

Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah *Superplastisizer* dan *Fly Ash*

(High Strength Concrete Containing Admixtures Superplastisizer and Additive Fly Ash)

AS'AT PUJANTO

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 strength of concrete. 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 fly-ash dosage of 12 % 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, compressive, superplastisizer, fly ash

PENDAHULUAN

Sejak dulu beton dikenal sebagai material dengan kekuatan tekan yang memadai, mudah dibentuk, mudah diproduksi secara lokal, relatif kaku, dan ekonomis. Di sisi lain beton menunjukkan banyak keterbatasan, baik dalam proses produksi maupun sifat-sifat mekaniknya, sehingga beton pada umumnya hanya digunakan untuk konstruksi dengan ukuran kecil dan menengah. Sejak dua dekade terakhir ini, setelah berhasil dikembangkannya berbagai jenis tambahan atau *admixtures* dan *additives* untuk campuran beton, terutama *water reducer* atau *plasticizer* dan *superplastisizer*, maka telah terjadi kemajuan yang sangat pesat pada teknologi beton. Beton mutu tinggi bahkan sangat tinggi berhasil diproduksi, dan dapat memperbaiki serta meningkatkan hampir semua kinerja beton

menjadi suatu material modern yang berkinerja tinggi.

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 berbentuk panjang. Pada tahun 1960, di USA juga sudah diproduksi beton mutu tinggi 60 MPa untuk keperluan militer. Selanjutnya sejak tahun 1980an, beton mutu tinggi dan sangat tinggi banyak digunakan untuk pelaksanaan struktur gedung bertingkat tinggi (terutama untuk elemen kolom). Sejak 1989 sudah digunakan beton bermutu 100 – 140 MPa untuk jembatan berbentuk panjang,

bangunan bawah tanah dan lepas pantai, bangunan industri seperti silo yang tinggi dan berdiameter besar, dan juga bangunan beresiko tinggi seperti bangunan reaktor pada pembangkit listrik tenaga nuklir. 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* dan nilai *slump* mencapai 15 cm. Campuran beton yang dihasilkan memiliki kadar semen 480 kg/cm² dan faktor air semen (fas) 0,32 (Supartono, 1998). Sedangkan realisasi di lapangan maksimal baru mencapai $\pm 80\%$ nya atau setara dengan 60 MPa.

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 *fly ash* (abu terbang atau abu batu bara), yang dihasilkan dari sisa pembakaran batu bara, dan seringkali bisa didapat dari PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya, khususnya pada ruang perapian ketel uap.

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang campuran beton mutu tinggi dengan bahan tambah *superplastisizer* dan *fly ash*, kemudian dihasilkan nilai kuat tekan, nilai *slump* dan kadar masing-masing bahan (air, semen, agregat, *superplastisizer*, *fly ash*) dalam campuran. Dengan penambahan zat *additive* tersebut ditargetkan kuat tekan yang dicapai > 50 MPa untuk benda uji silinder berdiameter 150 mm x 300 mm pada umur 28 hari.

Kekurangan dan Kelebihan Beton

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu, diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, koral atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan. Semen bereaksi secara kimiawi untuk mengikat partikel agregat tersebut menjadi suatu massa yang padat (Winter & Nilson, 1993).

Beton berasal dari bahasa latin yaitu "concretus" yang berarti tumbuh bersama,

yang memiliki kelebihan dan kekurangan (Mindess & Young, 1981). Adapun kelebihan adalah mudah dicetak, ekonomis, tahan lama, efisien, dapat diproduksi di tempat, mempunyai estetika, dan mempunyai kuat desak yang tinggi. Kekurangannya adalah kekuatan regang rendah, keliatan rendah, volumenya tidak stabil, kekuatan rendah dibanding beratnya dan mempunyai kuat tarik yang rendah.

Beton Mutu Tinggi

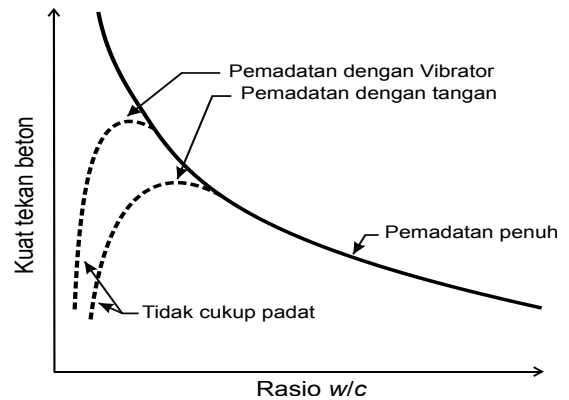
Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, ternyata kriteria beton mutu tinggi juga selalu berubah sesuai dengan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950an, beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Pada tahun 1960an hingga awal 1970an, kriterianya lebih umum menjadi 40 MPa. Saat ini, disebut mutu tinggi untuk kuat tekan di atas 50 MPa, dan 80 MPa sebagai beton mutu sangat tinggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi (Supartono, 1998).

Faktor yang Berpengaruh terhadap Mutu dan Keawetan Beton

Bila berhubungan dengan tuntutan mutu dan keawetan yang tinggi, ada beberapa faktor utama yang bisa menentukan keberhasilan pengadaan beton bermutu tinggi, diantaranya 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, seperti tampak pada Gambar 1.



GAMBAR 1. Hubungan antara kuat tekan dan fas

Dari Gambar 1 tampak bahwa idealnya semakin rendah fas kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pemadatan, maka di bawah fas tertentu (sekitar 0,30) kekuatan beton menjadi lebih rendah, karena betonnya kurang padat akibat kesulitan pemadatan. Untuk mengatasi kesulitan pemadatan dapat digunakan alat getar (*vibrator*) atau dengan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat menambah kemudahan pengerjaan (Tjokrodiluljo, 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*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa 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 kekurangan teraturan (*irregularity*) dan deviasi yang besar pada mutu dan nilai *slump* beton yang dihasilkan. Karenanya, sensor kadar air secara ketat pada setiap group agregat yang akan dipakai merupakan suatu tahapan yang mutlak perlu dikerjakan.

b. bentuk fisik agregat.

Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa batu pecah dengan bentuk kubikal dan tajam ternyata menghasilkan mutu beton yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kerikil bulat (De Larrard, 1990). Hal ini tidak lain adalah karena bentuk kubikal dan tajam bisa memberikan daya lekat mekanik yang lebih baik antara batuan dengan mortar.

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 (*transporting*),
- 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 PT. Sika Nusa Pratama.
5. *Fly ash* berupa hasil pembakaran abu batu bara PLTU Cilacap.
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 *fly ash*, 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 didalam 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 *fly-ash* 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 gr/cm³, keausan sebesar 42,57 %.

Dari pengujian *fly ash* didapat nilai berat jenis sebesar 1,14 gr/cm³, kadar air sebesar 23,5%. Butiran yang lolos menembus saringan no.100 (0,15 mm) adalah sebesar 14,4 %.

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

Hasil Perencanaan Campuran Beton

Kuat tekan beton tanpa *superplastisizer* direncanakan sebesar 50 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 2, didapat kuat tekan optimum sebesar 2%, sehingga pada pembuatan benda uji berikutnya dipergunakan kadar *superplastisizer* sebesar 2%, dengan kadar *fly ash* bervariasi sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat semen. Kebutuhan bahan susun beton tanpa *fly ash* 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 *fly ash* disajikan dalam Tabel 3. Hasil uji slump dengan menggunakan *fly ash* yang bervariasi dan *superplastisizer* sebesar 2% disajikan dalam Tabel 4.

TABEL 1. Kebutuhan bahan susun beton tanpa *fly ash* 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	0.00	750	449.60	955.40	0.30
0.5%	221.25	3.75	750	449.60	955.40	0.30
1.0%	217.50	7.50	750	449.60	955.40	0.29
1.5%	213.75	11.25	750	449.60	955.40	0.29
2.0%	210.00	15.00	750	449.60	955.40	0.28
2.5%	206.25	18.75	750	449.60	955.40	0.28

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

Kadar Fly Ash (%)	Kadar Superplastisizer (%)	Volume		Berat		Berat Pasir (kg)	Berat Koral (kg)
		Air (liter)	Superplastisizer (liter)	Fly Ash (kg)	Semen (kg)		
0.0%	2.0%	210	15	-	750.00	449.60	955.40
5.0%	2.0%	210	15	37.50	712.50	449.60	955.40
10.0%	2.0%	210	15	75.00	675.00	449.60	955.40
15.0%	2.0%	210	15	112.50	637.50	449.60	955.40
20.0%	2.0%	210	15	150.00	600.00	449.60	955.40

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

Kadar Superplastisizer (%)	Volume		Berat Semen (kg)	Berat Pasir (kg)	Berat Korral (kg)	Slump (cm)	Slump rata-rata (cm)
	Air (liter)	Superplastisizer (liter)					
0.0%	225.00	0	750	449.60	955.40	12.00 12.40	12.20
0.5%	221.25	3.75	750	449.60	955.40	14.50 15.00	14.75
1.0%	217.50	7.50	750	449.60	955.40	17.30 17.20	17.25
1.5%	213.75	11.25	750	449.60	955.40	17.50 17.70	17.60
2.0%	210.00	15.00	750	449.60	955.40	18.00 18.30	18.15
2.5%	206.25	18.75	750	449.60	955.40	20.00 20.20	20.10

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

Kadar Fly Ash (%)	Kadar Superplastisizer (%)	Volume		Berat		Berat Pasir (kg)	Berat Korral (kg)	Slump (cm)	Slump rata-rata (cm)
		Air (liter)	Superplastisizer (liter)	Fly Ash (kg)	Semen (kg)				
0.0%	2.0%	210.00	15.00	-	750.00	449.60	955.40	18.00 18.30	18.15
5.0%	2.0%	210.00	15.00	37.50	712.50	449.60	955.40	17.20 17.90	17.55
10.0%	2.0%	210.00	15.00	75.00	675.00	449.60	955.40	16.20 16.10	16.15
15.0%	2.0%	210.00	15.00	112.50	637.50	449.60	955.40	15.00 14.90	14.95
20.0%	2.0%	210.00	15.00	150.00	600.00	449.60	955.40	13.00 12.50	12.75

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).

Dari Tabel 4 diketahui bahwa semakin besar kadar *fly ash* semakin menurun nilai *slump*-nya. Hal tersebut diakibatkan karena *fly ash* 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 *fly ash* yang ditambahkan.

Pengaruh Kadar Superplastisizer terhadap Kuat Tekan Beton

Hasil uji kuat tekan beton tanpa menggunakan *fly ash* ditunjukkan pada Gambar 2, 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 2 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 18,15 cm (berdasarkan Tabel 3).

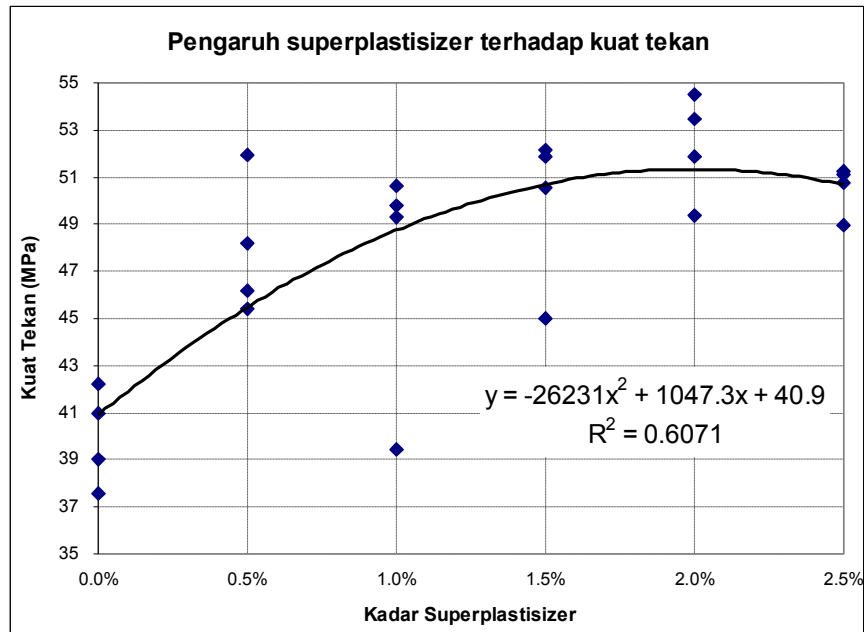
Berdasarkan Tabel 3 dapat ditentukan perbandingan berat bahan susun beton tanpa *fly ash* dengan kadar *superplastisizer* 2 %, yaitu sebesar = 1 *superplastisizer* : 14,00 air : 50,00 semen : 29,97 pasir : 63,69 koral.

Pengaruh Kadar Fly Ash terhadap Kuat Tekan Beton

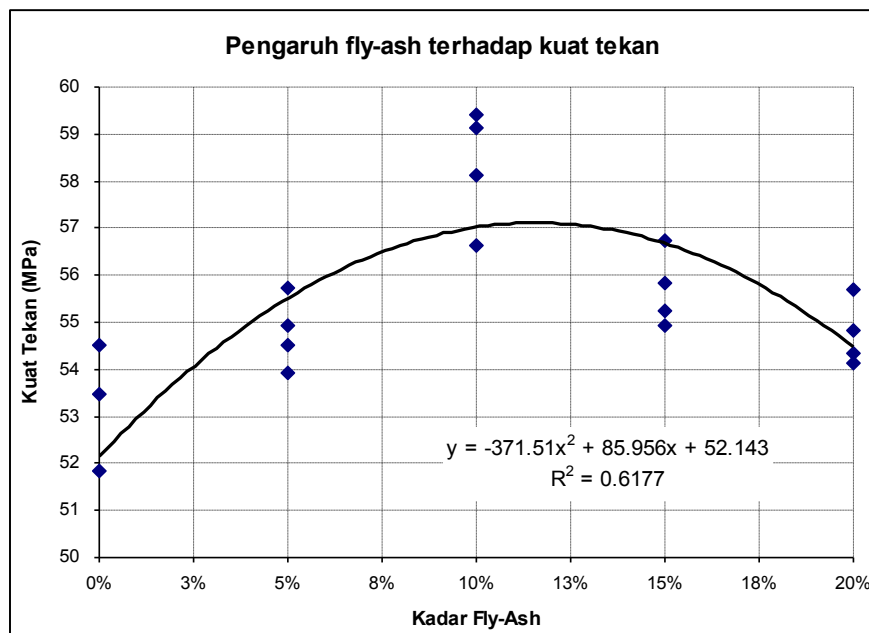
Hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan kadar *superplastisizer* sebesar 2%, dan kadar *fly ash* yang bervariasi ditunjukkan pada Gambar 3, dan persamaannya sebagaimana yang ditulis pada Persamaan 2.

$$f_c' = -371,51 FA^2 + 85,96 FA + 52,14 \quad (2)$$

dengan f_c' adalah kuat tekan beton (MPa) dan FA adalah *fly ash* (%).



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



GAMBAR 3. Pengaruh kadar fly ash terhadap kuat tekan beton

Dari Gambar 3 tersebut terlihat bahwa semakin besar kadar *fly ash*, maka semakin besar kuat tekannya, namun sampai dengan kadar 15% kuat tekan beton semakin kecil. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kuat tekan optimum didapat pada kadar *fly ash* 12%, dan berdasarkan Persamaan 2 didapat nilai kuat tekan optimum sebesar 57,11 MPa, dengan slump sebesar 14,95 cm (berdasarkan Tabel 4).

Berdasarkan Tabel 4 perbandingan berat bahan susun beton dengan kadar *superplastisizer* 2 % dan *fly ash* 10 %, yaitu sebesar = 1 *superplastisizer* : 14 air : 5 *fly ash* : 45 semen : 29,97 pasir : 63,69 koral.

KESIMPULAN

1. Kuat tekan beton optimum tanpa *fly ash* yang dapat dicapai sebesar 51,35 MPa dengan kadar *superplastisizer* sebesar 2 %, dan slump sebesar 18,15 cm.
2. Kuat tekan beton optimum yang dapat dicapai sebesar 57,11 MPa dengan kadar *fly ash* 12 %, kadar *superplastisizer* 2 %, dan slump sebesar 14,95 cm.
3. Kuat tekan beton dengan mutu sangat tinggi (> 80 MPa) belum dapat dicapai, namun kuat tekan beton mutu tinggi sudah dapat dicapai (> 50 MPa).
4. Perbandingan berat bahan susun beton optimum tanpa *fly ash* dengan kadar *superplastisizer* 2% adalah 1 *superplastisizer* : 14 air : 50 semen : 29,97 pasir : 63,69 split.
5. Perbandingan berat bahan susun beton optimum dengan kadar *fly ash* 10% dan *superplastisizer* 2% adalah 1 *superplastisizer* : 14 air : 5 *fly ash* : 45 semen : 29,97 pasir : 63,69 split.

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.
- Tjokrodinuljo, 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