

# ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON MENGUNAKAN ZAT ADDITIF DENGAN BETON NORMAL

Oleh:

Ir. H. Masykur, M.M (Dosen Teknik Sipil UM Metro)  
Brina Ari Saputra (Mahasiswa Teknik Sipil UM Metro Angkatan 2007)

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan di bidang struktur dewasa ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat yang berlangsung di berbagai bidang, misalnya bangunan gedung, jembatan, tower dan sebagainya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu beton adalah dengan meningkatkan mutu pasta semen. Mutu pasta semen dapat ditingkatkan dengan memberikan bahan pozzolan ke dalam campuran beton. Pozzolan adalah bahan yang dapat bereaksi dengan kapur selama pengikatan semen berlangsung.

Oleh karena itu, salah satu cara untuk meningkatkan mutu pasta semen yang otomatis juga akan meningkatkan mutu beton adalah dengan mencampurkan bahan tambahan / additif yang banyak mengandung bahan silikat ke dalam campuran beton pada ambang batas tertentu yang diantaranya berupa Sikafume dan Sikament-NN.

Sikament NN merupakan bahan kimia tambahan jenis superplasticizer (bahan kimia pembantu) tipe F- ASTM C 494 - 92 (high range water reducer) berupa cairan dan dapat menimbulkan efek flowing pada beton, water reducer dan dapat meningkatkan kekuatan awal dan kekuatan akhir beton.

Penggunaan SikaFume ini menarik untuk diteliti lebih lanjut, terutama mengenai pengaruhnya terhadap perbaikan kekuatan pada beton biasa, sekaligus untuk mengetahui pada prosentase berapakah SikaFume dalam campuran beton dapat menghasilkan kekuatan beton yang paling optimum.

### 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pemakaian Sikament-NN dan SikaFume terhadap kuat tekan beton.

Tujuan penelitian ini adalah :

- 1) Untuk mengetahui pengaruh penggunaan Sikament-NN dan SikaFume terhadap kekuatan tekan beton pada volume tertentu.
- 2) Untuk membandingkan nilai kuat tekan beton pada beton yang menggunakan Sikament-NN dan SikaFume dengan beton tanpa bahan additif/beton normal.

## II. LANDASAN TEORI

### *Silica Fume*

Silica fume adalah salah satu bahan additive beton jenis pozzolan yang telah beredar di masyarakat. Penggunaan Silica fume dalam dunia konstruksi dimulai pada akhir tahun 1970 di Scandinavia dan pada permulaan tahun 1980 di Amerika Serikat dan Eropa bagian utara. Sejak saat itu Silica fume digunakan sebagai bahan pengganti semen atau sebagai bahan tambahan pada campuran beton untuk mendapatkan sifat-sifat yang khusus seperti kemudahan dalam pengerjaan, peningkatan kekuatan, permeabilitas yang rendah, dan juga untuk mendapatkan durability yang tinggi. Sebagian besar hasil penelitian laboratorium yang berkenaan dengan durability beton menunjukkan bahwa, beton ber Silica fume memberikan peningkatan yang lebih baik terhadap beberapa sifat beton dibandingkan dengan beton tanpa Silica fume pada faktor air semen yang sama.

Tabel 2.1 Kandungan Kimia Silica Fume

No.	Kandungan Oksida	% Berat
1	Silikat ( $S_1O_2$ )	92,1
2	Alumina ( $Al_2O_3$ )	0,5
3	Besi ( $Fe_2O_3$ )	1,4
4	Magnesium (MgO)	0,3
5	Alkali ( $Na_2O$ )	0,3
6	$KO_2$	0,7
7	CaO	0,5
8	Hilang Pijar	2,8

Sumber : Sika Information

Tabel 2.2 Sifat-Sifat Fisika Sika Fume

No.	Sifat Fisik	Penjelasan
1	Wama	Abu-abu gelap
2	Berat jenis	2,2
3	Berat volume	200-300 $kg/m^3$
4	Kehalusan	20.000 $kg/m^2$
5	Diameter	0,1 $\mu m$ (1/100 diameter semen)

Sumber : Sika Information

Silica fume merupakan additive beton dengan formula dasar pada teknologi Silica fume, additive ini berbentuk bubuk halus, 100 kali lebih halus dari semen, berwarna abu-abu, kurang lebih 96 % senyawa utamanya adalah  $SiO_2$  (Silikat). Silica fume diproduksi oleh PT. Sika Nusa Pratama (Sumber : Sika Nusa Pratama, PT. SikaFume Densified Silica Fume Concrete Admixture).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Pengujian Slump Test

Alat uji harus berupa sebuah cetakan yang terbuat dari bahan logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen. Ketebalan logam tersebut tidak boleh lebih kecil dari 1,5 mm dan bila

dibentuk dengan proses pemutaran (spinning), maka tidak boleh ada titik dalam cetakan yang ketebalannya lebih kecil dari 1,15 mm.

Cetakan harus berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Batas toleransi untuk masing-masing diameter dan tinggi kerucut harus dalam rentang 3,2 mm dari ukuran yang telah ditetapkan.

#### 3.2. Pembuatan benda uji

Benda uji yang digunakan yaitu benda uji silinder sebanyak 265 unit sampel, bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji terlebih dahulu ditimbang sesuai dengan rancangan campuran yang telah dihasilkan, adapun komposisi benda uji yang akan dibuat berdasarkan berat semen adalah sebagai berikut :

- Dibuat 5 tipe campuran untuk masing-masing bahan additif yang terdiri dari :  
Campuran I dengan penambahan Sikament-NN 0 %  
Campuran II dengan penambahan Sikament-NN 1 %  
Campuran III dengan penambahan Sikament-NN 2 %  
Campuran IV dengan penambahan Sikament-NN 3 %  
Campuran V dengan penambahan Sikament-NN 4 %  
Campuran VI dengan penambahan SikaFume 0 %  
Campuran VII dengan penambahan SikaFume 5 %  
Campuran VIII dengan penambahan SikaFume 10 %  
Campuran IX dengan penambahan SikaFume 15 %  
Campuran X dengan penambahan SikaFume 20 %
- Setiap campuran diukur nilai slumpnya.
- Setiap campuran dibuat 5 buah benda uji, yaitu masing-masing untuk pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, 21, 28 dan 35 hari, kecuali beton normal yang umur betonnya hanya sampai

pada 28 hari.

- d. Kemudian cetakan dibuka dan dilakukan perawatan dengan cara mempertahankan kelembaban benda uji yaitu direndam dalam bak atau dimasukkan ke dalam desikator (alat pendingin).
- e. Perawatan beton ini dimaksudkan untuk mencegah suhu beton yang tinggi atau penguapan air secara berlebihan yang dapat mengurangi kekuatan beton..

### 3.3 Pengujian benda uji

Pengujian benda-benda uji dilakukan pada umur beton 7, 14, 21, 28 dan 35 hari dengan menggunakan alat Compression Testing Machine. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara meletakkan benda uji silinder beton tegak (berdiri) pada pelat bawah, beban maksimum dicatat, yang diperoleh setelah benda uji pecah atau hancur (ASTM C 39).

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Slump

Hasil pengujian agregat digunakan sebagai dasar dalam perhitungan rencana campuran. Dalam penelitian ini agregat tidak merupakan variabel pembentuk beton karena hanya digunakan satu tipe agregat. Sedangkan SikaFume dan Sikament-NN merupakan suatu variabel, karena persentase yang digunakan bervariasi yaitu : 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% (untuk Sika Fume) serta 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% (untuk Sikament-NN) dari berat semen.

Agar mudah pengerjaannya campuran beton harus cukup encer sehingga mudah dilakukan pengecoran dan pematatannya, setelah dilakukan pengujian terhadap adukan beton menggunakan alat slump test didapatkan hasil seperti yang tersaji dalam tabel. 4.1.

Tabel 4.1 Nilai Pengujian Slump

Variasi kadar penambahan SikaFume (%)	Nilai Slump (cm)
0	9,2
5	8
10	7,4
15	7
20	6,7

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

Tabel 4.2 Nilai Pengujian Slump

Variasi kadar penambahan Sikament-NN (%)	Nilai Slump (cm)
0	9,5
1	8,8
2	8
3	7,6
4	7,1

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

Dari tabel 4.1 terlihat bahwa semakin tinggi persentase SikaFume yang digunakan sebagai material tambahan semen pada campuran beton, maka semakin kecil nilai slumpnya. Sedangkan pada tabel 4.2 terlihat bahwa semakin tinggi persentase Sikament-NN yang digunakan sebagai material tambahan semen pada campuran beton, maka juga semakin kecil nilai slumpnya. Nilai slump semakin kecil menunjukkan bahwa adukan beton semakin kental.

Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa SikaFume menyerap air. Dengan kata lain semakin besar penambahan SikaFume semakin buruk campuran beton yang ada. Ini terlihat pada pengujian kuat tekan beton yang dilakukan laboratorium, bahwa penambahan SikaFume pada 5%, 10%, dan 15% baik pada umur 28 hari maupun 35 hari kuat tekannya masih cukup tinggi (besar), di mana mutu beton dapat dikatakan baik, sedangkan pada penambahan 20% sudah menurun atau kecil nilai kuat tekannya.

Dengan demikian, dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan SikaFume disyaratkan atau dibatasi hanya sampai pada 15% saja, yang nilai kuat tekan betonnya masih baik, sedangkan lebih dari 15% nilai kuat tekannya semakin menurun dan semakin kecil, adapun pada penambahan Sikament-NN disyaratkan atau dibatasi hanya sampai pada 3% saja, yang nilai kuat tekan betonnya masih baik, sedangkan lebih dari 3% nilai kuat tekannya semakin menurun dan semakin kecil.

#### 4.2 Perancangan Campuran Beton (Mix Design)

Perancangan campuran beton dalam penelitian ini adalah dengan Metode SNI (Standar Nasional Indonesia). Perhitungan kebutuhan bahan/material per benda uji untuk design beton K-225 adalah sebagai berikut :

Data mold/cetakan benda Uji :

Benda uji : Silinder  
Tinggi : 30 cm  
Diameter : 15 cm

Data kebutuhan material untuk 1 M3 Beton normal K-225 :

Semen : 371 kg  
Pasir beton : 698 kg  
Agregat kasar : 1047 kg  
Air : 215 liter  
Fas (w/c) : 0,58

Perhitungan kebutuhan bahan per benda uji :

Luas Silinder (A) :  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$   
:  $0,25 \cdot 3,14 \cdot (150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm})$   
: 17662,5 mm<sup>2</sup>  
Volume Silinder (V) : A . h  
: 17662,5 mm<sup>2</sup> . 300 mm  
: 5298750 mm<sup>3</sup>  
: 0,005298 m<sup>3</sup>

Berarti jumlah sampel dalam 1 m3 beton adaah;  
 $1 \text{ m}^3 / 0,005298 \text{ m}^3 = 188,751$  ---- **189 unit sampel**

Maka kebutuhan bahan/material untuk masing-masing komposisi campuran untuk satu unit sampel beton normal adalah :

Semen :  $371 \text{ kg} / 189 = 1,97$  kg per benda uji  
Pasir beton :  $698 \text{ kg} / 189 = 3,70$  kg per benda uji  
Agregat kasar :  $1047 \text{ kg} / 189 = 5,50$  kg per benda uji  
Air :  $215 \text{ liter} / 189 = 1,13$  liter per

benda uji

Fa : 0,58

Tabel 4.3 Variasi pemakaian semen + SikaFume per benda uji

Bahan	Tipe Penambahan				
	Tipe I (0%)	Tipe II (5%)	Tipe III (10%)	Tipe IV (15%)	Tipe V (20%)
Semen	1,97kg	1,871kg	1,773kg	1,675kg	1,576kg
SikaFume	0kg	0,099kg	0,197kg	0,295kg	0,394kg

Sumber : Perhitungan di laboratorium

Tabel 4.4 Variasi pemakaian Sikament-NN per benda uji

Bahan	Tipe Penambahan				
	Tipe I (1%)	Tipe II (2%)	Tipe III (3%)	Tipe IV (4%)	
Sikament-NN	0,02 liter	0,04 liter	0,06 liter	0,08 liter	

Sumber : Perhitungan di laboratorium

#### 4.3 Kuat Tekan Beton

Dari tabel data hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan saat umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari untuk beton normal dan 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari dan 35 hari untuk beton menggunakan campuran Sikafume dan Sikament-NN. Jumlah benda uji untuk masing-masing umur pengujian adalah 5 buah. Sehingga untuk masing-masing variasi kadar penambahan Sika Fume dibutuhkan 25 silinder dan Sikament-NN 25 silinder. Sedangkan ada 5 variasi kadar penambahan yaitu : 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% (untuk campuran Sikafume) serta 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% (untuk campuran Sikament-NN), jadi total keseluruhan benda uji adalah 265 sampel beton silinder. Dari hasil pengujian benda uji silinder terlihat bahwa beton yang mencapai kuat tekan rencana adalah pada penambahan SikaFume mulai dari 5%-15% dengan umur 21-35 hari yaitu mencapai 328,37 kg/cm<sup>2</sup> (nilai optimum campuran 10%) sedangkan ada umur 7 dan 14 hari hanya mencapai 171,55 kg/cm<sup>2</sup> dan 204,38 kg/cm<sup>2</sup> (nilai optimum campuran 10%), adapun pada penambahan Sikament-NN 3% dengan umur 35 hari mencapai 251,38 kg/cm<sup>2</sup>. Menurut ASTM C39-86 tentang standar metode pengujian kuat tekan sampel silinder beton, kuat tekan beton dihitung dengan cara membagi beban maksimum selama pengujian dengan luas

permukaan silinder beton. Dari pengujian kuat tekan beton terhadap benda uji silinder beton didapat beban tekan maksimum (P), yang kemudian dianalisa dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma = P/A$$

dimana :  $\sigma$  = Kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)  
 P = Beban tekanan maksimum (KN)  
 A = Luas penampang tertekan (cm<sup>2</sup>)

Contoh perhitungan pengujian umur 7 hari kadar penambahan Sikafume 5%

$$1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 275.000 \text{ N}$$

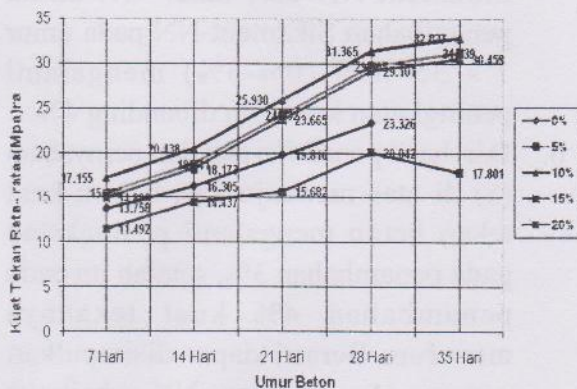
$$A = 17662,5 \text{ mm}^2, \text{ maka :}$$

$$275.000 / 17662,5 = 15,456 \text{ Mpa} = 154,56 \text{ kg/cm}^2$$

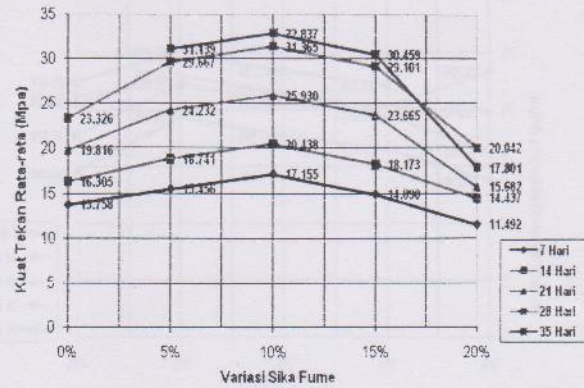
Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata (Sikafume)

Variasi Penambahan	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )				
	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	35 Hari
0%	137,76	163,05	198,16	233,26	-
1%	154,56	187,41	242,32	296,67	311,39
2%	176,65	206,10	244,01	212,89	233,26
3%	198,63	223,07	230,99	230,43	251,38
4%	144,94	177,8	206,08	211,28	224,77

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan di laboratorium



Grafik 4.1 Hub. kuat tekan beton dengan umur beton dengan tambahan Additive sikafume

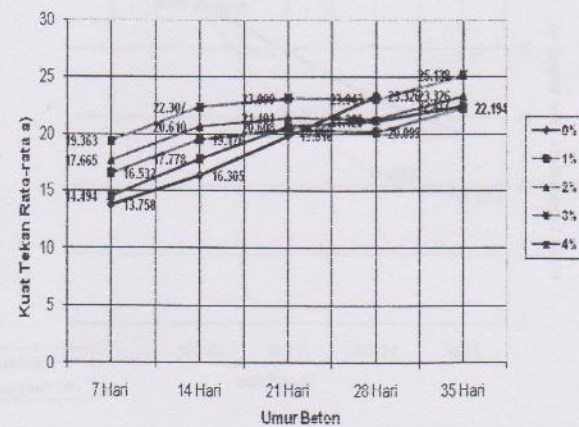


Grafik 4.2 Hub. kuat tekan beton dengan Variasi penambahan sikafume

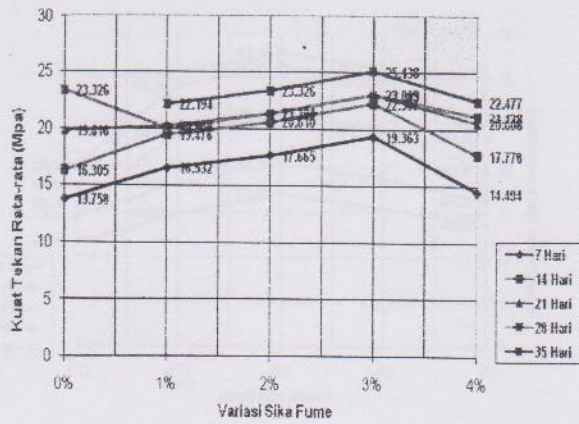
Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata (Sikament-NN)

Variasi Penambahan	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )				
	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	35 Hari
0%	13,76	163,05	198,16	233,26	-
1%	165,32	194,76	222,09	200,99	221,94
2%	176,65	206,10	244,01	212,89	233,26
3%	198,63	223,07	230,99	230,43	251,38
4%	144,94	177,8	206,08	211,28	224,77

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan di Laboratorium



Grafik 4.3 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Umur Beton Dengan Penambahan Additive Sikament-NN

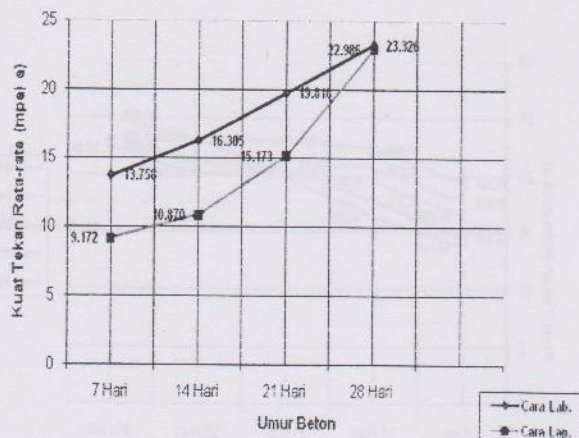


Grafik 4.4 Hubungan kuat tekan beton dengan Variasi Sikament-NN

Tabel 4.7 Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata (untuk beton normal), K-225

Metode Perencanaan	Kuat tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )				
	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	35 Hari
Cara Laboratorium	137,76	163,05	198,16	233,26	-
Cara Lapangan	91,172	108,70	151,73	229,86	-

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan di Laboratorium



Grafik 4.4 Hubungan kuat tekan beton dengan Umur beton cara laboratorium dengan cara lapangan

Dari semua hasil penelitian dapat dianalisa sebagai berikut :

1. Dengan bertambahnya umur beton, maka bertambah pula kuat tekan betonnya.
2. Dari tabel 4.6. untuk penambahan Sikafume pada umur 7 dan 14 hari (10%) mengalami peningkatan kekuatan dibanding 0%, 5%, 15% dan 20%.
3. Namun pada umur 21, 28 dan 35 hari pada kadar variasi penambahan SikaFume 5%, 10% dan 15% mengalami peningkatan kekuatan tekan beton yang berkesinambungan, atau berangsur-angsur semakin naik, dari 5% ke 10% naik kuat tekan betonnya, dari 10% ke 15% naik kuat tekan betonnya. Tetapi setelah 15% yaitu 20% mengalami penurunan kuat tekan yang signifikan.
4. Dari hasil penelitian dan dari pernyataan (1), (2), dan (3) di atas menunjukkan bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan pada penambahan 5%, 10% dan 15%, setelah itu pada penambahan 20% kuat tekannya menurun. Berarti dapat disimpulkan penggunaan Sika Fume sebaiknya digunakan sampai batas 15% saja, setelah itu dan lebih dari itu tidak efektif lagi.
5. Sedangkan pada penambahan Sikament-NN dari tabel 4.7. untuk penambahan Sikament-NN pada umur 7 - 35 hari (0%-3%) mengalami peningkatan kekuatan dibanding 4%.
6. Dari hasil penelitian dan dari pernyataan (5) di atas menunjukkan bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan pada penambahan 3%, setelah itu pada penambahan 4% kuat tekannya menurun. Berarti dapat disimpulkan penggunaan Sikament-NN sebaiknya digunakan sampai batas 3% saja, setelah itu dan lebih dari itu tidak efektif lagi.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

- a. Pengaruh Sikafume dan Sikament-NN pada adukan beton dapat meningkatkan kelecakan beton, hal ini dipengaruhi oleh bentuk partikel Siakfume yang halus partikelnya (lolos saringan 200) dan Sikament-NN yang berupa cairan zat kimia yang dapat membantu mempercepat pengerasan beton.
- b. Kuat tekan beton akan tetap bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Pada saat umur beton mencapai 28 hari masih terdapat peningkatan.
- c. Dengan bertambah besarnya penggunaan Sikafume dan Sikament-NN didapat nilai slump yang kecil, hal ini disebabkan Sikafume dan Sikament-NN bersifat menyerap air.
- d. Pada penggunaan Sikafume 10% dengan umur beton 28 dan 35 hari didapat kuat tekan beton yang optimum yaitu kekuatan yang tertinggi yang lebih besar dari lainnya yaitu 313,65 kg/cm<sup>2</sup> dan 328,37 kg/cm<sup>2</sup> melampaui kuat tekan rencana 225 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada penggunaan Sikament-NN kuat tekan optimum didapat pada pencampuran 3%, yaitu sebesar 251,38 kg/cm<sup>2</sup> pada umur beton 35 hari.
- e. Penggunaan Sikafume pada beton sebagai bahan tambahan sejumlah semen dengan kadar 20% dari berat semen dapat menurunkan mutu beton, hal ini disebabkan karena penyerapan air yang terlalu besar oleh sikafume sehingga air yang dibutuhkan untuk hidrasi tidak cukup mengakibatkan kekuatan beton menjadi rendah begitupun dengan penggunaan Sikament-NN hanya dibatasi sebesar 3% dari berat semen.
- f. Dengan penggunaan Sikafume dan Sikament-NN, konstruksi beton tersebut dapat melakukan pemeliharaan sendiri karena bentuk fisiknya yang halus.
- g. Dengan penggunaan Sikafume dan Sikament-NN, konstruksi beton dapat lebih tahan lama dan padat sehingga pori-pori dapat tertutup rapat karena sifatnya yang sangat halus dan dapat

mengurangi perembesan beton lebih maksimal serta mempercepat proses pengeringan beton.

### 5.2 Saran

- a. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut pengaruh penggunaan semen pada campuran beton yang menggunakan berbagai merk semen dengan metode ACI untuk mengetahui keefektifan secara ekonomis dan secara teoritis karena dengan menggunakan metode yang lain akan didapat kubikasi bahan/material, kuat tekan yang lain pula, sehingga bisa terlihat lebih boros atau lebih ekonomis.
- b. Mengacu kepada hasil penelitian dan kesimpulan pada bab v maka penyusun menyarankan agar untuk penggunaan bahan additif berupa sikafume pada campuran beton hendaknya dibatasi pada pencampuran sebesar 10-15 % dari berat semen pada tiap campurannya, hal ini dikarenakan jika penggunaan Sikafume lebih dari 15 % maka justru akan mengurangi kekuatan/mutu dari beton tersebut sebab pada campuran sebesar 20 % ini terjadi penyerapan air yang besar pada campuran beton.
- c. Sedangkan pada penggunaan Sikament pada campuran beton, penyusun sarankan maksimal pada 3 % dari berat semen.
- d. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang penggunaan semen untuk perencanaan beton mutu tinggi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Muslihin, 2001. Pengaruh Penambahan Sika Air Terhadap Kuat Tekan Beton. Usulan Penelitian, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Lampung.
- Annual Book of ASTM Standart 1994. Concrete and Agregat, American Society for Testing and Material. Philadelphia.

Buku Petunjuk Pelaksanaan Beton. 1990.  
Departemen Pekerjaan Umum.  
Direktorat Bina Marga. Jakarta.

Heinz Frick, CH. Koemartadi. Ilmu Bahan  
Bangunan, Eksploitasi, Pembuatan,  
Penggunaan dan Pembangunan.

SNI DT-91-0008-2007. Tata Cara  
Perhitungan dan Pekerjaan Beton  
Normal, Departemen Pekerjaan  
Umum. Jakarta.

SNI 03-2495-1991. Penggunaan Bahan  
Tambahannya untuk Beton,  
Departemen Pekerjaan Umum.  
Jakarta.

SNI 1972-2008. Cara Uji Slump Beton,  
Departemen Pekerjaan Umum.  
Jakarta.

Standar SK SNI M-11-1989 F, Metode  
Pengujian Kadar Air Agregat,  
Departemen Pekerjaan Umum.  
Jakarta.

Tjokrodimulyo, K. 1996. Pengetahuan  
Dasar Teknologi Beton dan Ilmu  
Teknik. UGM. Yogyakarta.

Triono Budi Astanto. 2001. Konstruksi  
beton Bertulang. Penerbit Kanisius.  
Yogyakarta.