

Uji Karakteristik dan Mix-Design Material Beton Berbahan Limbah Organik Cangkang Kemiri

Nasruddin¹, Victor Sampebulu², Pratiwi Mushar³

^{1,2,3} Lab. bahan, struktur dan konstruksi bangunan/Arsitektur/Struktur dan konstruksi /Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Korespondensi: nas_junus@yahoo.com/vicsam_ars@yahoo.com/tiwiarch19@gmail.com

Abstrak

Dalam perkembangan beton, beton mulai menggunakan bahan substitusi untuk mengurangi sifat getas beton. Bahan substitusi merupakan bahan yang dapat menggantikan material beton baik agregat kasar, agregat halus, maupun semen dengan bahan material lain, seperti semen portland dengan terak baja, batu pecah (agregat kasar) dengan batu apung dan lain-lain. Salah satu manfaat dari metode substitusi material beton yaitu dapat menggunakan limbah organik. Limbah organik dapat berupa hasil sisa produksi maupun pemakaian, salah satunya adalah cangkang kemiri yang merupakan limbah dari buah kemiri. Cangkang kemiri merupakan suatu potensi baru yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lebih besar lagi. Tentu saja ini dapat meningkatkan nilai ekonomi cangkang kemiri yang selama ini hanya dikenal sebagai bahan buangan dari buah kemiri. Tujuan dari pembahasan ini adalah mengetahui karakteristik limbah organik cangkang kemiri dan mix design sebagai material penyusun beton. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan cara uji kadar lumpur, kadar air dan massa serta menyusun mix design dengan metode DOE, pengujian dilakukn di laboratorium bahan, struktur dan konstruksi bangunan Departemen Arsitektur FT-UNHAS Hasil dari pembahasan ini adalah mendapatkan karakteristik dari material penyusun beton (karakteristik Agregat Kasar, agregat halus, cangkang kemiri, semen dan air) dan mix design dari campuran beton cangkang kemiri.

Kata-kunci : beton, cangkang kemiri, karakteristik, mix design, *limbah organik*

Pendahuluan

Beton adalah material utama yang digunakan dalam pembuatan bangunan. Beton banyak digunakan karena keunggulan-keunggulannya antara lain karena beton dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi, dan biaya pemeliharaan yang kecil atau mudah dalam perawatan. Selain tahan terhadap serangan api seperti yang telah disebutkan diatas, beton juga tahan terhadap serangan korosi. (Mulyono, 2005). Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 14000 psi atau lebih, bergantung pada

jenis campuran, sifat – sifat agregat, serta lama dan kualitas perawatan. Kekuatan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 3000 sampai 6000 psi, dan beton komersial dengan agregat biasa kekuatannya sekitar 300 sampai 10000 psi dengan ukuran 6 X 12 inchi (Nawy,1990).

Dalam perkembangannya, beton mulai menggunakan **bahan substitusi** untuk mengurangi sifat getas beton. Bahan substitusi merupakan bahan yang dapat menggantikan material beton baik agregat kasar, agregat halus, maupun semen dengan bahan material lain, seperti semen portland dengan terak baja, batu

pecah (agregat kasar) dengan batu apung dan lainlain. **Salah satu manfaat dari metode substitusi material beton yaitu dapat menggunakan limbah organik. Limbah organik dapat berupa hasil sisa produksi maupun pemakaian, salah satunya adalah cangkang kemiri yang merupakan limbah dari buah kemiri.** Cangkang kemiri merupakan suatu potensi baru yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lebih besar lagi. Tentu saja ini dapat meningkatkan nilai ekonomis cangkang kemiri yang selama ini hanya dikenal sebagai bahan buangan dari buah kemiri. Pada daerah Kemirie Kota Parepare Provinsi Sulawesi Selatan, pemanfaatan limbah cangkang kemiri masih belum optimal, namun pada kenyataannya potensial dari cangkang kemiri dapat dimanfaatkan lebih besar lagi. 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 (Goldberd H.D Sinaga,2013). Berdasarkan penjelasan di atas, **sangat cocok apabila cangkang kemiri yang selama ini sebagai limbah yang tidak terpakai dapat digunakan sebagai bahan subtitusi pada campuran beton.**

Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan cara uji kadar lumpur, kadar air dan massa serta menyusun mix design dengan metode DOE, pengujian dilakuakn di laboratorium bahan,struktur dan konstruksi bangunan Departemen Arsitektur FT-UNHAS

Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan cara mengukur nilai kadar air, kadar lumpur, kadar absorpsi, kadar organik dan massa pada material penyusun beton melalui timbangan digital kemudian data diolah menggunakan microsoft excel.

Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan adalah analisis kauntitatif dengan sistem tabulasi dan grafis

Hasil dan Pembahasan

Pengujian harus dilaksanakan dalam sistematika dan urutan yang jelas dan teratur sehingga hasilnya dapat dipertanggungjawabkan. Tahapan pelaksanaan dari penelitian ini secara garis besar dibagi dalam beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap Persiapan

Persiapan Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

2. Tahap Pemeriksaan Bahan

Pengujian Material Pada tahap ini dilakukan penelitian terhadap agregat kasar dan agregat halus. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan tersebut apakah memenuhi persyaratan atau tidak. Selain itu, hasil dari pengujian ini akan digunakan sebagai data rancangan campuran beton (Mix Design).

Berikut adalah tabel spesifikasi pemeriksaan uji material agregat kasar dan agregat halus :

Tabel 1. Spesifikasi Uji Material Agregat Kasar dan Halus

UJI MATERIAL	AGREGAT HALUS	AGREGAT KASAR
Berat Volume (lepas dan padat)	SNI 03-4804-1998 Interval 1,4 - 1,9 kg/ltr	SNI 03-4804-1998 Interval 1,6 - 1,9 kg/ltr
Kadar Air	SNI 03-1971-1990 Interval 2% - 5%	SNI 03-1971-1990 Interval 0,5% - 2%
Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996 Maks 5%	SNI 03-4142-1996 Maks 1%
Kadar Organik	SNI 03-2816-1992 < No.3	-
Berat Jenis dan	SNI 1970:2008	SNI

Penyerapan Air	Interval 1,6 – 3,3 berat jenis dan 0,20% – 2,00% penyerapan air	1969:2008 Interval 1,6 – 3,3 berat jenis dan 0,20% – 4,00% penyerapan air
Analisa Saringan	SNI ASTM C136:2012 Interval 2,20 – 3,10	SNI ASTM C136:2012 Interval 5,50 – 8,50

Untuk air yang digunakan dalam pengujian diperoleh dari air PDAM Laboratorium Struktur dan Bahan memenuhi syarat ketentuan dari SNI 2847- 2013. Semen yang digunakan adalah Semen PCC dari PT. SEMEN TONASA tidak diperiksa karena dianggap telah memenuhi syarat sesuai ketentuan dari tempat produksinya yaitu sesuai SNI 15-7064-2004.

Uji Karakteristik

Pengujian Material Karakteristik agregat material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus (pasir) dan agregat kasar (agregat kasar (batu pecah)) dari sungai Je'neberang. Pengujian karakteristik agregat dilakukan di laboratorium struktur bahan bangunan dan konstruksi Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa. Metode pengujian agregat mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dan ASTM (American Society for Testing Material).

Pemeriksaan terhadap uji karakteristik bahan penyusun beton diperoleh hasil sebagai berikut :

Air

Menurut SNI 2847- 2013 air harus bersih, bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik sehingga air yang digunakan dianggap memenuhi syarat.

Semen

Pemeriksaan secara visual menyimpulkan bahwa semen dalam keadaan baik yaitu berbutir halus, namun terdapat gumpalan-gumpalan yang telah mengeras seperti batu yang tidak boleh dicampur dalam beton, sehingga dalam pemeriksaan semen masih dilakukan pemisahan dan pemilihan sebagai campuran dalam beton.

Karakteristik Agregat

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) dan cangkang kemiri.

1) Hasil Pengujian Agregat Kasar

Berat Jenis dan Penyerapan

Tabel 2. Hasil Percobaan Analisa Berat Jenis dan Penyerapan dari Agregat Kasar

Keterangan	Hasil
Berat Jenis Curah	2,35
Berat Jenis Kering Permukaan	2,39
Berat Jenis Semu	2,45
Penyerapan	1,75%

Tabel 3. Hasil Percobaan Analisa Berat Jenis dan Penyerapan dari Cangkang Kemiri

Keterangan	Hasil
Berat Jenis Curah	1,63
Berat Jenis Kering Permukaan	1,65
Berat Jenis Semu	1,66
Penyerapan	1,25%

Dari hasil pengujian sampel diatas, dapat dilihat bahwa berat jenis agregat kasar (batu pecah) dan cangkang kemiri memenuhi syarat berat jenis agregat kasar pada standard SNI 1970:2008 yaitu berkisar antara 1,6 – 3,3, Sehingga agregat kasar (batu pecah) dan cangkang kemiri tersebut dapat dipakai sebagai bahan campuran beton.

Berat Volume

Nilai berat volume agregat kasar bergantung pada tiga hal, yaitu bentuk agregat, tekstur agregat, serta cara pematannya. Pengujian dilakukan berdasarkan standard SNI 03-4804-1998.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Analisa Berat Volume dari Agregat Kasar (Batu Pecah)

Keterangan	Hasil
Padat	1,6
Lepas	1,62

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Analisa Berat Volume dari Cangkang Kemiri

Keterangan	Hasil
Padat	1,3
Lepas	1,33

Berdasarkan SNI 03-4804-1998, dari hasil pengujian sampel diatas, dapat dilihat bahwa berat volume lepas dan padat agregat kasar memenuhi syarat yaitu berkisar antara 1,6 - 1,9 kg/ltr tetapi untuk berat volume dari cangkang kemiri tidak memenuhi dikarenakan berat dari cangkang kemiri lebih ringan dibandingkan agregat kasar (batu pecah).

Kadar Air

Pengujian dilakukan berdasarkan standar SNI 03-1971-1990.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Analisa Kadar Air dari Agregat Kasar

Keterangan	Berat (gram)
Berat tempat/talam	425
Berat tempat + benda uji	2425
Berat benda uji = B – A	2000
Berat benda uji kering	1975
Kadar air = $\frac{C - D}{D} \times 100\%$	1,25%

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Analisa Kadar Air dari Cangkang kemiri

Keterangan	Berat (gram)
Berat tempat/talam	440
Berat tempat + benda uji	1440
Berat benda uji = B – A	1000
Berat benda uji kering	990
Kadar air = $\frac{C - D}{D} \times 100\%$	1%

Dari hasil pengujian sampel diatas, dapat dilihat bahwa kadar air agregat kasar dan cangkang kemiri memenuhi standar SNI yaitu antara 0,5% - 2%. Sehingga agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran beton.

Kadar Lumpur

Pengujian dilakukan berdasarkan standar SNI 03-4142-1996.

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Analisa Kadar Lumpur dari Agregat Kasar

Keterangan	Hasil
Berat kering sebelum dicuci (W1)	1980 gram
Berat kering setelah dicuci (W2)	1970 gram
Kadar Lumpur = $\frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$	0,50%

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Analisa Kadar Lumpur dari Cangkang Kemiri

Keterangan	Hasil
Berat kering sebelum dicuci (W1)	1800 gram
Berat kering setelah dicuci (W2)	1785 gram
Kadar Lumpur = $\frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$	0,83%

Dari hasil pengujian sampel diatas, dapat dilihat bahwa kadar lumpur agregat kasar dan cangkang kemiri memenuhi standar SNI yaitu maksimal 1%. Sehingga agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran beton.

2) Hasil Pengujian Agregat Halus

Berat Jenis dan Penyerapan

Berikut adalah nilai berat jenis dan penyerapan yang didapat :

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Analisa Berat jenis dan Penyerapan dari Agregat Halus

Keterangan	Hasil
Berat Jenis Curah	2
Berat Jenis Kering Permukaan	2,63
Berat Jenis Semu	2,08
Penyerapan	2%

Dari hasil percobaan nilai penyerapan telah memenuhi standard SNI yaitu 2%. Sedangkan nilai berat jenis yang ideal berada diantara 1,6 – 3,3. Sehingga dapat disimpulkan agregat halus yang digunakan telah memenuhi standard SNI 1970:2008.

Berat Volume

Nilai berat volume untuk masing-masing metode (lepas dan padat) terdapat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 11. Hasil Pemeriksaan Analisa Berat Volume dari Agregat Halus

Keterangan	Hasil
Padat	1,4
Lepas	1,6

Hasil pengujian sampel diatas dapat dilihat bahwa berat volume lepas dan padat agregat halus memenuhi syarat standar SNI 03-4804-1998 yaitu berkisar antara 1,4 - 1,9 kg/ltr.

Kadar Organik

Pengujian ini dimulai dengan mencampurkan agregat halus dengan larutan NaOH lalu dibandingkan warna dengan tabel warna. Kandungan bahan organik yang terdapat dalam agregat halus dapat dilihat dari warna yang terdapat data standar tabel warna berikut :

Tabel 12. Standar warna

Standar Warna	Keterangan
No.1 dan No.2	Pasir tersebut bisa dipakai sebagai bahan campuran beton tanpa dicuci terlebih dahulu.
No.3 dan No. 4	Kandungan bahan organiknya tinggi sehingga pasir tersebut perlu di cuci dahulu sebelum digunakan untuk campuran beton.
No.5	Perlu dipertimbangkan penggunaan agregat halus tersebut untuk campuran beton.

Sumber : Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST.MT dan Tim Lab. Struktur dan Bahan, Buku Penuntun Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

Pengujian kadar organik dalam agregat halus mengikuti standar SNI 03-2816-1992. Dari hasil pengujian didapat kandungan organik warna no. 3 seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Pengujian kadar organik

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengamatan	Ket
1	Kadar Lumpur	0.2 - 1%	0.50 %	Memenuhi
2	Kadar Air	0.5 - 2 %	1.25 %	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Kondisi Lepas	1.6 - 1.9 kg/Liter	1.62	Memenuhi
	b. Kondisi Padat	1.6 - 1.9 kg/Liter	1.6	Memenuhi
4	Absorpsi	Max 4%	1.75 %	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a. Bj Curah	1.6 - 33	2.35	Memenuhi
	b. Bj Kering Permukaan	1.6 - 33	2.39	Memenuhi
	c. Bj Semu	1.6 - 33	2.45	Memenuhi
6	Modulus Kekasaran	6.0 - 7.1	6.72	Memenuhi

Ket : Agregat dicuci terlebih dahulu sebelum diuji

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Pengujian Cangkang Kemiri

No	Karakteristik Agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengamatan	Ket
1	Kadar Lumpur	0.2 - 1%	0.83 %	Memenuhi
2	Kadar Air	0.5 - 2 %	1 %	Memenuhi
3	Berat Volume			

	c. Kondisi Lepas	1.6 – 1.9 kg/Liter	1.33	Memenuhi
	d. Kondisi Padat	1.6 – 1.9 kg/Liter	1.3	Memenuhi
4	Absorpsi	Max 4%	1,25 %	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	d. Bj Curah	1.6 - 33	1.63	Memenuhi
	e. Bj Kering Permukaan	1.6 - 33	1.65	Memenuhi
	f. Bj Semu	1.6 - 33	1.66	Memenuhi
6	Modulus Kekasaran	6.0 – 7.1	6.6	Memenuhi

Ket : Agregat dicuci terlebih dahulu sebelum diuji

Tabel 15. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

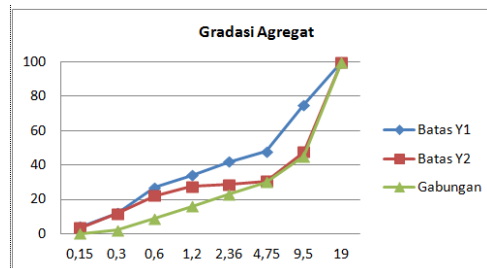
No	Karakteristik Agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengamatan	Ket
1	Kadar Lumpur	Max 5 %	4.08 %	Memenuhi
2	Kadar Organik	< No 3	No 3	Memenuhi
3	Kadar Air	2% - 5%	4.5 %	Memenuhi
4	Berat Volume			
	e. Kondisi Lepas	1.6 – 1.9 kg/Liter	1.6	Memenuhi
	f. Kondisi Padat	1.6 – 1.9 kg/Liter	1.4	Memenuhi
5	Absorpsi	Max 2%	2%	Memenuhi
6	Berat Jenis			
	g. Bj Curah	1.6 - 33	2	Memenuhi
	h. Bj Kering Permukaan	1.6 - 33	2.63	Memenuhi
	i. Bj Semu	1.6 - 33	2.08	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	1.50 – 3.80	2.70	Memenuhi

Ket : Agregat dicuci terlebih dahulu sebelum diuji

Berdasarkan hasil pengujian diatas, diperoleh karakteristik agregat kasar (batu pecah), cangkang kemiri dan agregat halus telah memenuhi kriteria spesifikasi material penyusun beton.

3) Gradasi Gabungan Agregat

Penggabungan agregat adalah pencampuran agregat halus dan kasar, sehingga menjadi campuran yang homogen dan mempunyai susunan butir sesuai standar. Gradasi penggabungan agregat diperoleh berdasarkan pengujian karakteristik agregat yang dapat dilihat pada gambar :



Gambar 2. Grafik Gradasi Penggabungan Agregat

Hasil Perhitungan Mix Design

Komposisi Campuran Beton (Mix Design Concrete) Data-data perhitungan mix design untuk membuat beton normal adalah sebagai berikut :

- 1) $F'c = 25 \text{ MPa}$
- 2) Slump = 10 cm
- 3) Modulus kehalusan pasir = 2,700
- 4) Ukuran maksimum agregat = 20 mm
- 5) Berat jenis spesifik SSD pasir = 2,63
- 6) Berat jenis spesifik SSD agregat kasar (batu pecah) = 2,39
- 7) Kadar pir Pasir (Wp) = 4,50%
- 8) Absorpsi pasir (Rp) = 2,00%
- 9) Kadar kir Agregat kasar (batu pecah) (Wk) = 1,25%
- 10) Absorpsi agregat kasar (batu pecah) (Rk) = 1,75%
- 11) Presentase gabungan terbaik :
 - Pasir = 28,68%
 - Agregat kasar (batu pecah) = 71,32%

- 12) Berat volume kering lepas agregat kasar (batu pecah) = 1620,00 kg/m³
 13) Volume silinder Ø 10 cm x 20 cm = 0,0016 m³

Dari data-data diatas dilakukan perhitungan dengan metode Development of Concrete (DOE) sehingga diperoleh kebutuhan material per 1 m³. Selain semen, agregat halus, agregat kasar dan air, pada penelitian ini juga mengganti agregat kasar (batu pecah) dengan cangkang kemiri dengan variasi 0%, 30%, 40%, dan 60% terhadap berat semen. Berikut adalah detail perincian kebutuhan material per 1 m³:

Tabel 16. Komposisi Kebutuhan Bahan Campuran Beton untuk 1 m³

No	Jenis Beton Material	Beton Normal (0%)	Beton dengan campuran kemiri 30%	Beton dengan campuran kemiri 40%	Beton dengan campuran kemiri 60%
1	Air (kg)	202.36	202.36	202.36	202.36
2	Semen (kg)	410.00	410.00	410.00	410.00
3	Udara	0	0	0	0
4	Pasir (kg)	483.84	483.84	483.84	483.84
5	Agregat kasar (batu pecah) (kg)	1060	1060	1060	1060
6	Cangkang Kemiri	0	10.75	14.33	21.50

Kesimpulan

Kadar air, kadar lumpur, kadar organik dan daya serap dari cangkang kemiri serta material lain penyusun beton memenuhi standar SNI akan tetapi berat volume dari cangkang kemiri tidak memenuhi dikarenakan berat dari cangkang kemiri lebih ringan dibandingkan agregat kasar (batu pecah) namun Hasil analisis gabungan agregat berada diantara batas gradasi maksimum dan minimum sehingga agregat kasar (kerikil/batu pecah dan cangkang kemiri)

dan agregat halus memenuhi syarat analisis penggabungan agregat yang ideal.

Daftar Pustaka

- ASTM, 2014, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Designation : C39/C39M-14
- Buku Pedoman Praktikum. Penuntun Laboratorium Struktur dan Bahan. Makassar : Laboratorium Struktur dan Material Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin
- Nawy, E. G.. 1990. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Jakarta: Erlangga
- Nawy, G. Edward. 1998. Beton Bertulang: suatu pendekatan dasar.
- SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version)
- SNI 15-7064-2004. Semen Portland Komposit. Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-2847-2002. Satuan dan Benda Uji Beton. Badan Standarisasi Nasional
- Mulyono, Tri, 2005, Teknologi Beton, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.