

Beton Mutu Tinggi dengan *Admixture Superplastisizer* dan *Aditif Silicafume*

(High Strength Concrete Containing Admixtures Superplastisizer and Additive Silicafume)

AS'AT PUJIANTO

ABSTRACT

Increasing concrete strength is one of the main necessities of concrete technology. For more than the last 20 years, high strength concretes with compressive strength ranging from 50 MPa up to 140 MPa have been used worldwide in high rise buildings and bridges with long spans, or buildings in aggressive environments. But in Indonesia high strength concretes possesses maximum compressive strength of 60 MPa. The properties of concrete are affected by cementitious matrix, aggregate, and the transition zone between these two phases. Reducing the water-cement ratio and the addition of pozzolanic admixtures like fly-ash are often used to modify the microstructure of the matrix and to optimise the transition zone. The reduction of the water-cement ratio results in a decrease in porosity and refinement of capillary pores in matrix, but flowing ability of the concrete will also decrease so that it can't be workable. Then it workability can be improve by the use of a superplastisizer. The method used refers to the planning of normal concrete, which is contained in the SK-SNI 03-2834-1992. The results showed that superplastisizer with doses of more than 2% of the cement paste does not increase the flowing ability of the paste anymore. For all the rest of the experiments, the superplastisizer dosage was determined about 2 % of the powder mass. The first tests showed a good workability of the fresh concrete and a good self compacting ability with the silicafume dosage of 10 % of the powder mass. The interest in reducing costs for increasing the concrete strength, can be successfully achieved in this research.

Keywords: high strength concrete, workability, superplastisizer, silicafume

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan. Hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju, seperti jembatan dengan bentang panjang dan lebar, bangunan gedung bertingkat tinggi (terutama untuk kolom dan beton pracetak), dan fasilitas lain. Perencanaan fasilitas-fasilitas tersebut mengarah kepada digunakannya beton mutu tinggi yang mencakup kekuatan, ketahanan (keawetan), masa layan dan efisiensi. Dengan beton mutu tinggi dimensi dari struktur dapat diperkecil sehingga berat struktur menjadi lebih ringan. Hal tersebut menyebabkan beban yang diterima pondasi secara keseluruhan menjadi lebih kecil pula. Jika ditinjau dari segi

ekonomi hal tersebut tentu akan lebih menguntungkan. Disamping itu untuk bangunan bertingkat tinggi dengan semakin kecilnya dimensi struktur kolom pemanfaatan ruangan akan semakin maksimal. Porositas yang dihasilkan beton mutu tinggi juga lebih rapat, sehingga akan menghasilkan beton yang relatif lebih awet dan tahan sulfat karena tidak dapat ditembus oleh air dan bakteri perusak beton. Oleh sebab itu penggunaan beton bermutu tinggi tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan dan perancangan struktur bangunan.

Salah satu masalah yang sangat berpengaruh pada kuat tekan beton adalah adanya porositas. Semakin besar porositasnya maka kuat tekannya semakin kecil, demikian juga sebaliknya. Besar dan kecilnya porositas dipengaruhi oleh besar dan kecilnya fas yang digunakan. Semakin besar fas-nya maka

porositas semakin besar, demikian juga sebaliknya. Untuk mendapatkan beton bermutu tinggi (kuat tekan tinggi) maka harus dipergunakan fas rendah, namun jika fas-nya terlalu kecil pengerjaan beton akan menjadi sangat sulit, sehingga pematatannya tidak bisa maksimal dan akan mengakibatkan beton menjadi keropos. Hal tersebut berakibat menurunnya kuat tekan beton. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dipergunakan *superplastisizer* yang sifatnya dapat mengurangi air (dengan menggunakan fas kecil) tetapi tetap mudah dikerjakan yaitu Sikamen Type F (produk PT. Sika Nusa Pratama).

Porositas juga dapat diakibatkan adanya partikel-partikel bahan penyusun beton yang relatif besar, sehingga kerapatan tidak dapat maksimal. Partikel terkecil bahan penyusun beton konvensional adalah semen. Untuk mengurangi porositas semen dapat digunakan aditif yang bersifat *pozzolan* dan mempunyai partikel sangat halus. Salah satu aditif tersebut adalah Mikrosilika (*Silicafume*), yang 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 silika-dioksida (Si O_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.

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang campuran beton mutu tinggi dengan bahan tambah *superplastisizer* dan *silicafume*, kemudian diperoleh hasil kuat tekan, nilai slump, kadar masing-masing bahan (air, semen, agregat, *superplastisizer*, *silicafume*) dalam campuran. Dengan penambahan zat *additive* tersebut ditargetkan kuat tekan yang dicapai > 60 MPa untuk benda uji silinder berdiameter 150 mm x 300 mm pada umur 28 hari.

Beberapa faktor utama yang menentukan keberhasilan pengadaan beton bermutu tinggi adalah:

1. Faktor air semen

Faktor air semen (fas) adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara berat air dan berat semen. Pada beton mutu tinggi dan sangat tinggi, pengertian fas 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), maka semakin rendah kuat tekan betonnya. Idealnya semakin rendah fas kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pematatan, maka di bawah fas tertentu (sekitar 0,30) kekuatan beton menjadi lebih rendah, karena betonnya kurang padat akibat kesulitan pematatan. Untuk mengatasi kesulitan pematatan dapat digunakan alat getar (*vibrator*) atau dengan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat menambah kemudahan pengerjaan (Tjokrodinuljo, 1992). Untuk membuat beton bermutu tinggi faktor air semen yang dipergunakan antara 0,28 sampai dengan 0,38. Untuk beton bermutu sangat tinggi faktor air semen yang dipergunakan lebih kecil dari 0,2 (Jianxin Ma & Jorg Dietz, 2002).

2. Kualitas agregat halus (pasir)

Kualitas agregat halus yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah :

- berbentuk bulat,
- tekstur halus (*smooth texture*),
- bersih,
- gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama),
- modulus kehalusan (*fineness modulus*). Pasir dengan modulus kehalusan 2,5 s/d 3,0 pada umumnya akan menghasilkan beton mutu tinggi (dengan fas rendah) yang mempunyai kuat tekan dan *workability* yang optimal (De Larrard, 1990).

3. Kualitas agregat kasar (batu pecah/koral)

Kualitas agregat kasar yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah :

- porositas rendah. Porositas yang rendah akan menghasilkan adukan yang seragam (*uniform*), dalam arti

mempunyai keteraturan atau keseragaman yang baik pada mutu (kuat tekan) maupun nilai *slump*-nya. Akan sangat baik bila bisa digunakan agregat kasar dengan tingkat penyerapan air (*water absorption*) yang kurang dari 1 %. Bila tidak, hal ini bisa menimbulkan kesulitan dalam mengontrol kadar air total pada beton segar, dan bisa mengakibatkan kekurang teraturan (*irregularity*) dan deviasi yang besar pada mutu dan nilai *slump* beton yang dihasilkan.

- b. bentuk fisik agregat.
Batu pecah dengan bentuk kubikal dan tajam akan menghasilkan mutu beton yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kerikil bulat, karena bentuk kubikal dan tajam bisa memberikan daya lekat mekanik yang lebih baik antara batuan dengan mortar (De Larrard, 1990).
 - c. ukuran maksimum agregat.
Pemakaian agregat yang lebih kecil (< 15 mm) bisa menghasilkan mutu beton yang lebih tinggi (De Larrard, 1990). Namun pemakaian agregat kasar dengan ukuran maksimum 25 mm masih menunjukkan tingkat keberhasilan yang baik dalam produksi beton mutu tinggi.
 - d. bersih,
 - e. kuat tekan hancur yang tinggi,
 - f. gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).
4. *Penggunaan admixture dan aditif mineral dalam kadar yang tepat*

Beton mutu tinggi dapat diperoleh dengan mencampurkan *superplastisizer* (*high range water reducer*) dan aditif mineral yang bersifat *cementitious* yang berupa abu terbang (*fly ash*), *pozzofume* (*super fly ash*), dan mikrosilika (*silicafume*) dengan kadar yang tepat. Jika bahan *admixture* dan aditif dicampur dengan kadar yang tidak tepat hasilnya akan sebaliknya, yaitu dapat menurunkan kuat tekannya.

Penggunaan *superplastisizer* atau *high range water reducer* bertujuan untuk bisa mengontrol dan menghasilkan nilai *slump* yang optimal pada beton segar (*workable*), sehingga bisa dihasilkan kinerja pengecoran beton yang baik. *Superplastisizer* mutlak diperlukan pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, karena kondisi

fas yang umumnya sangat rendah. Namun dalam segala hal, penggunaan *superplastisizer* harus sesuai dengan standar ASTM-C 494-81 tipe F.

Ketepatan dosis penambahan *superplastisizer* umumnya perlu dibuktikan dengan membuat campuran percobaan (*trial mixes*) dengan beberapa variasi dosis penambahan *superplastisizer* hingga mendapatkan hasil yang optimum dalam memenuhi syarat kelecakan yang direncanakan. Hasil penelitian penggunaan *superplastisizer* menunjukkan peningkatan nilai *slump* yang memuaskan pada fas yang rendah (dalam hal ini digunakan sikamen-163, produk PT. Sika Nusa Pratama). Dengan fas sebesar 0,28, nilai *slump* awal sebesar 1,5 cm. Pada penambahan *superplastisizer* dengan dosis 1,25 % nilai *slump* mencapai 9,5 cm, sedangkan pada penambahan *superplastisizer* dengan dosis 2 % nilai *slump* mencapai 12,5 cm (Supartono, 1998).

5. *Prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton.*

Untuk menghasilkan beton bermutu tinggi maka dibutuhkan prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton yang meliputi :

- a. uji material (*material testing*),
- b. sensor dan pengelompokan material (*material sensor and grouping*),
- c. penakaran dan pencampuran (*batching*),
- d. pengadukan (*mixing*),
- e. pangangkutan (*transportating*),
- f. pengecoran (*placing*),
- g. perawatan (*curing*).

Disamping itu perlu pengawasan dan pengendalian yang ketat pada keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan, yang didukung oleh koordinasi operasional yang optimal.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

1. Semen portland normal (type I) merek Nusantara kapasitas 40 kg.
2. Agregat kasar berupa agregat yang dipecah (*split*) asal Clereng, Kulon Progo.
3. Agregat halus berupa agregat alami asal Merapi.

4. *Superplastisizer* yang digunakan adalah *sikamen NN type F*, produk dari PT. Sika Nusa Pratama.
5. *Silicafume* yang digunakan produk dari PT. Sika Nusa Pratama.
6. Air yang memenuhi syarat dan layak diminum dipakai sebagai campuran beton, diambil dari tempat pelaksanaan pembuatan benda uji.

Alat

1. Mesin uji tekan beton berkapasitas maksimum 2000 KN, yang dilengkapi dengan CPU dan printer.
2. Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
3. Perlengkapan alat pembuatan beton berupa saringan, *oven*, timbangan, mesin *Los Angeles*, gelas ukur, krusut Abrams cangkul, cethok dan talam, mistar dan kaliper, *stop watch*, dan lain-lain.

Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan penelitian meliputi :

1. Pemeriksaan bahan susun agregat halus, meliputi pemeriksaan gradasi (SK SNI 03-1968-1990), berat jenis dan penyerapan air (SK SNI 03-1970-1990), kadar air (SK SNI 03-1971-1990), kadar lumpur, dan berat satuan.
2. Pemeriksaan bahan susun agregat kasar, meliputi pemeriksaan gradasi (SK SNI 03-1968-1990), berat jenis dan penyerapan air (SK SNI 03-1969-1990), keausan (SK SNI 03-2417-1991), kadar air (SK SNI 03-1971-1990), kadar lumpur, dan berat satuan.
3. Pemeriksaan bahan susun *silicafume*, meliputi kadar air dan kehalusan butiran.
4. Perancangan bahan susun beton dengan mengacu pada SK.SNI.03-2834-1992.

Faktor air semen (fas) dasar yang dipakai dalam penelitian disesuaikan dengan kebutuhan hidrasi semen yaitu sebesar 0,30 (misalnya untuk semen sebesar 750 kg maka air sebesar 225 liter). Kemudian jumlah air dikurangi sesuai dengan besarnya kadar *superplastisizer*, yaitu sebesar 0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2 %, dan

2,5 %. Dari hasil pengujian tersebut akan didapat kadar *superplastisizer* optimum. Kemudian penelitian selanjutnya hanya digunakan *superplastisizer* dengan kadar optimum saja. Kadar *silicafume* yang dipergunakan yaitu sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% terhadap berat semen. Agar menghasilkan fas yang tetap, maka jumlah semen yang dipergunakan dikurangi dengan besarnya bahan tambah.

5. Pengujian slump beton segar (SK SNI 03-1972-1990).
6. Pembuatan benda uji dan perawatan (SK SNI 03-2493-1991). Setiap variasi campuran berjumlah sebanyak 4 buah benda uji, maka jumlah sampel untuk pengujian awal sebanyak $6 \times 4 = 24$ benda uji. Untuk pengujian lanjutan sebanyak $5 \times 4 = 20$ benda uji, sehingga jumlah total sebanyak 44 benda uji.
7. Pengujian berat jenis dan kuat tekan benda uji pada saat beton berumur 28 hari (SK SNI 03-1973-1990 dan SK SNI 03-1974-1990).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Bahan Susun

Dari pengujian pasir didapat nilai modulus halus butir sebesar 3,35 dan termasuk gradasi untuk daerah no. 1, berat jenis pasir kering/curah sebesar $2,64 \text{ gr/cm}^3$, kadar air pada kondisi kering muka (SSD) sebesar 1 %, berat satuan pada kondisi SSD sebesar $1,26 \text{ gr/cm}^3$, dan kadar lumpur sebesar 0,5 %.

Dari pengujian split didapat nilai berat jenis kering sebesar $2,65 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis kering muka (SSD) sebesar $2,67 \text{ gr/cm}^3$, penyerapan air dalam kondisi kering sebesar 0,86 %, kadar lumpur sebesar 0,62 %, kadar air SSD rata-rata sebesar 0,89 %, berat satuan SSD sebesar $1,43 \text{ gr/cm}^3$, keausan sebesar 42,57 %.

Dari pengujian *silicafume* didapat nilai berat jenis sebesar $1,28 \text{ gr/cm}^3$, kadar air sebesar 1,47 %. Butiran yang lolos menembus saringan no.100 (0,15 mm) adalah sebesar 82,5 %.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa bahan susun tersebut memenuhi syarat untuk pembuatan beton.

Hasil Perencanaan Campuran Beton

Kuat tekan beton tanpa *superplastisizer* direncanakan sebesar 42 MPa, dengan fas sebesar 0,3. Dengan adanya bahan tambah *superplastisizer* maka fas akan menurun, sehingga diharapkan kuat tekannya lebih besar dari yang direncanakan. Dengan menurunnya fas maka akan dihasilkan kuat tekan yang lebih besar. Berdasarkan metode SK.SNI.03-2834-1992 kebutuhan bahan susun untuk setiap meter kubik beton disajikan dalam Tabel 1. Dari Tabel 1 tersebut diharapkan menghasilkan kadar *superplastisizer* optimum terhadap kuat tekannya.

Setelah diadakan uji kuat tekan beton seperti pada Gambar 1, didapat kuat tekan optimum sebesar 2%, sehingga pada pembuatan benda uji berikutnya dipergunakan kadar *superplastisizer* sebesar 2%, dengan kadar *silicafume* bervariasi sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat semen.

Kebutuhan bahan susun beton dengan *silicafume* tiap 1 meter kubik disajikan pada Tabel 2.

Hasil Uji Slump Beton Segar

Setiap benda uji diadakan 2 kali pengujian slump, kemudian dari 2 kali pengujian ini diambil nilai slump rata-rata. Hasil uji slump tanpa menggunakan *silicafume* disajikan dalam Tabel 3. Hasil uji slump dengan menggunakan *silicafume* yang bervariasi dan *superplastisizer* sebesar 2% disajikan dalam Tabel 4.

Dari Tabel 3 didapatkan hasil bahwa semakin besar kadar *superplastisizer* semakin meningkat nilai *slump*-nya. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Supartono (1998) yang mengatakan bahwa semakin besar kadar *superplastisizer* maka nilai slump akan semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan dengan semakin besar kadar *superplastisizer* maka beton akan semakin lecah (mudah dikerjakan).

TABEL 1. Kebutuhan bahan susun beton tanpa *silicafume* tiap 1 meter kubik

Kadar Superplastisizer (%)	Volume		Berat Semen (kg)	Berat Pasir (kg)	Berat Koral (kg)	fas
	Air (liter)	Superplastisizer (liter)				
0.0%	225.00	0	750	764.40	705.60	0.30
0.5%	216.56	8.44	750	764.40	705.60	0.29
1.0%	208.13	16.88	750	764.40	705.60	0.28
1.5%	199.69	25.31	750	764.40	705.60	0.27
2.0%	191.25	33.75	750	764.40	705.60	0.26
2.5%	182.81	42.19	750	764.40	705.60	0.24

TABEL 2. Kebutuhan bahan susun beton dengan *silicafume* tiap 1 meter kubik

Kadar Silicafume (%)	Kadar Superplastisizer (%)	Volume		Berat		Berat Pasir (kg)	Berat Koral (kg)
		Air (liter)	Superplastisizer (liter)	Silicafume (kg)	Semen (kg)		
0.0%	2.0%	191.25	33.75	-	750.00	764.40	705.60
5.0%	2.0%	191.25	33.75	37.50	712.50	764.40	705.60
10.0%	2.0%	191.25	33.75	75.00	675.00	764.40	705.60
15.0%	2.0%	191.25	33.75	112.50	637.50	764.40	705.60
20.0%	2.0%	191.25	33.75	150.00	600.00	764.40	705.60

TABEL 3. Hasil uji slump beton segar tanpa *silicafume* dengan kadar superplastisizer bervariasi

Kadar Superplastisizer (%)	Volume		Berat Semen (kg)	Berat Pasir (kg)	Berat Korala (kg)	Slump (cm)	Slump rata-rata (cm)
	Air (liter)	Superplastisizer (liter)					
0.0%	225.00	0	750	764.40	705.60	2.30 2.20	2.25
0.5%	216.56	8.44	750	764.40	705.60	6.50 7.10	6.80
1.0%	208.13	16.88	750	764.40	705.60	8.90 9.30	9.10
1.5%	199.69	25.31	750	764.40	705.60	9.70 9.90	9.80
2.0%	191.25	33.75	750	764.40	705.60	12.70 13.10	12.90
2.5%	182.81	42.19	750	764.40	705.60	13.20 14.00	13.60

TABEL 4. Hasil uji slump beton segar dengan kadar superplastisizer 2 % dan kadar *silicafume* yang bervariasi

Kadar <i>Silicafume</i> (%)	Kadar Superplastisizer (%)	Volume		Berat		Berat Pasir (kg)	Berat Korala (kg)	Slump (cm)	Slump rata-rata (cm)
		Air (liter)	Superplastisizer (liter)	<i>Silicafume</i> (kg)	Semen (kg)				
0.0%	2.0%	191.25	33.75	-	750.00	764.40	705.60	12.70 13.10	12.90
5.0%	2.0%	191.25	33.75	37.50	712.50	764.40	705.60	11.50 11.20	11.35
10.0%	2.0%	191.25	33.75	75.00	675.00	764.40	705.60	9.10 9.30	9.20
15.0%	2.0%	191.25	33.75	112.50	637.50	764.40	705.60	8.20 8.10	8.15
20.0%	2.0%	191.25	33.75	150.00	600.00	764.40	705.60	7.90 7.80	7.85

Dari Tabel 4 diketahui bahwa semakin besar kadar *silicafume* semakin menurun nilai *slump*-nya. Hal tersebut diakibatkan karena *silicafume* lebih banyak menyerap air jika dibandingkan dengan semen, sehingga adukan menjadi lebih kering yang kemudian mempengaruhi nilai slump beton segar menjadi semakin rendah sesuai dengan kadar *silicafume* yang ditambahkan.

Pengaruh Kadar Superplastisizer terhadap Kuat Tekan Beton

Hasil uji kuat tekan beton tanpa menggunakan *silicafume* ditunjukkan pada Gambar 1, dan hasil persamaannya dituliskan pada Persamaan 1.

$$f_c' = -26231 SP^2 + 1047,3 SP + 40,9 \quad (1)$$

dengan f_c' adalah kuat tekan beton (MPa) dan SP adalah *superplastisizer* (%).

Dari Gambar 1 tersebut terlihat bahwa semakin besar kadar *superplastisizer* semakin besar kuat tekannya, namun sampai dengan kadar 2 % kuat tekan beton semakin kecil. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kuat tekan optimum didapat pada kadar *superplastisizer* 2%, dan berdasarkan Persamaan 1 didapat nilai kuat tekan beton optimum sebesar 51,35 MPa, dengan slump sebesar 12,90 cm (berdasarkan Tabel 3).

Berdasarkan Tabel 3 dapat ditentukan perbandingan berat bahan susun beton tanpa *silicafume* dengan kadar *superplastisizer* 2 %, yaitu sebesar = 1 *superplastisizer* : 5,67 air : 22,22 semen : 22,65 pasir : 20,91 koral.

Pengaruh Kadar Silicafume terhadap Kuat Tekan Beton

Hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan kadar *superplastisizer* sebesar 2% dan kadar *silicafume* yang bervariasi ditunjukkan pada Gambar 2, dan persamaannya sebagaimana yang ditulis pada Persamaan 2.

$$f_c' = -1161,8 SC^2 + 235,23 SC + 53,15 \quad (2)$$

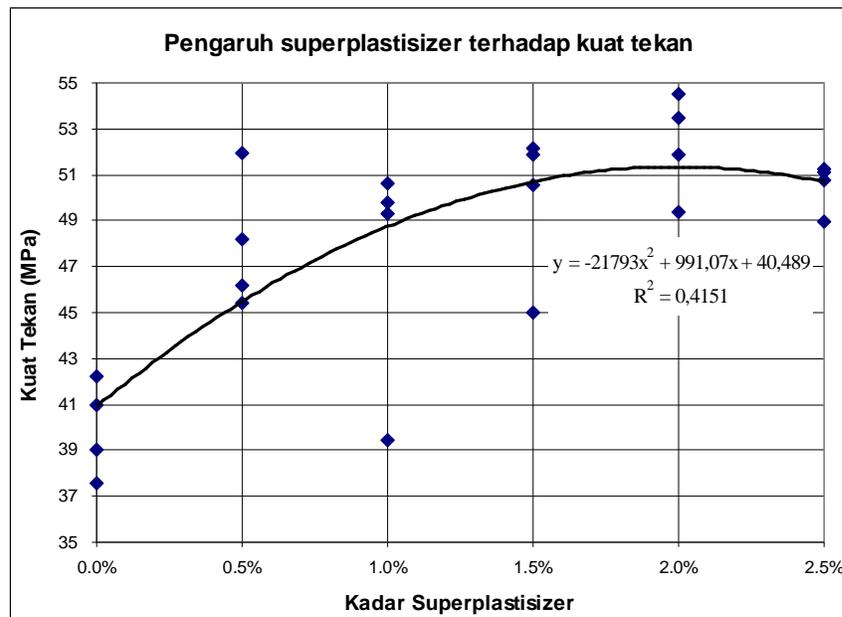
dengan f_c' adalah kuat tekan beton (MPa) dan SC adalah *silicafume* (%).

Dari Gambar 2 tersebut terlihat bahwa semakin besar kadar *silicafume* semakin besar kuat tekannya, namun sampai dengan kadar 10% kuat tekan beton semakin kecil. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kuat tekan optimum didapat pada kadar *silicafume* 10%, dan berdasarkan Persamaan 2 didapat nilai kuat tekan optimum sebesar 65,06 MPa, dengan slump sebesar 9,20 cm (berdasarkan Tabel 4).

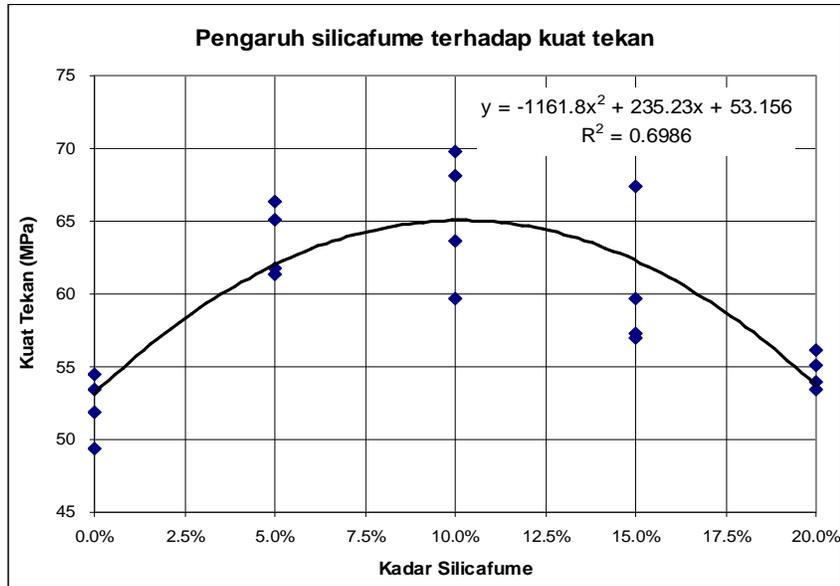
Berdasarkan Tabel 4 dapat ditentukan perbandingan berat bahan susun beton dengan kadar *superplastisizer* 2% dan *silicafume* 10%, yaitu sebesar = 1 *superplastisizer* : 5,67 air : 2,22 *silicafume* : 20 semen : 22,65 pasir : 20,91 koral.

KESIMPULAN

1. Kuat tekan beton optimum tanpa *silicafume* yang dapat dicapai sebesar 51,35 MPa dengan kadar *superplastisizer* sebesar 2%, dan slump sebesar 12,90 cm.
2. Kuat tekan beton optimum yang dapat dicapai sebesar 65,06 MPa dengan kadar *silicafume* 10%, kadar *superplastisizer* 2%, dan slump sebesar 9,20 cm.
3. Kuat tekan beton dengan mutu sangat tinggi (> 80 Mpa) belum dapat dicapai, namun masih termasuk beton mutu tinggi (> 60 MPa).
4. Perbandingan berat bahan susun beton optimum tanpa *silicafume* dengan kadar *superplastisizer* 2% adalah 1 *superplastisizer* : 5,67 air : 22,22 semen : 22,65 pasir : 20,91 koral.
5. Perbandingan berat bahan susun beton optimum dengan kadar *silicafume* 10% dan *superplastisizer* 2% adalah 1 *superplastisizer* : 5,67 air : 2,22 *silicafume* : 20 semen : 22,65 pasir : 20,91 koral.



GAMBAR 1. Pengaruh kadar *superplastisizer* terhadap kuat tekan beton



GAMBAR 2. Pengaruh kadar *silicafume* terhadap kuat tekan beton

DAFTAR PUSTAKA

- De Larrard (1990). *A Method for Proportioning High-Strength Concrete Mixtures*, Cement, Concrete and Agregat, ASTM, Volume 12, Issue 1, pp. 47-52.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*, SK SNI 03-1968-1990, Bandung: Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, SK SNI 03-1969-1990, Bandung: Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, SK SNI 03-1970-1990, Bandung: Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*, SK SNI 03-1971-1990, Bandung: Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, SK SNI 03-2417-1991, Bandung: Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode Pengujian Slump Beton*, SK SNI 03-1972-1990, Bandung: Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode Pengujian Berat Isi Beton*, SK SNI 03-1973-1990, Bandung: Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, SK SNI 03-1974-1990, Bandung: Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium*, SK SNI 03-2493-1991, yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum (1992). *Tata cara pembuatan rencana campuran untuk beton normal*, SK SNI 03-2834-1992, Bandung: Yayasan LPMB.
- Jianxin Ma & Jorg Dietz (2002). *Ultra high performance self compacting concrete*, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität Leipzig.
- Mindess, S. & Young, J. F. (1981). *Concrete*, New Jersey: Prentice-Hall, inc. Englewood Clifs.
- Supartono, F.X. (1998). *Mengenal dan mengetahui permasalahan pada produksi beton berkinerja tinggi*, artikel ilmiah, UI, Jakarta.

Tjokrodimuljo, K. (1992). *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Gramedia.

Winter, G. & Nilson, A. H. (1993). *Design of concrete structures*, New York: McGraw Hill Book Company Inc.

PENULIS:

As'at Pujiyanto✉

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan
Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul
55183.

✉Email: pujiyantoasat@umy.ac.id