

PENELITIAN MENGENAI PENINGKATAN KEKUATAN AWAL BETON PADA *SELF COMPACTING CONCRETE*

Handoko Sugiharto

Dosen Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra
Email: hands@petra.ac.id

Tedy Gunawan, Yusuf Muntu

Alumni Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

High Early Strength Self Compacting Concrete (HESCC), sebuah fenomena baru dalam dunia teknologi beton, memiliki keunggulan *workability*, durabilitas dan kekuatan awal yang tinggi, sehingga dapat diaplikasikan dengan baik khususnya pada dunia usaha *pre-cast concrete*. Dalam penelitian ini digunakan *admixture (hyperplasticizer) Glenium Ace-80* dan *filler Silica Fume Rheomac SF 100* dengan *water-binder ratio* rendah. Pengujian *workability* dilakukan dengan menggunakan alat *Slump Cone*, *V-Funnel* dan *L-Shaped Box*, sedangkan tes kuat tekan beton dilakukan pada umur 1, 3, 7, 14, 28 hari. Tes kuat tekan ini diutamakan untuk umur 1 hari untuk kuat tekan awal dan 28 hari untuk kuat tekan akhir dari beton. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *Silica Fume* sebesar 2 % dan *Glenium Ace-80* sebesar 2.5 % sudah mampu mencapai kriteria *self compactible* sekaligus kuat tekan awal (*High Early Strength*) yang baik pula, karena nilai *water-binder ratio* tetap dijaga pada nilai yang rendah.

Kata kunci: *workability, high early strength, water-binder ratio, filler*.

ABSTRACT

High Early Strength Self Compacting Concrete, a new phenomenon in the world of concrete technology, offers advantages such as high *workability*, high durability and high early strength characteristic that can well be applied especially in the *pre-cast concrete* industry. In this study the properties of *High Early Strength Self Compacting Concrete* is achieved by the use of *admixture (hyper plasticizer) Glenium Ace-80* and *Silica Fume Rheomac SF 100* as *filler*. The *water-binder ratio* is kept in the low level. The *workability* conditions are tested using *workability test* like *Slump Cone*, *V-Funnel*, and *L-Shaped Box*. To test the *High Early Strength* characteristic *compression tests* are carried out on 1, 3, 7, 14 and 28 days of concrete age. The tests were focused on the age 1 and 28 days. The test result shows that the use of 2.5 % *Glenium Ace-80* and 2 % *Silica Fume* can fulfill both *workability* and *high early strength* requirement of *Self Compacting Concrete High Early Strength* by keeping the value of *water-binder ratio* in the low level.

Keywords: *workability, high early strength, water-binder ratio, filler*.

PENDAHULUAN

Di negara maju seperti Jepang, *Self Compacting Concrete (SCC)* telah diaplikasikan dengan baik dan mengalami peningkatan penggunaan yang pesat khususnya di dunia *concrete productions*.

Industri *pre-cast concrete* Indonesia sendiri, membutuhkan varian beton dengan karakteristik kekuatan awal yang besar untuk mengoptimalkan waktu dan kapasitas produksi. SCC yang ada saat

ini masih belum mampu memfasilitasi hal itu dengan baik, karena belum memiliki karakteristik kekuatan awal yang besar sehingga SCC belum dapat diaplikasikan.

Perkembangan penelitian *admixture* beton yang terbaru menghasilkan jenis *admixture* yang mampu menghasilkan varian beton dengan tingkat fluiditas yang tinggi dan peningkatan kekuatan awal yang cepat yang disebut dengan *High Early Strength Self Compacting Concrete (HESCC)*. Salah satu contoh *admixture* ini adalah *Glenium Ace-80*. Aplikasi *admixture* ini dapat menjadi solusi bagi industri *pre-cast concrete* Indonesia, dalam mengaplikasikan SCC dengan kekuatan awal yang besar.

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Nopember 2006. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 9, Nomor 1, Maret 2007.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan komposisi HESSCC yang optimal.
2. Melihat performa *admixtures Glenium Ace-80* dan *Silica Fume Rheomac SF 100* pada HESSCC.
3. Melihat peningkatan kekuatan beton pada HESSCC sampai dengan umur beton 28 hari.

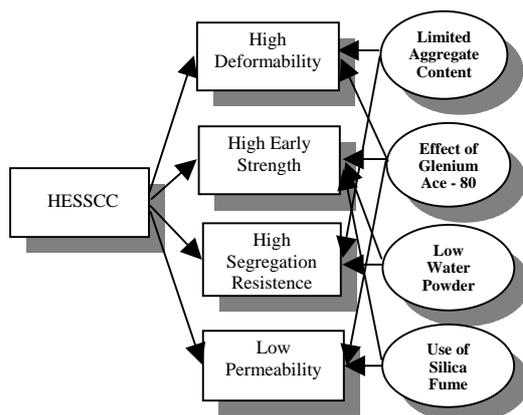
TINJAUAN PUSTAKA

High Early Strength Self Compacting Concrete merupakan varian beton yang memiliki tingkat *workability* yang tinggi sehingga tidak memerlukan pemadatan lagi dan juga memiliki kekuatan awal yang besar.

Untuk mendapatkan campuran beton dengan tingkat *workability* yang tinggi dan kekuatan awal yang besar perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Agregat kasar dibatasi jumlahnya sampai kurang lebih 50% dari volume padatnya [1].
- Pembatasan jumlah agregat halus kurang lebih 40% dari volume *mortar* [1].
- *Water-binder ratio* dijaga pada level kurang lebih 0,3
- Penggunaan *Hyperplasticizer* pada campuran beton untuk mendapatkan tingkat *workability* yang tinggi sekaligus menekan nilai *water-binder ratio*.
- Ditambahkan bahan pengisi (*Filler*) berupa *silica fume* untuk meningkatkan durabilitas dan kekuatan tekan dari beton.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Konsep HESSCC

Metode *mix design* HESSCC merupakan kombinasi dari metode *mix design DOE* dan *simple mix design* dari *Okamura* [1]. Penyesuaian-penyesuaian yang dilakukan antara lain:

- Karena efek dari *hyperplasticizer* yang digunakan, maka dilakukan penyesuaian dari besarnya air yang digunakan (*free water content*).

- Perbandingan komposisi antara agregat halus dan agregat kasar mengikuti *simple mix design Okamura* yaitu sebesar $\pm 40\%$ [1].

Filler yang dipakai pada penelitian ini adalah *silica fume Rheomac SF 100* produksi PT. MBT Indonesia. Penggunaan *silica fume* pada penelitian ini adalah sebesar 0% sampai 5% dari berat *total binder* [2].

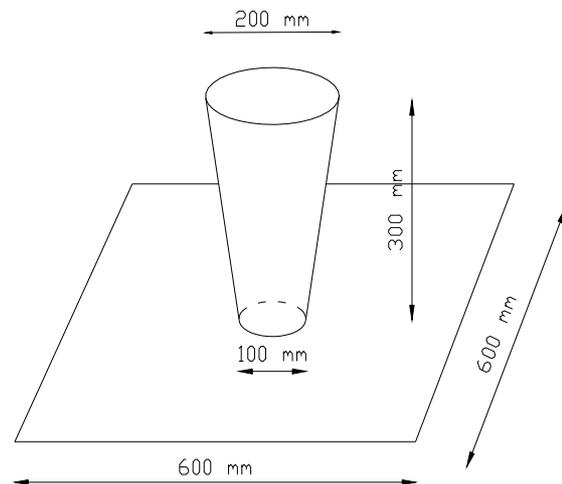
Hyperplasticizer yang digunakan untuk penelitian ini adalah *Glenium Ace-80*. Penggunaan *Glenium Ace-80* adalah sebesar 1% sampai 2% dari jumlah berat semen [3].

Kriteria *workability* dari campuran beton yang baik pada HESSCC adalah mampu memenuhi kriteria berikut [4]:

- *Fillingability*, kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan (*slump cone test*).
- *Passingability*, kemampuan campuran beton untuk melewati struktur tulangan yang rapat (*L-shaped box test*, *V funnel test*)
- *Segregation resistance*, ketahanan campuran beton segar terhadap efek segregasi.

Slump Cone

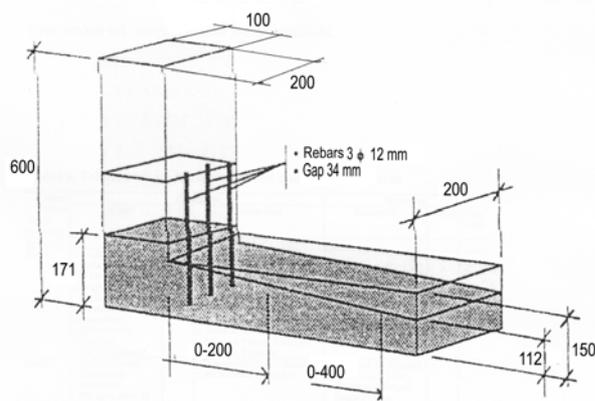
Pengujian *Slump Cone* ini digunakan untuk mengetahui *fillingability* campuran beton, berbeda dengan beton konvensional pengujian ini dilakukan secara terbalik. Alat uji *Slump Cone* dapat dilihat pada Gambar 2. Syarat *fillingability* yang harus dipenuhi adalah beton yang keluar dapat mencapai diameter 50 cm (SF_{50}) dalam 3-6 detik setelah *slump cone* ditarik.



Gambar 2. *Slump Cone*

L-Shaped Box

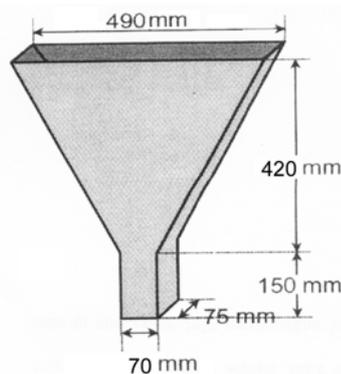
Pengujian dengan menggunakan alat ini bertujuan untuk mengetahui tingkat *passingability* dari campuran beton. Alat uji *L-Shaped Box* dapat dilihat pada Gambar 3. Syarat *passing ability* yang harus dipenuhi adalah setelah sekat dibuka, beton dapat mencapai 40 cm (FL_{40}) dalam 3-6 detik.



Gambar 3. L- Shaped Box

V-Funnel Test

Alat V-Funnel ini digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan representatif untuk pengujian *fillingability* campuran beton. Alat ini dapat dilihat pada Gambar 4. Syarat *fillingability* yang harus dipenuhi adalah waktu yang diperlukan untuk semua campuran keluar adalah 3-6 detik.



Gambar 4. V-Funnel

METODOLOGI PENELITIAN

Trial Mix

Penentuan awal komposisi tiap bahan sebagai berikut:

1. Jumlah total agregat sebesar 1697 kg/m^3 dengan perbandingan volume agregat halus dan agregat kasar sebesar 40%.
2. Jumlah total *binder* sebesar 591 kg/m^3 dengan proporsi *silica fume* sebesar 5%.
3. Jumlah air yang diberikan adalah sebesar 142.5 kg/m^3
4. Besarnya dosis *Glenium Ace-80* yang diberikan sebesar 2.5% dari berat semen.

Pada penelitian HESSCC ini terdapat banyak variabel yang mempengaruhi *workability* dan kuat tekan dari beton. Untuk menyederhanakan variasi komposisi campuran *mix design* selanjutnya dan untuk melihat pengaruh masing-masing variabel dilakukan *trial mix* awal.

Pada *trial mix* awal ini dilakukan beberapa variasi komposisi dengan mengubah dosis *binder*, dosis *admixture*, perbandingan agregat halus dengan agregat kasar dan semen dengan mengacu pada komposisi hasil dari *mix design* yang telah dibuat.

Dari *trial mix* awal diketahui beberapa variabel tidak mempunyai pengaruh yang terlalu signifikan pada *workability* maupun kuat tekan, variabel ini dinamakan "variabel tetap", sedangkan variabel yang memiliki pengaruh cukup dominan dinamakan "variabel berubah", sebagai berikut:

- Variabel tetap
Total *binder* dan perbandingan agregat halus dan kasar merupakan variabel tetap. Ditetapkan sebesar total *binder* 591 kg/m^3 dan perbandingan volume agregat halus terhadap kasar sebesar 44%.
- Variabel berubah
Variabel berubah memiliki pengaruh yang dominan sehingga dilakukan variasi komposisi pada *trial mix* selanjutnya. Variabel ini adalah nilai perbandingan *binder* dan dosis *hyperplasticizer*.

Pada *trial mix* selanjutnya dilakukan 6 variasi komposisi dengan variabel-variabel yang dirubah sebagai berikut:

- Prosentase penggunaan *silica fume* sebesar 0%, 2%, dan 5% dengan dosis *hyperplasticizer* tetap sebesar 2.5%.
- Dosis *hyperplasticizer Glenium Ace-80* sebesar 0%, 1.5%, 2.5%, dan 3.5% dengan prosentase *silica fume* tetap sebesar 5%.

Pada *trial mix* ini kondisi *self compactible* dari campuran beton harus terlebih dahulu tercapai sehingga apabila diperlukan maka diberikan penambahan air sampai tingkat *workability* yang disyaratkan tercapai. Langkah-langkah pengujian *trial mix* dapat dilihat pada Gambar 5.

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

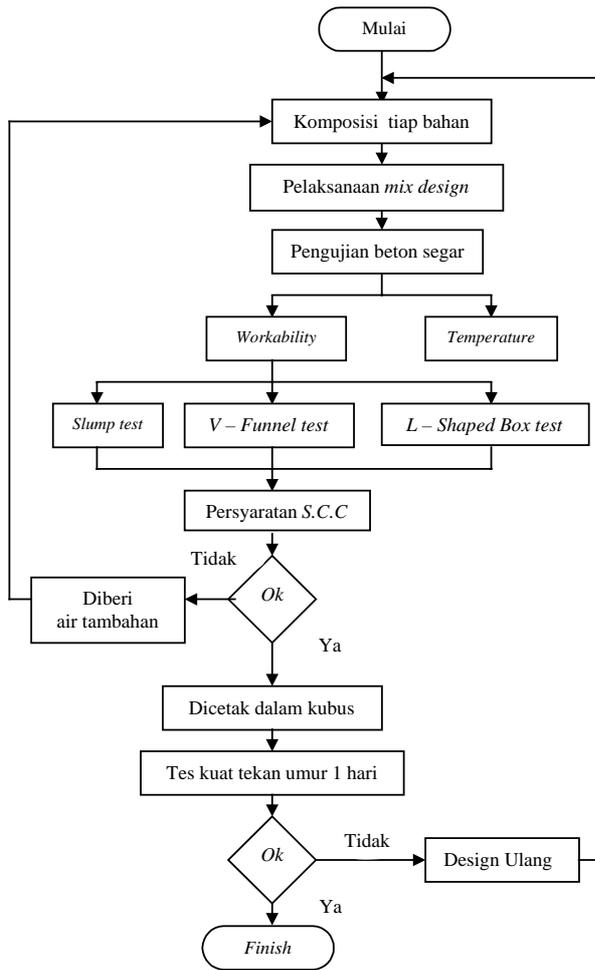
Hasil pengujian pada penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu beton segar dan beton keras. Pada saat dilakukan pengujian *fillingability* dan *passingability* pada beton segar, dilakukan pula pengamatan visual pada campuran beton untuk melihat efek segregasi. Pada beton keras dilakukan pengujian terhadap kuat tekan beton yang dilakukan pada umur 1, 3, 7, 14, dan 28 hari.

Filligability dan Passingability

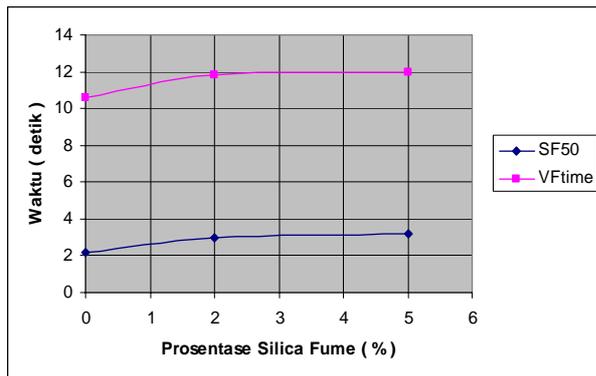
Grafik hubungan antara komposisi *binder* dan dosis *Glenium Ace-80* terhadap *fillingability* dan *passingability* dapat dilihat pada Gambar 6, 7, 8, dan 9.

Gambar 6 menunjukkan dengan semakin meningkatnya penggunaan *silica fume*, tingkat *fillingability* dari campuran beton semakin menurun. Hal ini diindikasikan dengan SF_{50} (waktu yang dibutuhkan campuran beton untuk mencapai diameter *Slump Flow* 50 cm) maupun VF_{time} (waktu yang dibutuhkan

kan campuran beton untuk keluar dari alat *V-Funnel*) yang lebih lama.

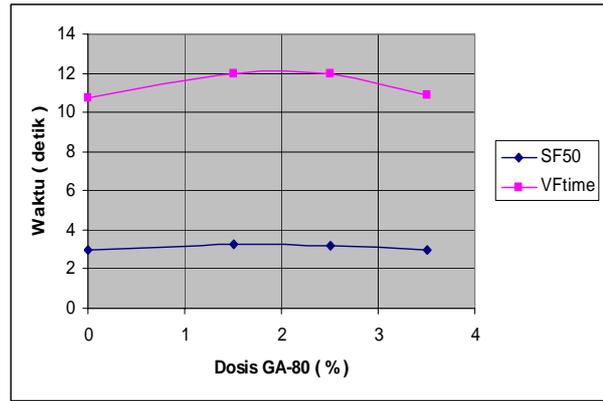


Gambar 5. Diagram Alir *Trial Mix HESSCC*



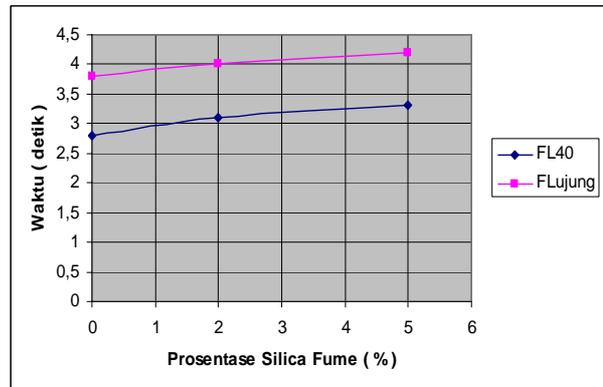
Gambar 6. Grafik Pengaruh *Binder* Terhadap *Fillingability* dari Beton.

Gambar 7 menunjukkan dengan semakin besarnya penggunaan *Glenium Ace-80* tingkat *fillingability* dari campuran beton cenderung meningkat. Komposisi yang tidak menggunakan *Glenium Ace-80* memiliki tingkat *passingability* yang baik karena dilakukan penambahan air yang besar untuk mencapai kriteria SCC.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Dosis *Glenium Ace-80* Terhadap *Fillingability*.

Pengaruh komposisi *binder* dan dosis *Glenium Ace-80* terhadap *passingability* dari beton dapat dilihat dalam Gambar 8 dan 9. Dari pengujian *passingability* yang sudah dilakukan (Gambar 8), dapat diamati dengan semakin meningkatnya penggunaan *silica fume*, maka tingkat *passingability* dari campuran beton cenderung menurun. Hal ini diindikasikan dengan FL_{40} (waktu yang dibutuhkan campuran beton untuk mencapai jarak 40 cm dari ujung dalam alat) dan FL_{ujung} (waktu yang dibutuhkan campuran beton untuk mencapai ujung luar alat) yang lebih lama.



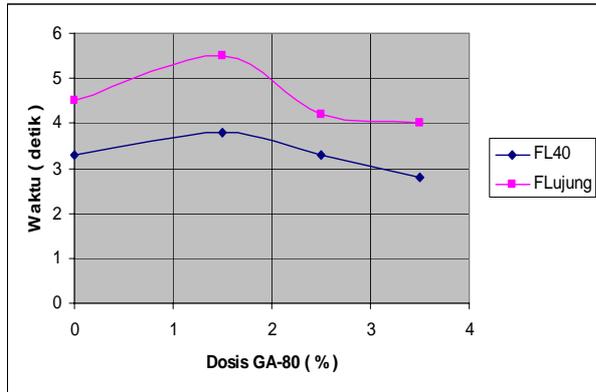
Gambar 8. Grafik Pengaruh *Binder* Terhadap *Passingability*

Dari hasil pengujian dapat dilihat pengaruh penggunaan *Glenium Ace-80* terhadap *passingability*, memiliki kecenderungan yang sama dengan pengujian *fillingability* di mana tingkat *passingability* meningkat seiring dengan penambahan dosis *Glenium Ace-80* (Gambar 9).

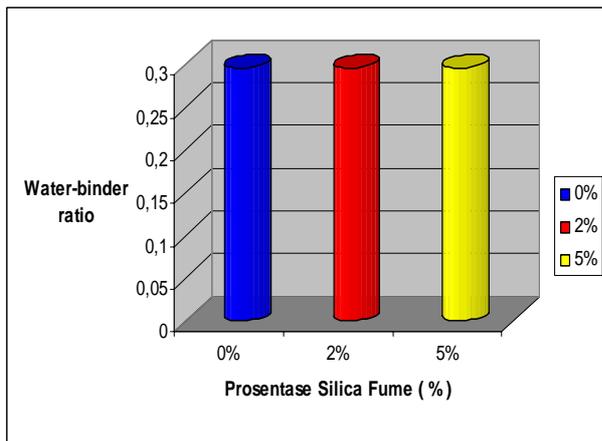
Water Binder-Ratio

Penggunaan *silica fume* dalam jumlah kecil tidak mempengaruhi nilai *water-binder ratio* (Gambar 10), sedangkan *Glenium Ace-80* sangat dominan pengaruhnya pada nilai *water-binder ratio* (Gambar 11). Penambahan dosis *Glenium Ace-80* dapat mengurangi penambahan air (Gambar 12), akan tetapi

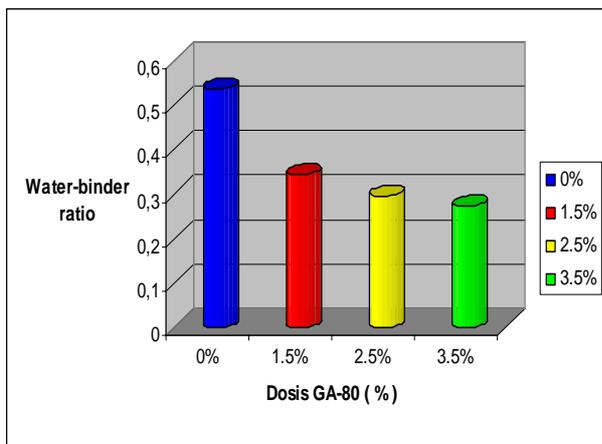
penambahan dosis *Glenium Ace-80* lebih dari 3,5% dapat menimbulkan efek negatif seperti segregasi dan *bleeding*.



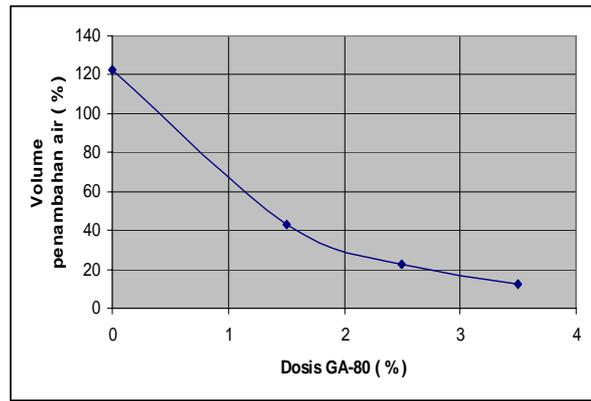
Gambar 9. Grafik Pengaruh Dosis *Glenium Ace-80* Terhadap *Passingability*.



Gambar 10. Grafik Pengaruh Prosentase *Silica Fume* Terhadap *Water-Binder Ratio*



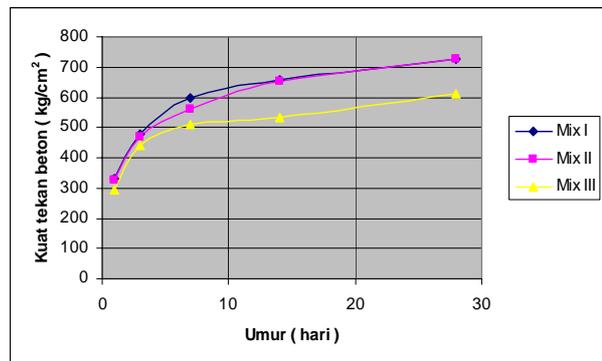
Gambar 11. Grafik Pengaruh Prosentase *Glenium Ace-80* Terhadap *Water-Binder Ratio*



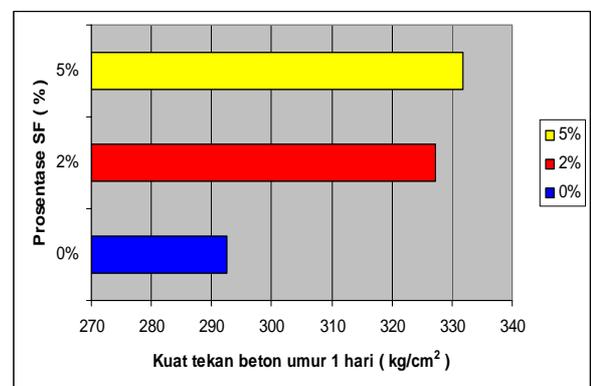
Gambar 12. Grafik Penambahan Air pada Campuran Beton

Hasil pengujian beton keras

Komposisi *Mix I* (SF 5% & GA-80 2,5%) dan *Mix II* (SF2% & GA-80 2,5%) mampu memenuhi target kekuatan awal sebesar 300 kg/cm² untuk umur beton 1 hari dan kekuatan akhir sebesar 600 kg/cm² untuk umur beton 28 hari (Gambar 13), sedangkan komposisi *Mix III* (SF 0% & GA-80 2,5%) tidak mampu memenuhi target kekuatan awal (Gambar 14) tetapi masih memenuhi target kekuatan akhir. Secara umum penggunaan *silica fume* dapat meningkatkan kekuatan beton rata rata sebesar 5-20% disetiap umurnya.



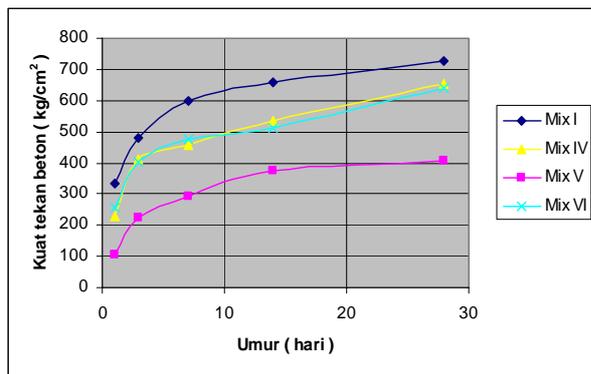
Gambar 13. Grafik Dari Kuat Tekan Terhadap Variasi Komposisi *Binder*



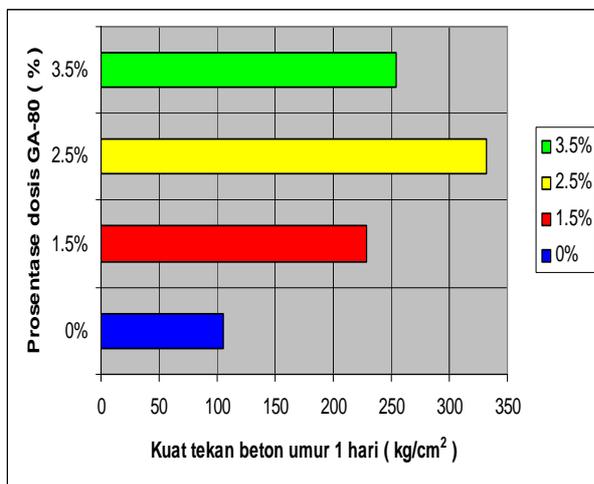
Gambar 14. Grafik Kuat Tekan Beton Umur 1 Hari Terhadap Prosentase Penggunaan *Silica Fume*

Pengaruh *Glenium Ace-80* sangat dominan terhadap kuat tekan beton, dimana hanya komposisi *Mix I* (SF 5% & GA-80 2.5%) yang mampu memenuhi target kekuatan awal dan akhir beton, sedangkan pada *Mix IV* (SF 5% & GA-80 1.5%) dan *Mix VI* (SF 5% & GA-80 3.5%) hanya mampu memenuhi target kekuatan akhir beton dan pada *Mix V* (SF 5% & GA-80 0%), beton tidak mampu memenuhi target kekuatan baik awal maupun akhir (Gambar 15).

Mix IV (SF 5% & GA-80 3.5%) tidak mampu memenuhi target kekuatan awal (Gambar 16), hal ini disebabkan karena adanya efek segregasi dan *bleeding* pada campuran beton akibat penggunaan *Glenium Ace-80* yang terlalu banyak (*overdosis*).



Gambar 15. Grafik Dari Kuat Tekan Terhadap Variasi Dosis *Glenium Ace-80*.



Gambar 16. Grafik Kuat Tekan Beton Umur 1 Hari Terhadap Dosis *Glenium Ace-80*

KESIMPULAN

Dari beberapa percobaan dan pengujian yang dilakukan dalam penelitian *High Early Strength Self Compacting Concrete (HESCC)* dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Dari beberapa variasi komposisi *trial mix* yang dilakukan, variasi yang menggunakan dosis *admixture Glenium Ace-80* sebesar 2.5% dan prosentase *silica fume* sebesar 2% adalah variasi yang paling optimal dan efektif dalam mencapai *workability* dan target kekuatan yang diharapkan.
2. Penggunaan *silica fume* sebagai *filler* dalam campuran beton dengan komposisi yang tepat, dapat meningkatkan kekuatan beton pada setiap umur pengujiannya rata-rata sebesar 5-20%.
3. Semakin banyaknya prosentase *silica fume* menyebabkan *workability* beton baik *fillingability* maupun *passingability* cenderung menurun, sedangkan dengan semakin banyaknya penggunaan dosis *Glenium Ace-80* *workability* beton baik *fillingability* maupun *passingability* cenderung meningkat.
4. Penggunaan *silica fume* tidak mempengaruhi nilai *water-binder ratio* karena prosentase *silica fume* yang digunakan relatif kecil, sedangkan penggunaan *Glenium Ace-80*, pengaruhnya sangat besar terhadap *water-binder ratio* dimana semakin banyak dosis yang diberikan akan mengakibatkan nilai *water-binder ratio* akan semakin rendah.
5. Penggunaan alat *V-funnel* pada penelitian ini saling mendukung, yang dengan pengujian *slump cone* sekaligus dapat memberikan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Okamura, H., *Self Compacting High-Performance Concrete*, Ferguson Lecture, New Orleans, 1996.
2. PT. MBT Indonesia, *Rheomac SF 100-MB-SF*, Surabaya, 2003.
3. PT. MBT Indonesia, *Glenium Ace-80*, Surabaya, 2003.
4. Efnarc Association, *Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete*, <http://www.efnarc.org/efnarc/SandGforSCC.PDF>, 2002.