

## KINERJA AGREGAT ALAM UNTUK BETON MUTU TINGGI

Harun Mallisa\*

### **Abstract**

*Nowadays, concrete construction even it small, medium and large scale; normally use natural sand (sand river) as fine aggregate and artificial aggregate from crushed stone as coarse aggregate; and it is rarely found concrete mix which consist of both natural fine and coarse aggregates because bond capacity between natural coarse aggregate and cement paste lower than between artificial coarse aggregate and cement paste. This research aims to know the performance of natural coarse aggregate, which was used for high performance concrete (HPC) with use admixture. Tests were carried out by using specimens of concrete cube with size of 15 cm x 15 cm x 15 cm and vary of water cement ratio and percentage of admixture CONPLAST SP – 420 using both natural and artificial coarse aggregate.*

*The results of this research show that although natural coarse aggregate replaced by 50 % with artificial coarse aggregate; the resulted concrete compression strength not too significant compare to concrete mix use natural coarse aggregate; furthermore, replace 50 % artificial coarse aggregate with natural aggregate can reduce the cost of concrete production.*

**Keyword:** *High performance concrete, natural aggregate, artificial aggregate and admixture*

### **1. Pendahuluan**

Pada awal digunakannya campuran beton sebagai bahan konstruksi, bahan butiran yang digunakan adalah pasir dan kerikil alam yang berasal dari sungai. Setelah kebutuhan akan bahan beton makin meningkat maka makin lama kerikil alam yang merupakan agregat kasar makin terbatas jumlahnya, sehingga orang mencari alternative sebagai penggantinya. Alternatif ini tidak lain adalah batu bongkahan yang dipecah menurut ukuran yang sesuai dengan kerikil sungai.

Apabila di suatu tempat kerikil sungai masih banyak tersedia jumlahnya, tidak ada salahnya bahan tersebut digunakan untuk campuran beton, jika persyaratannya masih terpenuhi. Sampai saat ini apabila kerikil sungai cukup tersedia jumlahnya. Bahan tersebut masih mendapat tempat untuk digunakan dalam proyek yang memerlukan Beton Kinerja Tinggi seperti halnya jembatan Normandy di perancis (Monachon dan Gaumy, 1996), yang selesai dibangun tahun 1995. Jembatan ini untuk campuran betonnya menggunakan pasir dan kerikil dari sungai Seine, dimana pasir dan kerikilnya merupakan bahan butiran setempat. Disamping itu oleh karena pengecoran beton untuk jembatan ini menggunakan pompa, maka

dipertimbangkan bahwa penggunaan kerikil sungai akan lebih menguntungkan daripada kerikil batu pecah.

Carle (1997) mengatakan bahwa beton dengan butiran alam (kerikil sungai) lebih mudah dikerjakan dan dipadatkan karena pojok-pojoknya tidak runcing, sedangkan beton dengan kerikil batu pecah, lebih kaku dan lebih sulit dipadatkan, karena pojok-pojoknya runcing dan permukaannya lebih kasar. Oleh karena itu kekuatan tariknya lebih besar daripada beton dengan butiran alam. Dengan demikian beton dengan agregat kasar dari kerikil batu pecah ini sangat tepat untuk beton yang menderita geseran besar seperti perkerasan jalan.

Bidang kontrak agregat kasar dari kerikil alam akan lebih lemah daripada kerikil batu pecah karena permukaan kerikil alam lebih halus daripada kerikil batu pecah. Disamping itu kerikil alam umumnya lebih lama tersimpan ditempat asalnya, sehingga permukaannya terselubung oleh butiran – butiran halus seperti, lumpur, dan sebagainya, lebih-lebih kerikil yang berasal dari sungai-sungai yang disekelilingnya daerah persawahan.

Disamping itu di Indonesia perolehan kerikil sungai dilakukan oleh tenaga manusia dan diambil langsung dari sumbernya, sehingga

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

susunan ukuran butirnya tidak terjamin. Lain halnya dengan kerikil batu pecah yang didatangkan dari pabrik pemecah, disamping kebersihannya terjamin dan ukurannya mudah di atur, juga kualitasnya lebih pasti.

Tampaknya keadaan seperti inilah yang menyebabkan para teknisi lebih suka memilih kerikil batu pecah daripada kerikil alam (sungai). Apabila keadaan kerikil sungai tidak jauh berbeda dengan keadaan kerikil batu pecah, meskipun diambil langsung dari tempat asalnya, sudah tentu bahan ini akan menghasilkan beton yang bermutu baik. Lebih – lebih jika perolehan agregat alam ini dilakukan seperti dinegara maju dengan cara mekanis, maka harganya akan lebih murah daripada kerikil batu pecah.

## 2. Rangkaian penelitian

### 2.1 Pengaturan ukuran butir

Pasir merupakan agregat halus alami yang diambil langsung dari sumbernya (Sungai Maombi, Manado/Sulut). Untuk campuran beton, ukuran maksimal pasir ditentukan 5 mm. Oleh karena itu pasir yang digunakan diambil langsung dari sumbernya, maka pasir tersebut banyak tercampur dengan butiran – butiran yang ukurannya lebih besar dari 5 mm. Dengan demikian ukuran butiran yang lebih besar dari 5mm yang terkandung dalam pasir ini dikeluarkan dengan saringan.

Ukuran kerikil yang akan digunakan adalah antara 5 – 25 mm. Ukuran maksimum diambil 25 mm karena alasan sebagai berikut :

- Untuk keperluan struktur yang biasa, umumnya ukuran maksimum sekitar 25mm
- Ukuran butiran halus lebih kecil dari  $\frac{1}{4}$  ukuran terkecil benda uji, dimana benda uji yang digunakan adalah selinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (Dreux, 1979)

Seperti halnya pasir, Kerikil juga diambil langsung dari Sungai Maombi,Manado/Sulut, sehingga banyak tercampur butiran yang lebih kecil dari 5 mm dan yang lebih besar dari 25 mm. Butiran – butiran yang diluar ukuran antara 5 – 25 mm tersebut dikeluarkan dengan saringan.

Oleh karena kerikil sungai diambil langsung dari sumbernya, maka ukuran yang lebih besar dari 25 mm cukup banyak. Ternyata butiran lebih besar dari 25 mm ini mudah dipecah dengan menggunakan palu kecil dan memakai tenaga manusia. Ukuran kerikil pecah tersebut dibuat antara 12,5 – 25 mm, yang kemudian untuk seri benda uji tertentu dicampur

dengan kerikil yang asli dengan ukuran yang sama. Dengan cara seperti ini, maka butiran yang lebih besar dari 25 mm semuanya dapat digunakan untuk campuran beton.

### 2.2 Skenario percobaan

Pada penelitian ini akan dilakukan pembebanan pada saat beton telah berumur 28 hari, dengan menggunakan mesin tekan yaitu kapasitas 100 ton untuk uji tekan, sedangkan untuk percobaan tarik belah akan digunakan mesin tekan dengan kapasitas 50 ton. Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Material dan Struktur Teknik Sipil Universitas Samratulangi Manado.

Benda uji terdiri dari 12 silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah ini dimaksudkan untuk percobaan tekan sebanyak 6 buah dan untuk percobaan tarik belah 6 buah. Pembebanan dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dan hasil yang diperoleh merupakan nilai rata – rata dari 6 benda uji tersebut.

Semen yang digunakan adalah semen tipe I Cap Tiga Roda. Untuk mencegah pengurangan kekuatan semen karena pengaruh kelembaban udara, semen yang sudah terbungkus dengan kertas dari pabriknya, dibungkus lagi dengan kantong plastik yang rapat udara. Berat jenis semen ini kira-kira 3,15 kg/l.

Sebagai agregat halus digunakan pasir yang lolos saringan 5 mm. Data – data dari pasir tersebut adalah sebagai berikut: modulus kehalusan (mf) = 2,5, berat jenis = 2,54 kg/l, berat jenis kering = 2,42 kg/l, resapan air = 5,04%, kandungan Lumpur = 3,5%. Pasir ini termasuk pasir yang cukup bersih.

Agregat kasar terdiri atas dari kerikil sungai dengan ukuran maksimum (D) = 25mm. Data – data dari kerikil ini adalah sebagai berikut: berat jenis S.S.D = 2,59 kg/l, berat jenis kering = 2,51 kg/l, resapan air = 3,36%, kandungan lumpur= 0,53%. Kerikil ini termasuk kerikil bersih.

Air yang digunakan untuk campuran ini adalah air tawar yang berasal dari sumber alam (*deep weel*).

Superplasticizer (S.P) yang digunakan adalah CONSPLAST S.P – 420. Penambahan SP ini dimaksudkan untuk menambah workability beton segar. Dosis yang digunakan adalah antara 1,5 – 3% dari berat semen, yaitu dosis yang diberikan oleh produsennya.

### 2.3 Campuran beton

Campuran beton yang dihitung menurut metode DREUX (Dreux 1979) dan dibuat dalam 3 seri sebagai berikut :

- Seri – A : Campuran beton dengan jumlah semen 400 kg/m<sup>3</sup> beton dan susunan butirnya seperti dibawah ini. pasir 0-5 mm : 37%, Kerikil 5 – 12,5 mm : 5%, Kerikil 12,5 – 25 mm: 58%
- Seri – B : Campuran beton ini dengan jumlah semen 425 kg/m<sup>3</sup> beton dan susunan butirnya seperti dibawah ini: pasir 0-5 mm : 37%, Kerikil 5 – 12,5 mm : 5%, Kerikil 12,5 – 25 mm : 57%
- Seri – C: Campuran beton ini dengan jumlah semen 450 kg/m<sup>3</sup> beton dan susunan butirnya seperti dibawah ini: pasir 0-5 mm : 36%, Kerikil 5 – 12,5 mm: 5%, Kerikil 12,5 – 25 mm : 59%. Ketiga seri ini divariasikan terhadap jumlah air ( $W/C$ ), dan dosis dari S.P. Komposisi material untuk ketiga seri tersebut tercantum pada dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Material untuk 1 m<sup>3</sup> Beton

Material Seri	Semen kg/m <sup>3</sup>	Air kg/m <sup>3</sup>	w/c	S.P %	Pasir 0-5 mm kg/m <sup>3</sup>	kerikil		Keikil Pecah 12,5-25 mm kg/m <sup>3</sup>	
						5-12,5 mm kg/m <sup>3</sup>	12,5-25 mm kg/m <sup>3</sup>		
A	1	400	200	0,50	0	640	87	996	0
	2	400	180	0,45	0	640	87	996	0
	3	400	160	0,40	0	640	87	996	0
	4	400	160	0,40	1,5	616	84	959	0
	5	400	160	0,40	2	616	84	959	0
	6	400	160	0,40	2,5	616	84	959	0
	7	400	150	0,375	3	616	84	959	0
	8	400	150	0,375	3	616	84	479,5	479,5
B	1	425	212,5	0,50	0	616	86	1002	0
	2	425	191,25	0,45	0	616	86	1002	0
	3	425	170	0,40	0	616	86	1002	0
	4	425	170	0,40	1,5	591	83	961	0
	5	425	170	0,40	2	591	83	961	0
	6	425	170	0,40	2,5	591	83	961	0
	7	425	159,38	0,375	3	591	83	961	0
	8	425	159,38	0,375	3	591	83	480,5	480,5
C	1	450	225	0,50	0	592	85	1007	0
	2	450	202,5	0,45	0	592	85	1007	0
	3	450	180	0,40	0	592	85	1007	0
	4	450	180	0,40	1,5	567	82	964	0
	5	450	180	0,40	2	567	82	964	0
	6	450	168,75	0,40	2,5	567	82	964	0
	7	450	157,5	0,35	3	567	82	964	0
	8	450	157,5	0,35	3	567	82	482	482

## 2.4 Pembuatan benda uji

Beton diaduk dalam mesin pengadukan dengan kapasitas 350 l. Pengadukan dilakukan 5 menit dalam keadaan kering dan 5 menit dalam keadaan basah, dimana pengadukan tersebut terjadi karena pengaruh grafitasi.

Sebelum beton dituangkan kedalam cetakan terlebih dahulu diperiksa konsistensinya dengan kerucut Abrams (slump test). Keadaan cetakan silinder diisi dengan beton dalam 3 lapis dan tiap-tiap lapis didapatkan dengan jarum penggetar.

Setelah beton dicor, permukaan selinder yang terbuka ditutup dengan plastik untuk mengurangi penguapan. Setelah dua hari cetakan dibuka, kemudian benda uji ditutup dengan karung basa sampai umur 7 hari.

## 2.5 Uji Pembebanan

Pembebanan dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Untuk percobaan tekan digunakan mesin tekan (UTM) dengan kapasitas 100 ton dan untuk percobaan tarik belah (*splitting test*) digunakan mesin tekan dengan kapasitas 50 ton. Untuk percobaan tekan, permukaan benda uji silinder atas dan bawah diberi lapisan permukaan (Capping) sebelum dibebani. Hal ini dimaksudkan agar beban benar-benar sejajar dengan sumbu benda uji dan untuk mengurangi pengaruh gesekan antara permukaan benda uji dengan mesin tekan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil pengujian

Hasil – hasil yang diperoleh adalah nilai-nilai konsistensi (slump), kekuatan tekan, dan kekuatan tarik belah. Nilai-nilai ini adalah syarat – syarat yang umum diperlukan di lapangan (*site*). Konsistensi beton diukur dengan kerucut Abrams, karena memang paling praktis dan hasilnya cukup memuaskan. Oleh karena konsistensi menunjukkan *workability* dari beton, maka dalam pekerjaan yang sesungguhnya juga harus dilakukan secara periodik.

Kekuatan tekan didasarkan atas benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pada kenyataannya memang benda uji silinder lebih reversentatif daripada benda uji kubus. Kekuatan tarik diperoleh dari kekuatan belah (*splitting test*) dengan benda uji yang sama dengan benda uji untuk kekuatan tekan. Percobaan ini paling mudah dilakukan dengan nilai yang sesuai (tidak banyak berbeda) dengan nilai yang diperoleh

dari percobaan tarik langsung atau tarik lentur. Kesesuaian nilai yang diperoleh ini setelah dimasukkan faktor koreksi sebesar 0,85 pada rumus kekuatan tarik belah, sehingga akhirnya rumus itu menjadi (Suhud, 1995):

$$\sigma = 0,85 \frac{P}{\pi DL} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :  $\sigma$  = kekuatan tarik belah  
P = gaya belah,  
L = tinggi silinder,  
D = diameter silinder dan  
0,85 = faktor koreksi.

Hasil – hasil percobaan seluruhnya tercantum dalam Tabel 2.

### 3.2 Pembahasan

Konsistensi (kelacakan) beton ditunjukkan dengan angka slump. Pengaruh perbandingan air semen ( $\%_c$ ) pada konsistensi sangat tampak dengan jelas, juga terlihat lonjakan konsistensi akibat penambahan semen untuk  $\%_c$  yang sama. Kenaikan nilai slump untuk  $\%_c = 0,4$  akibat penambahan CONPLAST SP – 420, terlihat bahwa pengaruh SP sangat sensitif untuk jumlah semen yang lebih besar dari 400 kg/m<sup>3</sup> beton.

Peningkatan kekuatan tekan ( $\sigma'$ ) terhadap penurunan nilai  $\%_c$  terlihat pada Tabel 2 di atas dan peningkatan kekuatan tariknya ( $\sigma$ ). Peningkatan kekuatan tarik ( $\sigma$ ) terlihat lebih landai daripada kekuatan tekan, karena memang nilai kekuatan tarik ini hanya berkisar 8% dari kekuatan tekannya. Dilain pihak terlihat bahwa penambahan jumlah semen tidak meningkatkan kekuatan beton selama  $\%_c$  –nya mempunyai nilai yang sama, sebagaimana dicerminkan dalam rumus DREUX (Dreux, 1979), tampaknya hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya semen, kapur mati Ca(OH)<sub>2</sub> yang terbentuk juga makin meningkat. Sedangkan senyawa ini merupakan kristal yang paling lemah dalam beton (Grandet, 1977). Dengan demikian peran penting penambahan jumlah semen dalam pembuatan Beton Kinerja Tinggi adalah untuk meningkatkan *workability* beton.

Sebagaimana diketahui bahwa pada beton dengan kekuatan normal (NSC), kehancuran beton dimulai dengan lepasnya bidang kontak (*inferface*) antara butiran dengan pasta semen. Hal ini terjadi

karena bidang ini merupakan bidang yang paling lemah. Kemampuan bidang kontak ini dapat ditingkatkan dengan penambahan *silica fume* pada campuran beton.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kekuatan seri A<sub>8</sub>, B<sub>8</sub>, C<sub>8</sub> lebih tinggi daripada kekuatan seri A<sub>7</sub>, B<sub>7</sub>, C<sub>7</sub>. Seri A<sub>7</sub>, B<sub>7</sub> dan C<sub>7</sub> adalah campuran beton dengan kerikil alam yang murni, sedangkan A<sub>8</sub>, B<sub>8</sub>, dan C<sub>8</sub> adalah campuran beton yang 50% dari kerikil yang ukurannya 12,5 – 25 mm diganti dengan kerikil yang dipecah dengan ukuran yang sama. Sekalipun demikian, didalam percobaan ini w<sub>c</sub> yang dapat dicapai adalah 0,35 untuk jumlah semen 450 kg/m<sup>3</sup> dan w<sub>c</sub> = 0,375 untuk jumlah

semen 400 kg/m<sup>3</sup> dan 425 kg/m<sup>3</sup> beton. Konsistensi beton yang diperlihatkan adalah beton plastis yaitu besarnya nilai slump antara 5 – 7 cm dengan kekuatan tekan ( $\sigma'$ ) rata-rata yang dicapai diatas 500 kg/m<sup>2</sup> (50 Mpa).

Dengan dasar ini apabila w<sub>c</sub> dapat diperkecil lagi terutama untuk jumlah semen 400 kg/m<sup>3</sup> beton, dengan S.P. yang lebih ampuh, tampaknya optimis akan diperoleh kekuatan yang lebih tinggi lagi. Lebih –lebih apabila sebagai bahan penambah digunakan *silica fume*.

Tabel 2. Kekuatan Tekan ( $\sigma'$ ) dan Kekuatan Tarik Belah (Splitting Test) ( $\sigma$ )

Seri	Semen kg/m <sup>3</sup>	w <sub>c</sub>	S.P	Slump Cm	Kekuatan tekan $\sigma'$		Kekuatan tarik belah $\sigma$		$\frac{\sigma (\text{tarik})}{\sigma' (\text{tekan})}$ kg/m <sup>3</sup>	
					kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa		
A	1	400	0,50	0	7	290	29	24	2,4	0,083
	2	400	0,45	0	2,3	321	32,1	25	2,5	0,078
	3	400	0,40	0	0	399	39,9	27,6	2,76	0,069
	4	400	0,40	1,5	0,6	413	41,3	34,3	3,43	0,083
	5	400	0,40	2	1	417	41,7	32,6	3,26	0,078
	6	400	0,40	2,5	3,5	439	43,9	34,6	3,46	0,079
	7	400	0,375	3	5	509	50,9	36,6	3,66	0,072
	8	400	0,375	3	4,5	513	51,3	40,2	4,02	0,078
B	1	425	0,50	0	10	276	27,6	32,6	3,26	0,086
	2	425	0,45	0	4,5	330	33,0	23,2	2,32	0,070
	3	425	0,40	0	0	386	38,6	27,5	2,75	0,071
	4	425	0,40	1,5	1,2	407	40,7	33,1	3,31	0,081
	5	425	0,40	2	5,5	455	45,5	33,5	3,35	0,078
	6	425	0,40	2,5	12	434,5	43,5	33,8	3,38	0,079
	7	425	0,375	3	6,5	499	49,9	39,4	3,94	0,074
	8	425	0,375	3	6	513	51,3	37,9	3,79	0,078
C	1	450	0,50	0	16	256	25,6	23,3	2,33	0,091
	2	450	0,45	0	6	338	33,8	26,2	2,62	0,078
	3	450	0,40	0	0,8	364	36,4	27,6	2,76	0,076
	4	450	0,40	1,5	5	405	40,5	31,1	3,11	0,077
	5	450	0,40	2	19,5	417	41,7	32,5	3,25	0,069
	6	450	0,40	2,5	4	476	47,6	35,9	3,59	0,075
	7	450	0,35	3	7	516	51,6	35,5	3,55	0,069
	8	450	0,35	3	6	556	55,6	44,6	4,46	0,080

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

- 1) Kerikil alam (sungai Maombi Manado/Sulut) dapat menghasilkan beton Kinerja Tinggi apabila perencanaan campurannya dilakukan dengan cermat.
- 2) Untuk menjamin ketelitian sebagaimana yang direncanakan tersebut, pelaksanaan komposisi campuran harus dilakukan dengan perbandingan berat.
- 3) Butiran kerikil yang lebih besar dari ukuran maksimum yang ditentukan, dapat dipecah dengan tenaga manusia (manual) sehingga lebih kecil dari ukuran maksimum tersebut. Apabila kerikil yang sudah dipecah ini dicampurkan dengan kerikil yang asli, maka kekuatan betonnya akan meningkat lagi.
- 4) Oleh karena itu, untuk memperoleh kekuatan yang tinggi dari beton, maka diperlukan pengurangan air yang sangat tajam sehingga  $w/c$ -nya sangat rendah. Untuk menjamin *workability* dari beton segar, sangat diperlukan penambahan *superplasticizer* (SP) dengan dosis yang dianjurkan oleh produsernya.

##### 4.2 Saran

Apabila kerikil sungai akan digunakan untuk membuat beton mutu tinggi, maka harus diperiksa dengan teliti berat jenis, kadar lumpur dan resapan airnya. Hal ini disebabkan karena kerikil sungai adalah produk alami sehingga mungkin ada kerikil yang secara visual mulus, namun setelah menjadi beton tidak memenuhi syarat.

#### 5. Daftar Pustaka

- Besari, M.S; Munaf, D.R; Hanafiah; Iqbal,M.M., 1996, "Optimum Value of Fly Ash and Interface Density of High Performance Fly Ash Concrete," 4<sup>th</sup> International Symposium on the Utilisation of High Strength/ High Performance Concrete, 29 – 31. Paris
- Carle, G., 1976-1977," Cours de Beton," Departemen de Genie Civil, INSA, Toulouse, France.
- Dreux, G., 1979, "Nouveau Guide du Beton" Editions EYROLLES, Paris.
- Grandet, 1977," Cours de Geotechnique Departemen de Genue Civil," INSA, Toulouse, France.
- Lorrain, M., 1990, "Very High Strength Concrete," Kursus Singkat Teknologi Beton – PAU ITB, September.
- Monachon, P and Gaumy A., 1996," The Normandy Bridge," 4<sup>th</sup> International Symposium on the Utilisation of High Strength/High Performance Concrete, 29-31 May 1996. Paris.
- Suhud, R., 1993 "Beton Mutu Tinggi," Jurnal penelitian Pemukiman, Bandung, Juli-Agustus
- Suhud, R., 1995," Kekuatan Tarik Beton," Jurnal Puslitbang Jalan, Bandung Oktober.