



OPTIMALISASI PENGGUNAAN ABU BATU SEBAGAI PENGGANTI PASIR DALAM CAMPURAN BETON

Supriadi dan Eri S. Romadhon, MT

Jurusan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Kampus Universitas Jayabaya Jakarta, Email 73priyo@gmail.com

Abstrak

Abu Abu batu merupakan material buatan dari olahan batu split karena ukuran butiran identik dengan aggregate halus, maka material tersebut bisa dipergunakan sebagai pengganti aggregate halus untuk campuran beton.

Dengan prosentase tertentu maka penambahan abu batu bisa berdampak kepada kuat desak beton sekaligus harga satuan fresh concrete sehingga mampu bersaing untuk dipasarkan didunia konstruksi. Dari penelitian ini diketahui bahwa semakin banyak campuran abu batu maka ada kecenderungan menurun pula kuat tekannya. Setiap kenaikan 20% proporsi campuran abu batu terhadap berat pasir menghasilkan penurunan kekuatan.

Dan disisi lain penggunaan abu batu bisa menurunkan cost/ biaya produksi per m³ beton, sehingga inilah salah satu alasan bahwa abu batu bisa dioptimalkan dalam campuran beton tentunya dengan syarat quality tetap terpenuhi .

Kata kunci : Perencanaan campuran beton, Abu batu, K. 600 Spun pile

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Di dalam dunia konstruksi, beton merupakan salah satu bahan yang sering digunakan. Beton didapat dari hasil pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, kerikil, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan. Jika diperlukan, bahan tambah bisa ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan.

Pada campuran beton, agregat mengisi sebagian besar volume beton yaitu antara 50% sampai dengan 80% sehingga sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat dan mutu beton. Aggregat mempunyai fungsi sebagai pengisi campuran beton, agregat yang baik akan meminimalkan pori-pori yang ada di beton sehingga kekuatannya menjadi lebih baik. Aggregat sendiri dibedakan menjadi dua yaitu aggregat kasar dan aggregat halus.

Pasir sebagai aggregat halus diperoleh dari proses penambangan di alam, ketersediannya yang terbatas dan pembangunan di Indonesia yang terus berkembang menyebabkan eksplorasi besar-besaran. Eksplorasi tersebut berujung pada kelangkaan pasir dan adapun pasir yang masih tersedia akan menjadi semakin mahal. PT. Wijaya Karya Beton, Tbk sebagai perusahaan besar yang bergerak dibidang beton precast tentu saja merasakan dampak tersebut.

Dengan mahalnya harga material pasir berarti menambah biaya produksi. Mahalnya harga pasir ini tentu saja bukan berarti harus menurunkan mutu untuk mengurangi biaya produksi tetapi perlu adanya suatu penelitian untuk mencari alternatif pengganti pasir tersebut. Salah satu alternatif pengganti pasir adalah Abu batu.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Berapakah prosentase optimum abu batu yang dapat menggantikan material pasir.
2. Berapakah efisiensi biaya yang bisa didapat dengan penggunaan abu batu

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh prosentase abu batu yang optimum yang dapat menggantikan material pasir pada mutu beton yang sama.
2. Memperoleh efisiensi biaya yang bisa didapat dengan penggunaan abu batu pada mutu beton yang sama.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Mutu rencana $F_c = 60 \text{ N/mm}^2$ ($K.600$) slump 6 – 12 untuk beton centrifugal.
2. Prosentase Abu batu yang digunakan adalah 0%, 25%, 50% dan 75% dari berat pasir tiap campuran, dan kode benda uji secara berurutan adalah AB-1, AB-2, AB-3 dan AB-4
3. Quary semen dari Gresik, abu batu dari ex.Cigudeg, pasir dari ex. Galunggung, split dari ex. Cigudeg, air dari Cibinong dan Bahan tambahan cair / Admixture Kao-SA-1.
4. Waktu pengujian dari benda uji adalah saat umur 7 jam, 3 hari, 7 hari 14 hari dan 28 hari.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang kebutuhan air campuran yang optimal sehingga didapat campuran yang paling tepat dalam pembuatan beton segar.

2. Memberikan pengetahuan tentang seberapa besar penggunaan abu batu bisa dioptimalkan dalam campuran beton segar dengan tetap melihat aspek kualitas.
3. Memberikan alternatif pemanfaatan abu batu sehingga diharapkan dapat menekan harga Beton segar dengan tetap memperhatikan aspek kualitas dari beton segar tersebut.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Beton

Beton merupakan material yang sangat kuat menahan gaya tekan. Terkait dengan kekuatannya tersebut, sifat-sifat beton sangat tergantung dari perbandingan campuran pasta air-semen, jenis aggregat, dan proses pengecoran dan perawatan beton. Oleh karenanya, karakteristik beton sangat tergantung pada struktur internal penyusun beton tersebut.

Beton terdiri dari batuan belah atau kerikil dengan pasir yang mengisi ruang diantaranya, dan pasta semen dengan air yang mengisi rongga-rongga antar aggregat tersebut dan merekatkannya dengan baik. Biasanya diperlukan tambahan pasir untuk menjamin pengisian sempurna dari ruangan diantara batuan, selain itu diperlukan pula kelebihan pasta semen sebanyak 10% dibandingkan dengan kebutuhan teoritis (Van Vlack, 1986:530).

Gambar 2.1 Prosentase material campuran beton

Beton merupakan sekumpulan reaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya (Nawy, 1985:8). Untuk itu, perlu diketahui pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen. Perencana dapat mengembangkan pemilihan material yang layak komposisinya sehingga diperoleh beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas

yang disyaratkan, dan memenuhi secara serviceability.

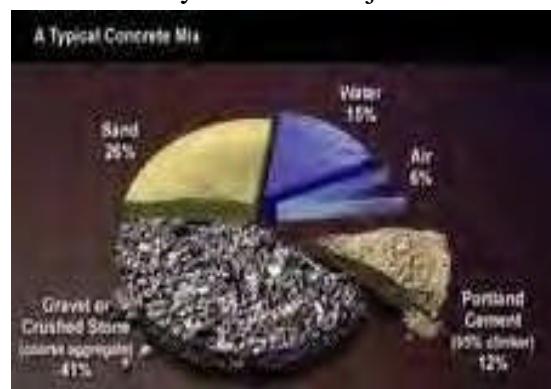
Masalah yang dihadapi adalah bagaimana merencanakan komposisi dari bahan-bahan penyusun agar dapat memenuhi spesifikasi teknis yang ditentukan. Oleh karenanya, perlu diketahui parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton, antara lain:

- 1) faktor air – semen
- 2) proporsi campuran material pembentuk beton
- 3) kebersihan, kekuatan dan gradasi aggregat
- 4) interaksi antara pasta semen dengan aggregat
- 5) proses pengecoran dan pemasakan beton
- 6) perawatan beton

2.2. Material Pembentuk Beton

2.2.1. Semen Portland (PC)

Semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis dengan gips sebagai bahan tambahan. Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu : trikalsium silikat (C3S), dikalsium silikat (C2S), trikalsium aluminat (C3A) dan tetrakalsium aluminofosfat (C4AF), selain itu pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil

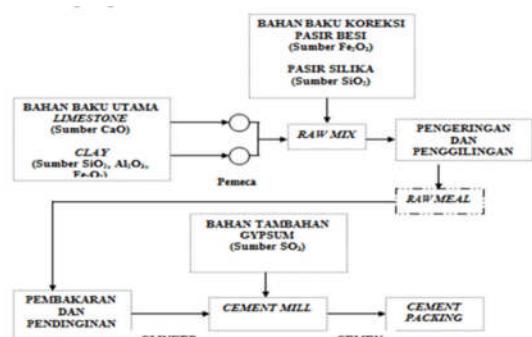


misalnya : MgO, TiO₂, Mn₂O₃, K₂O dan Na₂O. Soda atau potassium (Na₂O) dan

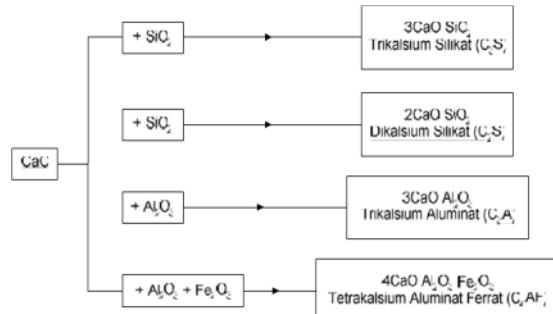
K₂O) Oksida utama pembentuk semen portland, antara lain:

1. Kapur (CaO), didapatkan dari batuan kapur
2. Silika (SiO₂), didapatkan dari tanah liat
3. Alumina (Al₂O₃), didapatkan dari tanah liat
4. Besi (Fe₂O₃), didapatkan dari tanah liat

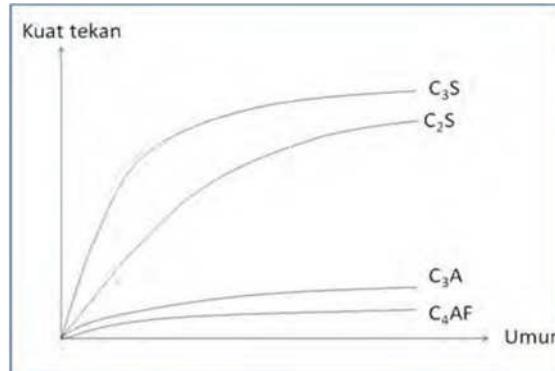
Proses pembuatan semen portland dapat digambarkan seperti berikut:



Proses pembentukan semen dari oksida utama



Senyawa gabungan semen dari oksida-oksida utama



Pengaruh senyawa semen terhadap kuat tekan beton

Standar industri di Amerika (ASTM) maupun di Indonesia (SNI) mengenal 5 jenis semen, yaitu :

- a. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- b. Jenis II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan Kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang sangat baik.

2.2.2. Aggregat

Aggregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Aggregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan aggregat merupakan bagian yang

sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi ukuran butir aggregat, karena bila butir-butir aggregat mempunyai ukuran yang seragam berakibat volume pori lebih besar tetapi bila ukuran butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butir yang lebih kecil akan mengisi pori di antara butiran yang lebih besar. Aggregat sebagai bahan penyusun beton diharapkan mempunyai kemampuan yang tinggi, sehingga volume pori dan bahan pengikat yang dibutuhkan lebih sedikit.

SNI 03-2834-1992 , BS 882 : 1973 dan ASTM C-33, mengklasifikasikan distribusi ukuran butiran aggregat halus menjadi empat daerah atau zone yaitu :

- 1) zone I (kasar)
- 2) zone II (agak kasar)
- 3) zone III (agak halus) dan
- 4) zone IV (halus) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan distribusi aggregat kasar yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Batasan Gradasi Agregat Halus Berdasarkan
BS 882 : 1973 dan ASTM C-33

Lubang Ayakan (mm) BS 410 mm +	Persen Berat Butir Lolos Ayakan Astm C33						
	ASTM E11-70 mm	BS 882 : 1973				ASTM C33	
		Gradasi Zone 1	Gradasi Zone 2	Gradasi Zone 3	Gradasi Zone 4		
10.00	9.50	100	100	100	100	100	
5.00	4.75	90-100	90-100	90-100	95-100	95-100	
2.36	2.36	60-95	75-100	85-100	95-100	95-100	
1.18	1.18	30-70	55-90	75-100	90-100	80-100	
0.60	0.60	15-34	35-59	60-79	80-100	50-85	
0.30	0.30	5-20	8-30	12-40	15-50	25-60	
0.15	0-15	0-10	0-10	0-10	0-15	2-10	

Sumber : ASTM C- 33

Tabel 2.2. Batasan Gradiasi Agregat kasar ASTM C-33

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir lolos Ayakan
37.5	
25.0	100
12.5	95-100
4.75	25-60
2.36	0-10

Sumber : ASTM C- 33

Jenis Agregat berdasarkan proses pengolahannya

- 1) Aggregat Alam. Aggregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Aggregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi.
- 2) Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya. Aggregat melalui proses pengolahan. Digunung-gunung atau dibukit-bukit, dan sungai-sungai sering ditemui aggregat yang masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai aggregat konstruksi jalan.
- 3) Aggregat Buatan. Aggregat yang merupakan mineral filler/pengisi (partikel dengan ukuran < 0,075 mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

Klasifikasi agregat berdasarkan besar partikelnya :

- 1) Agregat kasar, lebih besar dari 4,75mm (ASTM) dan atau lebih besar dari 2mm (AASHTO)
- 2) Agregat halus, kurang dari 4,75 mm (ASTM) dan atau 0,075 sampai 2 mm (AASHTO)

Berdasarkan ukuran aggregat dalam prakteknya secara umum digolongkan ke dalam 3 kelompok yaitu :

- 1) Batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm.
- 2) Kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
- 3) Pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Butiran yang lebih kecil dari 0,15 mm dinamakan "Silt" atau tanah . Aggregat kasar menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia perlu diuji ketahanannya terhadap keausan (dengan mesin Los Angeles).

Persyaratan mengenai ketahanan aggregat kasar beton terhadap keausan ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3. Batasan Abrasi Agregat kasar ASTM C-33

Kekuatan beton	Persen berat butir lolos Ayakan 1.7 mm (%)
Kelas I (sampai 10 Mpa)	50
Kelas II (sampai 10-20 Mpa)	40
Kelas III (> 20 Mpa)	27

Sumber : ASTM C-33

2.2.3. Air

Air adalah salah satu bahan yang penting dalam pembuatan beton, air diperlukan agar terjadi reaksi kimia dengan semen untuk membasahi aggregat dan untuk melumas aggregat agar mudah dalam penggerjaanya. Air yang umumnya dapat digunakan untuk beton adalah air yang dapat diminum. Tetapi tidak semua air dapat memenuhi syarat tersebut karena mengandung berbagai macam unsur yang dapat merugikan.

SK SNI S – 04 - 1989 - F mensyaratkan air yang yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan sebagai berikut :

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung benda yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam- asam, zat organik dan sebagainya) lebih
4. dari 15 gram/liter. Kandungan klorida(Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m sebagai SO₃.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10 %.
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaianya.
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 p.p.m.
8. Tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 p.p.m.

2.2.4. Bahan tambahan

Bahan tambah yaitu bahan selain unsur pokok pada beton (air, semen dan aggregat) yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum, segera atau selama pengadukan beton dengan tujuan mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau

setelah mengeras. Fungsi-fungsi bahan tambah antara lain: mempercepat pengerasan, menambah kelecanan (workability) beton segar, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang berakibat memperburuk sifat beton (Tjokodimuljo, 1996). Bahan tambah menurut maksud penggunaannya dibagi menjadi dua golongan yaitu admixtures dan additives.

Admixtures ialah semua bahan penyusun beton selain air, semen hidrolik dan agregat yang ditambahkan sebelum, segera atau selama proses pencampuran adukan di dalam batching, untuk merubah sifat beton baik dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Definisi additive lebih mengarah pada semua bahan yang ditambahkan dan digiling bersamaan pada saat proses produksi semen (Taylor, 1997). Menurut Tjokrodimuljo (1996), bahan tambah dapat dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu :

a) Chemical Admixtures merupakan bahan tambah bersifat kimiawi yang dicampurkan pada adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras, misalnya sifat penggerjaannya yang lebih mudah dan waktu pengikatan yang lebih lambat atau lebih cepat. Superplasticizer merupakan salah satu jenis chemical admixture yang sering ditambahkan pada beton segar. Pada dasarnya penambahan superplasticizer dimaksudkan untuk meningkatkan kelecanan, mengurangi

jumlah air yang diperlukan dalam pencampuran (faktor air semen), mengurangi slump loss, mencegah timbulnya bleeding dan segregasi, menambah kadar udara (air content) serta memperlambat waktu pengikatan (setting time).

b) Pozolan (pozzolan) merupakan bahan tambah yang berasal dari alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif. Pozolan sendiri tidak mempunyai sifat semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton atau mortar (sampai batas tertentu dapat menggantikan semen), untuk memperbaiki kelecanan (workability), membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas) dan menambah ketahanan beton atau mortar terhadap serangan bahan kimia yang bersifat agresif. Penambahan pozolan juga dapat meningkatkan kuat tekan beton karena adanya reaksi pengikatan kapur bebas (Ca(OH)_2) oleh silikat atau aluminat menjadi tobermorite ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Pozolan yang saat ini telah banyak diteliti dan digunakan antara lain silca fume, fly ash, tras alam dan abu sekam padi (Rice Husk Ash).

c) Serat (fibre) merupakan bahan tambah yang berupa asbestos, gelas /kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (rami, ijuk). Penambahan serat ini dimaksudkan untuk meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan ketahanan beton terhadap beban kejut (impact load) sehingga dapat

meningkatkan keawetan/durabilitas beton, misalnya pada perkasan jalan raya atau lapangan udara, spillway serta pada bagian struktur beton yang tipis untuk mencegah timbulnya keretakan.

Semen Portland (PC) untuk berbagai tipe (yang memenuhi spesifikasi standar ASTM C 150) dapat digunakan untuk memperoleh campuran beton dengan kekuatan tekan lebih dari 50 MPa. Untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih tinggi saat mempertahankan workability yang baik, sangat perlu untuk menggunakan admixture yang dikombinasikan dengan campuran semen. Admixture dapat diartikan sebagai bahan campuran kimiawi yang dicampurkan/ditambahkan pada saat atau selama pelaksanaan pengadukan. Dalam penelitian ini kami menggunakan jenis Chemical Admixture sebagai bahan tambahan dan type dari Admixture tersebut adalah Jenis Type F: *Water-reducing, high range admixtures*

Water-reducing, high range admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampur, sebanyak 12% atau lebih. Jenis admixture ini dapat berupa superplasticizer, dimana dapat meningkatkan slump beton sampai 8 inch. Dosis yang disarankan adalah 1.0% - 2.0% dari berat semen.

2.3. Workability Beton

Kata workability atau kelecekan dipakai untuk menggambarkan kemudahan beton untuk dapat dikerjakan dalam hal pembentukan, pemanfaatan dan transportasi. Newman menambahkan bahwa rumusan workability sekurang-kurangnya harus mempunyai tiga sifat, yaitu :

- 1) Kompaktibilit

- 2) Kemudahan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat dihilangkan.
- 3) Stabilitas
- 4) Kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan tanpa terjadi segregasi.
- 5) Mobilitas
- 6) Kemudahan dimana beton dapat mudah mengalir ke dalam cetakan di sekitar tulangan.
- 7) Di Indonesia sendiri pengetesan yang sering dilakukan untuk mengukur kelecekan adalah dengan slump test.
- 8) Kelecekan atau workability dipengaruhi oleh banyak hal, antara lain :
 - a) Komposisi beton
 - b) Konsistensi normal semen
 - c) Admixture yang digunakan
 - d) Mobilitas, setelah aliran dimulai
 - e) Kohesi atau perlawanan terhadap pemisahan bahan-bahan
 - f) Banyaknya air yang digunakan dalam campuran beton
 - g) Gradiasi campuran antara aggregat kasar dan aggregat halus

2.4. Karakteristik Kuat Tekan Beton

Beton merupakan struktur yang sangat kuat terhadap beban tekan. Sedangkan kekuatan tarik sangat baik ditahan oleh material baja. Perpaduan kedua material tersebut akan memberikan kekuatan yang melengkapi. Oleh karenanya, penggunaan struktur beton bertulang dan beton prategang menjadi sangat penting ketika struktur tersebut diperlukan untuk beban yang besar. Kekuatan tekan beton tersebut menjadi sangat penting untuk mengimbangi kekuatan tarik baja yang sangat besar.

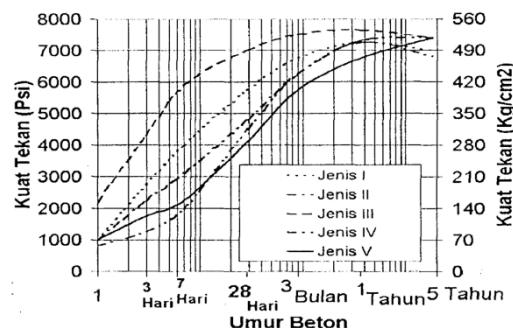
Kuat tekan beton adalah besarnya beban yang bekerja pada satuan luas beton, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton karakteristik merupakan kuat tekan beton yang diukur saat benda uji berumur 28 hari. Perencanaan campuran beton harus memperhatikan karakteristik material penyusunya. Proporsi material untuk campuran beton harus ditentukan untuk menghasilkan sifat kelecekan dan konsistensi yang menjadikan beton mudah dicor ke dalam cetakan dan ke celah di sekeliling tulangan dengan berbagai kondisi pelaksanaan pengecoran, tanpa terjadinya segregasi dan bleeding yang berlebih.

Kuat tekan dari beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti:

- Jenis semen dan kualitasnya mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
- Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun tarik lebih besar daripada penggunaan kerikil halus.
- Kualitas dari perawatan (Curing) Curing secara umum dipahami sebagai perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton, segera setelah proses finishing beton selesai dan waktu total setting tercapai. Atau dengan istilah lain Memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton

yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak . Suhu ikat pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku (0°C) kuat tekan akan tetap rendah pada waktu yang lama.

- Umur . Pada keadaan normal, kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton itu. Kecepatan bertambahnya kuat tekan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : Jenis semen, fas dan suhu perawatan. Semakin tinggi nilai fas semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya (Tjokrodimuljo, 1996).



3. METODE PENELITIAN

- Studi kepustakaan dan konsultasi Dalam penggunaan campuran beton, berdasarkan BS 882:1973 dan ASTM C - 33 pada buku Bahan dan Praktek Beton (L.J. Murdock,dkk.), disarankan gradasi agregat memenuhi syarat-syarat lolos

ayakan yang ada. Untuk agregat halus ageregar kasar disyaratkan gradasi yang terletak diantara satu dari empat batasan BS 882 : 1973 atau ASTM C-33.

Ukuran agregat dalam prakteknya secara umum digolongkan ke dalam 3 kelompok yaitu :

- a. Batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
- c. Pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.
- d. Butiran yang lebih kecil dari 0,15 mm dinamakan "Silt" atau tanah (Tjokrodimuljo,1996).

Agregat kasar menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia perlu diuji ketahanannya terhadap keausan (dengan mesin Los Angeles). Persyaratan mengenai ketahanan agregat kasar beton terhadap keausan ditunjukkan pada Tabel 2.3 pada pembahasan diatas

Konsep analisa perencanaan campuran beton yang menggunakan abu batu sebagai pengganti pasir tersebut adalah berdasarkan ketersediaan material pasir yang semakin menipis dan tersedianya material pasir buatan / Abu batu yang semakin banyak di pasaran, serta dari harga juga sangat jauh selisihnya sehingga memungkinkan untuk dipergunakan dengan landasan :

- 1) Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I – 2
- 2) SNI 1972-2008 (Cara Uji Slump Beton)

3.2. Persiapan alat dan bahan

3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan

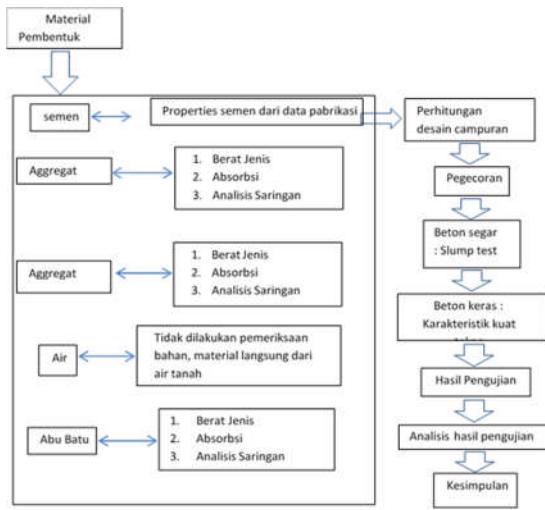
Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000) serta melakukan pengujian kuat tekan beton (SNI 03-1974-1990) dengan kebutuhan alat sebagai berikut :

- 1) Slump
- 2) Timbangan digital
- 3) Agregat halus (pasir)
- 4) Agregat kasar (kerikil)
- 5) Semen portland tipe I
- 6) Air
- 7) Wadah
- 8) Sendok semen
- 9) Mold silinder,diameter 10 cm dan tinggi 20 cm
- 10) Universal Testing Machine (UTM)

3.3. Standar Pengujian

Bahan-bahan sebagai dasar campuran beton harus merupakan material yang baik dan memenuhi standar yang berlaku. Pengujian dan pemeriksaan bahan serta benda uji dilakukan berdasarkan aturan-aturan dalam Instruksi Kerja PT Wija Karya Beton, Tbk, American Society for Testing and Materials (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pemeriksaan material berupa semen tidak dilakukan dan datanya langsung didapatkan dari pabrikasi. Air yang digunakan dalam campuran langsung didapatkan dari air tanah yang tentunya setelah dilakukan uji (pengujian air untuk campuran beton segar /Fresh Concrete) .

Berikut bagan alir tahapan pemeriksaan bahan dan benda uji penelitian



Alur pemeriksaan dan pengujian

3.4. Bahan Baku Penelitian

1) Semen

Semen yang digunakan adalah semen hidrolis Portland Cement (PC) Gresik yang peruntukannya untuk keperluan umum.

2) Aggregat Kasar

Aggregat kasar yang digunakan berasal ex Ciguded dari PT. Wika Crushing Plant-Bogor.

3) Aggregat Halus

Aggregat halus yang digunakan merupakan material pasir ex.Galunggung.

4) Abu Batu

Abu batu yang digunakan adalah abu batu ex Ciguded dari PT. Wika Crushing Plant-Bogor.

5) Air

Air yang digunakan merupakan air tanah Pabrik Produk Beton Bogor. Pemeriksaan karakteristik air tidak dilakukan.

6) Bahan Tambahan cair /Admixture

Admixture yang digunakan adalah Kao Mihgty SA-1, merupakan cairan kimia

yang dibuat oleh PT. Kao Indonesia dengan kandungan solid contennya adalah 42-43% dari volume admixture.

3.5. Perhitungan Desain Campuran

Penelitian perencanaan campuran beton (mix design) dan pengujian kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium PT. Wijaya Karya Beton, Tbk (Pabrik Produk Beton Cileungsi Bogor), pada 22 April hingga 30 April 2019. Langkah awal dalam penelitian ini yaitu dilakukannya pengendalian kualitas dan mutu beton dengan mix design. Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan Instruksi Kerja Perencanaan Campuran dan Pembuatan Beton PT. Wijaya Karya Beton, Tbk (PPB Bogor) dengan menggunakan metode DOE dan saduran SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.

Berikut adalah contoh pembuatan mix design untuk benda uji AB-2 yaitu penambahan abu batu sebesar 25% volume pasir:

Langkah Pembuatan design (DOE) sebagai berikut :

- 1) Menentukan kuat tekan karakteristik yang disyaratkan pada 28 hari (K) Perencanaan untuk beton mutu 600 kg/cm², produk beton centrifugal non-steam.
- 2) Menentukan target kuat tekan rata rata yang ingin dicapai $\bar{f}_{cm} = \bar{f}_{ck} + k \cdot SD$; $k = 1.64$; SD = berdasar empiris PPB Bogor, diambil $30 \sigma_{cm} = 649 \text{ kg/cm}^2$.
- 3) Superplasticizer, Kao Mighty SA-1, dosis ditetapkan 1.7% dari berat semen.. Penggunaan superplasticizer

- menyebabkan reduksi air sebesar 17% - 20% dari kadar 1% superplasticizer.
- 4) Menentukan faktor air semen (fas) bebas, berdasarkan tabel berikut:

Tabel 3.1 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,5

Jenis Semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (N/mm ²) pada umur (hari)			
		3	7	28	91
Semen Portland S-550	Alami (koral)	20	28	40	46
	Batu pecah (split)	23	32	45	53
Semen Portland S-475	Alam (koral)	13	19	31	42
	Batu pecah (split)				

Berdasar persamaan diatas, untuk mutu beton 600 kg/cm² umur 28 hari dan jenis semen biasa diperlukan nilai faktor air semen sebesar : Fas bebas = (42.5/64.9)x0.5 = 0.327

Adapun Fas yang dipakai pada penelitian ini adalah fas maksimal, dimana nilainya berdasarkan trial atau pengalaman di Laboratorium PT. Wijaya Karya Beton, Tbk (PPB Bogor) yaitu diambil fas maksimal 0.271

- 5) Berdasar nilai slump dan ukuran agregat maksimum yang dipakai, dapat diperoleh nilai kadar air bebas sebesar:

Tabel 3.2 Perkiraan kadar air bebas

Ukuran maksimum aggregate (mm)	Jenis agregat	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	190
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} \times 180 + \frac{1}{3} \times 210 = 190 \text{ ltr}$$

Penambahan superplasticizer mereduksi kebutuhan air: $1.5 \times 17\% \times 190 = 49 \text{ ltr}$, Kadar air kebutuhan menjadi sebesar 142 ltr/m³ beton

- 6) Menentukan faktor air semen (fas) bebas, berdasarkan tabel berikut, kadar semen dihitung dari perbandingan FAS

Kadar semen initial = $142 / 0.306 = 461 \text{ kg/m}^3$ beton, ditentukan kadar semen maximal adalah 470 kg/m^3 dan fas yang disesuaikan sebesar $142/470 = 0.302$

- 7) Prosentase aggregat halus terhadap aggregat total ditetapkan sebesar 42%, kemudian aggregat halus sendiri dibagi dua yaitu 25% abu batu dan 75 % pasir. Dari data b.j aggregat kasar dan halus, dapat dihitung nilai b.j aggregat gabungan, $> b.j \text{ agg gabungan} = 42\% \times 75\% \times 2.593 + 42\% \times 25\% \times 2.610 + 58\% \times 2.595 = 2.596 \text{ g/cm}^3$.
- 8) Kadar agg gabungan adalah = $\{1000 - (470/3.14) + 142/1.0 + (1.7\% \times 470)/1.2\} \times 2.596 = 1814 \text{ kg/m}^3$ beton
- 9) Berat jenis beton ditetapkan sebesar = $470 + 141 + 7.99 + 1814 = 2426 \text{ kg/m}^3$
- 10) Kadar agg gabungan adalah = 1814 kg/m^3 beton/
- 11) Kadar aggregat halus (pasir) $0.42 \times 1814 \times 0.75 = 572 \text{ kg/m}^3$ beton
- 12) Kadar abu batu $0.42 \times 1814 \times 0.25 = 191 \text{ kg/m}^3$ beton
- 13) Kadar aggregat kasar $0.58 \times 1814 = 1052 \text{ kg/m}^3$ beton

Tabel 3.3 Kebutuhan material per m³ beton

Kebutuhan Material (m ³)	Prosentase Abu batu sebagai pengganti sebagian pasir			
	AB-1 (0%)	AB-2 (25%)	AB-3 (50%)	AB-4 (75%)
Semen (kg)	470	470	470	470
Air (ltr)	142	142	142	142
Admixture (ltr)	7.99	7.99	7.99	7.99
Pasir (kg)	762	572	381	191
Abu batu (kg)	0	191	381	572
Agg. Kasar (kg)	1052	1052	1052	1052

4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Material

Kekuatan beton merupakan fungsi dari material penyusunnya, seperti semen, abu batu, split, pasir, air dan superplasticizer. Analisis terhadap material tersebut perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh tiap

penyusun tersebut. Kebutuhan analisis semen, air dan superplasticizer tidak dilakukan, data langsung didapatkan dari pabrikasi produsen.

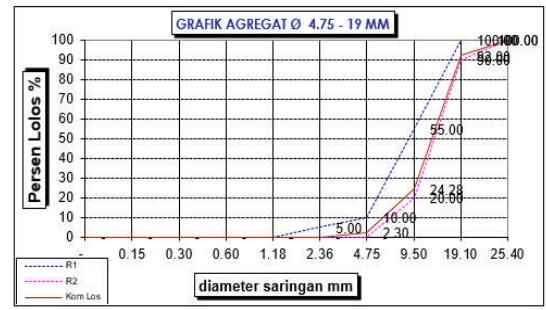
4.1.1 Aggregat kasar (split)

Aggregat kasar yang digunakan merupakan batuan pecah dengan ukuran 10 - 20 mm, bentuk kubikal dan tidak banyak yang pipih . Aggregat kasar yang digunakan memiliki karakteristik sebagai berikut:

Tabel 4.1. Data Material Batu Split

No.	Spesifikasi	Batu / Split	Standar
1	Berat Jenis SSD	2.595	>2.5%
2	Absorbsi	1.20%	
3	Modulus Halus	6.81	6.30 sd 6.90
4	Kadar lumpur	2.25%	<3%
5	Abrasi/Loss Anggless	23.4	< 27 %

data pengujian terlampir

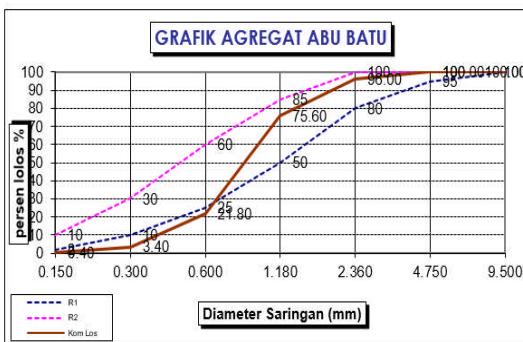
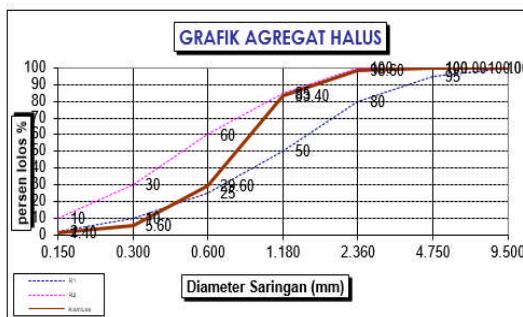


4.1.2. Aggregat halus

Material aggregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu dan pasir. Dari analisis ini diketahui bahwa abu batu mempunyai sifat yang tidak jauh berbeda dengan material pasir. Berikut adalah data dari pengujian material aggregat halus :

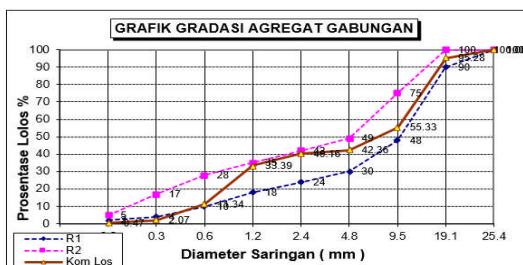
Tabel 4.2. Data Material Pasir dan Abu batu

No.	Spesifikasi	Pasir	Abu Batu	Standar
1	Berat Jenis SSD	2.593	2.610	>2.5%
2	Absorbsi	1.84%	2.62%	
3	Gradasi			
4	Kadar lumpur	3.50%	2.0 %	<5%
5	Modulus Halus	2.81	3.03	2.30 sd 3.10



4.1.3. Aggregat gabungan

Material aggregat gabungan merupakan gabungan antara aggregate halus dan aggregate kasar yang sudah dilakukan kombinasi gabungan prosentase yang diindikasikan melalui gragdasi gabungan. Berikut adalah data dari pengujian material aggregat gabungan :

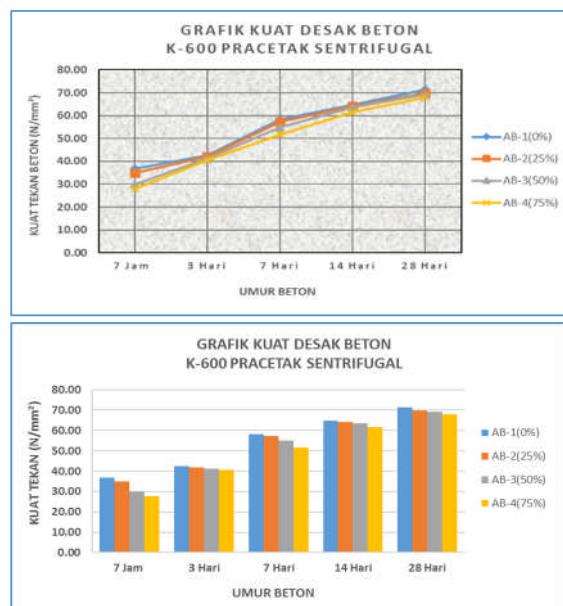


Gambar 4.4 Analisis saringan aggregat Gabungan

4.2. Analisis Kuat Desak (tekan) Beton

Pengujian kuat tekan beton dinyatakan dalam satuan tegangan, $\sigma = P/A$ (N/mm²). Pada pengujian kuat tekan ini digunakan sampel kubus 15x15x15 cm³. Berikut hasil pemeriksaan kuat tekan beton di laboratorium:

Uraian	Capaian Mutu Beton (N/mm ²)				
	7 jam	3	7	14	28
AB-1(0%)	36.85	42.63	58.29	64.67	71.36
AB-2(25%)	34.97	42.03	57.26	64.21	69.68
AB-3(50%)	29.92	41.28	54.91	63.65	69.16
AB-4(75%)	27.86	40.59	51.67	61.52	67.99



Tabel 4.4. Perbandingan Kuat tekan Beton AB (0%)

Uraian	Umur Beton (hari)				Keterangan
	3	7	14	28	
Kuat Tekan (N/mm ²)	42.63	58.29	64.67	71.36	
Prosentase Capaian	60%	82%	91%	100%	

Tabel 4.5. Perbandingan Kuat tekan Beton AB (25 %)

Uraian	Umur Beton (hari)				Keterangan
	3	7	14	28	
Kuat Tekan (N/mm ²)	34.97	57.26	64.21	69.68	
Prosentase Capaian	50%	82%	92%	100%	

4.3. Analisis Efisiensi Biaya

Saat ini Abu batu rata-rata dipasaran dijual dengan harga ± Rp.189.000,-/m³, harga ini tentu saja lebih murah dibandingkan pasir HPP Bogor sebesar Rp.280.500,-/m³. Dengan adanya data diatas yang menyatakan bahwa abu batu dapat digunakan sebagai pengganti pasir. maka dengan penggunaan 25 % abu batu sebagai pengganti pasir, efisiensi yang bisa didapat adalah sebesar Rp. 12,534.4 /m³ dan penggunaan 50% abu batu efisiensi yang didapat adalah Rp. 24,874.67/m³.

Spesifikasi	Harga Satuan	Abu Batu (0%)	Abu Batu (25%)	Abu Batu (50%)
Semen	Rp 860,-/kg	Rp 404,200.00	Rp 404,200.00	Rp 404,200.00
Admixture	Rp 11,095,-/lt	Rp 88,649.05	Rp 88,649.05	Rp 88,649.05
Air	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Pasir	Rp 280,500,-/m ³	Rp 148,888.24	Rp 111,617.65	Rp 74,541.18
Abu Batu	Rp 189,000,-/m ³	Rp -	Rp 24,736.20	Rp 49,472.39
Split	Rp 245,500,-/m ³	Rp 185,840.86	Rp 185,840.86	Rp 185,840.86
Total		Rp 827,578.15	Rp 815,043.75	Rp 802,703.48

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Abu batu pada benda uji AB-2 (25%) dan AB-3 (50%) dapat digunakan sebagai pengganti pasir karena secara kuat tekan dan workability sesuai dengan yang direncanakan.
2. Pada penelitian ini diketahui bahwa prosentase abu batu yang optimum sebagai pengganti sebagian pasir antara 25 % s.d 50%, dengan kuat tekan umur 28 hari adalah 69.68 N/mm² dan 69.16 N/mm². Sementara pada benda uji AB-1 (0%) kuat tekan sebesar 71.36 N/mm² dan AB-4 (75%) sebesar 67.99 N/mm² dengan catatan bahwa benda uji AB-4 terlihat bahwa saat pengecoran, adonan sulit untuk dikerjakan.
3. Efisiensi yang didapat dengan mengganti 25 % pasir dengan abu batu adalah sebesar . Rp. 12,534.4 /m³ adukan beton atau setara 1,5% harga total satu m³ beton normal. Dan penggunaan 50 % abu batu efisiensi

yang didapat Rp. 24,874.67/m³.atau setara 3,00% harga total satu m³ beton normal

5.2. Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan tentang abu batu dengan prosentase antara 20 % s.d 50 % berat pasir, agar diketahui prosentase terbaik dengan range/jarak data yang lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

Brook KM. 2003. Bahan dan Praktek Beton Cetakan Ketiga. Jakarta (ID): Erlangga.

Hamid A, Suraatmdja, Sihotang A. 2007. Pengaruh modulus kehalusan pasir pada beton dengan mixed design metode ACI. J Teknik Sipil. 5(1): 12-16.

Jumiati, Alamsyah, Enda D. 2012. Perbandingan efisiensi dengan menggunakan metode ACI dan metode SNI untuk mutu beton K-250. J Ilmiah Mahasiswa.1(1): 133-139.

Kandi YS. 2012. Substitusi agregat halus beton menggunakan kapur alam dan menggunakan pasir laut pada campuran beton. J Teknik Sipil. 1(4): 74-86. Kartini W. 2007. Penggunaan serat polypropylene untuk meningkatkan kuat Tarik belah beton. J Rekayasa Perencanaan. 4 (1): 1-13.

Kusnadi, Sulistyorini D. Pengaruh penambahan superplastisizer terhadap campuran beton ringan yang

menggunakan Styrofoam. INERSIA. 7(2): 124-140.

Mehta PK. 1986. Structure, Properties, and Materials. New Jersey (US): Prentice

ASTM – C.125-94, Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates,

Philadelphia-USA: ASTM Volume 04.02 Concrete and Aggregates, 1995. pp, 61-63.

Miller, M. Michael, LIME in 1997, Download from <http://www.lime.org> published by the U.S.

Bureau of Mines 1999. Download date at 20 Oktober 2005.

ASTM – C.294-91, Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Natural Mineral

Aggregates, Philadelphia-USA: ASTM Volume 04.02 Concrete and Aggregates, 1995, pp. 169-175.

SNI 03-2834 – 1993 : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Untuk Beton Normal.

C33/C33M - 08 Standard Specification for Concrete Aggregates , aggregates, coarse aggregate, concrete aggregates, fine aggregate, Aggregate-- specifications ...