



BETON KINERJA TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN KERIKIL ALAM (SUNGAI)

H. Ridwan Suhud

RINGKASAN

Apabila kita memperhatikan pekerjaan-pekerjaan beton, baik skala kecil, menengah, ataupun besar, penggunaan bahan butirannya kebanyakan untuk agregat halusinya adalah pasir alam dan agregat kasarnya batu pecah (crushed stone). Jarang sekali kita menemukan campuran beton yang terdiri dari pasir alam dan kerikil alam (sungai). Keadaan seperti ini tidak hanya terjadi di daerah yang tidak tersedia kerikil alam, tetapi juga di daerah di mana kerikil alam ini banyak tersedia.

Penggunaan kerikil alam, makin jarang ditemui setelah makin hari tuntutan akan kekuatan beton makin tinggi. Apalagi dewasa ini orang sudah menemukan Beton Kinerja Tinggi (HPC), yang apabila dilihat dari agregat kasarnya kebanyakan terdiri dari batu pecah, meskipun bahan butiran halusinya tetap menggunakan pasir alam. Apakah mungkin campuran beton yang menggunakan kerikil alam sebagai agregat kasarnya mampu menghasilkan Beton Kinerja Tinggi?

Untuk mendapatkan informasi mengenai hal ini, telah dilakukan serangkaian percobaan mengenai campuran beton dengan agregat yang terdiri dari pasir alam dan kerikil alam di Laboratorium Beton LPPU ITB dan di Laboratorium Material dan Struktur Jurusan Teknik Sipil ITB.

SUMMARY

The ingredients of concrete mixture in general of small to large quantity of concrete works usually are nature fine aggregate (river sand) and crushed stone type of coarse aggregate. Very rare one uses both of nature aggregates (sand and coarse aggregate) in mixture, particularly for High Strength Concrete(HPC).

In case of region where both nature aggregates are available, design of high strength concrete should be developed to meet the minimum requirement in specification This paper discusses method of concrete mixture design with nature aggregates where high compressive strength is required. The experiments were conducted in Laboratory of Concrete LPPU ITB, and Structure and Materials Laboratories, Departement of Civil Engineering ITB, to verify the design of compressive strength as well as to obtain empirical formula for high strength concrete with nature aggregates.

I. PENDAHULUAN

1.1 Historis

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 harus mencari alternatif 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 (1), yang selesai dibangun tahun 1995.

Jembatan ini untuk campuran betonnya menggunakan pasir dan kerikil dari sungai Seine, karena jembatan ini melintasi sungai Seine, di mana pasir dan kerikilnya merupakan bahan butiran setempat. Di samping itu oleh karenanya pengecoran beton untuk jembatan tersebut menggunakan pompa, maka dipertimbangkan bahwa penggunaan kerikil sungai akan lebih menguntungkan daripada kerikil batu pecah.

CARLE (2) 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.

1.2. Kerangka Pemikiran

Apabila beton hancur, terjadinya kehancuran ini dimulai dengan lepasnya bidang kontak (interface) antara bahan butiran dengan pasta semen (3). Bidang kontak ini akan lebih kuat jika permukaan butirannya makin kasar, kemudian akan lebih kuat lagi jika campuran betonnya ditambah dengan sejumlah kecil silica fume atau fly ash (4) (5).

Bidang kontak agregat kasar dari kerikil alam akan lebih lemah daripada kerikil batu pecah karena permukaan kerikil alam lebih halus daripada kerikil batu pecah. Di samping itu kerikil alam umumnya lebih lama tersimpan di tempat asalnya, sehingga permukaannya terselubung oleh butiran-butiran halus seperti lumpur dan sebagainya, lebih-lebih kerikil yang berasal dari sungai-sungai yang disekelilingnya daerah pesawahan. Di samping itu di negara kita perolehan kerikil sungai dilakukan oleh tenaga manusia dan diambil langsung dari sumbernya, sehingga susunan ukuran butirannya tidak terjamin. Lain halnya dengan kerikil batu pecah yang didatangkan dari pabrik pemecah, di samping kebersihannya terjamin dan ukurannya mudah diatur, juga kuantitasnya 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 di negara maju dengan cara mekanis, maka harganya akan lebih murah daripada kerikil batu pecah.

II. RANGKAIAN PENELITIAN

2.1. Pengaturan Ukuran Butiran

2.1.1. Pasir

Pasir merupakan agregat halus alami yang diambil langsung dari sumbernya (Galunggung) untuk campuran beton, ukuran maksimum pasir ditentukan 5 mm. Oleh karena pasir yang akan

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 5 mm yang terkandung dalam pasir ini dikeluarkan dengan saringan.

2.1.2. Kerikil

Ukuran kerikil yang akan digunakan adalah antara 5 à 25 mm, ukuran maksimum diambil 25 mm karena alasan berikut :

- Untuk keperluan struktur yang biasa, umumnya ukuran maksimum sekitar 25 mm.
- Ukuran butiran halus lebih kecil dari 1/4 ukuran terkecil benda uji, dimana benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (6).

Seperti halnya pasir, kerikil juga diambil langsung dari sumbernya 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.

2.1.3. Kerikil Pecah

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 à 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. Percobaan

2.2.1. Benda Uji

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 (splitting test) juga 6 buah. Pembebanan dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dan hasil yang diperoleh merupakan nilai rata-rata dari 6 benda uji tersebut.

2.2.2. Material

2.2.2.1. Material Utama.

a. Semen.

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 $\pm 3,15$ kg/l.

b. Agregat halus.

Sebagai agregat halus digunakan pasir Galunggung yang lolos saringan 5 mm, kurva susunan butiran dari pasir ini tercantum pada gambar 1. Data-data dari pasir tersebut adalah sebagai berikut :

- modulus kehalusan (mf) = 2,5
- berat jenis SSD = 2,54 kg/l
- berat jenis kering = 2,42 kg/l
- resapan air = 5,04 %
- kandungan lumpur = 3,5 %

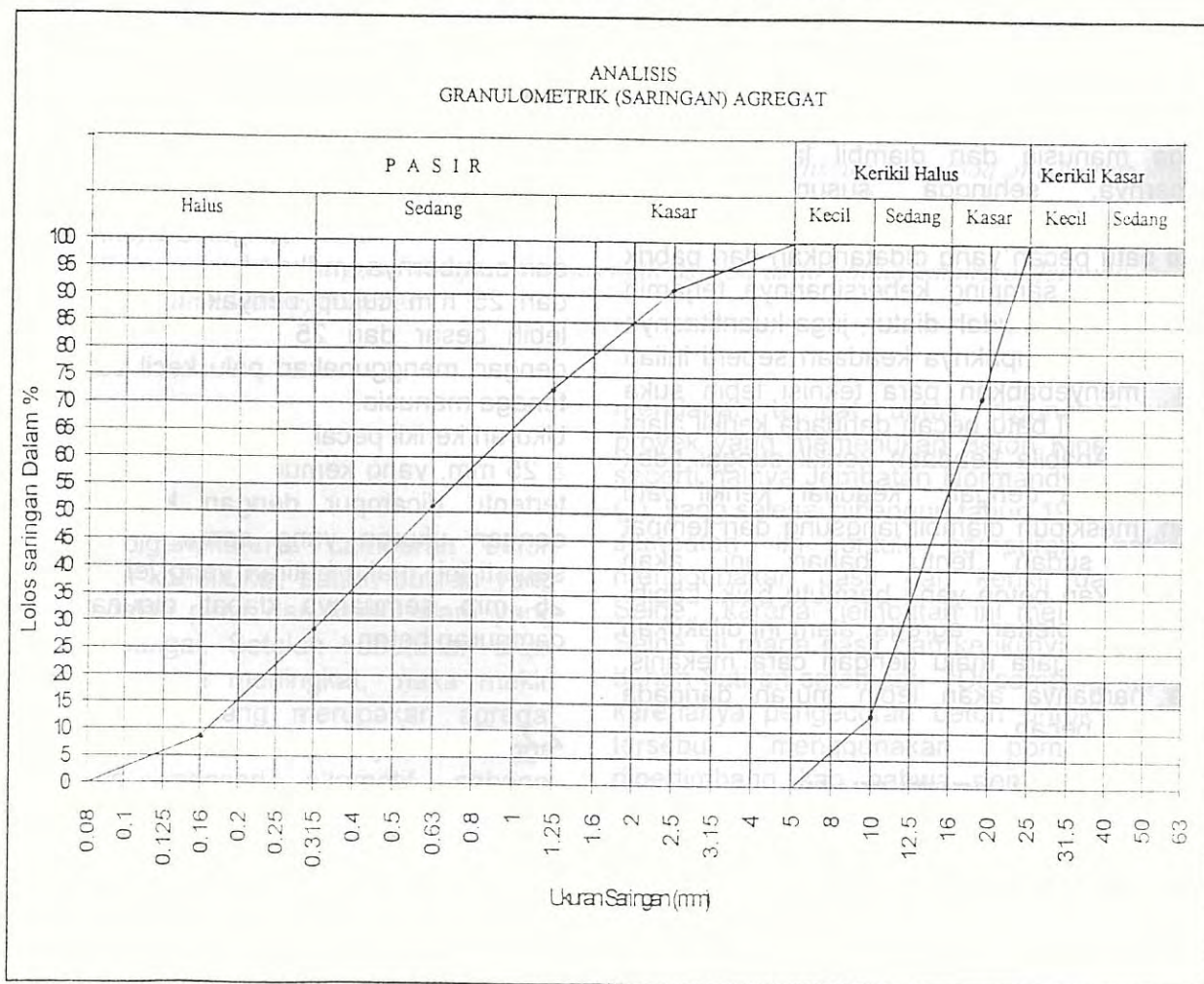
Pasir ini termasuk pasir yang cukup bersih

c. Agregat kasar.

Agregat kasar terdiri dari kerikil sungai dengan ukuran maksimum (D) = 25 mm. Kerikil ini diperoleh dari daerah Ciwidey di Bandung Selatan, termasuk jenis batuan basah dan kerikil bersih, dengan data-data 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 %

Gambar 1.
SUSUNAN BUTIRAN PASIR DAN KERIKIL



d. Air

Air yang digunakan untuk campuran ini adalah air tawar yang berasal dari sumur dalam (deep well).

2.2.2.2. Material Tambahan.

a. Fly ash

Abu terbang atau fly ash adalah bahan penambah untuk mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran semen dan menambah sifat hidraulis pasta semen. Fly ash yang digunakan berasal dari PLTU Suralaya.

Dosis fly ash yang digunakan adalah 15 % dari berat semen, dosis ini menurut penelitian-penelitian sebelumnya merupakan dosis yang optimal (5)

b. Superplasticizer (SP).

Superplasticizer (SP) yang digunakan adalah CONPLAST SP-420, penambahan SP ini dimaksudkan untuk menambah workability beton segar. Dosis yang digunakan adalah antara 1,5 à 3% dari berat semen, yaitu dosis yang diberikan oleh produsennya.

2.3.2.3. Campuran Beton.

Campuran beton dihitung menurut metoda DREUX (6) dan dibuat dalam tiga seri sebagai berikut :

a. Seri A

Campuran beton dengan jumlah semen 400 kg/m³ beton dan susunan butirannya seperti tercantum pada gambar 2.

Pada gambar ini terbaca komposisi butiran seperti di bawah ini :

- pasir 0 - 5 mm : 37%
- kerikil 5 - 12,5 mm : 5%
- Kerikil 12,5 - 5 mm : 58 %

b. Seri B

Campuran beton dengan jumlah semen 425 kg/m³ beton dan susunan butirannya seperti tercantum pada gambar 3.

Pada gambar 3 ini terbaca komposisi butiran seperti di bawah ini :

- pasir 0 - 5 mm : 37%
- kerikil 5 -12,5 mm : 5%
- Kerikil 12,5-25 mm : 57%

c. Seri C

Campuran beton dengan jumlah semen 450 kg/m³ beton dan susunan butirannya, seperti tercantum pada gambar 4.

Pada gambar 4 ini terbaca komposisi butiran seperti di bawah 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), kandungan fly ash dan dosis dari S.P.

Komposisi material untuk ketiga seri tersebut tercantum dalam tabel 1.

2.2.3. Pembuatan Benda Uji

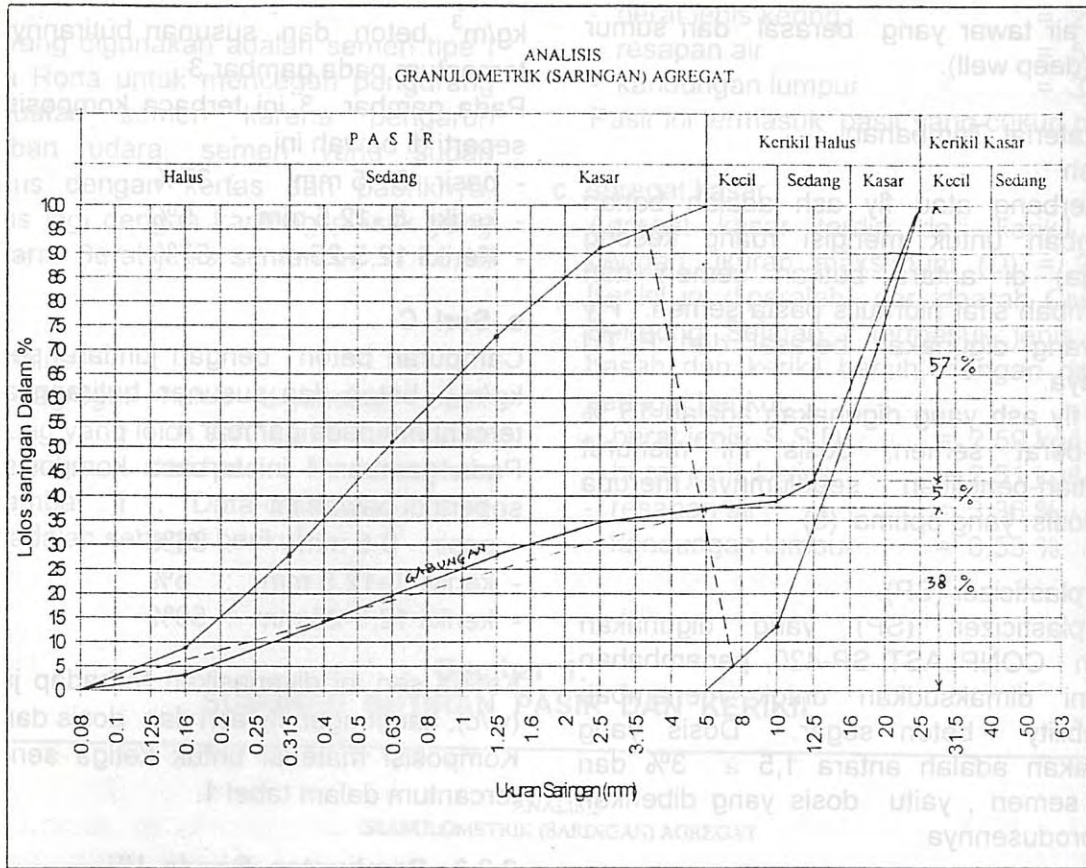
2.2.3.1. Pengadukan Beton.

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

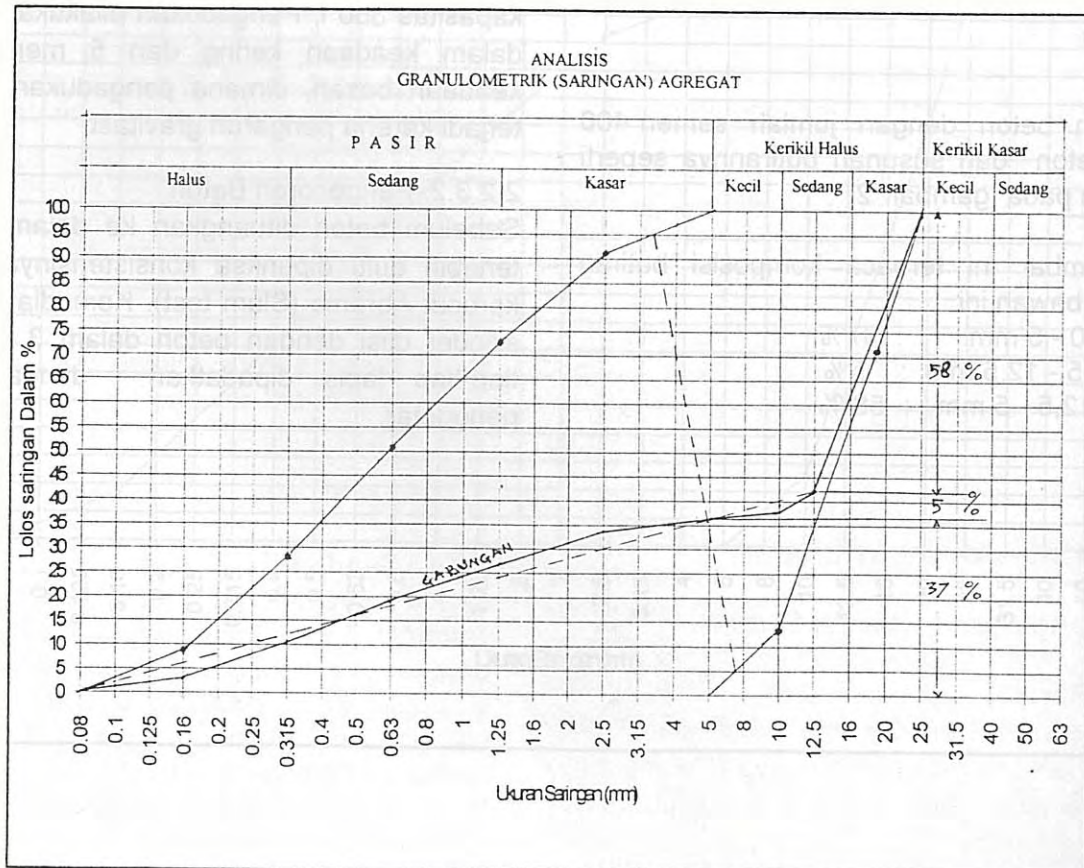
2.2.3.2. Pengecoran Beton.

Sebelum beton dituangkan ke dalam cetakan terlebih dulu diperiksa konsistensinya dengan kerucut Abrams (Slum test). Kemudian cetakan silinder diisi dengan beton dalam 3 lapis dan tiap-tiap lapis dipadatkan dengan jarum penggetar.

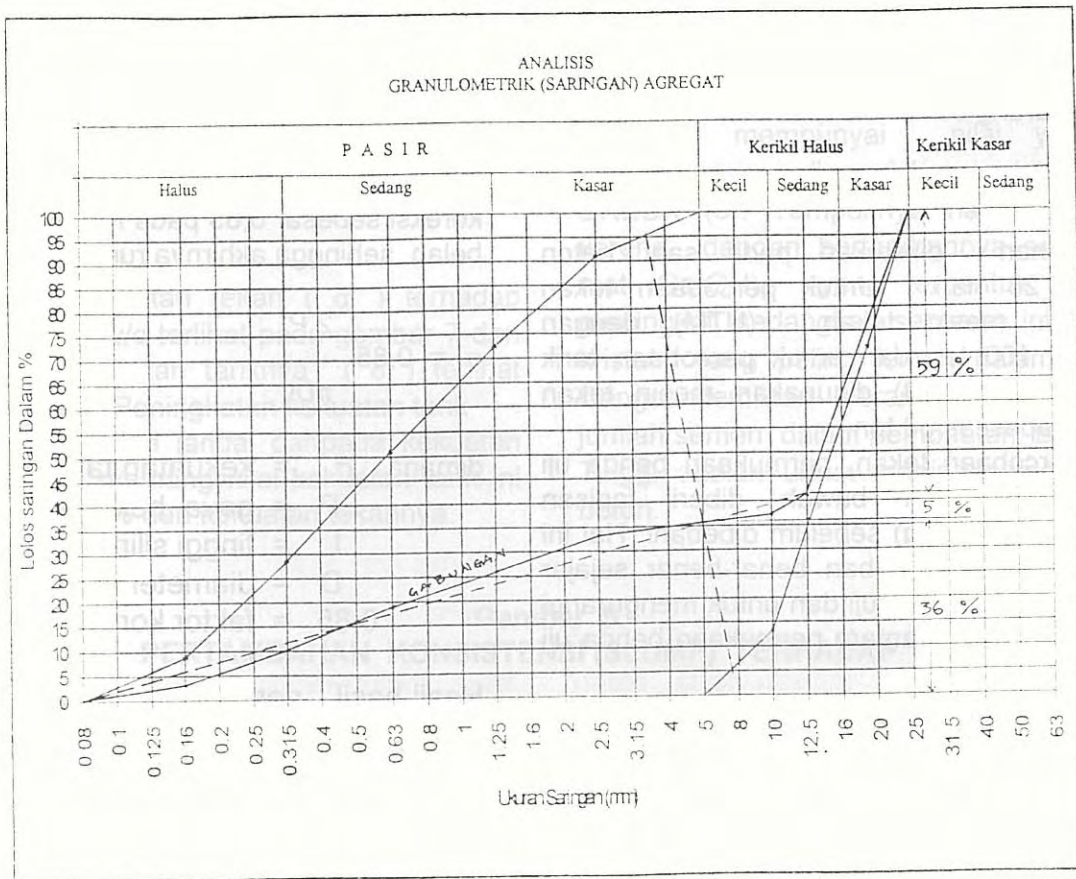
Gambar 2.
SUSUNAN BUTIRAN SERI A



Gambar 3.
SUSUNAN BUTIRAN SERI B



Gambar 4.
SUSUNAN BUTIRAN SERI C



Tabel 1.
KOMPOSISI MATERIAL UNTUK SATU M³ BETON

Material seri	Semen kg/m ³	air l/m ³	w/c	fly ash %	S.P %	Pasir				kerikil pecah kg/m ³
						0-5 mm kg/m ³	5-12,5 mm kg/m ³	12,5-25 mm kg/m ³	12,5-25 mm kg/m ³	
A	1	400	200	0,50	0	0	640	87	996	0
	2	400	180	0,45	0	0	640	87	996	0
	3	400	160	0,40	0	0	640	87	996	0
	4	400	160	0,40	15	1,5	616	84	959	0
	5	400	160	0,40	15	2	616	84	959	0
	6	400	160	0,40	15	2,5	616	84	959	0
	7	400	150	0,375	15	3	616	84	959	0
	8	400	150	0,375	15	3	616	84	479,5	479,5
B	1	425	212,5	0,50	0	0	616	86	1002	0
	2	425	191,25	0,45	0	0	616	86	1002	0
	3	425	170	0,40	0	0	616	86	1002	0
	4	425	170	0,40	15	1,5	591	83	961	0
	5	425	170	0,40	15	2	591	83	961	0
	6	425	170	0,40	15	2,5	591	83	961	0
	7	425	159,38	0,375	15	3	591	83	961	0
	8	425	159,38	0,375	15	3	591	83	480,5	480,5
C	1	450	225	0,50	0	0	592	85	1007	0
	2	450	202,5	0,45	0	0	592	85	1007	0
	3	450	180	0,40	0	0	592	85	1007	0
	4	450	180	0,40	15	1,5	567	82	964	0
	5	450	180	0,40	15	2	567	82	964	0
	6	450	168,75	0,40	15	2,5	567	82	964	0
	7	450	157,5	0,35	15	3	567	82	964	0
	8	450	157,5	0,35	15	3	567	82	482	482

2.2.3.3 Pemeliharaan Beton

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

2.2.4. 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.

Lapisan permukaan (capping) ini terbuat dari campuran dalam perbandingan berat sebagai berikut :

- tepung belerang : 66%
- pasir yang lolos saringan 0,3 mm : 32%
- Fly ash : 2%

Campuran ini diaduk dalam keadaan kering dan dingin, kemudian baru dipanaskan sampai $\pm 120^{\circ}\text{C}$.

III. HASIL - HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil - hasil Percobaan

Hasil-hasil yang diperoleh adalah nilai-nilai konsistensi (slump), kekuatan tekan, dan kekuatan tarik belah. Nilai-nilai ini adalah syarat-syarat yang umum yang diperlukan di lapangan (site).

Konsistensi beton diukur dengan kerucut Abrams, karena 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, sesuai dengan SNI-91. Pada kenyataannya memang benda uji silinder lebih representatif daripada benda uji kubus.

Kekuatan tarik diperoleh dari kekuatan tarik 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 (7) :

$$\sigma = 0,85 \frac{2P}{\pi DL}$$

dimana : σ = kekuatan tarik belah

P = gaya belah

L = tinggi silinder

D = diameter silinder

0,85 = faktor koreksi

Hasil-hasil percobaan tercantum dalam Tabel -2.

Tabel 2.
KEKUATAN TEKAN (σ') DAN KEKUATAN TARIK BELAH (SPLITTING TEST) (σ)

Seri	Semen kg/m ³	%	fly ash %	S.P	Slump cm	kekuatan tekan (σ')		kekuatan tarik belah		$\sigma(\text{tarik})$ $\sigma(\text{tekan})$	
						kg/cm ²	MPa	kg/cm ²	MPa		
A	1	400	0,50	0	0	7	290	29	24	2,4	0,083
	2	400	0,45	0	0	2,3	321	32,1	25	2,5	0,078
	3	400	0,40	0	0	0	399	39,9	27,6	2,76	0,069
	4	400	0,40	15	1,5	0,6	413	41,3	34,3	3,43	0,083
	5	400	0,40	15	2	1	417	41,7	32,6	3,26	0,078
	6	400	0,40	15	2,5	3	439	43,9	34,6	3,46	0,079
	7	400	0,375	15	3	5	509	50,9	36,6	3,66	0,072
	8	400	0,375	15	3	4,5	513	51,3	40,2	4,02	0,078
B	1	425	0,50	0	0	10	276	27,6	23,6	2,36	0,086
	2	425	0,45	0	0	4,5	330	33	23,2	2,32	0,070
	3	425	0,40	0	0	0	386	38,6	27,5	2,75	0,071
	4	425	0,40	15	1,5	1,2	407	40,7	33,1	3,31	0,081
	5	425	0,40	15	2	5,5	455	45,5	33,5	3,35	0,074
	6	425	0,40	15	2,5	12	434,5	43,5	33,8	3,38	0,078
	7	425	0,375	15	3	6,5	499	49,9	39,4	3,94	0,079
	8	425	0,375	15	3	6	513	51,3	37,9	3,79	0,074
C	1	450	0,50	0	0	16	256	25,6	23,3	2,33	0,091
	2	450	0,45	0	0	6	338	33,8	26,2	2,62	0,078
	3	450	0,40	0	0	0,8	364	36,4	27,6	2,76	0,076
	4	450	0,40	15	1,5	5	405	40,5	31,1	3,11	0,077
	5	450	0,40	15	2	19,5	471	47,1	32,5	3,25	0,069
	6	450	0,40	15	2,5	4	476	47,6	35,9	3,59	0,075
	7	450	0,35	15	3	7	516	51,6	35,5	3,55	0,069
	8	450	0,35	15	3	6	556	55,6	44,6	4,46	0,080

3.2. Pembahasan

3.2.1. Konsistensi

Konsistensi (kelacakan) beton ditunjukkan dengan angka slump. Pengaruh perbandingan air-semen (w/c) pada konsistensi sangat tampak dengan jelas seperti ditunjukkan

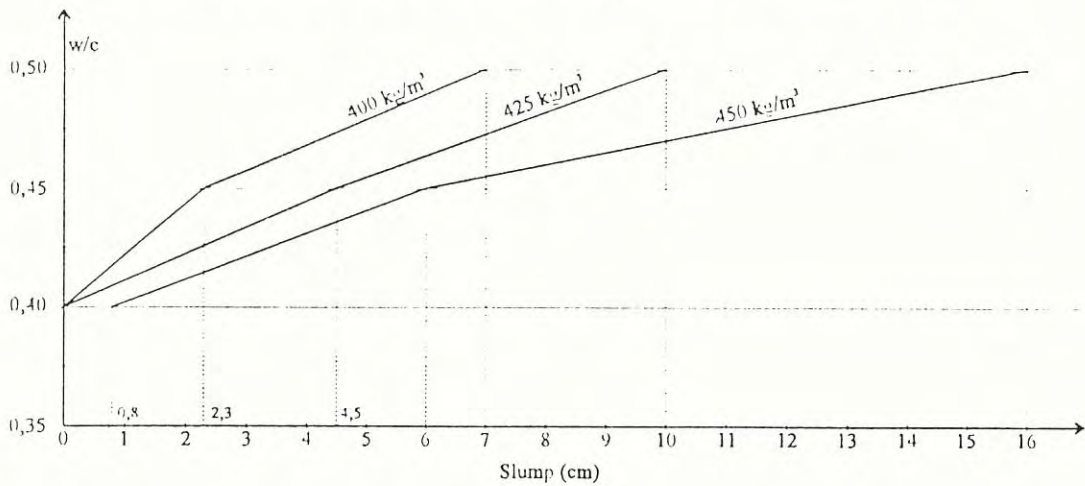
pada gambar - 5. Pada gambar ini, juga terlihat lonjakan konsistensi akibat penambahan semen untuk w/c yang sama. Gambar 6 menunjukkan kenaikan nilai slump untuk w/c = 0,4 akibat penambahan CONPLAST SP 420. Dari gambar ini terlihat bahwa pengaruh SP sangat sensitif untuk jumlah semen yang lebih besar dari 400 kg/m³ beton.

3.2.2. Kekuatan

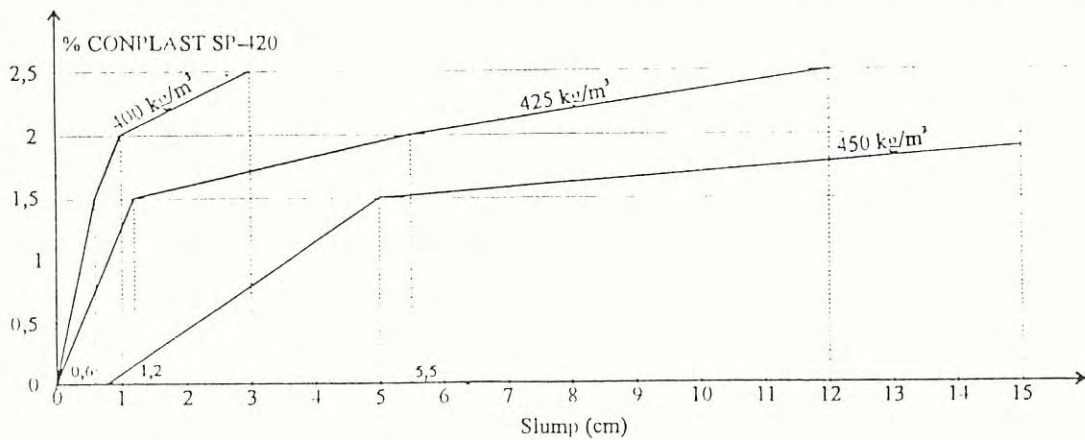
Peningkatan kekuatan tekan (σ') terhadap penurunan nilai w/c terlihat pada gambar 7 dan peningkatan kekuatan tariknya (σ) terlihat pada gambar 8. Peningkatan kekuatan tarik (σ) terlihat lebih landai daripada kekuatan tekan, karena memang nilai kekuatan tarik ini hanya berkisar 8% dari kekuatannya.

Pada gambar 7 dan gambar 8 juga terlihat kenaikan kekuatan akibat penambahan fly ash sebesar 15% dari jumlah semen. Di lain pihak terlihat bahwa penambahan jumlah semen tidak meningkatkan kekuatan beton semen selama w/c nya mempunyai nilai yang sama, sebagaimana dicerminkan dalam rumus DREUX (6). Tampaknya hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya semen, kapur mati Ca(OH)₂ yang terbentuk juga makin meningkat, sedangkan senyawa ini merupakan kristal yang paling lemah dalam beton (8). Dengan demikian peran penting penambahan jumlah semen dalam pembuatan Beton Kinerja Tinggi adalah untuk meningkatkan workability beton.

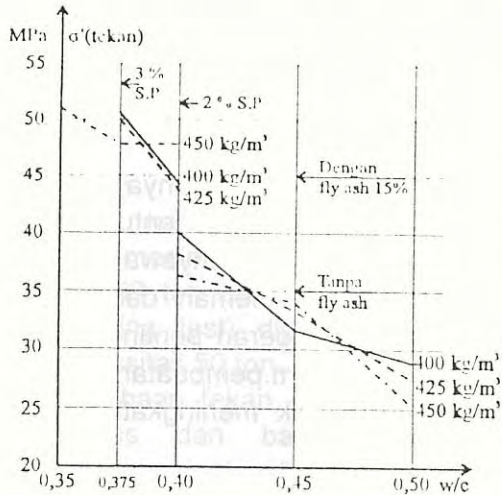
Gambar 5.
PERTAMBAHAN KONSISTENSI (SLUMP) TERHADAP w/c



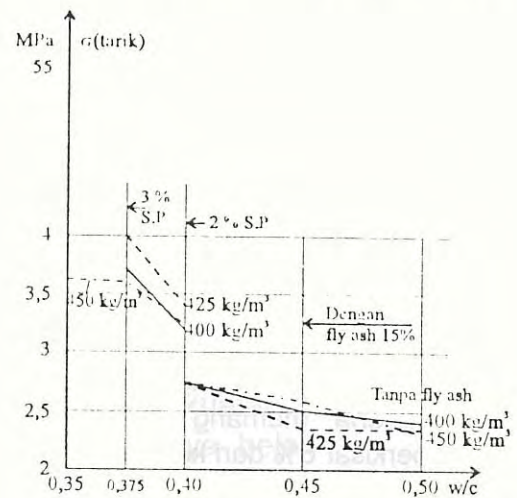
Gambar 6.
PERTAMBAHAN KONSISTENSI (SLUMP) TERHADAP % CONPLAST SP-420 UNTUK w/c = 0,4



Gambar 7.
HUBUNGAN KEKUATAN TEKAN (σ')
DENGAN FAKTOR AIR - SEMEN w/c



Gambar 8.
HUBUNGAN KEKUATAN TARIK (σ)
DENGAN FAKTOR AIR SEMEN w/c



Sebagaimana diketahui bahwa pada beton dengan kekuatan normal (NSC), kehancuran beton dimulai dengan lepasnya bidang kontak (interface) antara butiran dengan pasta semen. Hal ini terjadi karena bidang ini merupakan bidang yang paling lemah. Kemampuan bidang kontak ini dapat ditingkatkan dengan penambahan fly ash atau silica fume pada campuran beton., namun demikian oleh karena permukaan butiran kerikil alam ini lebih halus daripada kerikil batu pecah meskipun campuran beton sudah ditambah fly ash, lepasnya bidang kontak antara butiran dengan pasta semen masih tetap terjadi, seperti pada foto 2 dan foto 3.

Kelemahan ini ternyata masih dapat diperbaiki dengan jalan memecah kerikil yang lebih besar dari 25 mm, kemudian dicampur dengan kerikil 12,5 à 25 mm, sebagaimana terlihat pada tabel 1, untuk seri A₈, B₈ dan C₈.

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa kekuatan seri A₈, B₈ dan C₈ lebih tinggi dari pada kekuatan seri A₇, B₇ dan C₇. Seri A₇, B₇ dan C₇ adalah campuran beton dengan kerikil alam yang murni, sedangkan seri A₈, B₈ dan C₈ adalah campuran beton yang 50% dari kerikil yang ukurannya 12,5 à 25 mm diganti dengan kerikil yang dipecah dengan ukuran yang sama.

Foto 3 memperlihatkan potongan memanjang benda uji silinder dan foto 4 memperlihatkan potongan melintangnya, dimana tampak pada potongan-potongan tersebut terselip butiran-butiran yang lemah, yaitu butiran-butiran yang terdiri dari batu apung. Hal ini juga sudah tentu

akan memperlemah kekuatan, namun untuk kerikil alam memang sulit untuk dihindarkan. Sekalipun demikian, didalam percobaan ini w/c yang dapat dicapai adalah 0,35 dengan jumlah semen untuk jumlah semen 450 kg/m³ dan w/c = 0,375 untuk jumlah semen 400 kg/m³ dan 425 kg/m³ beton. Dengan penambahan fly ash sebesar 15% dari berat semen, konsistensi beton yang diperlihatkan adalah beton plastis, yaitu besarnya nilai slump antara 5 à 7 cm dengan kekuaran tekan (σ') rata-rata yang dicapai di atas 500 kg/cm² (50 MPa).

Dengan dasar ini apabila w/c dapat diperkecil lagi terutama untuk jumlah semen 400 kg/m³ beton dengan SP yang lebih ampuh, tampaknya optimis akan diperoleh kekuatan yang lebih tinggi lagi, lebih-lebih apabila sebagai bahan penambah digunakan silica fume, seperti halnya antara lain jembatan Normandy di Perancis (1).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

- Kerikil alam (sungai) dapat menghasilkan Beton Kinerja Tinggi apabila perencanaan campurannya dilakukan dengan cermat. Untuk menjamin ketelitian sebagaimana yang direncanakan tersebut, pelaksanaan komposisi campurannya harus dilakukan dengan perbandingan berat.

- b. 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.
- c. Oleh karena 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.
- d. Penambahan sejumlah kecil fly ash ($\pm 15\%$ dari berat semen) akan lebih meningkatkan kekuatan beton.

4.2. Saran

Apabila kerikil sungai akan digunakan untuk membuat Beton Kinerja Tinggi, maka harus diperiksa dengan teliti tentang 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 menjadi tidak memenuhi syarat.

DAFTAR PUSTAKA

1. P.MONACHON, A. GAUMY, The Normandy Bridge, 4th International Symposium on the Utilisation of High Strength/High Performance Concrete, 29 - 31 May 1996, Paris.
2. CARLE, G, Cours de B ton, Departement de Genie Civil, INSA, Toulouse, France, 1976 - 1977.
3. M.S BESARI, D.R. MUNAF, HANAFIAH, M.M. IQBAL, Optimum value of fly ash and Interface Density of High Performance Fly Ash Concrete 4th International Symposium on the Utilisation of High Strength/ High Performanca Concrete, 29 - 31 May 1996, Paris.
4. M. LORRAIN, Very High Strength Concrete, Kursus Singkat Teknologi Beton - P.A.U ITB, September 1990
5. R.SUHUD, Beton Mutu Tinggi, Jurnal Puslitbang Pemukiman, Bandung, Juli - Agustus 1993.
6. G.DREUX, Nouveau Guide du B ton, Editions EYROLLES, Paris 1979.
7. R. SUHUD, Kekuatan tarik beton, Jurnal Puslitbang Jalan, Bandung, Oktober 1995.
8. Prof. GRANDET, Cours de G otechnique, D partement de G nie Civil, INSA, Toulouse, France, 1977.

Penulis :

Prof.Dr.Ir.H.Ridwan Suhud,DEA. Staf Pengajar pada jurusan Teknik Sipil ITB.

LAMPIRAN (FOTO - FOTO)

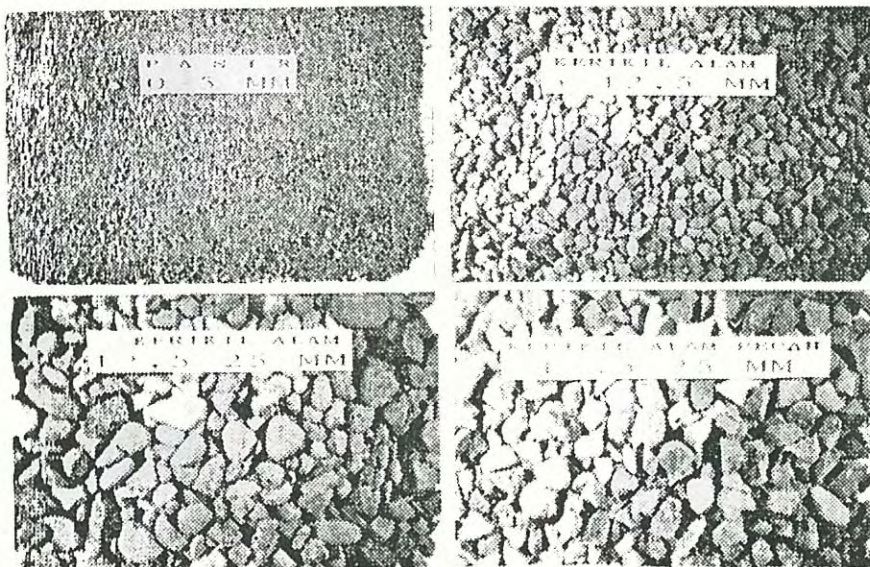


FOTO 1 BAHAN BAHAN BUTIRAN

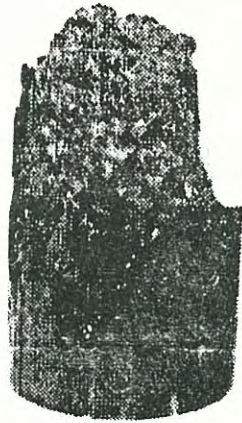


FOTO 2 PECAHAN
PERCOBAAN TEKAN

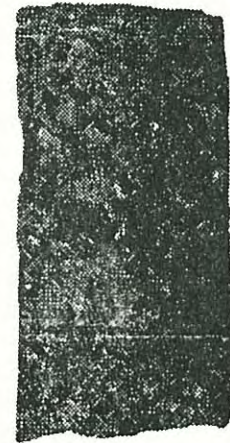


FOTO 3 PECAHAN PERCOBAAN
TARIK BELAH (SPLITTINGTEST)

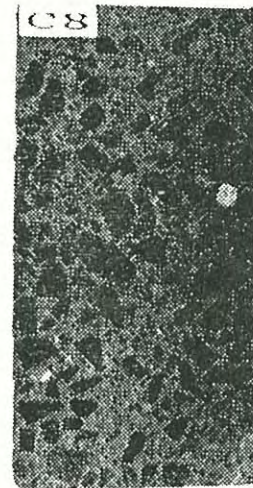


FOTO 4 POTONGAN MEMANJANG SILINDER

