

KARAKTERISTIK MEKANIS BETON BERAGREGAT MENGGUNAKAN BETON DAUR ULANG

Mufti Amir Sultan

Universitas Khairun, Teknik Sipil, Ternate, 97724, Indonesia

Email : muftiaslt@gmail.com

Abstrak

Beton dapat dimanfaatkan untuk banyak hal dan sebagian besar beton digunakan sebagai elemen struktur. Keterbatasan kemampuan alam menyediakan material pembentuk beton merupakan sebuah persoalan yang penting. Nilai ekonomis dari material alam yang cukup tinggi juga menjadi salah satu hal yang harus dipertimbangkan. Salah satu upaya mengatasi permasalahan tersebut di atas adalah dengan mengupayakan pemanfaatan sisa – sisa bongkaran beton (*Recycled Concrete*) sebagai pengganti parsial agregat kasar dalam campuran beton.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh penggunaan agregat daur ulang terhadap *slump* dan berat volume pada beton serta menganalisa pengaruh penambahan 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% *RCA* terhadap karakteristik mekanis beton.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton daur ulang *RCA* (*Recycled Concrete Aggregates*) mengalami penurunan sampai $\pm 14\%$ dari kekuatan beton normal seiring dengan penambahan komposisi *RCA*. Berat volume beton yang menggunakan *RCA* juga mengalami penurunan sebesar $\pm 7\%$ dari berat volume beton normal.

Kata Kunci: Karakteristik Mekanis, Agregat, *RCA*.

PENDAHULUAN

Material pembentuk beton yang disediakan oleh alam memiliki keterbatasan dalam penggunaannya, serta harga jualnya yang cukup tinggi. Di lain pihak, beton sisa dari reruntuhan bangunan maupun limbah beton yang berasal dari kegagalan dalam pembuatan di pabrik beton pracetak, dalam jumlah banyak akan merupakan masalah baru. Salah satu upaya mengatasi permasalahan tersebut di atas adalah dengan mengupayakan pemanfaatan sisa – sisa bongkaran beton yang kemudian didaur ulang untuk menjadi agregat baru sebagai alternatif agregat dalam suatu campuran beton.

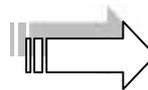
TINJAUAN PUSTAKA

1. *Recycled Concrete Aggregates* (*RCA*)

Recycled Concrete Aggregates adalah beton keras yang diproses untuk digunakan kembali menjadi agregat baru dalam suatu campuran beton.



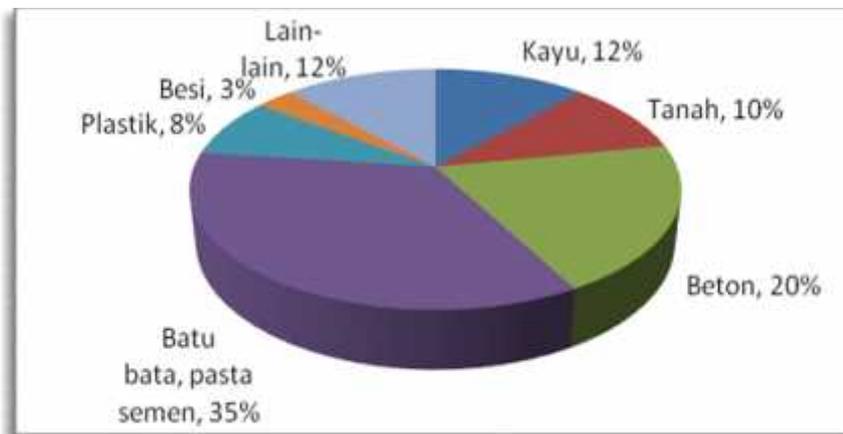
(a) Proses penghancuran beton



(b) Setelah disaring

Gambar 1. Bongkaran Beton (*Recycled Concrete*)

Kualitas beton yang menggunakan *RCA* sangat tergantung dari kualitas material daur ulang yang digunakan. Material – material seperti aspal, tanah, klorida, kaca, air tanah, kertas, perekat, plastik, kayu dan material perekat yang terdapat pada *RCA* harus dipisahkan (lihat Gambar 1.)



Gambar 2. Prosentase kandungan material yang terdapat pada suatu hancuran beton

2. Material Penyusun Beton

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Namun dapat pula ditambahkan dengan bahan tambahan (*admixture*) untuk mengubah sifat – sifat beton.

3. Sifat –sifat Beton Segar

Beton segar merupakan beton yang masih dalam kondisi cair setelah pengecoran berakhir. Sifat-sifat dari beton segar antara lain :

- Mudah dalam proses pencampuran dan pengadukan (*mixing*)
- Mudah dalam proses pengangkutan (*handling*)
- Mudah dalam proses pengecoran (*pouring*) dan penempatan (*placed*)
- Mudah untuk mencapai kepadatan yang cukup dan tidak berpori.

Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat penting yang harus selalu diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan, segregasi (pemisahan kerikil) dan bleeding (naiknya air).

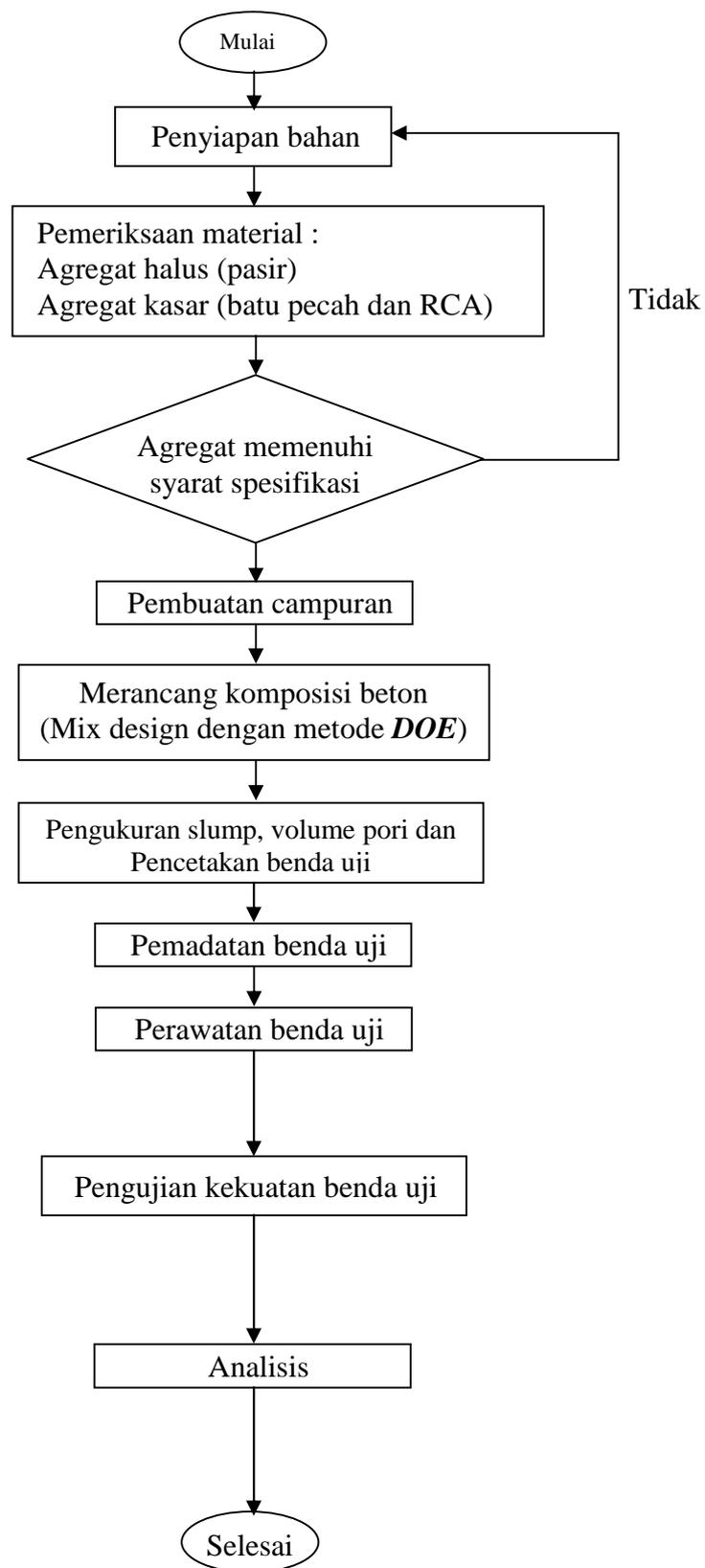
4. Sifat – sifat Beton Keras

Pada dasarnya, kekuatan beton merupakan hal yang penting karena memberikan gambaran menyeluruh dari mutu beton dimana kekuatan langsung dikaitkan pada struktur adonan semen yang mengeras. Pengujian beton keras meliputi pengujian kuat tekan, kuat lentur, dan modulus elastisitas.

METODOLOGI PENELITIAN DAN PELAKSANAAN

1. Bagan Alur Penelitian

Adapun alur proses penelitian yang dilaksanakan di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alur proses penelitian di laboratorium

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rekapitulasi pengujian agregat kasar alami(chipping), RCA, dan halus(pasir) masing-masing ditunjukkan dalam tabel 1, 2, 3.

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat Kasar Alami (Chipping)

No.	Karakteristik Agregat	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Ket.
1	Kadar Lumpur	0.27%	Max. 1%	Ok
2	Kadar Air	0.43%	0,5% - 2%	Ok
3	Berat Volume (Kondisi Lepas)	1.62 kg/Ltr	1,6 - 1,9 kg/ltr	Ok
4	Berat Volume (Kondisi Padat)	1.70 kg/Ltr	1,6 - 1,9 kg/ltr	Ok
5	Absorbsi	1.44%	0,2% - 4%	Ok
6	Berat Jenis	2.64	1,6 - 3,2	Ok
7	Modulus Kekasaran	7.30%	5,5 - 8,5	Ok
8	Keausan	37.10%	15% - 50%	Ok

Hasil yang diperoleh dari pengujian agregat kasar alami (chipping) pada tabel 1 sudah memenuhi standar ASTM.

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

No.	Karakteristik Agregat	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Ket.
1	Kadar Air	4.79%	0,5% - 2%	No
2	Absorbsi	4.60%	0,2 - 4%	No
3	Berat Jenis	2.39	1,6 - 3,2	Ok
4	Modulus Kekasaran	7.55%	5,5 - 8,5	Ok
5	Keausan	37.00%	15% - 50%	Ok
6	Berat Volume (Kondisi Lepas)	1.03 kg/ltr	1,6 - 1,9 kg/ltr	No
7	Berat Volume (Kondisi Padat)	1.23 kg/ltr	1,6 - 1,9 kg/ltr	No

Hasil pengujian agregat kasar daur ulang pada tabel 2 menunjukkan bahwa secara umum pengujian agregat untuk agregat kasar RCA sudah memenuhi standar ASTM, namun masih diperoleh pengujian yang belum memenuhi standar ASTM seperti: kadar air, absorpsi, dan berat volume. Ini disebabkan karena agregat kasar daur ulang yang cenderung memiliki daya penyerapan air (absorpsi) yang besar dan memiliki gradasi yang besar serta juga memiliki rongga yang besar pula.

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Pengujian Agregat Halus (Pasir)

No.	Karakteristik Agregat	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Ket.
1	Kadar Lumpur	2.88%	Max. 5%	Ok
2	Kadar Organik	No.2 (Warna Kuning Tua)	<No.3(Warna Orange)	Ok
3	Kadar Air	3.30%	3% - 5%	Ok
4	Berat Volume (Kondisi Lepas)	1.68 kg/ltr	1,4 - 1,9 kg/ltr	Ok
5	Berat Volume (Kondisi Padat)	1.74 kg/ltr	1,4 - 1,9 kg/ltr	Ok
6	Absorpsi	2.88%	0,2% - 3,2%	Ok
7	Berat Jenis	2.54	1,6 - 3,2	Ok
8	Modulus Kehalusan	2.36%	2,2 - 3,1	Ok

Hasil yang diperoleh dari pengujian agregat halus (pasir) pada tabel 3 sudah memenuhi standar ASTM.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi uji kelecakan pada beton (slump dan berat volume beton), karakteristik mekanis dari beton yaitu kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat lentur pada beton. Adapun hasil pengujian yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel Rekapitulasi Hasil Pengujian.

Jenis Pengujian	Satuan	Umur (hari)	Komposisi				
			RCA = 0%	RCA= 15%	RCA= 30%	RCA= 60%	RCA= 100%
Slump	cm	3	9.3	10.8	10.6	9.3	10.5
		7	9.3	10.8	10.6	9.3	10.5
		28	9.5	11	10.3	9	10.7
Kandungan udara	%		1.1	1.8	1.4	1.7	1.3
Berat Volume	kg/m ³	3	2292	2270	2273	2264	2198
		7	2292	2270	2273	2264	2198
		28	2358	2301	2301	2282	2198
Kuat Tekan	Mpa	3	17,38	16,42	18,11	19,42	15,07
		7	24,38	22,77	24,07	24,92	22,19
		28	32,30	31,11	28,57	28,88	28,03
Modulus Elastisitas	Mpa	7	24188	23954	25273	23824	22472
		28	30068	27563	25900	25532	26730
Modulus Keruntuhan	Mpa	28	4,4	4,56	4,59	4,64	4,62

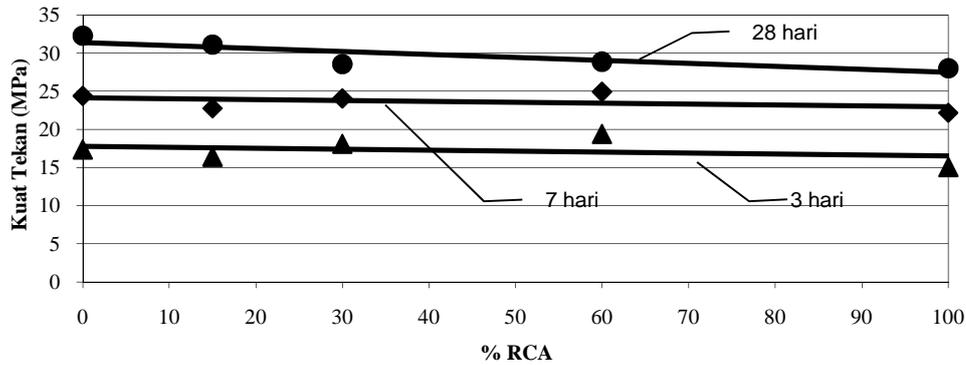
Nilai kandungan udara untuk beton dengan penambahan berbagai variasi RCA sudah memenuhi standar SNI yaitu lebih kecil dari 2%. Semakin banyak % penambahan RCA maka berat volume beton akan mengalami penurunan.

Kuat Tekan

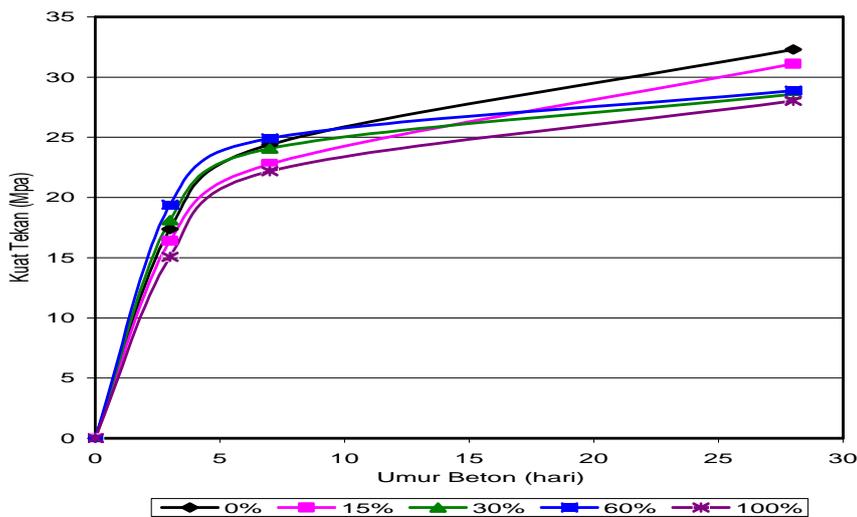
Perbandingan nilai kuat tekan antara beton normal dengan beton daur ulang (*RCA*) memberikan gambaran bahwa kuat tekan beton yang menggunakan *RCA* sebagai pengganti parsial agregat kasar cenderung mengalami penurunan seiring dengan penambahan komposisi *RCA* dan akan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur dari beton tersebut. Untuk komposisi 100% *RCA* diperoleh nilai kuat tekan yang mengalami penurunan sebesar $\pm 14\%$ dari kekuatan beton normal untuk pengujian 3 hari, pada pengujian 7 hari kekuatan beton *RCA* mengalami penurunan sebesar $\pm 9\%$ dari kekuatan beton normal, dan pada pengujian 28 hari kekuatan beton juga mengalami penurunan sebesar $\pm 14\%$ dari kekuatan beton normal. (Gambar 4).

Nilai kuat tekan beton normal pada umur 7 hari mengalami peningkatan sebesar $\pm 29\%$ dan sebesar $\pm 47\%$ pada umur 28 hari dari nilai kuat tekan beton normal untuk umur 3 hari. Untuk nilai kuat tekan beton dengan komposisi *RCA* = 15% pada umur 7 hari mengalami peningkatan sebesar $\pm 28\%$ dan pada umur 28 hari mengalami peningkatan sebesar $\pm 48\%$ dari beton *RCA* dengan komposisi 15% untuk umur 3 hari. Nilai kuat tekan beton *RCA* = 30% pada umur 7 hari mengalami peningkatan sebesar $\pm 25\%$ dan sebesar $\pm 37\%$ pada umur 28 hari dari nilai kuat tekan beton *RCA* = 30% untuk umur 3 hari. Untuk

nilai kuat tekan beton dengan komposisi $RCA = 60\%$ pada umur 7 hari mengalami peningkatan sebesar $\pm 23\%$ dan pada umur 28 hari meningkat sebesar $\pm 33\%$ dari beton dengan komposisi 60% RCA untuk umur 3 hari. Kuat tekan beton dengan komposisi 100% RCA pada umur 7 hari mengalami peningkatan sebesar $\pm 33\%$ dan pada umur 28 hari juga meningkat sebesar $\pm 47\%$ dari beton dengan komposisi 100% RCA pada umur 3 hari. (Gambar 5).



Gambar 4. Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Penambahan RCA



Gambar 5. Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Umur Beton

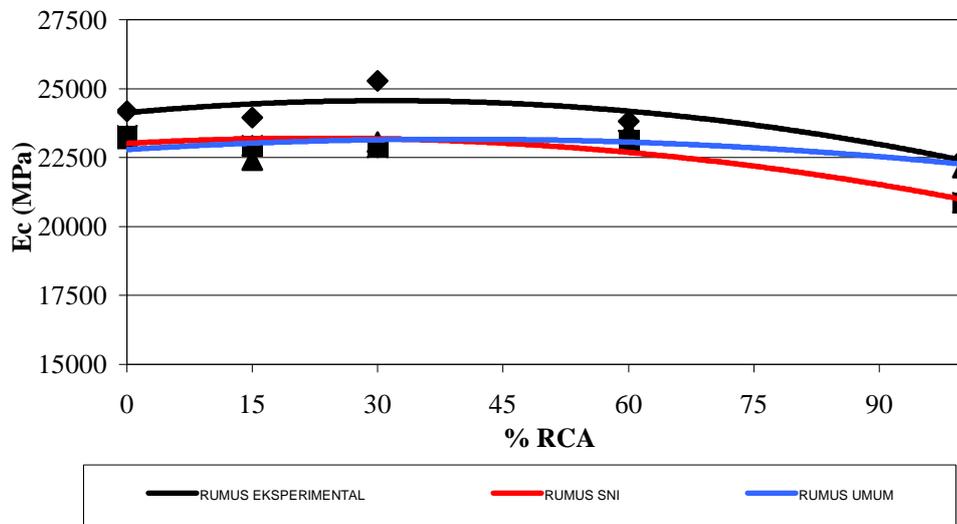
Hubungan Antara Modulus Elastisitas dengan Penambahan RCA

Keterangan:

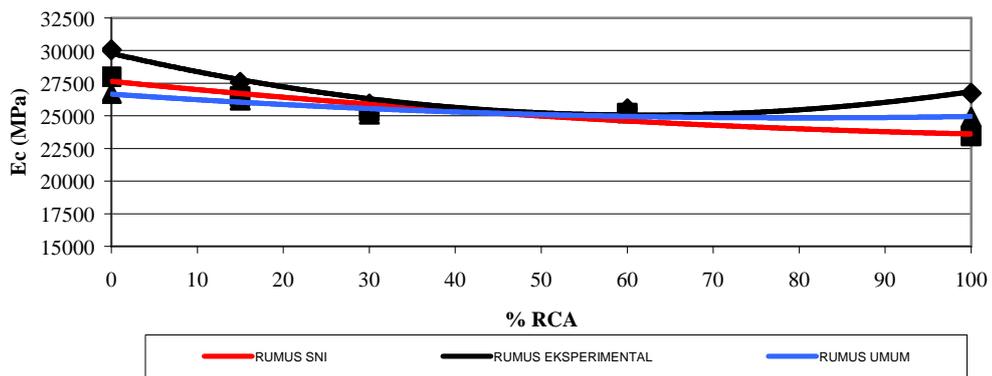
$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{2 - 0.000050} \quad (\text{Rumus Eksperimental})$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (\text{Rumus Umum})$$

$$E_c = Wc^{1.5} \times 0.043\sqrt{f'_c} \quad (\text{Rumus SNI})$$



Gambar 6. Hubungan Antara Modulus Elastisitas dengan Penambahan *RCA* Pada umur beton 7 hari



Gambar 7. Hubungan Antara Modulus Elastisitas dengan Penambahan *RCA* Pada umur beton 28 hari

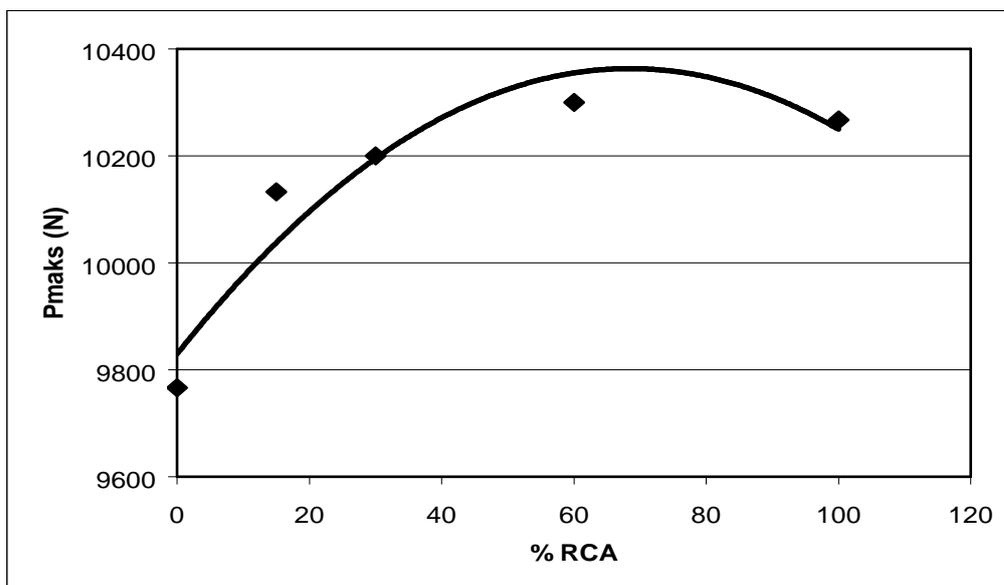
Pada umur beton 7 hari, ditunjukkan bahwa bila 15% *RCA* digunakan sebagai pengganti agregat kasar, maka nilai modulus elastisitas mengalami penurunan sebesar $\pm 1\%$ dari beton normal, bila 30% *RCA* digunakan untuk menggantikan agregat kasar, maka nilai modulus elastisitas beton mengalami peningkatan sebesar $\pm 5\%$ dari beton normal, hasil percobaan untuk beton *RCA* dengan menggunakan 60% *RCA*, diperoleh nilai modulus elastisitas yang mengalami penurunan sebesar $\pm 2\%$ dari beton normal, sedangkan bila digunakan 100% *RCA* maka nilai modulus elastisitas dari beton *RCA* akan mengalami penurunan sebesar $\pm 7\%$ dari beton normal. (Gambar 6).

Pada umur beton 28 hari, diperoleh nilai modulus elastisitas untuk beton dengan komposisi 15% *RCA* mengalami penurunan terhadap modulus elastisitas beton normal sebesar $\pm 9\%$, sebesar $\pm 14\%$ untuk beton dengan komposisi 30% *RCA* dan sebesar $\pm 19\%$ untuk beton yang menggunakan 60% *RCA* sebagai pengganti agregat kasar, serta sebesar \pm

11% untuk beton dengan menggunakan 100% *RCA* sebagai pengganti agregat kasar terhadap beton normal.(Gambar 7).

Pengujian modulus elastisitas menggunakan rumus *ASTM* pada penelitian ini mendekati dengan nilai modulus elastisitas yang menggunakan rumus *SNI 03 – 2847 – 2002* dibandingkan dengan rumus empiris yang diberikan oleh beberapa buku. Hal ini disebabkan oleh nilai dari W_c dalam penelitian ini masih masuk dalam batasan – batasan yang diberikan oleh *SNI 03 – 2847 – 2002*, sedangkan untuk rumus empiris oleh beberapa buku mengambil acuan pada batasan mutu mempunyai nilai yang terlalu tinggi.

Hubungan antara Beban Maksimum Pada Balok dengan Penambahan *RCA*.



Gambar 8. Hubungan Antara Beban Maksimum Pada Balok Dengan Penambahan *RCA*.

Untuk komposisi *RCA* sebesar 15 % maka beban maksimum yang dapat diterima oleh balok mengalami peningkatan sebesar $\pm 4\%$ dari beton normal. Untuk komposisi *RCA* 30%, beban maksimum yang diterima oleh balok mengalami peningkatan sebesar $\pm 5\%$ dari beton normal. Untuk penambahan 60% *RCA*, maka beban maksimum pada balok mengalami peningkatan sebesar $\pm 6\%$ dari beton normal. Sedangkan untuk penambahan *RCA* sebanyak 100% diperoleh beban maksimum yang dapat diterima oleh balok mengalami peningkatan sebesar $\pm 5\%$ dari beton tanpa penambahan *RCA*.(Gambar 8).

Jadi dengan semakin bertambahnya komposisi *RCA* pada beton, maka beban maksimum yang dapat dipikul oleh balok cenderung akan mengalami peningkatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan studi yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berat isi beton yang menggunakan *RCA* sebagai pengganti parsial agregat kasar lebih rendah dibandingkan dengan beton normal sebesar $\pm 7\%$.
2. Nilai slump untuk beton dengan agregat *RCA* tidak mengalami perubahan yang berarti dibandingkan dengan nilai slump untuk beton normal.

3. Kandungan udara beton segar untuk beton dengan agregat *RCA* sebagai pengganti parsial agregat kasar adalah berkisar antara 1.1% sampai dengan 1.8% telah memenuhi standar dari *ASTM* yaitu lebih kecil dari 2 %.
4. Nilai kuat tekan beton daur ulang (*RCA*) mengalami penurunan seiring dengan penambahan komposisi *RCA* sebesar $\pm 14\%$.
5. Nilai modulus elastisitas tidak mengalami perubahan berarti dibandingkan dengan nilai modulus elastisitas yang diperoleh berdasarkan beberapa rumus yang ada.

SARAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan maka disarankan :

1. Penggunaan *Recycled Concrete Agregat (RCA)* sebagai pengganti parsial agregat kasar perlu untuk memperhatikan daya penyerapan air (*absorpsi*) dari agregat *RCA* yang besar.
2. Untuk penelitian beton *RCA* selanjutnya perlu digunakan *RCA* dengan mutu beton yang lebih bervariasi untuk mempelajari pengaruh kekuatan *RCA* terhadap kekuatan beton yang dihasilkan.
3. Penelitian perlu untuk dikembangkan terhadap beton yang menggunakan *RCA* sebagai pengganti parsial agregat kasar dengan berbagai variasi faktor air semen, jumlah benda uji yang lebih banyak dengan variasi penambahan komposisi *RCA* yang lebih rapat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Akkas, Abdul Madjid, Ir, 1996, **Rekayasa Bahan / Bahan Bangunan**, Jurusan Sipil, Makassar.
2. American Standard for Testing and Material., 2003, **Annual Book of ASTM, Concrete and Aggregates**, C231, C293, US and Canada.
3. Environmental Council of Concrete Organizations (ECCO), 1999, **Recycling Concrete and Mansory**, (Online), (<http://www.ecco.org/pdfs/ev22.pdf>, diakses 23 Agustus 2005).
4. Ferguson M.P, Sutanto B & Trisetianto, 1980, **Dasar – Dasar Beton Bertulang**, Edisi ke – 4, Erlangga, Jakarta.
5. John J. Freymuller, 2000, **Recycled Concrete Mix Patent May Blanket Most Applications**, (<http://rockproducts.com/mag/rockrecycledconcretemix/>, diakses 8 September 2005).
6. King County Environmental Purchasing Program, **Aggregate, Recycled Concrete**, (Online), (<http://www.metrokc.gov/>, diakses 8 September 2005).
7. Morgan, Ryan, 2004, **Use Of Recycled Concrete Aggregate In Portland Cement Concrete**, (Online), (<http://www.cement.org/tech/>, diakses 8 September 2005).
8. Murdock L.J, K.M. Brook B.Sc, 1991, **Bahan dan Praktek Beton**. Terj. Stephanus Hindarko, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
9. Mulyono, Tri, Ir, M.T, 2003, **Teknologi Beton**, Andi, Yogyakarta.
10. Portland Cement Association (PCA), **Frequently Asked Questions**, (Online), (<http://www.cement.org/tech/>, diakses 23 Agustus 2005)
11. Portland Cement Association (PCA), **Material: Recycled Aggregates**, (Online), (<http://www.cement.org/tech/>, diakses 23 Agustus 2005)

12. Roos, Frank, Dipl.Ing, 1998, **Verification of the Dimensioning Values for Concrete with Recycled Concrete Aggregates**, (Online), (<http://www.b-i-m.de/>, diakses 23 Agustus 2005).
13. Samekto, Wuryati, Dr, M.Pd dan Rahmadiyanto, Candra, ST, 2001, **Teknologi Beton**, Kanisius, Yogyakarta.
14. Siswanto K & Dalle A, 2004, **Karakteristik Self Compacting Concrete yang menggunakan Limbah Marmer sebagai Agregat kasar**, Skripsi tidak diterbitkan, Makassar, Program Sarjana, Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
15. Wang, Chu-kia and Salmon, Charles G., 1986, **Desain Beton Bertulang**, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.