

JURNAL FORUM MEKANIKA

Volume 7 - Nomor 1

Mei 2018

ISSN : 2356-1491

PENGARUH FLY ASH DENGAN PENAMBAHAN CACAHAN KARET, SILICA FUME DAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP BETON

TRI YUHANAH; TOMMY IDUWIN; BUDI WICAKSONO

PERILAKU STRUKTUR TOWER TRANSMISI TIPE SUSPENSION TERHADAP BEBAN ANGIN

MUHAMMAD SOFYAN; DICKI DIAN PURNAMA; ABDUL ROKHMAN

IDENTIFIKASI PENYEBAB KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG TINGGI

RETNA KRISTIANA; SLAMET

STUDI SIFAT MEKANIS TANAH MERAH DENGAN PENGUJIAN TRIAKSIAL

REFFANDA KURNIAWAN RUSTAM

ANALISIS PENGARUH BESAR BUTIRAN AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL

IKA SULIANTI; AMIRUDDIN; RIO SHAPUTRA; DARYOKO

ANALISIS BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR PADA RUAS SUNGAI CILIWUNG STA 7+646 S/D STA 15+049

IKA SARI DAMAYANTHI SEBAYANG; MELIANA PARLINA

ANALISIS KELAYAKAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN JALAN PENGHUBUNG (MISSING LINK) ANTARA DESA SIKUR SAMPAI DESA PAOKMOTONG KABUPATEN LOMBOK TIMUR

DESSY ANGGA AFRIANTI; SIGIT IRFANSYAH; MEYRISSA PUTRI DEWANDARI



SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN (STT-PLN)

JURNAL FORUM MEKANIKA

VOL. 7 NO. 1

HAL. 1 - 58

JAKARTA, MEI 2018

ISSN : 2356-1491

PENGARUH *FLY ASH* DENGAN PENAMBAHAN CACAHAN KARET, *SILICA FUME* DAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP BETON

TRI YUHANAH

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik - PLN
E-mail : triyuhanah@gmail.com.

TOMMY IDUWIN

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik - PLN
E-mail : tommy.iduwin@gmail.com

BUDI WICAKSONO

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik - PLN
E-mail : budi.wicaksono.bon@gmail.com

Abstrak

Seiring dengan majunya perkembangan dilakukan gerakan aksi lingkungan, perusakan sistematis alam, mulai diusahakan untuk dikurangi, sehingga perlu adanya pemikiran penggunaan jenis sumber campuran baru yang dapat digunakan dalam pembuatan beton. Pemanfaatan limbah abu terbang (fly ash) dan cacahan karet pada beton diharapkan dapat menanggulangi dampak pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengaruh variasi abu terbang (fly ash) dengan penambahan cacahan karet dan dengan bahan tambah (admixture) seperti silica fume dan superplasticizer pada campuran beton dapat meningkatkan kualitas pada beton. Sampel penelitian dibuat dengan perbandingan fly ash Bangka dengan fly ash Suralaya sebesar 0%, 10% dari berat semen dan cacahan karet 5% dari berat agregat halus dengan silica fume 4% dari berat semen yang sudah dikurangi dengan berat fly ash dan ditambah dengan superplasticizer sebesar 2 % dari kebutuhan air. Pengujian sampel pada umur 7, 14, 28 hari, untuk mengetahui kekuatan tekan, slump maupun setting time beton.

Kata kunci : Fly Ash, Kuat Tekan, Setting Time, Silica Fume, Superplasticizer

Abstract

Along with the progress of environmental action movement, the systematic destruction of nature, began to be reduced, so it is necessary to think about the use of new types of mixed sources that can be used in the manufacture of concrete. Utilization of fly ash and rubber debris on concrete is expected to cope with the impact of environmental pollution. Therefore, the effect of variations of fly ash with the addition of rubber shards and with added materials (admixture) such as silica fume and superplasticizer on concrete mixes can improve the quality of concrete. The samples of the study were made by comparison of fly ash Bangka with fly ash Suralaya by 0%, 10% of the weight of cement and 5% of fine weight aggregate with silica fume 4% of the weight of cement that has been reduced by the weight of fly ash and supplemented by a superplasticizer of 2% water needs. Testing sample at age 7, 14, 28 days, to know compressive strength, slump and concrete time setting.

Keywords: Fly Ash, Strength, Setting Time, Silica Fume, Superplasticizer

I. Latar Belakang

Beton merupakan suatu material campuran yang terdiri dari pasir (agregat halus), kerikil (agregat kasar), semen, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) dengan perbandingan tertentu yang akan membentuk beton segar. Akan tetapi seiring dengan majunya perkembangan dilakukan gerakan aksi lingkungan, perusakan

sistematis alam, mulai diusahakan untuk dikurangi, sehingga perlu adanya pemikiran penggunaan jenis sumber campuran baru yang dapat digunakan dalam pembuatan beton. Teknologi beton memungkinkan penggunaan limbah menjadi bahan dasar pembuatan beton sehingga di satu sisi penggunaan material yang berasal dari alam yang dapat merusak lingkungan dapat dibatasi, dan dilain sisi bahan

limbah ini dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin sebagai bahan material pembuatan beton. Dengan adanya fenomena tersebut, banyak orang mencoba memanfaatkan limbah untuk dipergunakan dalam campuran beton, seperti limbah plastik, limbah ban, limbah baja, limbah *sterofoam* dan abu terbang (*Fly Ash*).

Fly Ash dihasilkan dari pembakaran batu bara di PLTU, seiring dengan meningkatnya pembangunan PLTU berbahan bakar batu bara di Indonesia, maka jumlah limbah abu terbang juga akan meningkat. Jika limbah ini tidak dimanfaatkan secara besar-besaran akan menjadi masalah pencemaran lingkungan, yang mana dampak dari pencemaran akibat abu terbang (*Fly Ash*) sangat berbahaya baik bagi kesehatan, lingkungan dan limbah tersebut tergolong dalam limbah B-3. Limbah abu terbang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah pengganti semen. Penggunaan material *fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material ini yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat ditinjau dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Secara fisik, material *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya.

Penggunaan limbah padat sebagai substitusi material pada industri beton bukanlah hal yang baru. Namun penggunaan limbah padat sebagai pengganti agregat pada beton beberapa tahun belakangan ini semakin meningkat sebagai solusi yang cukup menjanjikan untuk mengurangi limbah padat yang bersifat anorganik (Nadim, Nasser, 2012)¹. Limbah anorganik adalah limbah yang tidak dapat terurai oleh alam sehingga dapat dikatakan sebagai polusi lingkungan. Salah satu contoh limbah anorganik adalah limbah ban karet. Dimana, produksi ban tiap tahun terus meningkat sejalan dengan meningkatnya industri otomotif dan kebutuhan pasar domestik maupun untuk ekspor (Pane, 2012)². Sehingga tiap tahun akan semakin banyak limbah ban yang tidak terpakai yang dapat menjadi polusi lingkungan. Berkaca dari hasil tersebut maka diperlukan alternatif dalam pengolahan limbah karet ban bekas tersebut. Salah satu sifat positif yang didapatkan dari limbah karet adalah sifatnya yang tahan terhadap air, memiliki sifat fleksibilitas dan lentur yang baik serta dapat meredam getaran. Pemakaian agregat yang diambil dari alam sebagai bahan pembuatan campuran beton secara ekonomis cukup mahal, maka pemakaian limbah ban bekas sebagai bahan substitusi untuk mengganti sebagian agregat halus dalam campuran beton menjadi alternatif agar dapat mereduksi pengeluaran biaya dan mengatasi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah ban bekas dan diharapkan dapat menghasilkan suatu alternatif beton yang ramah lingkungan dan memiliki kemampuan dalam menahan beban.

Penelitian ini akan menggunakan bahan tambah seperti *superplasticizer* dan *silica fume*. Untuk pemakaian *superplasticizer* sendiri dalam campuran beton bisa mempermudah pelaksanaan serta mengurangi penggunaan air (dengan menggunakan faktor air semen kecil) pada beton sehingga beton memiliki mutu kekentalan yang tinggi. Mengurangi air pada beton itu sendiri untuk mendapatkan beton bermutu tinggi dan mencegah terjadinya keropos akibat pemadatan yang tidak maksimal. Salah satu bahan *superplasticizer* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *sika viscocrete-3115N*. *Silica fume* merupakan produk sampingan sebagai abu pembakaran dari proses pembuatan *silicon metal* atau *silicon alloy* dalam tungku pembakaran listrik. Mikrosilika ini bersifat pozzolan, dengan kadar kandungan senyawa silica-dioksida (SiO_2) yang sangat tinggi ($> 90\%$) dan ukuran butiran partikel yang sangat halus, yaitu sekitar 1/100 ukuran rata-rata partikel semen. Dengan demikian penggunaan mikrosilika pada umumnya akan memberikan sumbangan yang lebih efektif pada kinerja beton, terutama untuk beton bermutu sangat tinggi. Selain itu juga dapat meningkatkan ikatan pasta beton dengan agregat yang menghasilkan kekuatan beton lebih tinggi. Maka dari itu, untuk penggunaan *silica fume* sendiri untuk mengurangi jumlah semen pada campuran beton, sehingga dapat menanggulangi dampak pemakaian semen yang terlalu banyak.

Penambahan *Superplasticizer* dapat memperbaiki *workability* namun tidak terpengaruh besar dalam meningkatkan kuat tekan beton untuk faktor air semen yang diberikan. Namun penggunaan *superplasticizer* untuk beton mutu tinggi secara umum sangat berhubungan dengan pengurangan jumlah air dalam campuran beton. *Superplasticizer* yang digunakan yaitu *Visconcrete 3115 N*, adalah bahan tambahan kimia yang termasuk dalam jenis *Sulfonated naphthalene-formaldehyde condensates* dan merupakan *admixture* tipe F.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Menentukan klasifikasinya abu terbang (*fly ash*) dari Bangka dan Suralaya
2. Bagaimana pengaruh abu terbang (*fly ash*) dari Bangka dan Suralaya dengan kadar 0%, 10% dari berat semen dengan cacahan karet 5% dari berat agregat halus, bahan tambah *superplasticizer* dengan kadar 2% dari jumlah air dan *silica fume* dengan kadar 4% dari berat semen, terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton, nilai *slump test* (*workability*), *setting time* beton?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan *fly ash* dari Bangka dan Suralaya dengan cacahan karet

dan bahan tambah *silica fume* dan *superplasticizer* pada beton K-375.

Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton, kuat tarik belah, nilai *slump test* serta *setting time* pada saat pengecoran beton, terhadap pengaruh menggunakan limbah abu terbang (*fly ash*) dari Bangka dan Suralaya 0%, 10% dari berat semen, dengan cacahan karet 5% dan bahan tambah *superplasticizer* sebesar 2 % dari kebutuhan air serta *silica fume* 4% dari berat semen.

III. Landasan Teori

Pengaruh Abu Terbang (*Fly Ash*)

Pengaruh abu terbang dalam beton mutu tinggi adalah sifat *Pozzolan* dari abu terbang yang halus membuat beton lebih padat sehingga dapat memperkecil pori-pori pada beton dan dengan takaran yang tepat abu terbang terbukti dapat meningkatkan kekuatan beton (Mardiono, 2011)³. Metode ACI 211-4R-1993 yang dikombinasikan dengan metode Hasimoto semakin besar kadar abu terbang, maka kecacakan beton semakin bertambah, membuat adukan menjadi *kohesif*, tidak terjadi *segregasi* dan memperlambat pengikatan awal dan pengikatan akhir beton, (I Wayan Suamita, 2011)⁴. Pemakaian abu terbang dalam campuran beton yang digunakan menurunkan hidrasi pada *mass concrete*. Hasilnya menunjukkan bahwa *pozzolan* merupakan material yang dapat dimanfaatkan sebagai campuran beton dengan memberikan hasil yang cukup baik dan harganya relatif murah (Marzuki, 1996). Abu terbang atau bahan *pozzolan* lainnya yang digunakan sebagai bahan tambahan harus memenuhi “Spesifikasi untuk abu terbang dan *pozzolan* alami murni untuk digunakan sebagai bahan tambahan mineral pada beton semen portland” (ASTM C618). SNI 03-2460-1991⁵ (Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambahan untuk Campuran Beton) Menurut klasifikasinya abu terbang (*fly ash*) dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu :

a. Kelas C

- Abu terbang (*Fly ash*) yang mengandung CaO di atas 10%, dan abu terbang (*Fly ash*) yang dihasilkan melalui pembakaran *lignit* atau batu bara dengan kadar karbon \pm 60% atau sub *bitumen*.
- Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.
- Kadar Na₂O mencapai 10%.
- Memiliki sifat *pozzolanik* dan *hidrolis*.

b. Kelas F

- Abu terbang (*Fly ash*) yang mengandung CaO yang lebih kecil 10%, dan abu terbang (*Fly ash*) yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *anthracite*

pada suhu 1560°C Abu terbang (*Fly ash*) ini mempunyai sifat *pozzolan*.

- Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%.
- Kadar Na₂O < 5%.
- Memiliki sifat *pozzolanik* dan *hidrolis* yang lebih tinggi dari abu terbang (*Fly ash*) C.

c. Kelas N

- *Pozzolan* alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opalinechertz* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, dimana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat *pozzolan* yang baik.

Pengaruh *Silica Fume*

Silica fume adalah material *pozzolan* yang sangat halus yang sebagian besar terdiri dari unsur *silica*, yang dihasilkan dari tanur tinggi sebagai produk sampingan industri metal silikon (ASTM C 1240). *Silica fume* berwarna abu-abu, diameter butiran rata-rata 0,1 m, dengan *specific surface* 20.000 m²/kg, seperseratus kali lebih halus daripada semen, berat jenis *silica fume* 2,2 dan berat volumenya sebesar 200 - 300 kg/m³ (Burge, 1988). *Silica fume* mengandung senyawa silikat yang sangat tinggi yaitu sekitar 93 % (Ryan, 1992), senyawa silikat minimum pada *silica fume* sebesar 85 % (ASTM C 1240-93)⁶. Adukan beton yang mengandung *silica fume* akan membutuhkan air yang lebih banyak, di atas 5 persen daripada beton tanpa *silica fume*, adukan beton lebih kohesif, sehingga tidak menimbulkan *segregasi* dan secara signifikan mengurangi terjadinya *bleeding* (ACI Committee 234). Kuat tekan beton yang mengandung *silica fume* pada umur 3 sampai 28 hari lebih besar daripada kuat tekan beton tanpa *silica fume*, kontribusi *silica fume* terhadap kuat tekan beton di atas umur 28 hari relatif kecil (ACI Committee 234).

Pengaruh *Superplasticizer*

Superplasticizer yang digunakan yaitu *Visconcrete 3115 N* adalah bahan tambahan kimia yang termasuk dalam jenis *Sulfonated naphthalene-formaldehyde condensates* dan merupakan *admixture* tipe F (Lisanton dan Hehanussa, 2009). *Superplasticizer* dapat memperbaiki *workability* namun tidak terpengaruh besar dalam meningkatkan kuat tekan beton untuk faktor air semen yang diberikan. Namun kegunaan *superplasticizer* untuk beton mutu tinggi secara umum sangat berhubungan dengan pengurangan jumlah air dalam campuran beton. Pengurangan ini tergantung dari kandungan air yang digunakan, dosis dan tipe dari *superplasticizer* yang dipakai. (L.J. Parrot, 1998).

Pengaruh Cacahan Karet

Beton yang mengandung karet tidak menunjukkan *brittle failure* ketika pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Sebuah analisis yang lebih mendalam dari hasil mereka menunjukkan potensi yang baik apabila menggunakan limbah ban sebagai campuran beton menggunakan semen portland karena meningkatkan ketangguhan dari retak. Namun, dibutuhkan *mix design* yang dapat mengoptimalkan kadar ban karet dalam campuran. Cacahan limbah ban karet yang terkadang disebut serbuk ban bekas yang diistilahkan dengan “*tire crumb*” atau “*crumb rubber*” adalah produk yang ramah lingkungan karena diperoleh dari ban bekas dan tidak larut dalam tanah ataupun air tanah.

Komponen-Komponen Penyusun Beton

Beton adalah campuran semen *Portland*, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu yang menghasilkan suatu campuran yang homogen sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai keinginan. Campuran beton tersebut apabila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya. Berdasarkan SNI 2847 : 2013⁸ beton (*concrete*) adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang mempunyai kualitas baik, perhitungan proporsi campuran yang tepat. Cara pengerjaan dan perawatan yang baik dan penambahan bahan tambah yang tepat dengan kadar yang optimum yang diperlukan akan menentukan kualitas beton yang dihasilkan. Berikut ini adalah penjelasan tentang bahan-bahan yang digunakan untuk membuat beton.

1. Semen Portland

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Semen PPC dibuat dari semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terbuat dari batu kapur (CaCO_3) yang jumlahnya sangat banyak serta tanah liat dan bahan dasar berkadar besi, terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat. Semen portland dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat *adhesif* maupun *kohesif*. Bahan dasar semen Portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, *silika*, *alumina*, dan *oksida besi*

2. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan faktor yang sangat penting karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena jika kelebihan penggunaan air akan berakibat pada penurunan kekuatan beton tersebut. Sebaliknya jika kelebihan penggunaan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama sama dengan semen akan naik ke atas permukaan adukan segar yang baru dituang. Berdasarkan SNI 2847 : 2013⁸ air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi ASTM C1602M (Standar Spesifikasi untuk Air Campuran yang Digunakan dalam Produksi Beton Semen Hidrolis). Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

3. Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisian dalam campuran mortar dan beton. Agregat ini akan menempati sebanyak 60% sampai 80% dari volume mortar atau beton. Meskipun hanya sebagai bahan pengisi, namun agregat sangat berpengaruh terhadap sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Berdasarkan ukuran butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat kasar dan agregat halus. Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butiran-butirannya. Agregat yang mempunyai butiran-butiran yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,75 mm. Sedangkan butiran agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,75 mm. Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekerasan butiran agregat, gradasi diambil dari hasil pengayakan.

Berdasarkan ukurannya, agregat terbagi dua jenis, yaitu :

1. Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. (SNI 03-2847-2002)⁹

Tabel syarat batas gradasi agregat halus dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 1. Gradasi Jenis Kategori Zona Kehalusan Pasir

Ayakan (mm)	Berat Komulatif (%)							
	Zona 1 (Kasar)		Zona 2 (Agak Kasar)		Zona 3 (Halus)		Zona 4 (Agak Halus)	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4.8	90	100	90	100	90	100	95	100
2.4	60	95	75	100	85	100	95	100
1.2	30	70	55	100	75	100	90	100
0.6	15	34	35	59	60	79	80	100
0.3	5	20	8	30	12	40	15	50
0.15	0	10	0	10	0	10	0	15

Sumber : SNI 03-2834-2000¹⁰

2. Agregat kasar berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 03-2847-2002)⁹. Ukuran maksimum dari beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan.

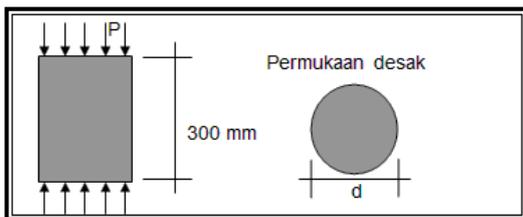
Tabel 2. Syarat Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Bagian Yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Nominal Agregat (mm)		
	40	20	10
38,1	95 – 100	100	-
19,0	37 – 70	95– 100	100
9,52	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,76	0 - 5	0 - 10	0 – 10

Sumber : SNI 03-2834-2000¹⁰

Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm, diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996).



Gambar 1. Pengetesan Kuat Tekan Benda Uji beton

Rumus yang digunakan dalam menentukan nilai kuat tekan beton adalah :

$$K = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Dimana :

K = Kuat tekan beton (kg/cm²).

P = Beban hancur (kN).

A = Luas silinder (cm²).

Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tekan belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya. Kekuatan tarik belah beton relatif rendah, nilai kuat tekan dan tarik belah beton tidak berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Kekuatan tarik yang tepat lebih sulit diukur dibandingkan dengan kekuatan tekan karena masalah penjepitan pada mesin. Ada sejumlah metode yang tersedia untuk menguji kekuatan tarik dan yang paling sering digunakan adalah tes pembelahan silinder atau tes brasil.

Konstruksi beton yang dipasang mendatar sering menerima beban tegak lurus sumbu bahannya dan sering mengalami rekahan (*splitting*). Hal ini terjadi karena daya dukung beton terhadap gaya lentur tergantung pada jarak dari garis berat beton, makin jauh dari garis berat beton maka makin kecil daya dukungnya. Kuat tarik beton juga ditentukan melalui pengujian *split cylinder* yang umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan lebih mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya. Kekuatan tarik belah beton relatif rendah, untuk beton normal berkisar antara 9% sampai 15% dari kuat tekan (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength*.

Berdasarkan SNI 03-2491-2002, nilai kuat tarik belah dapat dihitung dengan perhitungan :

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \tag{2}$$

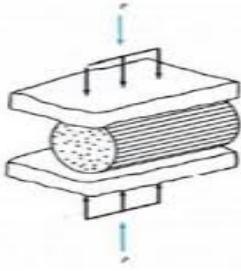
Dimana :

fct = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban pada waktu belah (N)

L = Panjang benda uji silinder (mm)

D = Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 2. Penampang Uji Tarik Belah Beton

Setting Time (Berdasarkan ASTM C 1117 – 89)

Waktu ikat (*setting time*) adalah waktu yang dibutuhkan melakukan proses hidrolis dimana hingga satu waktu tertentu, beton tersebut sudah memiliki kekuatan tertentu pula. ASTM menetapkan bahwa waktu yang dibutuhkan beton agar memiliki kuat desak 500 Psi disebut sebagai *Initial Setting Time*. Sedangkan waktu yang dibutuhkan pasta beton memiliki kekuatan desak 4.000 Psi disebut sebagai *Final Setting Time*.

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Mix design merupakan rencana campuran adukan beton untuk mengetahui jumlah kebutuhan material sesuai dengan kekuatan rencana. Setelah pengujian bahan khususnya agregat kasar dan agregat halus, hasil pengujian dapat dimasukkan dalam membuat *mix design*. *Mix design* yang dibuat dalam penelitian ini berdasarkan “Tata Cara Pembuatan Beton Normal” mengacu pada SNI 03-2834-2000¹⁰.

Slump Test

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. *Slump* pada dasarnya salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Pengukuran *Slump* mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam SNI 1972-2013¹¹ (Cara Uji *Slump* Beton).

Pengukuran *Slump Test* berdasarkan peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut (ASTM C143)

Tabel 3. Kategori Nilai *Slump Test*

Keterangan	Nilai <i>Slump</i> (mm)	Air Yang Diperlukan (%)
Sangat Kering	-	78
Sangat Keras	-	83
Keras	0-30	88
Agak Plastis	30-80	92
Plastis	80-130	100
Encer	130-180	106

Sumber : buku referensi “*Propeties of Concrete*” oleh AM Neville

III. Metodologi Penelitian

Secara garis besar tahapan kegiatan penelitian dapat di kelompokkan menjadi tiga tahapan yaitu : tahap persiapan, tahap pelaksanaan pengujian laboratorium, tahap analisis data dan pembuatan laporan hasil.

Penjelasan langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

A. Tahap Persiapan

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian referensi-referensi penelitian yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilaksanakan.

2. Persiapan Alat dan Material

Mengajukan permohonan melakukan pembuatan dan pengujian beton di PT. Waskita Beton Precast.

B. Tahap Pelaksanaan

1. Pembuatan Sampel Penelitian

Pembuatan sampel untuk penelitian sebanyak 10 sampel untuk variasi campuran kadar *fly ash* Bangka dengan *fly ash* Suralaya sebesar 0%, 10% dari berat semen dan cacahan karet 5% dari berat agregat halus dengan *silica fume* 4% dari berat semen yang sudah dikurangi dengan berat *fly ash* dan ditambah dengan *superplasticizer* sebesar 2 % dari kebutuhan air.

2. Pelaksanaan Pengujian dan Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan tahap melakukan pengujian tiap sampel yang sudah dibuat yang kemudian dicatat hasilnya.

Dengan pengujian pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari

C. Tahap Analisa

Setelah didapatkan data hasil pengujian kemudian dilakukan analisa dan pembahasan serta membandingkan hasil beton tanpa *fly ash* dengan *fly ash* Bangka dan *fly ash* Suralaya dengan bahan *admixture* terhadap *slump test*, suhu beton segar, kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton, serta *setting timanya*.

IV. Analisis Dan Pembahasan

Pengujian *Fly Ash*

Klasifikasi *fly ash* berdasarkan hasil pengujian parameter *fly ash* dari PLTU Bangka masuk kateregori jenis C dimana nilai $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 > 50$ sedangkan *fly ash* dari PLTU Suralaya termasuk Kelas F. > 70 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Parameter Fly Ash

No.	Fly Ash Analysis Parameter	Bangka	Suralaya
		%	%
1	Silicon dioxide : SiO ₂	35,74	52,67
2	Aluminium Oxide : Al ₂ O ₃	12,01	22,52
3	Ferric Oxide : Fe ₂ O ₃	19,32	8,94
4	Sulfur Trioxide : SO ₃	3,13 < 5	0,81 < 5
5	Magnesium Oxide : MgO	1,76 < 6	3,86 < 6
6	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	67,07 > 50	84,13 > 70
7	ASTM 618-2012	Jenis C	Jenis F
8	Loss on Ignitio (LOI)	0,68 < 6	3,32 < 6

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Pengujian Agregat Halus/Pasir

Dalam penelitian ini menggunakan dua variasi pasir dari Belitung dan pasir dari Cimalaya, yang mempunyai karakteristik yang berbeda seperti dari hasil pengujian di bawah ini. Dimana pasir Belitung kandungan organis tinggi sehingga memperlama pengikatan beton sedangkan pasir Cimalaya mempunyai gradasi agak halus.

a. Agregat Halus Pasir Belitung

Modulus kehalusan pasir Belitung yaitu 2,184% termasuk mempunyai tingkat kehalusan pasir halus dan memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SNI 03-6820-2002¹² yakni dengan modulus kehalusan pasir 1,50 % - 3,80 %.

Tabel 5. Hasil Pengujian Analisis Gradasi Pasir Belitung

2		Sampel 1			Sampel 2			Average		
mm	No	Berat gram	% Tertinggal	% Kumulatif	Berat gram	% Tertinggal	% Kumulatif	% Tertinggal	% Kumulatif	% Total
9,50	3/8"	0	0	0	0	0	0	0	0	100
4,75	4	0	0	0	0	0	0	0	0	100
2,36	8	11	2,2	2,2	8	1,6	1,6	1,9	1,9	98,1
1,18	16	38	7,6	9,8	41	8,2	9,8	7,9	9,8	90,2
0,60	30	160	32	41,8	165	33,0	42,8	32,5	42,3	57,7
0,30	50	132	26,4	68,2	131	26,2	69,0	26,3	68,6	31,4
0,15	100	137	27,4	95,6	135	27,0	96,0	27,2	95,8	4,2
Pan		22	4,4	100	20	4,0	100	4,2	100	0
Total		500	100		500	100		100		
FM : Modulus Kehalusan Pasir = $\frac{\text{Jumlah \% kumulatif yang tertinggal}}{100}$									= 2,184 %	

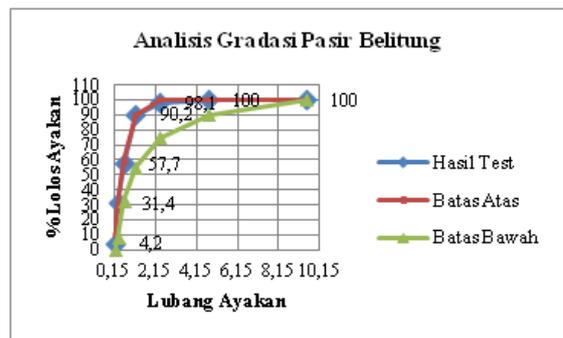
Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 6. Batas dan Hasil Pengujian Gradasi Pasir Belitung

Lubang Ayakan (mm)	% Berat Butir Yang Lewat Ayakan				
	Kasar (Zona I)	Agak Kasar (Zona II)	Agak Halus (Zona III)	Halus (Zona IV)	Pasir Belitung
9,50	100	100	100	100	100
4,75	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	100
2,36	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	98,1
1,18	30 - 75	55 - 90	75 - 100	90 - 100	90,2
0,60	15 - 34	33 - 59	60 - 79	80 - 100	57,7
0,30	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 100	31,4
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	4,2

Sumber : SNI 03-2834-2000 dan Hasil Pengolahan Data

Hasil analisa gradasi pasir Belitung termasuk zona 2 yaitu masuk kategori pasir agak kasar seperti terlihat pada Gambar 3 dan Tabel 6.



Gambar 3. Grafik Pengujian Analisis Gradasi Pasir Belitung

Kandungan Lumpur Dalam Pasir Belitung

Kandungan lumpur pada pasir Bangka rata-rata sebesar 1,7%. Kandungan lumpur dalam pasir ini memenuhi syarat yang ditetapkan menurut SNI 03-6820-2002 yakni kandungan lumpur dalam pasir sebanyak 5%.

Tabel 7. Hasil Data Kandungan Lumpur Dalam Pasir Belitung

No.	Keterangan	Sample I	Sample II
A	Berat pasir (S)	500 gr	500 gr
B	Berat pasir setelah dikeringkan (A)	493 gr	490 gr
C	Kadar lumpur pasir $\left(\frac{S-A}{S} \times 100\%\right)$	1,4 %	2,0 %
Rata – rata kadar lumpur pasir		1,7 %	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Kandungan Organik Dalam Pasir Belitung

Berdasarkan hasil pengujian kandungan organik dalam pasir, hasil yang didapatkan pada pembacaan *picmen colour* adalah warna coklat Gelap. Dimana arti dari warna ini mengindikasikan kandungan organik dalam pasir sangat banyak.

Tabel 8. Hasil Data Kandungan Organik Dalam Pasir Belitung

Warna Pasir Setelah di Tambah Larutan NaoH	Form Warna
Bening / Sama Dengan / Lebih Gelap dari	1. Jernih
	2. Jernih Kuning
	3. Kuning (Standar)
	4. Coklat
	5. Coklat Gelap

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berat Jenis Pasir Belitung dan Penyerapan Air

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis pasir dan penyerapan air menunjukkan bahwa rata-rata

berat jenis kering pasir Bangka yang didapatkan dalam pengujian sebesar 2,60. Untuk rata-rata berat jenis dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) yang didapatkan sebesar 2,632. Sedangkan, rata-rata hasil pengujian penyerapan air sebesar 1,215 %.

Tabel 9. Hasil Data Berat Jenis Pasir Belitung dan Penyerapan Air

No.	Keterangan	Sample I	Sample II
A	Berat pasir (S)	500 gr	500 gr
B	Berat pasir setelah dikeringkan (A)	495 gr	493 gr
C	Berat air + piknometer (B)	660 gr	661 gr
D	Berat piknometer + 500gr pasir + air (C)	971 gr	970 gr
E	Berat jenis kering $\left(\frac{A}{(B+S)-C}\right)$	2,619	2,581
F	<i>Saturated Surface Dry</i> (SSD) $\left(\frac{s}{(B+S)-C}\right)$	2,646	2,681
G	% Penyerapan $\left(\frac{S-A}{A} \times 100\%\right)$	1,010 %	1,420 %
H	Rata – rata berat jenis kering	2,600	
I	Rata – rata <i>Saturated Surface Dry</i> (SSD)	2,632	
J	Rata – rata % penyerapan	1,215 %	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

b. Pengujian Agregat Halus/Pasir Cimalaka

Modulus kehalusan pasir Cimalaka yaitu 2,758 % termasuk mempunyai tingkat kehalusan pasir sedang dan memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SNI 03-6820-2002¹¹ yakni dengan modulus kehalusan pasir 1,50 % - 3,80 %

Tabel 10. Hasil Pengujian Analisis Gradasi Pasir Cimalaka

Lubang Ayakan		Sampel 1			Sampel 2			Average		
mm	No	Berat gram	% Tertinggal 1	% kumulatif	Berat gram	% Tertinggal	% kumulatif	% Tertinggal	% kumulatif	% Total
9,50	3/8"	0	0	0	0	0	0	0	0	100
4,75	4	0	0	0	0	0	0	0	0	100
2,36	8	97	19,4	19,4	92	18,4	18,4	18,9	18,9	88,1
1,18	16	95	19,0	38,4	97	19,4	37,8	19,2	38,1	61,9
0,60	30	117	23,4	61,8	116	23,2	61,0	23,3	61,4	38,6
0,30	50	54	10,8	72,6	55	11,0	72,0	10,9	72,3	27,7
0,15	100	64	12,8	85,4	64	12,8	84,8	12,8	85,1	14,9
Pan		73	14,6	100	76	15,2	100	14,9		0
Total		500	100		500	100		100	275,8	
FM : Modulus Kehalusan Pasir = $\frac{\text{Jumlah \% kumulatif yang tertinggal}}{100}$									= 2,758 %	

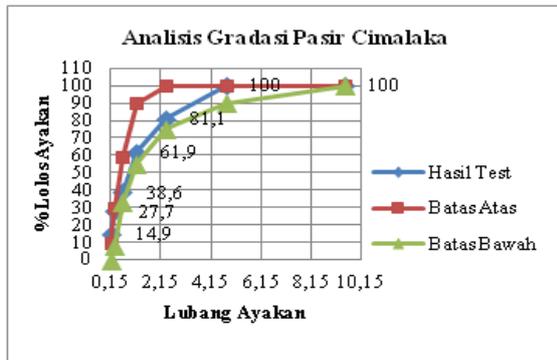
Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 11. Batas dan Hasil Pengujian Gradasi Pasir Cimalaka

Lubang Ayakan (mm)	% Berat Butir Yang Lewat Ayakan				
	Kasar (Zona I)	Agak Kasar (Zona II)	Agak Halus (Zona III)	Halus (Zona IV)	Pasir Cimalaka
9,50	100	100	100	100	100
4,75	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100	100
2,36	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100	88,1
1,18	30 – 75	55 – 90	75 – 100	90 – 100	61,9
0,60	15 – 34	33 – 59	60 – 79	80 – 100	38,6
0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 100	27,7
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	14,9

Sumber : SNI 03-2834-2000 dan Hasil Pengolahan Data

Hasil analisa gradasi pasir Cimalaka termasuk zona III yaitu masuk kategori pasir agak halus, seperti terlihat pada Gambar 4 dan Tabel 11.



Gambar 4. Grafik Pengujian Analisis Gradasi Pasir Cimalaka

Kandungan Lumpur Dalam Pasir Cimalaka

Kandungan lumpur pada pasir Bangka rata-rata sebesar 4,5%. Kandungan lumpur dalam pasir ini memenuhi syarat yang ditetapkan dalam menurut SNI 03-6820-2002 yakni kandungan lumpur dalam pasir sebanyak 5%.

Tabel 12. Hasil Data Kandungan Lumpur Dalam Pasir Cimalaka

No.	Keterangan	Sample I	Sample II
A	Berat pasir (S)	500 gr	500 gr
B	Berat pasir setelah dikeringkan (A)	480 gr	475 gr
C	Kadar lumpur pasir $(\frac{S-A}{S} \times 100 \%)$	4 %	5 %
Rata – rata kadar lumpur pasir		4,5 %	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Kandungan Organik Dalam Pasir Cimalaka

Berdasarkan hasil pengujian kandungan organik dalam pasir, hasil yang didapatkan pada pembacaan *picmen colour* adalah warna jernih kuning. Dimana arti dari warna ini mengindikasikan kandungan organik dalam pasir sangat sedikit.

Tabel 13. Hasil Data Kandungan Organik Dalam Pasir Cimalaka

Warna Pasir Setelah di Tambah Larutan NaOH	Form Warna	
Bening / Sama Dengan / Lebih Gelap dari	1. Jernih	
	2. Jernih Kuning	v
	3. Kuning (Standar)	
	4. Coklat	
	5. Coklat Gelap	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berat Jenis Pasir Cimalaka dan Penyerapan Air

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis pasir dan penyerapan air menunjukkan bahwa rata-rata berat jenis kering pasir Cimalaka yang didapatkan dalam pengujian sebesar 2,689. Untuk rata-rata berat jenis dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) yang didapatkan sebesar 2,732. Sedangkan, rata-rata hasil pengujian penyerapan air sebesar 1,626 %.

Tabel 14. Hasil Data Berat Jenis Pasir Cimalaka dan Penyerapan Air

No.	Keterangan	Sample I	Sample II
A	Berat pasir (S)	500 gr	500 gr
B	Berat pasir setelah dikeringkan (A)	492 gr	492 gr
C	Berat air + piknometer (B)	670 gr	673 gr
D	Berat piknometer + 500gr pasir + air (C)	987 gr	990 gr
E	Berat jenis kering $(\frac{A}{(B+S)-C})$	2,689	2,689
F	<i>Saturated Surface Dry</i> (SSD) $(\frac{S}{(B+S)-C})$	2,732	2,732
G	% Penyerapan $(\frac{S-A}{A} \times 100\%)$	1,626 %	1,626 %
H	Rata – rata berat jenis kering	2,689	
I	Rata – rata <i>Saturated Surface Dry</i> (SSD)	2,732	
J	Rata – rata % penyerapan	1,626 %	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Pengujian Agregat Kasar/Kerikil

a. Analisa Agregat Kasar/Kerikil

Berdasarkan hasil dari pengujian analisis gradasi kerikil Rumpin menunjukkan bahwa hasil untuk modulus kehalusan yang didapat sebesar 3,291 %. Nilai modulus kehalusan ini, memenuhi syarat menurut SNI 03-2461-2002 yaitu modulus kehalusan kerikil 6 % - 7,1 %.

Tabel 15. Hasil Pengujian Analisis Gradasi Kerikil

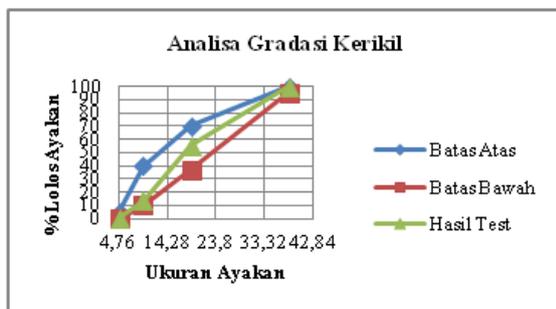
Ukuran Ayakan (mm)	Sampel 1			Sampel 2			Rata - Rata		
	Berat tertinggal (gr)	% tertinggal	% kumulatif	Berat tertinggal (gr)	% tertinggal	% kumulatif	% tertinggal	% kumulatif	% Total
38,10	0	0	0	0	0	0	0	0	100
25,40	176	3,52	3,52	200	4	4	3,76	3,76	96,24
19,00	2140	42,80	46,32	1986	39,72	43,72	41,26	45,02	54,98
12,50	2012	40,24	86,56	2115	42,3	86,02	41,27	86,29	13,71
9,50	410	8,20	94,76	425	8,5	94,52	8,35	94,64	5,36
4,76	234	4,68	99,44	241	4,82	99,34	4,75	99,39	0,61
PAN	28	0,56	100	33	0,66	100	0,61		0
Total	5000	100		5000	100		100	329,1	
FM : Modulus Kehalusan Kerikil = $\frac{\text{Jumlah \% kumulatif yang tertinggal}}{100}$									3,291

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 16. Syarat Batas dan Hasil Gradasi Kerikil

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Bagian Yang Lewat Ayakan			Hasil Gradasi Kerikil
	Ukuran Nominal Agregat (mm)			
	40	20	10	40
38,1	95 – 100	100	-	100
19,0	37 – 70	95 - 100	100	54,98
9,52	10 – 40	30 - 60	50 – 85	13,71
4,76	0 - 5	0 - 10	0 – 10	0,61

Sumber : SNI 03-2834-2000 dan Hasil Pengolahan Data

**Gambar 5.** Gradasi Kerikil**b. Kandungan Lumpur Dalam Kerikil**

Kandungan lumpur dalam kerikil Rumpin rata-rata sebesar 1,75 %. Hasil ini berarti menunjukkan nilai kadar lumpur lebih dari 1% maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Tabel 17. Hasil Data Kandungan Lumpur Dalam Kerikil

No.	Keterangan	Sample I	Sample II
A	Berat kerikil (S)	1000 gr	1000 gr
B	Berat kerikil setelah dikeringkan (A)	985 gr	980 gr
C	Kadar lumpur kerikil $\left(\frac{s-A}{s} \times 100\%\right)$	1,5 %	2,0 %
Rata – rata kadar lumpur kerikil		1,75 %	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

c. Berat Jenis Kerikil dan Penyerapan Air

Berdasarkan hasil pengujian berat kerikil dan penyerapan air menunjukkan bahwa rata-rata berat jenis kering kerikil adalah 2,439 % dan untuk rata-rata berat jenis kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD) adalah 2,498 % dan penyerapan air sebesar 2,428 %.

Tabel 18. Hasil Pengujian Berat Jenis Kerikil dan Penyerapan Air

No.	Keterangan	Sample I	Sample II
A	Berat agregat kasar	5000 gr	5000 gr
B	Berat agregat kasar setelah dikeringkan	4880 gr	4883
C	Berat agregat kasar dalam air	3000 gr	2997
D	Berat jenis agregat kasar $\left(\frac{B}{A-C}\right)$	2,440	2,438
E	<i>Saturated Surface Dry</i> (SSD) $\left(\frac{A}{A-C}\right)$	2,500	2,496
F	% Penyerapan $\left(\frac{A-B}{A-C} \times 100\%\right)$	2,459 %	2,396%
G	Rata – rata berat jenis kering	2,439 %	
H	Rata – rata <i>Saturated Surface Dry</i> (SSD)	2,498 %	
I	Rata – rata % penyerapan	2,428 %	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Jumlah Kebutuhan Bahan Material Mix design beton

Proporsi bahan material beton dengan mix design menggunakan metode SNI 03-2834-2000 tersebut dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 17. Proporsi campuran adukan beton.

No	Material	Komposisi Material		
		No Fly ash	Fly Ash Bangka	Fly Ash Suralaya
1	Semen (Indocement)	425,00 kg/m ³	381,00 kg/m ³	381,00 kg/m ³
2	Flay Ash	- kg/m ³	44,00 kg/m ³	44,00 kg/m ³
3	Karet	29,35 kg/m ³	29,35 kg/m ³	29,35 kg/m ³
4	Silicafume	18,00	18,00	18,00

		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
5	Agregat Kasar (Rumpin)	999,00 kg/m ³	999,00 kg/m ³	999,00 kg/m ³
6	Agregat Halus (Belitung)	558,00 kg/m ³	558,00 kg/m ³	558,00 kg/m ³
7	Agregat Halus (Cimalaka)	148,00 kg/m ³	148,00 kg/m ³	148,00 kg/m ³
8	Air (PAM Aetra)	170,00 kg/m ³	170,00 kg/m ³	170,00 kg/m ³
9	Admixture (Plastocrete RT6+)	1,02 Lt/m ³	1,02 Lt/m ³	1,02 Lt/m ³
10	Admixture Viscocrete 3115N	2,21 Lt/m ³	2,21 Lt/m ³	2,21 Lt/m ³

Sumber : Hasil Pengolahan Data

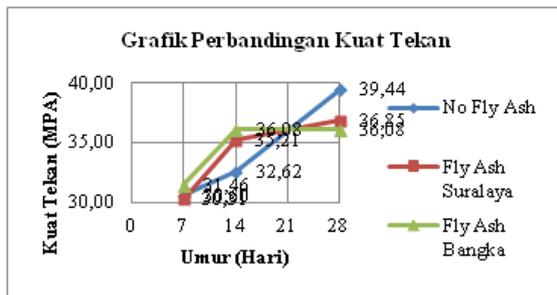
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Peningkatan kenaikan kuat tekan beton awal dengan penambahan SF 4%, SP 2%, dan Karet 5% lebih tinggi yang menggunakan *fly ash* 10% sampai umur 14 hari, dan umur sampai 28 hari kenaikannya hanya kecil. Sedangkan beton yang tidak menggunakan *fly ash* kenaikannya linier dengan bertambahnya umur beton. Hasil pengujian kuat tekan beton semua variasi dapat dilihat pada table 4.17 dan Grafik 4.4

Tabel 18. Hasil Kuat Tekan Semua Variasi

Variasi	No Fly Ash		Fly Ash Suralaya		Fly Ash Bangka	
	Kuat Tekan Rata-rata					
	Kg/Cm ²	MPa	Kg/Cm ²	MPa	Kg/Cm ²	MPa
7 hari	368,585	30,595	365,105	30,305	379,015	31,460
14 hari	392,925	32,615	424,220	35,210	434,650	36,075
28 hari	475,217	39,443	443,927	36,847	434,650	36,077

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Gambar 6. Hasil Kuat Tekan Beton Semua Variasi

Tabel 21. Hasil Setting Time Beton Semua Variasi

No	Luas Penampang (sq/in)	Beton Tanpa Fly Ash			Beton Fly Ash Suralaya			Beton Fly Ash Bangka		
		Umur (mnt)	Penetrasi (lbf)	Perlawanan (Psi)	Umur (mnt)	Penetrasi (lbf)	Perlawanan (Psi)	Umur (mnt)	Penetrasi (lbf)	Perlawanan (Psi)
1	1	60	0	0	60	0	0	120	3	3
2	1	120	26	26	90	20	20	180	27	27
3	½	150	29	58	120	38	38	225	45	45

Hasil Pengujian Nilai Slump

Hasil nilai *slump test* yang menggunakan *fly ash* 11 cm sedangkan tanpa *fly ash* 13 cm dapat dilihat Tabel 19.

Tabel 19. Hasil Slump Test

Sampel	Nilai slump beton (Cm)
Tanpa Fly Ash	13
Suralaya	11
Bangka	11

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil kuat tarik belah beton dengan penambahan SF 4%, SP 2%, dan Karet 5% dengan *fly ash* 10 % pada umur 28 hari berdasarkan SNI 03-2491-2002¹³ dengan alat Compression test dapat dilihat pada table 4.8 berikut :

Tabel 20. Hasil Kuat Tarik Belah Beton Semua Variasi

No	Variasi	Umur (hari)	Luas (πLD) (mm ²)	Berat (kg)	Beban (kN)	Kuat tarik Belah (MPa)
1	NFA + SF 4% + SP 2% + Karet 5%	28	141.3 71,7	12,31	190	2,689
2	FAS 10% + SF 4% + SP 2% + Karet 5%	28	141.3 71,7	12,03	180	2,548
3	FAB 10% + SF 4% + SP 2% + Karet 5%	28	141.3 71,7	12,03	210	2,972

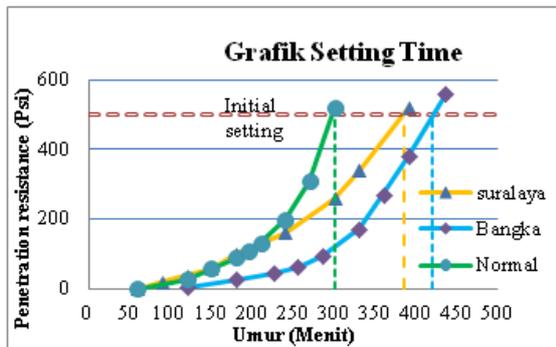
Sumber : Hasil Pengolahan Data

Setting Time Beton

Dapat dilihat dari data seluruh sampel beton dengan penambahan SF 4%, SP 2%, dan Karet 5%, yang memiliki waktu tercepat untuk mencapai kuat desak 500 Psi (*Initial Setting Time*) adalah beton tanpa *fly ash*. Dengan kemampuan pematangan beton sendirinya tersebut memiliki tingkat daya waktu ikat awal, di mana proses pengikatan atau proses hidrasi sudah terjadi dan panas hidrasi sudah muncul, serta *workability* beton sudah hilang. Sampel yang menghasilkan *Initial Setting Time* terlama adalah beton *fly ash* Bangka jenis C dibandingkan *fly ash* suralaya jenis F, hal ini dikarenakan komposisi *fly ash* dan *silica fume* yang sangat banyak membuat suhu semakin rendah sehingga ikatan awal yang terjadi menjadi lambat.

4	½	180	45	90	150	29	58	255	31	62
5	¼	195	27	108	180	50	100	285	47	94
6	¼	210	33	132	240	40	160	330	43	172
7	¼	240	50	200	300	26	260	360	27	270
8	1/10	270	31	310	330	34	340	390	38	380
9	1/20	300	26	520	390	26	520	435	28	560

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Gambar 7. Grafik Setting Time Beton Semua Variasi

V. Kesimpulan

1. Klasifikasi berdasarkan pengujian parameter abu terbang (*fly ash*) dari PLTu Bangka termasuk kategori Kelas C dimana $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 > 50$ sedangkan *fly ash* dari PLTU Suralaya termasuk Kelas F karena > 70 .
2. *Slump Test* beton menggunakan SF 4%, SP 2%, dan Karet 5%, tanpa NFA mempunyai nilai 13 cm, sedangkan untuk yang menggunakan FA 10% Suralaya maupun FA 10% Bangka *slump test*nya 11 cm.
3. *Setting time* pada beton menggunakan SF 4%, SP 2%, dan Karet 5%, tanpa NFA mengalami waktu tercepat *initial setting time* yaitu 300 menit dan terlama pada beton FA 10% Bangka *initial setting time* pada waktu 435 menit sedangkan *initial setting time* untuk beton dengan FA 10% Suralaya yaitu 390 menit,
4. Penggunaan SF 4%, SP 2%, dan Karet 5%, kuat tekan beton tertinggi tanpa FA yaitu sebesar 39,44 MPa dan kuat tekan terendah dengan FA 10% Bangka sebesar 36,08 MPa sedangkan kuat tekan dengan FA 10% Suralaya sebesar 36,85 MPa
5. Penggunaan SF 4%, SP 2%, dan Karet 5%, kuat tarik belah beton untuk tanpa NFA sebesar 2,689 MPa dan dengan FA 10% Bangka sebesar 2,972 MPa sedangkan dengan FA 10% Suralaya sebesar 2,548 MPa

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nadin, Naser. (2012). Perilaku lentur Beton Yang menggunakan /limbah Ban Bekas Sebagai Agregat.
- [2] Pane Azis. (2012). Krisis Ekspor Ban Melambat Kementerian Perindustrian. Sumber Koran Sindo.
- [3] Mardiono. (2011). *Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dalam Beton Mutu Tinggi*. Skripsi. Sarjana. Teknik Sipil. Universitas Gunadarma Jakarta.
- [4] I Wayan Suarnita. (2011). /kuat Tekan Beton Dengan Aditif Fly Ash Ex. PLTU Mpanau Tavaeli. Jurnal Smart Universitas Tadulako, Palu.
- [5] Badan Standarisasi Nasional. (1991). *Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambahan untuk Campuran Beton*. SNI 03-2460-1991.
- [6] *Annual book of ASTM Standard. Designation C 403 / C 403 M-99. Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance*.
- [7] *Annual book of ASTM Standard. Designation C 40 - 92. Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete*.
- [8] Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2013
- [9] Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002
- [10] Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000
- [11] Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Cara Uji Slump Beton*. SNI 1972-2013.
- [12] Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. SNI 03-6820-2002.
- [13] Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. SNI03-1971-1990.
- [14] Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. SNI 1974-2011