

Pengaruh Gradasi Agregat Kasar Lempung Bakar pada Beton Ringan

Eko Riyawan* dan Monita Olivia

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293
E-mail: e_riyawan12@yahoo.com

Abstract

Coarse aggregate from burned clay is an alternative for lightweight structural members in area that has abundant source of clay. The aggregates were made by shaping clay to round aggregates and baking them at furnace. There were four size variation of coarse aggregates, namely 25-4.75, 19-4.75, 12.5-4.75 and 9.5-2.36 mm. Research shows that burned clay produced lightweight concrete with density of 1867.041 kg/m³. The highest compressive strength was 22.63 MPa with coarse aggregates range of 4.75-19 mm. While a gradual decrease of Modulus Elascity was observed with aggregates range of 19-4,75 mm.

Keywords: *burned clay, compressive strength, lightweight coarse aggregate, modulus of elasticity*

1. Pendahuluan

Elemen struktur beton yang menggunakan agregat ringan biasanya digunakan atas pertimbangan ekonomis dan struktural. Pertimbangan ekonomis didasarkan atas biaya produksi untuk menghasilkan agregat ringan dan pengerjaan struktur betonnya sendiri. Secara struktural pertimbangan didasarkan atas berat volume atau kepadatan dari beton yang terbentuk dimana akan lebih ringan dibandingkan agregat normal (Mulyono, 2004).

Keunggulan lain beton ringan bertulang adalah aman terhadap bahaya api dan memiliki daya serap terhadap suara yang baik. Nilai berat jenis beton ringan berkisar antara 1360–1840 kg/m³, dan berat jenis 1850 kg/m³ dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan yang sebenarnya, meskipun nilai ini terkadang melebihi (Murdock, 1986).

Menurut ASTM C 330, pengelompokan agregat ringan ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat yang dihasilkan dari pembekahan (*expanding*), kalsinasi (*calcining*) atau hasil sintering, misalnya dapur tanur tinggi, tanah liat, diotome, abu terbang (*fly ash*), lempung atau *slate*, disebut agregat ringan buatan (*artificial aggregate*) dan yang kedua agregat yang dihasilkan melalui pengolahan bahan alam, misalnya skoria, batu apung (*pumice*) atau *tuff* disebut agregat alam.

Riau mempunyai potensi sumber daya alam yang sangat bervariasi tergantung pada kondisi tanah. Ada beberapa daerah memiliki struktur tanah lunak dan mempunyai daya dukung tanah kecil, sehingga bangunan diatasnya lebih baik ringan. Ada juga daerah yang tidak

memiliki kerikil atau batu alam untuk agregat kasar dalam campuran beton. Jadi penggunaan agregat ringan buatan atau *Artificial Light-Weight Aggregate* (ALWA) dapat merupakan salah satu alternatif.

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh gradasi agregat kasar dari tanah lempung bakar terhadap sifat mekanis beton ringan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan dan Alat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau. Bahan yang digunakan adalah agregat halus yang berasal dari Kabupaten Kampar dan agregat kasar ringan berupa tanah lempung yang berasal dari Kulim, Pekanbaru. Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I Semen Padang dan air yang digunakan adalah air setempat. Alat yang digunakan antara lain; mesin uji tekan (*Universal Testing Machine*) kapasitas 2000 KN, gelas ukur, mistar, kerucut *Abrams*, timbangan, tongkat pemadat, cetakan silinder, ayakan/saringan, oven, keranjang dan alat penggantung, mesin *Los Angeles*, *vibrator external*, dan bak perawatan.

2.2. Prosedur penelitian

Pada penelitian ini, proporsi agregat kasar ringan di bagi atas empat jenis variasi gradasi butiran agregat kasar ringan mengacu pada ukuran nominal agregat ringan (ASTM C 330) yaitu, variasi 25-4.75, 19-4.75, 12,5-4.75

dan 9.5-2.36 mm dalam campuran beton. Bahan dasar agregat berupa tanah lempung dari daerah Kulim yang dibulatkan sesuai variasi kemudian dibakar menggunakan tungku pembakaran pembuatan bata skala besar selama kurang lebih tiga hari pada suhu ± 1000 °C, waktu pembakaran yang lama disebabkan karena pembakaran dilakukan secara manual dengan bahan kayu bakar.

2.3. Pelaksanaan pengujian

Pemeriksaan agregat kasar ringan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi; berat jenis dan serapan, berat volume, kadar air, kadar lumpur, analisa saringan dan ketahanan aus (uji *Los Angeles*). Hasil pemeriksaan fisis digunakan untuk merancang campuran (*mix design*) berdasarkan SNI: 03-3449-1994 dengan kuat tekan rencana $f'c$ 20 MPa menuju umur 28 hari. Benda uji (beton) tersebut berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk uji tekan dan uji modulus elastisitas. Sebelum campuran dibuat, agregat kasar ringan direndam beberapa menit dalam air dan diangin-anginkan sebelum dicampur. Hal ini bertujuan agar agregat ringan tidak menyerap air dalam campuran sehingga kuat tekan yang dihasilkan lebih tinggi dari rencana.

Campuran dibuat menggunakan material dengan empat jenis variasi gradasi butiran agregat kasar ringan yaitu, variasi 25-4.75, 19-4.75, 12.5-4.75 dan 9.5-2.36 mm. Material yang digunakan (semen, agregat halus, agregat kasar ringan dan air) sebelum pencampuran diletakkan pada ruangan tertutup (suhu kamar 25 °C), tujuannya agar kadar air tetap konstan. Kemudian bahan-bahan dasar material beton ditimbang berdasarkan komposisi masing-masing tipe gradasi agregat. Selanjutnya material pembentuk beton dicampur secara manual sampai campuran merata, kelecakan yang cukup (tidak cair tidak padat) dan tampak campurannya homogen.

Kemudian setelah pencampuran adukan beton selesai maka dilakukan pencetakan benda uji. Namun sebelumnya dilakukan uji slump untuk menentukan *workability* (kelecekan) campuran. Kemudian adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan dengan tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pematat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pematatan juga

dibantu dengan mesin penggetar cetakan (*vibrator external*) untuk lebih sempurna pematatan beton.

Perawatan beton dilakukan setelah benda uji dibuka dari cetakan ± 24 jam dari proses pencetakan (*final setting*), dengan cara direndam dalam bak perendam pada suhu (23 ± 2) °C sampai saat dilakukan pengujian pada umur 28 hari. Adapun tujuan perawatan beton dilakukan untuk menjaga kelembaban permukaan beton agar tetap terjaga sehingga air di dalam beton tidak menguap dan proses hidrasi pada beton dapat berlangsung dengan sempurna tanpa mengalami gangguan. Benda uji dikeluarkan minimal 2 jam sebelum diuji tekan dan uji modulus elastisitas.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik agregat halus dan agregat kasar ringan

Pemeriksaan pengujian sifat fisis agregat dilakukan terhadap agregat halus dan agregat kasar ringan. Hasil pemeriksaan agregat halus pasir alam asal Kabupaten Kampar dan agregat kasar ringan asal Kulim dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil pemeriksaan sifat fisis agregat kasar ringan dapat dianalisis sebagai berikut. Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan beton adalah *bulk specific gravity on SSD basic*. Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar ringan dari Kulim adalah 1.985. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi berat jenis yaitu < 2.0 (SNI 03-2461-2002).

Hasil pemeriksaan penyerapan agregat kasar ringan dari Kulim sebesar 18.930 %. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi penyerapan yaitu 5-20 % (SNI 03-2494-1995). Penyerapan yang besar akan mempengaruhi proses hidrasi semen dan air, karena air banyak diserap oleh agregat.

Berat volume agregat kasar ringan sebesar 0.977 gr/cm^3 untuk kondisi padat dan 0.891 gr/cm^3 untuk kondisi lepas. Pada kondisi padat nilai berat volume agregat ini memenuhi standar spesifikasi berat volume sebesar 0.3-1.85 gr/cm^3 (SNI 03-2461-2002). Kepadatan agregat menyebabkan volume pori beton kecil dan kekuatan beton akan bertambah.

Kadar air agregat kasar ringan tidak memenuhi standar

Tabel 1. Karakteristik Agregat Halus dan Agregat Kasar Ringan

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pengujian		Standar Spesifikasi	
		Agr. Halus	Agr. Kasar	Agr. Halus	Agr. Kasar
1	Kadar lumpur (%)	0.367	0.307	< 5	< 1
2	Berat jenis (gr/cm^3)				
	a. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2.583	1.669	2,58-2,83	< 2,00
	b. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2.679	1.985	2,58-2,83	< 2,00
	c. <i>Absorption</i> (%)	3.742	18.930	2-7	5-20
3	Kadar air (%)	0.833	0.523	3-5	3-5
4	Modulus Kehalusan	2.81	5.350	1,5-3,8	5,0-8,0
5	Berat volume (gr/cm^3)				
	a. Kondisi padat	1.557	0.977	1,4-1,9	0,3-1,85
	b. Kondisi lepas	1.450	0.891	1,4-1,9	0,3-1,85

spesifikasi kadar air antara 3-5 %. Hasil penelitian ini diperoleh sebesar 0.523 %. Hal ini disebabkan karena material yang diperiksa telah kering tungku hasil pembakaran agregat ringan. Kadar air pada agregat sangat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran adukan beton sesuai nilai fas. Dengan demikian perhitungan campuran adukan beton perlu menambah sejumlah air ke dalam campuran.

Kadar lumpur agregat kasar ringan sebesar 0.307 %. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur yaitu < 1 % (SNI 03-2461-2002). Lumpur yang menempel pada permukaan agregat dapat menghalangi terjadinya lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen. Nilai kadar lumpur yang besar menandakan kandungan lempung atau kotoran pada agregat besar.

Proses pencampuran telah memenuhi standar dengan diperoleh pengujian slump rata-rata tinggi 8.0 ± 2.0 cm. Hasil pengujian agregat kasar ringan menunjukkan bahwa berat jenis beton ringan sudah memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.2. Analisa pengujian kuat tekan

Kuat tekan diperoleh dari benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan umur beton ringan 28 hari. Hasil uji kuat tekan beton dari rancangan campuran beton dengan variasi agregat kasar ringan dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1, menunjukkan kuat tekan beton ringan tertinggi yaitu 226.354 kg/cm^2 (22.63 MPa) pada variasi agregat ringan 19–4.75 mm, dari susunan gradasi agregat ringan yang sempurna atau baik sehingga seluruh beton terisi dengan butir-butir agregat ringan. Untuk kuat tekan beton ringan terendah yaitu 208.670 kg/cm^2 (20.86 MPa) pada variasi agregat ringan 25–4.75 mm. Hal ini terjadi karena ukuran agregat yang terlalu besar yaitu maksimum 25 mm, sehingga pori-pori beton tidak terisi dengan sempurna.

Ukuran variasi butir 19-4.75 mm diperoleh kuat tekan beton tertinggi dan terus terjadi penurunan kuat tekan pada

variasi gradasi yang lebih kecil. Variasi gradasi yang lebih banyak ukuran butir berdiameter kecil lebih mendekati ukuran gradasi seragam. Dan hasil berat satuan beton ringan dari sampel tersebut telah memenuhi spesifikasi berat satuan beton ringan yaitu lebih kecil atau sama dengan 1900 kg/m^3 . Hasil penelitian kuat tekan beton ringan pada umur 28 hari telah memenuhi syarat kuat tekan rencana beton ringan yaitu 20 Mpa.

Bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil karena butiran kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dan kemampatannya tinggi.

3.3. Analisa pengujian modulus elastisitas

Pengujian terhadap kuat tekan beton didapat nilai defleksi beton pada pembacaan dial alat *compressometer* silinder beton dan diperoleh nilai regangan-tegangan beton tersebut. Mikro struktur beton umumnya mengandung retak-retak halus meskipun belum dibebani. Retak-retak tersebut terjadi karena adanya perbedaan perubahan volume dari pasta semen dan agregat akibat perubahan suhu dan kelembaban. Retak-retak tetap stabil dan tidak berubah selama tegangan tekan yang bekerja masih di bawah 30 % kekuatan batas beton. Kurva hubungan regangan-tegangan beton pada pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan ASTM C 469 (ASTM, 1994) nilai modulus elastisitas dapat dihitung menggunakan kurva hubungan regangan-tegangan dengan persamaan:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005}$$

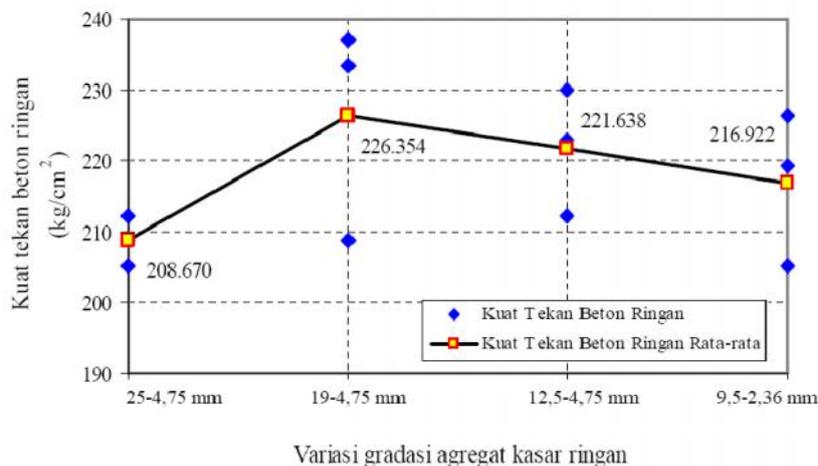
dengan;

E = Modulus elastisitas beton (MPa)

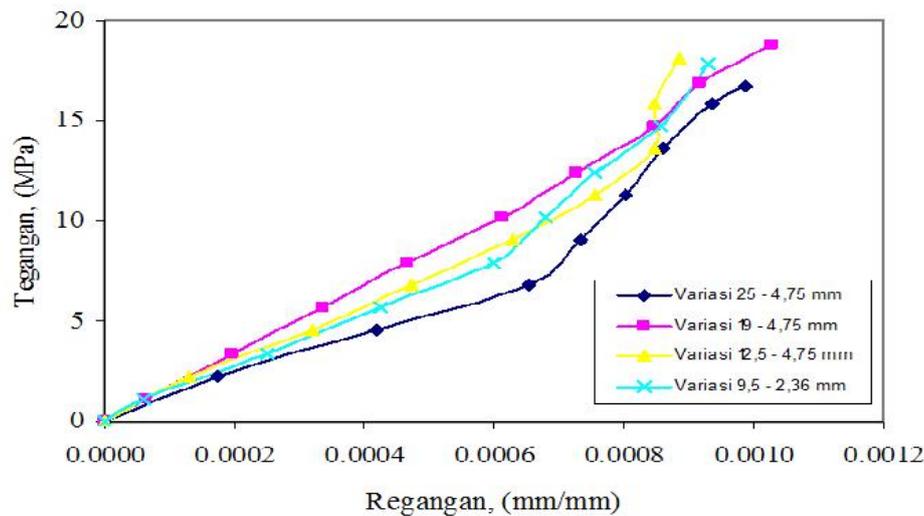
S_1 = Besar tegangan pada saat regangan 0,00005 (MPa)

S_2 = Besar tegangan pada saat 40 % tegangan batas (MPa)

ϵ_2 = Regangan longitudinal yang disebabkan tekanan S_2 (mm/mm)



Gambar 1. Kuat Tekan Beton Ringan Umur 28 Hari



Gambar 2. Kurva Hubungan Regangan-Tegangan Beton Ringan Umur 28 Hari

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa nilai modulus elastisitas beton ringan akan berkurang seiring dengan berkurangnya kuat tekan beton. Nilai modulus elastisitas pada variasi gradasi 19–4.75 mm merupakan nilai tertinggi yaitu 1.564×10^4 MPa pada umur 28 hari, hasil ini relevan dengan kuat tekan yang tinggi. Bila dibandingkan dengan nilai modulus elastisitas beton normal kuat tekan 20 MPa diperoleh sebesar 2.109×10^4 Mpa (Mayasari, 2005). Nilai ini lebih besar dari pada nilai modulus elastisitas beton ringan. Nilai modulus elastisitas yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas yang tinggi berarti beton tersebut bersifat lebih kaku. Variasi gradasi yang ideal yaitu variasi 19-4.75 mm, dimana butiran agregat ini mengisi seluruh volume beton dengan baik sehingga volume pori menjadi kecil. Nilai modulus elastisitas ini berbeda dengan beton normal karena penggunaan agregat yang lebih ringan sehingga menyebabkan adanya nilai regangan yang berbeda dengan beton normal.

Menurut Tjokrodimuljo (1995), agregat ringan mempunyai modulus elastisitas yang rendah karena porositasnya. Maka dari itu modulus elastisitas beton ringan akan lebih rendah dari pada beton normal. Umumnya sekitar 10–17 GPa ($1.5\text{--}2.5 \times 10^6$ lb/in²), sekitar 1/3–2/3 dari beton normal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan bahwa beton ringan tertinggi yaitu 226.354 kg/cm² (22.63 MPa) pada variasi agregat ringan 19–4.75 mm. Modulus elastisitas menurun seiring menurunnya kuat tekan beton ringan. Pada penelitian ini nilai modulus elastisitas pada variasi gradasi 19–4.75 mm merupakan nilai tertinggi yaitu 1.564×10^4 MPa pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian sifat mekanis beton ringan dengan 4 (empat) variasi gradasi yang berbeda diperoleh variasi gradasi ideal yaitu

variasi 19-4.75 mm (khusus untuk material yang digunakan dalam penelitian). Penelitian ini hanya menggunakan bahan-bahan yang tersebut di atas.

Daftar Pustaka

- Annual Book of ASTM Standar. 1994. Section 4, Volume 04.02. Philadelphia.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. SK SNI T-15-1991-03, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1994. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan* (SNI 03-3449-1994), Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1996. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. (SK SNI M-14-1989-F), Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Mayasari, D, 2005. *Pendayagunaan Agregat Daur Ulang Untuk Material Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Murdock, L. J, L. M. Brock dan Stephanus Hendarko, 1986. *Bahan dan Praktek Beton, Edisi Ke - 4*. Erlangga, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 2002. *Standar Spesifikasi Bahan dan Material Beton*. Jakarta
- Tjokrodimulyo, K. 1995. *Buku Ajar Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.