

ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) UNTUK BANGUNAN BENDUNGAN

Ruslan Djajadi, Handoko Sugiharto

Dosen Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil–Universitas Kristen Petra

Deddy Hardianto, Henry James

Alumni Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil–Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Penggunaan *Roller Compacted Concrete* (RCC) merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya pembuatan konstruksi bendungan. Berbagai komposisi benda uji *Roller Compacted Concrete* (RCC) dibuat untuk mengetahui kuat tekan yang paling maksimal. Ditinjau dari segi ekonomis dan kemudahan pelaksanaan, maka digunakan sistem alat pemadat *drop hammer*. Dilakukan tes kuat tekan setelah umur benda uji masing-masing mencapai tujuh, 28, 60, dan 90 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi kerikil/pasir sebesar 60/40 selalu memiliki kuat tekan rata-rata yang lebih tinggi pada semua umur benda uji. Kuat tekan terbesar pada benda uji umur 90 hari mencapai 17.78 MPa.

Kata kunci: RCC, *drop hammer*, test kuat tekan.

ABSTRACT

The using of Roller Compacted Concrete (RCC) is one of many alternatives that can be used to decrease dam construction cost. Many Roller Compacted Concrete (RCC) composition has been developed to achieve maximum compressive strength. Due to the economical consideration and the possibility of the execution, drop hammer system has been used for this research. Compression test is done after the age of the sample reaches seven, 28, 60, and 90 days.

The result shows that 60/40 composition of gravel/sand has higher average compressive strength on all age of sample. The highest compressive strength the achieve is 17.78 MPa for 90 days sample.

Keywords: RCC, *drop hammer*, *compression test*.

PENDAHULUAN

Permasalahan yang terdapat pada pembuatan bendungan beton adalah volume beton yang besar, sehingga dibutuhkan waktu yang lama untuk melakukan pengecoran. Biaya pembangunannya yang besar merupakan kendala utama, sehingga hanya negara-negara kaya saja yang dengan leluasa dapat membangun bendungan besar sesuai dengan kebutuhannya. Kemudian dikemukakanlah gagasan penggunaan *Roller Compacted Concrete* (RCC), di mana

dalam pelaksanaannya beton dipadatkan dengan *roller*, yang tentu saja dapat mempercepat waktu pelaksanaan dan menekan biaya pembangunan. Gagasan ini dicetuskan pertama kali di Amerika Serikat oleh Walter Price [1]. Penggunaan *Roller Compacted Concrete* (RCC), yaitu beton dengan nilai *slump* hampir nol, pada pembangunan bendungan besar, telah menjawab desakan untuk menekan biaya pembangunan dan mempersingkat waktu pelaksanaan.

Kelemahan bendungan beton adalah dalam pelaksanaannya bendungan beton ini tidaklah sederhana, di mana diperlukan peralatan khusus seperti pompa beton, *vibrator*, *cooling system*, peralatan untuk mencampur dan

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 November 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 6 Nomor 1 Maret 2004.

mengaduk, dan perancah untuk mendapatkan bentuk sesuai dengan desain, dan ini sangatlah kontras bila dibandingkan dengan bendungan urugan.

Pelaksanaan bendungan tipe RCC sama dengan pelaksanaan bendungan urugan. RCC diangkut, ditimbun, dan dipadatkan persis sama seperti pada pembuatan bendungan urugan. Pengangkutan RCC ke lokasi dilakukan dengan dump truck, dan dipadatkan lapis per lapis menggunakan *roller*, di mana tebal lapisan umumnya berkisar sekitar 30 cm [2].

Mekanisasi proses pengangkutan, penimbunan dan pemadatan RCC ini menyebabkan dapat dipersingkatnya waktu pelaksanaan. Sebagai contoh adalah Bendungan Willow Creek di sungai Willow Creek, Amerika Serikat, dengan ketinggian 52 ft dan total volume RCC 331.000m³ dapat diselesaikan pembangunannya dalam lima bulan, dari April 1982 sampai September 1982. Di Australia, bendungan tipe RCC setinggi 40m dengan volume RCC 140.000m³, dapat diselesaikan pembangunannya dalam empat bulan, dari Mei 1984 sampai September 1984. Waktu pelaksanaan sesingkat itu tidak akan cukup untuk menyelesaikan bendungan beton maupun bendungan urugan, dengan ketinggian yang sama [3].

Penggunaan semen dalam jumlah sedikit dan penggunaan *fly ash* menyebabkan tidak diperlukannya *cooling system* pada bendungan RCC yang dapat menghemat biaya dan waktu pembuatannya. Selain hal-hal seperti disebutkan di atas, *fly ash* juga memperlambat tercapainya kuat tekan maksimum dari RCC, di mana pada umur 90 hari kuat tekan RCC mencapai sekitar 7 - 15 Mpa [4].

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi RCC

Komposisi RCC untuk *mass concrete* (bendungan) telah dikategorikan dalam tiga jenis umum, yaitu : pasta tinggi, pasta sedang, dan pasta rendah. Campuran pasta tinggi adalah campuran dengan volume pasta yang melebihi volume *void* agregat minimum. Volume pasta merupakan campuran dari semen, *pozzolan*, *fly ash*, air, udara, agregat halus kurang dari No.200, mineral pengisi, dan udara terkurung. Sedangkan untuk pasta rendah adalah campuran dengan pasta yang

hampir tidak mengisi semua *void* agregat. Dan pasta sedang adalah campuran yang berada di antara keduanya [2].

Selayaknya proporsi RCC haruslah *workable*, bebas dari segregasi, dan mudah dipadatkan dengan menggunakan alat penggetar. *Mix design* RCC harus berisi cukup pasta, untuk mengisi rongga di antara mortar. Mortar adalah campuran dari agregat yang kurang dari Ayakan No. 4, agregat halus, dan pasta. Campuran beton harus berisi cukup mortar untuk mengisi rongga di antara agregat kasar. Mortar menimbulkan kohesi dan kelecakan pada campuran selama penempatan, dan menentukan kekuatan akhir, potensi ikatan, *durability* dan *permeability* dari RCC yang telah mengeras. Agregat kasar menimbulkan stabilitas yang mendukung penempatan dan peralatan pemadat [2].

Perbandingan minimum dari volume pasta dan volume mortar, v_p/v_m 0.42, dibutuhkan untuk menjamin *void* di antara agregat halus (secara tipikal 35 s.d 40% dari total agregat) diisi. Pembuatan campuran berisi pasta yang lebih dari cukup ini untuk membuat campuran terdistribusi seluruhnya selama proses pencampuran, penempatan dan pemadatan. Tes secara spesifik menunjukkan bahwa harga v_p/v_m di bawah 0.42 cukup memuaskan, namun demikian 0.42 adalah nilai konservatif yang digunakan pada berbagai tes. Untuk tujuan mendapatkan nilai minimum v_p/v_m , pasir untuk RCC haruslah memiliki prosentase agregat halus yang tinggi, dengan ukuran lebih kecil dari Ayakan No. 200. Selain penggunaan agregat halus, dapat pula digunakan mineral pengisi (misalnya *fly ash*), atau agregat halus *non-plastic* lainnya, dengan ukuran kurang dari Ayakan No. 200. Campuran yang mengandung sedikit material semen membutuhkan lebih banyak agregat halus atau mineral pengisi lainnya, untuk mendapatkan volume pasta minimum yang sesuai dengan persyaratan [2].

Kandungan mortar untuk RCC bervariasi tergantung pada ukuran maksimum dan bentuk, tajam atau bulat, dari agregat dalam campuran. Secara tipikal, campuran RCC berisi 2-4% lebih tinggi kandungan pasir daripada campuran beton konvensional biasa. Mortar harus mengisi rongga pada agregat kasar. Sebagai faktor kontrolnya, umumnya volume mortar haruslah memenuhi syarat untuk mencegah terjadinya segregasi dan memaksimalkan *workability* [2].

Faktor ekonomis terbesar yang dapat diperoleh dari campuran RCC adalah dapat digunakan ukuran agregat yang lebih besar dari agregat kasar pada umumnya. Dengan meningkatnya ukuran agregat ini, tentu saja dibutuhkan volume mortar dan pasta yang lebih rendah [2].

Kuantitas dari material semen dalam campuran RCC tergantung pada rasio *water:cement*, W/C yang dipilih untuk mendapatkan persyaratan kekuatan dan durabilitasnya. *Fly ash* secara normal digunakan pada RCC sebagai pengganti parsial dari semen. Tujuannya adalah untuk mengurangi panas hidrasi dan biaya. Selain itu, *fly ash* juga berfungsi sebagai suplemen untuk menyediakan agregat halus yang ukurannya kurang dari Ayakan No.200, agar dapat memenuhi persyaratan pasta, dan dapat meningkatkan *workability*.

Fly ash diperhitungkan dalam kuantitas sampai dengan 80% dari total kandungan campuran semen dan *fly ash*, tetapi pada tingkat di atas mendekati 50% penggantian, tambahan *fly ash* tidak akan memberikan kontribusi kekuatan yang signifikan [2].

Bahan-bahan penyusun RCC:

1. Semen dan Pozollan
2. Agregat Kasar, Halus & Filler
3. Pasir
3. Air
4. *Fly Ash* (bila perlu)

Kegunaan Roller Compacted Concrete (RCC).

Seiring dengan kebutuhan yang beraneka ragam pada berbagai macam struktur yang memerlukan volume beton yang cukup besar maka perkembangan material beton sebagai material struktur penahan beban lentur dan tekan sudah sangat pesat saat ini. Dua bidang teknik sipil yang sering dijumpai menggunakan material beton dengan volume besar untuk keseluruhan strukturnya adalah bidang keairan dan bidang transportasi.

Di bidang keairan, contohnya adalah stuktur bendungan (dam) gravitasi, sedang di bidang transportasi dewasa ini sering dijumpai penggunaan beton pada apron (tempat parkir pesawat terbang) dan sebagai paving pada jalan raya dengan lalu lintas beban berat dan berulang. Hal ini tentu bukan tidak beralasan karena penggunaan beton khususnya RCC menghasilkan keuntungan yang signifikan.

Di Indonesia telah dibangun satu bendungan RCC, yaitu Bendungan Balombano di Sungai Larona, Sulawesi Selatan, yang selesai dibangun pada 1999, dan satu buah lagi di Kusan, Kalimantan Selatan, masih dalam tahapan Detail Design. Rincian jumlah bendungan RCC untuk beberapa negara di dunia, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Bendungan RCC Pada Beberapa Negara di Dunia[4]

NO	NEGARA	JUMLAH BEND RCC
1	Cina	35
2	Jepang	33
3	Amerika Serikat	30
4	Spanyol	21
5	Afrika Selatan	13
6	Australia	9
7	Maroko	9
8	Brazil	8
9	Perancis	6
10	Meksiko	5
11	Yunani	3
12	Kanada	3
13	Honduras	2
14	Rumania	2
15	Angola	1
16	Argentina	1
17	Cili	1
18	Dominika	1
19	Eritrea	1
20	Guyana	1
21	Indonesia	1
22	Kirgikistan	1
23	Kolumbia	1
24	Rusia	1
25	Thailand	1
26	Aljazair	1

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan percobaan untuk mengetahui Kuat Tekan RCC untuk beberapa campuran perbandingan kerikil dan pasir. Proses desain campuran RCC umumnya diidentifikasi melalui pendekatan geoteknis dan pendekatan beton. Pendekatan geoteknis dimulai dengan penentuan mula-mula kombinasi agregat material semen yang dikombinasikan dengan variasi sejumlah air, sehingga dapat dicapai kerapatan kombinasi maksimum. Tidak diperhatikan apakah matriks agregat diisi atau tidak, dasar pemikirannya adalah kerapatan tertinggi akan menghasilkan kombinasi solid dan air yang paling efektif. Dari sudut pandang rongga, pendekatan geoteknik serupa dengan teknologi aspal di mana menguntung-

kan untuk hanya mengisi sebagian rongga agregat dengan pengikat untuk mendapatkan stabilitas dalam matriks. Pendekatan beton didasarkan atas proporsi material sehingga seluruh rongga agregat diisi dengan pasta. Kerapatan dioptimalkan dengan kombinasi tertentu dari agregat untuk meminimalkan rongga agregat.

Alat Pematik Sampel RCC

Dalam studi ini, digunakan alat pemadat *drop hammer*. Alasannya adalah alat ini dinilai paling memungkinkan untuk dibuat. Untuk itu, alat ini dibuat dengan semua kriteria yang ada di buku literatur. Adapun kriteria alat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mampu melakukan pukulan atau tumbukan paling tidak sebanyak 50 kali per menit.
2. Setiap tumbukan dilakukan dengan cara menjatuhkan beban seberat dua kilogram dengan ketinggian 30 cm dari permukaan yang akan ditumbuk.
3. Silinder pada alat percobaan ini harus terkunci dengan rapat, agar ketika beton ditumbuk tidak terjadi getaran yang mengakibatkan hilangnya energi tumbukan yang ditimbulkan.
4. Silinder harus mudah diisi dengan campuran beton, karena isi silinder akan ditambahkan campuran beton setiap ketebalan lima sentimeter.



Gambar 1. Foto Alat Pematik Hasil Design

Pembuatan Sampel *Roller Compacted Concrete*

Penelitian dilakukan dengan percobaan di Laboratorium Beton dan Konstruksi, Universitas Kristen Petra. Dilakukan studi literatur untuk mendapatkan dasar-dasar yang cukup

untuk dipakai sebagai perbandingan pada perhitungan kekuatan beton yang ada di lapangan dan pada beton yang ada di laboratorium. Pengujian sample RCC ini hanya dilakukan pada aspek kekuatannya.

Sampel yang diuji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan ketebalan lima sentimeter tiap lapisan, yang dimasukkan ke dalam cetakan besi. Lalu dimampatkan dengan *hammer* seberat dua kilogram yang dijatuhkan dari ketinggian 30 cm sebanyak 50 kali untuk tiap lapisan.

Sistem pemampatan di atas berdasarkan buku literatur yang digunakan. Tujuannya adalah hasil kerapatan dari pemadatan di laboratorium dapat mewakili kerapatan hasil pemadatan di lapangan.

Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, karena disesuaikan dengan keperluannya untuk bendungan. Selain itu, dengan penggunaan benda uji berbentuk silinder, campuran beton dapat dengan lebih mudah untuk dimampatkan.

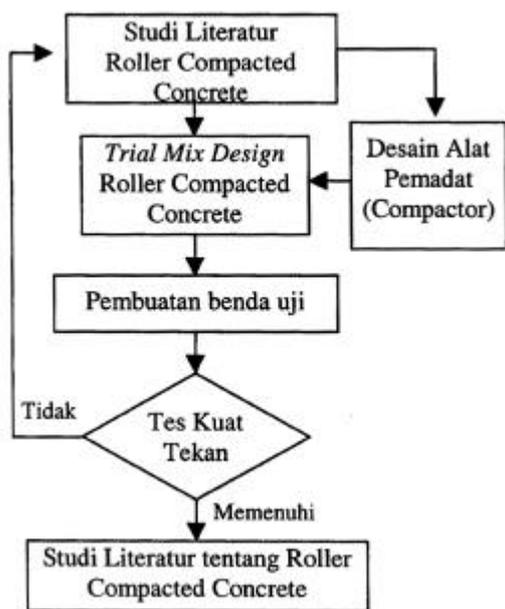
Jumlah benda uji sebanyak 20 untuk setiap komposisi *mix design*, dan dilakukan tes ketika umur benda uji mencapai tujuh hari, 28 hari, 60 hari dan 90 hari.

Test Slump

Dari hasil percobaan yang telah kami lakukan ternyata didapatkan bahwa slumpnya sama dengan nol. Hal ini disebabkan karena beton RCC adalah beton kering yang membutuhkan hanya sedikit air.



Gambar 2. Hasil Test Slump Benda Uji

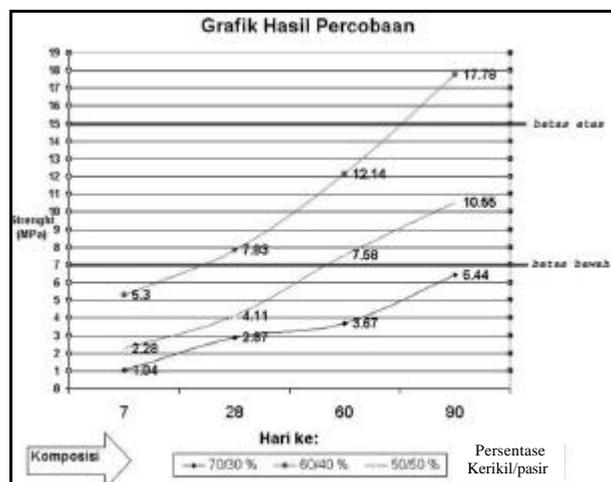


Gambar 3. Diagram Alir Percobaan RCC

HASIL DAN ANALISA

Tabel 2. Hasil percobaan 3 macam Komposisi [5]

Komposisi Kerikil/pasir	Strength in days (Mpa)			
	7	28	60	90
70/30	1.04	2.87	3.67	6.44
60/40	5.3	7.83	12.14	17.78
50/50	2.28	4.11	7.58	10.55



Gambar 4. Grafik Hasil Kuat Tekan Benda Uji Untuk Berbagai Komposisi di Laboratorium

KESIMPULAN

1. Dari berbagai macam alat pemadat yang direkomendasikan di buku literatur, dipilih sistem pemadatan dengan *drop hammer*, karena alat ini adalah alat yang mungkin

diterapkan baik dari segi biaya dan kemudahan pelaksanaan.

2. Kuat tekan benda uji beton RCC dengan komposisi perbandingan antara kerikil dan pasir 70/30, 60/40, dan 50/50 mempunyai kuat tekan rata-rata yang tertinggi adalah *mix design* dengan komposisi 60/40, dengan kuat tekan rata-rata sebesar 17,78 MPa pada umur beton mencapai 90 hari.

SARAN

Dilakukan tes benda uji dengan umur beton yang melebihi 90 hari, karena pada 16 benda uji (Gambar 4), terlihat bahwa garis kuat tekan rata-rata setelah beton RCC berumur 90 hari memiliki kemiringan yang naik. Hal ini berarti bahwa setelah umur 90 hari beton RCC akan mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi, sehingga perlu dilakukan studi selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. ACI Compilation, *Roller Compacted Concrete Pavement*, No. 8, Febuary, 1987.
2. Hansen Kenneth D and McLean Francis G, *Roller Compacted Concrete Pavement III*, American Society of Civil Engineers, San Diego, California, Febuary 2-5, 1992.
3. Hansen Kenneth D, *Roller Compacted Concrete*, American Society of Civil Engineers, Denver, Colorado, May 1-2, 1985.
4. Sudibyoy, Perkembangan Pembangunan Bendungan Besar Tipe Roller Compacted Concrete Hingga Akhir Abad 20, *Majalah Indo Construction*, volume 1 no.1, Agustus 2000.
5. Dedy H dan Henry James, *Penggunaan Roller Compacted Concrete untuk Bendungan*, Surabaya, Agustus 2002.