

## BETON MUTU TINGGI TANPA PROSES PEMADATAN MANUAL

**Pratikto dan Anni Susilowati**

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Kampus Baru - UI Depok 16425  
Email: pratikto@sipil.pnj.ac.id

### **ABSTRACT**

*The need of the advanced infrastructure facilities, such as long-span concrete bridges , high-rise concrete buildings should be considered as the new concrete development. Improving the quality of concrete can be done with a material change or replacement of some materials with steel slag. The recent time many industry take a part in using waste material from Cilegon steel. In Indonesia, high quality concrete compressive strength can be achieved a maximum strength about 60 MPa. Concrete properties will decrease as a result of the added material strength of cement, aggregates, and the presence of pores. Water cement ratio reduction (w/r) and the addition of admixture as silicafume often used to modify the composition of the concrete and reduce pores. W/r reductions result in reduced porosity and the pores of the concrete, but workability concrete also be difficult to do. In order to make concrete workable the used superplastisizer is the best solution to do. Small water cement ratio 0.2 and superplasticizer intramix kind High Range water reduction at a dose of 1.8% can produce high-performance concrete. In the cement composition 1217kg, 243kg of water, sand 446kg, 545kg steel slag, superplasticizer silicafume 24l 85kg and obtained high quality concrete with compressive strength of 588.53 kg/cm<sup>2</sup> in slump flow with the weight of 2230kg/m<sup>3</sup> 64mm. Principles of compaction without using a vibrator to use a substance without reducing the quality of the concrete risers. Small factors of w/r requires careful stirring using a saturated aggregate surface is helpful meaning in manufacture high quality concrete.*

**Keyword :** High Strength concrete, superplasticizer, steel slag, water cement ratio, slumpflow.

### **PENDAHULUAN**

Di beberapa negara maju sudah sejak lama beton mutu tinggi berhasil diproduksi untuk pekerjaan-pekerjaan khusus. Pada tahun 1941, di Jepang sudah diproduksi beton mutu tinggi dengan kuat tekan mencapai 60 MPa untuk panel cangkang beton pracetak pada sebuah terowongan kereta api. Pada tahun 1952, di Eropa beton mutu tinggi dengan kuat tekan 60 MPa sudah dipakai

untuk struktur jembatan berbentang panjang. Pada tahun 1960, di USA juga sudah diproduksi beton mutu tinggi 60 MPa untuk keperluan militer, selanjutnya sejak tahun 1980an, Di Indonesia beton mutu tinggi dengan kuat tekan rata-rata sebesar 85 MPa baru dapat dibuat di laboratorium pada tahun 1990, dengan bahan tambah superplastisizer dengan nilai slump mencapai 15 cm. Campuran beton yang

dihasilkan dengan kadar semen 480 kg/cm<sup>2</sup> dan faktor air semen (fas, w/c) 0,32 (Supartono, 1998). Sedangkan realisasi di lapangan maksimal baru mencapai + 80 % nya atau setara dengan 60 MPa.

Pengolahan limbah industri tak selalu menambah beban induknya bahkan dengan penggunaan teknologi yang tepat, bisa menghasilkan uang. Ini terjadi di kawasan industri baja Cilegon, persisnya di lingkungan Krakatau Steel (KS). Perusahaan penghasil baja spons sebanyak 640 ton setiap hari ini menghasilkan limbah yang jumlahnya tak bisa diremehkan: 96 ton sampah baja setiap hari. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan ganti atau bahan tambah, dari beberapa bahan pengganti antara lain *slag* baja. Setiap pembakaran baja menghasilkan 15% slag yang terbuang (1). Keutamaan slag baja selain dapat meningkatkan kuat tekan beton juga dapat menangkal gelombang radio aktif. Hal ini dikarenakan slag baja masih memiliki sedikit kandungan magnet dan dapat dimanfaatkann sebagai ion negatif.

Dengan menggunakan agregat *slag* baja ini dapat pula membuat beton dengan mutu yang tinggi dan cukup baik untuk konstruksi di Indonesia. Namun pada saat ini beton yang diproduksi atau yang digunakan adalah beton yang lebih mengarah pada kuat tekannya saja, dan tidak melihat hal lain yang cukup penting seperti kemampuan *workability* beton untuk memadat sendiri tanpa menggunakan vibrator. Untuk itu kami ingin mengangkat topic ini adalah beton dengan mutu tinggi tanpa proses pemadatan yang disebut *Self Compacting Concrete*. Beton SCC belum banyak dikenal di Indonesia

sehingga belum ada aturan yang berhubungan dengan beton tsb. Beton ini berasal dari negara Jepang yang sudah maju sekitar tahun 2000.

Masalah yang akan dibahas adalah mengenai beton dengan mutu yang tinggi dan tanpa proses pemadatan manual seperti penggunaan vibrator. Masalah yang akan dibahas kemudian adalah meliputi sifat fisis dan sifat mekanis dari beton dalam penggunaan limbah *slag* baja sebagai pengganti agregat kasar. Tujuan yang hendak dicapai adalah : Menentukan perbandingan campuran semen, agregat kasar dari limbah, agregat halus dan banyaknya air yang sesuai untuk pembuatan beton mutu tinggi . Sifat fisik dan sifat mekanik campuran beton mutu tinggi yang menggunakan bahan agregat limbah *slag* baja .

Bagi masyarakat luas, hasil ini dapat sebagai masukan dan pertimbangan untuk membuat beton instant beton mutu tinggi yang dapat dikemas dalam kantong zak.

Pada umumnya beton semen ini menggunakan agregat yang berasal dari batu alam, yaitu krikil. Hal ini disebabkan beton harus memiliki kekuatan yang diharapkan dan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (2). Untuk beton dengan mutu tinggi umumnya menambahkan beberapa bahan tambah (*admixture*) ataupun (*additive*) yang mempunyai diameter lebih kecil atau halus dibandingkan pasir. *Admixtures* yang digunakan disini adalah *fly-ash* dan *silica fume* sedangkan *superplasticizer* adalah merupakan *additive* yang berfungsi mereduksi kebutuhan air untuk mendapatkan kekuatan yang lebih tinggi(3).

The American Concrete Institute's (ACI) Committee 363 memberikan definisi untuk beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan diatas 6,000 psi (40 MPa) (4). Beton struktural dengan mutu tinggi dapat dihasilkan dengan mengkombinasi antara *fly-ash* sebagai pengganti semen yang membutuhkan 450 kg/m<sup>3</sup>. Faktor air semen pada beton mutu tinggi dan sangat tinggi, pengertian *w/c* bisa diartikan sebagai *water to cementitious ratio*, yaitu rasio berat air terhadap berat total semen dan aditif *cementitious*, yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi. Faktor air semen yang rendah, merupakan faktor yang paling menentukan dalam menghasilkan beton mutu tinggi, dengan tujuan untuk mengurangi seminimal mungkin porositas beton yang dihasilkan. Dengan demikian semakin besar volume faktor air-semen (fas) semakin rendah kuat tekan betonnya. Idealnya semakin rendah fas kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pemadatan maka dibawah fas tertentu - sekitar 0,30 kekuatan beton menjadi lebih rendah, akibat kesulitan pemadatan (5). Untuk mengatasi kesulitan pemadatan dapat digunakan alat getar (vibrator) atau dengan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat menambah kemudahan penggerjaan (6). Untuk membuat beton bermutu tinggi faktor air semen yang dipergunakan antara 0,28 sampai dengan 0,38. Sedangkan untuk beton bermutu sangat tinggi faktor air semen yang dipergunakan lebih kecil dari 0,2 (7). Pada umumnya *Self Compacting Concrete* dibuat dengan bahan tambah *admixture* pengencer untuk meningkatkan *workability*. Untuk

membuat beton yang mempunyai mutu tinggi dan juga memadat sendiri mengharuskan pengurangan faktor air semen dan terus meningkatkan isi bahan pengikat. Selama ini dikenal bahan campuran pengganti semen yang mempunyai sifat mirip semen dan mempunyai ukuran partikel yang sangat halus seperti *Fly ash* (abu terbang) dan *Silica Fume*. (8).



Gambar 1 Bahan beton mutu tinggi

Penelitian ini mencoba untuk mengetahui perbedaan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur pada beton SCC yang dihasilkan dengan memakai dan mengkombinasikan bahan-bahan tersebut dengan target kuat lentur dengan nilai *slump flow* minimal 50 cm. Jadi untuk beton mutu tinggi ini akan menggunakan bahan2 seperti :

- 1.Semen,pasir, silicafume, slag baja/kerikil , Superplasticizer (9)
  - 2.Kriteria lain adalah nilai slumpflow 50cm dengan Kuat tekan > 40 MPa
- Beton akan merupakan salah satu pilihan yang tepat khususnya untuk bangunan struktur seperti : gedung atau jembatan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil

Politeknik Negeri Jakarta dan laboratorium lain. Tahapan penelitian dibagi menjadi empat bagian utama yaitu persiapan dan pengujian bahan, penyusunan rancangan campuran, pembuatan dan pemeriksaan benda uji serta pembahasan dan analisa hasil pengujian. Penelitian ini dilakukan dengan metoda eksperimen, yaitu dengan pengujian beton segar dan beton keras. Pembuatan benda uji berdasarkan komposisi campuran, sebagai berikut :

Komposisi ; PC : Sand : KI atau SL : A : SF : SP ; Dimana : A =air ; SL = Agregat SLag : KL = Agregat kerikil;1 SF =sikafume ; SP = Superplasticizer

Benda uji berupa : Silinder diameter 10 cm tinggi 20, silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm dan balok 10x10x50cm.

Masing-masing campuran dibuat untuk agregat kasar slag baja dan agregat kerikil. Sebelum dibuat benda uji terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap sifat fisik dan mekanik bahan yang akan digunakan. Mix design untuk merancang campuran beton mutu tinggi dilakukan setelah diketahui sifat fisik dan mekanik bahan.

Evaluasi dilakukan dengan cara melakukan pengujian terhadap : sifat fisik dan mekanis agregat ataupun sifat fisik dan mekanik beton, meliputi : Slump flow test metode pengujian sesuai standar JIS , Berat isi metode pengujian sesuai standar ASTM C 138-92, kekuatan tekan metode pengujian sesuai standar ASTM C 39-94 dan kekuatan tarik metode pengujian sesuai standar ASTM C 496-90.

Data diperoleh dari pengujian secara langsung pada benda uji di laboratorium. Pengolahan data dengan cara menganalisa hubungan sifat fisik dan mekanik beton berkinerja tinggi Dari

hasil analisa diatas kemudian hasilnya dibandingkan dengan spesifikasi yang berlaku. Adapun langkah pembuatan beton struktural dengan bahan agregat kerikil atau limbah *slag* baja:

- 1) mix design sesuai mutu beton yang direncanakan.
- 2) Pan mixer yang akan digunakan dan cuci dengan air sambil mesin dinyalakan selama ± 10 menit dan memasukkan agregat halus dan semen PC sesuai dengan mix design.
- 3) memasukkan air 50 % dari fas yang telah direncanakan dan additive 50% sesuai dengan dosis yang disarankan kemudian diaduk selama ± 5 menit.
- 4) memasukkan agregat dari limbah SL yang telah dibuat sebelumnya ke dalam mixer.
- 5) memasukkan air dan SP sedikit demi sedikit sehingga didapat SL 50 cm dan catat air yang dipakai.
- 6) pengaduk selama kurang lebih 5 menit dan pembuatan benda uji silinder, kubus, dan balok.



Gambar 2 . Pengadukan beton

Tabel 1. Hasil mixed design beton  
KERIKIL Fc' 40 MPa

KEBUTUHAN BAHAN PER M <sup>3</sup> BETON	
semen	1217 kg
air	243.3333333 kg
agregat halus (pasir bangka)	374 kg
agregat kasar (screening)	456,5 kg
superplasticizer	24.3333333 liter
silicafume	85.16666667 kg
<b>berat isi rencana</b>	<b>= 2290 kg</b>

SLAG BAJA Fc' 40 MPa

KEBUTUHAN BAHAN PER M <sup>3</sup> BETON	
semen	1217 kg
air	243.3333333 kg
agregat halus (pasir bangka)	446 kg
agregat kasar (screening)	544,5 kg
superplasticizer	24.3333333 liter
silicafume	85.16666667 kg
<b>berat isi rencana</b>	<b>= 2450 kg</b>

**HASIL DAN PEMBAHASAN****Beton Segar**

a. Nilai Slump Flow test

**Tabel 2** Nilai Slump Beton segar kerikil(I) - slag baja(II) dengan silicafume 7 %

No	Slump Flow I (mm)	Slump Flow II (mm)
1	82	68
2	79	62
3	70	64
4	62	62
rata-rata	<b>73</b>	<b>64</b>

b. Berat Isi beton

**Tabel 3** Berat Isi Beton segar

No	Berat Tabung Silinder Beto n (gr)	Berat Isi Beton Segar (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Isi Teorit (kg/m <sup>3</sup> )	Yield
1	19465	2130	2233	1,048
2	20100	2230	2233	1,001

Berdasarkan hasil pengujian slump flow beton segar, beton segar dengan kerikil lebih encer dibandingkan dengan slag baja. Nilai ini memenuhi kebutuhan nilai slump flow yang lebih besar dari 50 mm. Hasil pengujian beton segar (berat tabung 4696gr), Berat Isi Beton segar slag baja lebih besar dari pada beton dengan agregat kerikil tetapi lebih rendah dari nilai berat isi yang direncanakan 2233 kg/m<sup>3</sup>. Nilai yield yang diperoleh dari hasil pengadukan sebesar 1,001 m<sup>3</sup>. Nilai ini sesuai dengan persyaratan toleransi perhitungan yield sebesar 10% yaitu antara 90% - 110% atau 0,9 – 1,1.

Beton Keras :

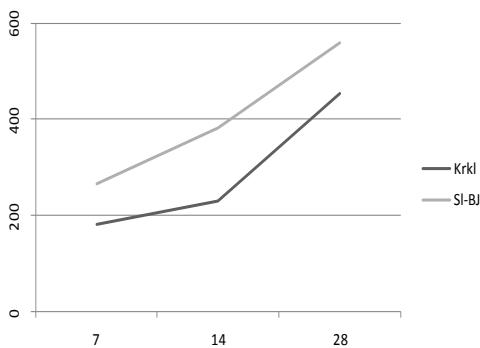
Umur benda uji 7 ,14 dan 28 hari @ 2buah.

**Kuat Tekan****Tabel 4. Nilai Kuat Tekan Beton kerikil Batukali**

NO	BERAT BETON (gr)	BERAT ISI (g/cm <sup>3</sup> )	P MAX (kg)	KUAT TEKAN (kg/cm <sup>2</sup> )	RATA-RATA
1	3248	2,31	13400	<b>170,70</b>	
2	3180	2,31	15200	<b>193,63</b>	<b>182,16</b>
3	3226	2,33	16700	<b>212,74</b>	
4	3294	2,32	19600	<b>249,68</b>	<b>231,21</b>
5	3465	2,37	37700	<b>480,25</b>	
6	3580	2,36	33400	<b>426,15</b>	<b>453,20</b>

**Tabel 5 Nilai Kuat Tekan Beton slag baja**

NO	BERAT BETON (gr)	BERAT ISI (g/cm <sup>3</sup> )	(kg)	KUAT TEKAN (kg/cm <sup>2</sup> )	RATA-RATA
1	3560	2,35	19200	<b>244,59</b>	
2	3930	2,37	22500	<b>286,62</b>	<b>265,61</b>
3	4023	2,37	23600	<b>300,64</b>	
4	4052	2,36	36500	<b>464,97</b>	<b>382,80</b>
5	4184	2,39	41600	<b>529,94</b>	
6	4328	2,35	46200	<b>588,53</b>	<b>559,24</b>



Gambar 3 grafik kuat tekan vs umur

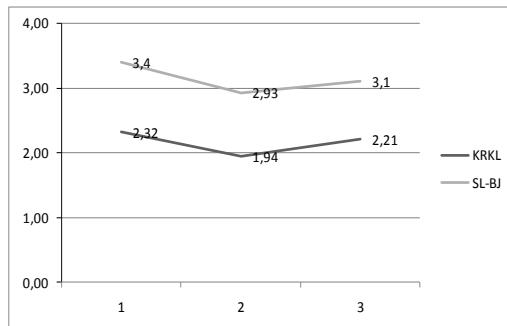
Berdasarkan hasil pengujian beton keras screening batukali, didapat kuat tekan rata-rata pada beton dengan bahan tambah silicafume 7% umur 28 hari didapat kuat tekan rata-rata sebesar  $453,20 \text{ kg/cm}^2$  dibawah kuat tekan yang ditargetkan  $482 \text{ kg/cm}^2$  tetapi masih lebih dari 40 Mpa. Untuk hasil pengujian beton keras slag baja, pada umur 28 hari didapat kuat tekan rata-rata sebesar  $559,24 \text{ kg/cm}^2$ . Lebih besar dari kuat tekan yang ditargetkan  $482 \text{ kg/cm}^2$ .

#### b. Analisis Kuat Tarik

Dari hasil uji kuat tarik tidak langsung didapat kuat tarik beton dengan kerikil sebesar 2,16 Mpa lebih kecil dibandingkan dengan hasil uji kuat tarik beton slag baja sebesar  $3,14 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabel 6 Nilai Kuat Tarik Belah Beton slag baja umur 28 hari

No.	P max N	(I) Mpa	P max N	(II) Mpa
1	164000	2,32	240000	3,4
2	137000	1,94	207000	2,93
3	156000	2,21	219000	3,1
rerata		2,16		3,14



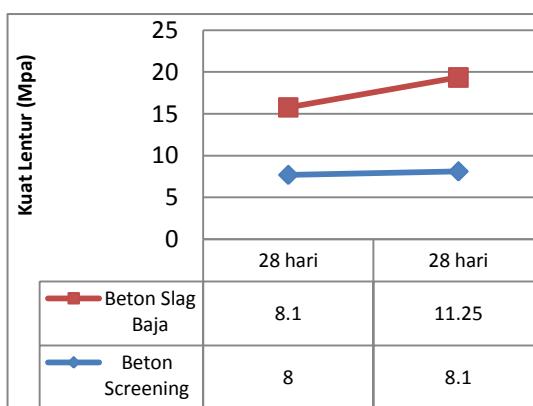
Gambar 4 grafik kuat tarik umur 28 hari

#### c. Analisis Kuat Lentur

Dari hasil uji kuat lentur didapat kuat lentur rata-rata didapatkan bahwa beton dengan slag baja mempunyai nilai kuat lentur lebih besar dari beton kerikil

Tabel 7 Nilai Kuat Tarik Lentur Beton kerikil - slag baja dengan Silicafume 7 % umur 28 hari

No.	P max N	Kuat Lentur Mpa	P max N	Kuat Lentur Mpa
1	18000	8,1	25000	11,25
2	17000	7,65	18000	8,1
Rata	7,875	Rata	9,675	



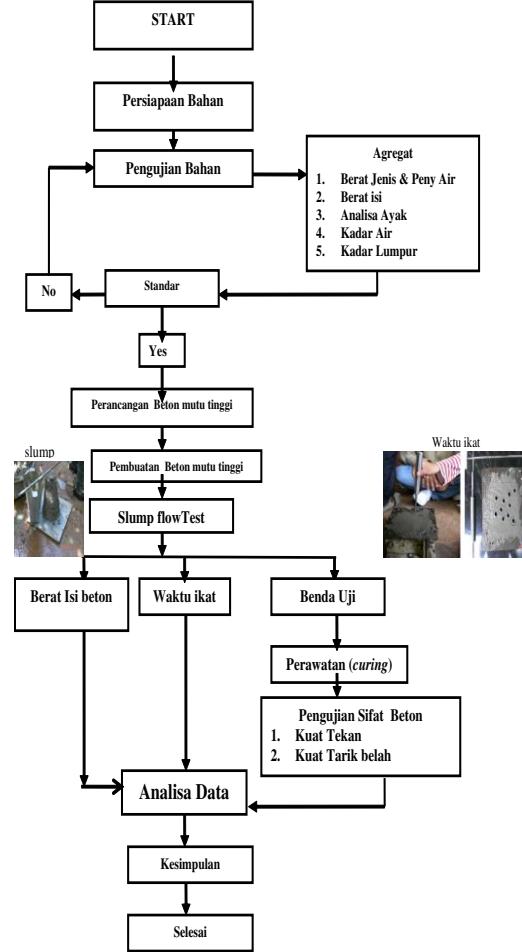
Gambar 5 Kuat Lentur Beton

## KESIMPULAN

1. Proses pengadukan pada beton mutu tinggi khususnya tanpa proses pemadatan faktor air semen sangat penting diperhatikan.
2. Agregat yang digunakan harus dalam keadaan jenuh permukaan
3. Agregat slab baja dapat menambah kekuatan tekan beton tanpa mengurangi *workability* beton

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.pbhsteelslag.com/produk.php> Triatmoko, PT. PURNA BAJA HECKETT, 2009
- [2] Standar Nasional Indonesia (SNI 09-1993-2003). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton*
- [3] Supartono, F.X., 1998, *Mengenal dan Mengetahui Permasalahan pada Produksi Beton Berkinerja Tinggi*, artikel ilmiah, UI, Jakarta.
- [4] ACI Committee 363, "State of the Art Report on High-Strength Concrete (ACI 363R- 92)", American Concrete Institute, Detroit, 1992 (Revised 1997), 55 pp.
- [5] Neville, A. M., *Properties of Concrete*, Fourth and Final Edition, New York: J. Wiley, New York, 1996, pp. 268.
- [6] Tjokrodimuljo, K., 1992, *Teknologi Beton*, Gramedia, Yogyakarta.
- [7] Jianxin Ma dan Jorg Dietz, 2002, *Ultra High Performance Self Compacting Concrete*, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität Leipzig.
- [8] Supartono FX., 2005, *Kecenderungan Masa Depan Teknologi Beton Berkinerja tinggi*, Seminar Nasional & Pameran Building Successful Infrastructur Projects, Jakarta, 29 November 2005.
- [9] [http://intraindonesia.com/intra/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=22&Itemid=38](http://intraindonesia.com/intra/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=22&Itemid=38), **INTRAMIX** F is a non-retarding high range water reducing admixture, acces date 20 juni 2011.



Gambar 6. Langkah langkah Penelitian

