5
	Setelah dikoreksi kadar air dan penyerapan	341,67	210,84	471,82	1.357,35
	Perbandingan dalam Berat	1	0,617	1,38	3,97

Tabel 4.5 Rancangan beton ringan

No.	Uraian	Nilai	Keterangan
1	Kuat Tekan (F'c B)	20 Mpa, dengan umur 28 hari	Ditetapkan
2	Deviasi Standar	5,6 Mpa	Diketahui
3	Margin	1,64 x 5,6 = 9,18 Mpa	Dihitung
4	Kuat Tekan rata-rata (F'c Br)	20 + 9,18 = 29,18 Mpa	Dihitung
5	Jenis Semen	PCC Tipe 1	Ditetapkan
6	Jenis Agregat :		
	kasar	Kerikil Palu ½	Ditetapkan
		Cangkang Kemiri	Ditetapkan
	halus	Pasir mahakam	Ditetapkan
7	Kuat Hancur Agregat (F'c A)	Kerikil Palu 1/2 = 9,078 Mpa Cangkang Kemiri = 1,46 Mpa	Ditetapkan
8	Berat Jenis Agregat :		
	kasar	Kerikil Palu 1/2 = 2,67 Cangkang Kemiri = 1,3	Hasil Uji Lab
	halus	Pasir mahakam = 2,62	Hasil Uji Lab
9	Bobot isi beton (BIB)	2222 kg/m ³	Dihitung
10	Jumlah Fraksi Agregat kasar (nf)	0,43	Dihitung
11	nf > 0, atau nf < 0,35 ? Ya/Tidak, Jika Ya maka kuat tekan adukan ditambah		Tidak
	F'c A < (1/15) x F'c A atau F'c A > (1/12) x F'c M? Ya/Tidak		
	Kerikil palu 1/2 : 9,078 < 0,6052		Tidak
	Kerikil palu 1/2 : 9,078 > 4,489	F'c M min	Ya
	Kerikil palu 1/2 : 9,078 > 7,302	F'c M max	Ya
	Kemiri : 1,46 < 0,097		Tidak
	Kemiri : 1,46 > 12,08	F'c M min	Tidak
	Kemiri : 1,46 > 48,10	F'c M max	Tidak
13	Kuat Tekan adukan (F'c M)	145 Mpa	Dari no. 10
14	Bobot isi adukan, (BIM)	1300 kg/m ³	Dari no. 10

Hasil Pengujian Slump Test

Setelah pembuatan campuran beton sesuai rancangan campuran beton, maka diukur nilai slump dari adukan tersebut. Hasil dari

nilai *slump* rata – rata dari campuran benda uji didapat adalah 15,5 cm.



Gambar 4.1 Nilai slump

Perawatan beton

Setelah umur beton \pm 24 jam, selanjutnya beton dikeluarkan dari cetakan. dengan membuka baut – baut yang terdapat pada cetakan. Setelah terbuka, beton diangkat dengan hati-hati karena beton masih dalam kondisi mudah retak, patah atau rusak. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam bak perendam selama umur pengujian yaitu 7 dan 28 hari. Setelah lama rendaman mencapai umur pengujian, benda uji beton diangkat dan di tiriskan guna mengeringkan benda uji sebelum dilakukan pengujian.

Pengujian Benda Uji Beton

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari. Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Silinder beton diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap hingga permukaan kering.
2. Menimbang dan mencatat berat sampel beton, kemudian diamati apakah terdapat cacat pada beton sebagai bahan laporan.
3. Pengujian kuat tekan dengan menggunakan mesin uji tekan beton.
4. Meletakkan sampel beton kedalam alat penguji, lalu mengoperasikan mesin sesuai dengan prosedur dan secara perlahan alat menekan sampel beton.
5. Dengan menekan beton maka jarum dial pada mesin uji perlahan akan naik dan akan berhenti pada batas kuat tekan maksimum beton.

6. Mencatat hasil kuat tekan beton untuk tiap sampelnya.

Berikut contoh perhitungan silinder pada benda uji bn beton dengan pasir Mahakam, agregat asal palu yang berumur 7 hari :

Diketahui :

$$\text{Diameter (d)} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi (t)} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Konversi umur 7 hari} = 0,65$$

Ditanya :

Volume, luas penampang, kuat tekan

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang (A)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \\ &= 176,62 \text{ cm}^2 \\ &= 17662 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat Tekan (MPa)

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$243 \text{ KN} = 243000 \text{ N}$$

$$= (\text{Beban Maksimum (P)})/(\text{Luas penampang(A)}):0,83$$

$$= P/(1/4 \times \pi \times d^2) : 0,83$$

$$= 243 \times 1000 / (1/4 \times 3,14 \times 15^2) : 0,83$$

$$= 243000 \text{ N} / 17662 \text{ mm}^2 : 0,83$$

$$= 16,58 \text{ MPa}$$

Kuat tekan estimasi 28 hari

$$= (\text{Kuat tekan (Mpa)})/(\text{Konversi umur (7 hari)})$$

$$= 16,58 \text{ Mpa} / 0,65$$

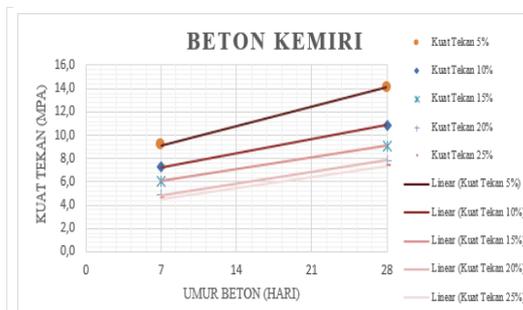
$$= 25,2 \text{ Mpa}$$

Tabel Hasil Nilai Kuat Tekan Benda Uji

Berikut adalah daftar tabel hasil pengujian kuat tekan beton cangkang kemiri dan tabel kuat tekan konversi 28 hari:

Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat tekan beton cangkang kemiri konversi 28 hari

Kemiri	Nama Sampel	Hari Uji (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Konversi 28 hari (Mpa)
0%	Bn	7	16,42	25,26
5%	Br1-7	7	9,16	14,10
10%	Br2-7	7	7,28	11,19
15%	Br3-7	7	6,05	9,31
20%	Br4-7	7	4,87	7,49
25%	Br5-7	7	4,57	7,03
0%	Bn	28	25,28	25,28
5%	Br1-28	28	14,12	14,12
10%	Br2-28	28	10,87	10,87
15%	Br3-28	28	9,07	9,07
20%	Br4-28	28	7,82	7,82
25%	Br5-28	28	7,37	7,37
Rata-rata				12,41



Gambar 4.2 Hubungan antara kuat tekan beton cangkang kemiri terhadap umur pengujian beton

Perhitungan dan Hasil Kuat Tekan karakteristik (f'_{ck})

Kuat tekan karakteristik (f'_{ck}) adalah nilai kuat tekan serangkaian data pengujian kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari dan ditetapkan sebagai nilai kuat tekan karakteristik beton tersebut. Nilai ini dipengaruhi oleh nilai deviasi standar (penyimpangan) dari data pengujian kuat tekan beton yang didapat dari laboratorium. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan nilai f'_{ck} beton:

Tabel 4.7 Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton cangkang kemiri 0%

Beton Kemiri							
No	Nama Sample	Kemiri (%)	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	K. Tekan Estimasi 28 Hari (Mpa)	X_i ($f'_{c} - X_{rt}$)	X_i^2 ($f'_{c} - X_{rt}$) ²
1	bn-7	0%	7 Hari	16,71	25,71	0,44	0,19
2	bn-7	0%	7 Hari	16,58	25,50	0,23	0,05
3	bn-7	0%	7 Hari	15,96	24,56	-0,71	0,51
4	bn-28	0%	28 Hari	26,74	26,74	1,47	2,16
5	bn-28	0%	28 Hari	24,83	24,83	-0,44	0,19
6	bn-28	0%	28 Hari	24,28	24,28	-0,99	0,97
						25,27	4,08

Tabel 4.8 Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton cangkang kemiri 5%

Beton Kemiri							
No	Nama Sample	Kemiri (%)	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	K. Tekan Estimasi 28 Hari (Mpa)	X_i ($f'_{c} - X_{rt}$)	X_i^2 ($f'_{c} - X_{rt}$) ²
1	br1-7	5%	7 Hari	9,28	14,27	0,16	0,03
2	br1-7	5%	7 Hari	9,21	14,17	0,06	0,00
3	br1-7	5%	7 Hari	9,00	13,85	-0,26	0,07
4	br1-28	5%	28 Hari	14,60	14,60	0,49	0,24
5	br1-28	5%	28 Hari	14,39	14,39	0,28	0,08
6	br1-28	5%	28 Hari	13,37	13,37	-0,74	0,55
						14,11	0,96

Tabel 4.9 Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton cangkang kemiri 10%

Beton Kemiri							
No	Nama Sample	Kemiri (%)	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	K. Tekan Estimasi 28 Hari (Mpa)	X_i ($f'_{c} - X_{rt}$)	X_i^2 ($f'_{c} - X_{rt}$) ²
1	br2-7	10%	7 Hari	7,09	10,91	-0,12	0,01
2	br2-7	10%	7 Hari	7,50	11,54	0,51	0,26
3	br2-7	10%	7 Hari	6,55	11,12	0,09	0,01
4	br2-28	10%	28 Hari	10,10	10,10	-0,94	0,88
5	br2-28	10%	28 Hari	10,71	10,71	-0,32	0,10
6	br2-28	10%	28 Hari	11,80	11,80	0,77	0,59
						11,03	1,86

Tabel 4.10 Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton cangkang kemiri 15%

Beton Kemiri							
No	Nama Sample	Kemiri (%)	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	K. Tekan Estimasi 28 Hari (Mpa)	X_i ($f'_{c} - X_{rt}$)	X_i^2 ($f'_{c} - X_{rt}$) ²
1	br3-7	15%	7 Hari	6,14	9,44	0,38	0,07
2	br3-7	15%	7 Hari	5,46	9,13	-0,67	0,00
3	br3-7	15%	7 Hari	6,07	9,34	0,27	0,02
4	br3-28	15%	28 Hari	9,41	9,41	0,35	0,05
5	br3-28	15%	28 Hari	9,14	9,14	0,07	0,00
6	br3-28	15%	28 Hari	8,66	8,66	-0,40	0,28
						9,19	0,42

Tabel 4.11 Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton cangkang kemiri 20%

Beton Kemiri							
No	Nama Sample	Kemiri (%)	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	K. Tekan	Xi	Xi ² (f'c - Xrt) ²
					Estimasi 28 Hari (Mpa)		
1	br4-7	20%	7 hari	4,77	7,35	-0,31	0,09
2	br4-7	20%	7 Hari	4,91	7,56	-0,10	0,01
3	br4-7	20%	7 Hari	4,91	7,56	-0,10	0,01
4	br4-28	20%	28 Hari	7,78	7,78	0,12	0,01
5	br4-28	20%	28 Hari	7,84	7,84	0,19	0,04
6	br4-28	20%	28 Hari	7,84	7,84	0,19	0,04
					7,65		0,20

Tabel 4.12 Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton cangkang kemiri 25%

Beton Kemiri							
No	Nama Sample	Kemiri (%)	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	K. Tekan	Xi	Xi ² (f'c - Xrt) ²
					Estimasi 28 Hari (Mpa)		
1	br5-7	25%	7 Hari	4,57	7,03	-0,17	0,03
2	br5-7	25%	7 Hari	4,50	6,93	-0,27	0,07
3	br5-7	25%	7 Hari	4,64	7,14	-0,06	0,00
4	br5-28	25%	28 Hari	7,50	7,50	0,30	0,09
5	br5-28	25%	28 Hari	7,37	7,37	0,17	0,03
6	br5-28	25%	28 Hari	7,23	7,23	0,03	0,00
					7,20		0,23

a. Kuat Tekan Estimasi 28 hari

Kuat tekan estimasi 28 hari dicari dengan cara membagi masing-masing nilai kuat tekan yang didapat di laboratorium dengan nilai faktor konversi umur beton ke umur 28 hari dengan nilai konversi umur sebagai berikut :

7 hari = 0.65

28 hari = 1

Contoh perhitungan pada sampel br5-7 (Beton 25% cangkang kemiri):

Konversi umur beton = 0,65 (7 hari)

Nilai kuat tekan beton = 4,64 MPa

Kuat tekan estimasi 28 hari

= Nilai kuat tekan beton / Konversi umur

= 4,64/0,65

= 7,14 Mpa

b. Kuat Tekan Rata Estimasi 28 hari (Xrt)

Semua nilai kuat tekan beton yang telah dikonversikan ke umur 28 hari kemudian dicari nilai rata-ratanya (Xrt) dengan menggunakan rumus :

$$Xrt = (X1+X2+X3+\dots)/n \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

Xrt = nilai kuat tekan rata-rata estimasi 28 hari (MPa)

X1,X2,X3.. = nilai kuat tekan estimasi 28 hari (MPa)

N = Jumlah data yang ada

Dari perhitungan yang telah dilakukan pada Tabel 4.12 didapat nilai kuat tekan rata-rata estimasi 28 hari (Xrt) dari campuran beton laterit sebanyak 6 sampel adalah 7,20 MPa.

c. Mencari Nilai Xi²

Nilai Xi² adalah perbedaan nilai kuat tekan rata-rata beton estimasi 28 hari dengan masing-masing nilai kuat tekan beton. Nilai ini kemudian dicari menggunakan rumus :

$$Xi^2 = (X-Xrt)^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

X = nilai kuat tekan estimasi 28 hari setiap beton (MPa)

Xrt = nilai kuat tekan rata-rata estimasi 28 hari (MPa)

Contoh perhitungan Xi² pada sampel br5-7 (Beton cangkang kemiri) adalah sebagai berikut:

Diketahui :

X = 7,14 MPa

Xrt = 7,20 MPa

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} Xi^2 &= (X-Xrt)^2 \\ &= (7,14 - 7,20)^2 \\ &= 0,00 \end{aligned}$$

Semua nilai Xi² setiap sampel kemudian dihitung kemudian menjumlahkan semua nilai Xi². Berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.20 diketahui bahwa nilai ΣXi² adalah 0,23 MPa.

d. Standar Deviasi (sd)

Bervariasinya nilai kuat tekan beton yang didapat membuat nilai standar deviasi (sd) perlu dihitung untuk mengetahui tingkat penyimpangan yang terjadi pada pengujian yang dilakukan. Nilai standar deviasi (sd) dihitung menggunakan rumus :

$$Sd = \sqrt{(\sum Xi^2 / (n-1))} \dots \dots \dots (2.3)$$

Contoh perhitungan standar deviasi (sd) pada campuran beton normal adalah sebagai berikut :

$$sd = \sqrt{(\sum Xi^2 / (n-1))}$$

$$= \sqrt{(0,23 / (6-1))}$$

$$= 0,21 \text{ MPa}$$

e. Kuat Tekan Karakteristik ($f'ck$)

Untuk menghitung nilai kuat tekan karakteristik beton maka dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f'ck = X_{rt} - (1,64 \times Sd) \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

$f'ck$ = Kuat tekan karakteristik beton (MPa)

Sd = Standar deviasi (MPa) yang didapat menggunakan rumus

X_{rt} = Nilai kuat tekan rata-rata (MPa)

Contoh perhitungan kuat tekan karakteristik ($f'ck$) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f'ck &= X_{rt} - (1,64 \times sd) \\ &= 7,23 - (1,64 \times 0,21) \\ &= 6,85 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Jadi, didapatkan 6,85 MPa sebagai nilai kuat tekan karakteristik ($f'ck$) pada campuran beton 25% cangkang kemiri. Nilai ini lebih kecil dari $f'c$ yang direncanakan yaitu 20 MPa. Dari tabel 4.6 kuat tekan berumur 7 dan 28 hari mengalami penurunan. kemungkinan disebabkan cangkang kemiri tidak cukup kuat untuk menjadi pengganti agregat kasar atau bahan substitusi, dan Kadar air yang cukup tinggi sehingga mengakibatkan penurunan kuat tekan beton.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan Pemanfaatan Cangkang Kemiri *Aleurites Mollucana (Candlenut)* Sebagai Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan yang dilakukan di Laboratorium teknik sipil,

Universitas Mulawarman, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan tertinggi pada beton substitusi agregat kasar cangkang kemiri terhadap agregat kasar asal palu dengan komposisi cangkang kemiri 5%. Nilai kuat tekan adalah sebesar 14,12 MPa pada umur 28 hari, dan terus mengalami penurunan nilai kuat tekan sampai dengan substitusi cangkang kemiri sebanyak 25% yakni dengan kuat tekan 7,37 MPa, dibandingkan beton normal tanpa campuran cangkang kemiri yang mengalami penurunan 45 - 71% dari beton normal dengan nilai kuat tekan 25,28 MPa pada umur 28 hari. Beton ringan dengan campuran Cangkang Kemiri 5% dan 10% pada umur 7 dan 28 hari masuk ke dalam ranah beton ringan dengan mutu sedang dengan batasan kuat tekan minimum 6,89 Mpa. Beton ringan dengan campuran Cangkang Kemiri 15%, 20% dan 25% masuk ke dalam ranah di antara rentang beton ringan dengan mutu sedang dan rendah. Pada umur 28 hari sebagai beton ringan mutu sedang dengan batasan kuat tekan minimum 6,89 Mpa, sedangkan pada umur 7 hari sebagai beton ringan mutu rendah dengan batasan kuat tekan minimum 0,69 Mpa. Nilai kuat tekan karakteristik ($f'ck$) beton ringan substitusi cangkang kemiri 0% adalah 23,79 ; 5% adalah 13,39 ; dan terus mengalami penurunan hingga substitusi cangkang kemiri 25% adalah 6,85 MPa.
2. Penurunan nilai kuat tekan di pengaruhi oleh kadar air kemiri yang tinggi dan nilai berat jenis cangkang kemiri yang ringan menyebabkan cangkang kemiri naik ke permukaan beton saat proses pemadatan menggunakan palu. Hal ini menyebabkan permukaan beton menjadi tidak rata, dan menyebabkan kekuatan pada permukaan beton menjadi lemah. Pada proses pengujian kuat tekan beton, permukaan beton

yang mendapat tekanan lebih cepat mengalami retakan dan membuat daya tekan pada beton mengalami penurunan.

3. Seluruh beton cangkang kemiri masuk kedalam mutu beton kelas 1, merupakan beton yang berguna untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural (tidak mengandung besi) seperti untuk jalan, pondasi kolom, pengecoran lantai bangunan yang tidak terlalu besar, lantai halaman, dan jenis media yang tidak secara khusus memiliki pembesian. Penggunaan cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar batu palu, menjadikan beton ini lebih ringan dibandingkan beton normal, yaitu 11,78 – 12,44 kg. Lebih ringan dari beton normal dengan berat 12,67 kg.

Daftar Pustaka

1. ACI Committee 213R-87, 1979. *Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete*. ACI Manual of Concrete Practice..
2. Aji Pujo, Purwono Rahmat, 2010. *Pengendalian Mutu Beton*. ITS Press Surabaya.
3. Amri, D, Irwan dan ardan, M. 2017 *Pengaruh Penambahan Pecahan Kulit Kemiri Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Terhadap Massa Dan Kuat Tekan Beton*. Universitas Medan Area.
4. Anonim. 2006. *Pedoman budidaya kemiri (Aleurites moluccana Wild.)*. Departemen Pertanian. Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia.
5. Brooks, J.J ., Neville, A.M. 1981. *Concrete Technology*. London: Pitman Books Ltd.
6. Dinas Perkebunan Propinsi Kaltim 2018. *Komoditkemiri di Kalimantan Timur*.
7. Fitriani, Sela. 2018. *Pengaruh Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. Universitas Syiah Kuala, Aceh.
8. Huda, Yusran. 2018. *Pengaruh Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. Universitas Syiah Kuala, Aceh.
9. Krisnawati, K., M. Kallio, and M. Kanninen. 2011. *Aleurites moluccana (L.) Willd. Ecology, silviculture and productivity*. Center for International Forestry Research (CIFOR). ISBN 978-602- 8693-40-0. Bogor.
10. Lempang, Mody. 2011. *Struktur dan Komponen Arang Serta Arang Aktif Tempurung Kemiri*.
11. Mulyono, Tri. 2005. "Teknologi Beton". Penerbit ANDI, Yogyakarta.
12. Nawy, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar* (diterjemahkan oleh Bambang Suryoatmono), Eresco, Bandung.
13. Povovics, Sandor. 1979. *Concrete Making Materials*. London: McGraw-Hill Book Company.
14. Pusat Budidaya Indonesia 2011. *Pusat Budidaya Kemiri*.
15. Samekto. 2001. *Teknologi Beton*. Universitas Negeri Malang, Malang.
16. Sinaga, Robert. 2016. *Karakteristik Fisik dan Mekanik Kemiri (Aleurites moluccana Wild)*. Institut Pertanian Bogor.
17. Standar Nasional Indonesia 03-1968-1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*.
18. Standar Nasional Indonesia 03-1969-1990. *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*.
19. Standar Nasional Indonesia 03-1970-1990. *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*.
20. Standar Nasional Indonesia 03-1971-1990. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*.
21. Standar Nasional Indonesia 03-1972-1990. *Metode Pengujian Slump Beton*.
22. Standar Nasional Indonesia 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.

23. Standar Nasional Indonesia 03-2417-1991. *Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles.*
24. Standar Nasional Indonesia 03-2493-1991. *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.*
25. Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.*
26. Standar Nasional Indonesia 03-3449-2002. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan.*
27. Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.*
28. Standar Nasional Indonesia 03-2461-2002. *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktur.*
29. Standar Nasional Indonesia 1974:2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder.*
30. Sunarno. 2011. *Penggunaan Kerikil Palu untuk Beton Non Pasir.* Politeknik Negeri Balikpapan.
31. Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton. Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.*
32. Triwulan. 2007. *Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kemiri pada Kelenturan dan Kekokohan Bahan Osilator,* Skripsi, FMIPA Universitas Negeri Medan, Medan