

# OPTIMALISASI KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN *FLY ASH*, *SILICA FUME*, DAN *NATRIUM GLUKONAT*

Nikolaus Dharmawan Dharsono<sup>1</sup>, Aris Krisdiyanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang*

*Jalan Gisiksari Raya, Bendan Duwur*

E-mail : Nikolauz.dd@gmail.com<sup>1</sup>, Ariskrisdiyanto@gmail.com<sup>2</sup>

## Abstrak

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Penggunaan beton membutuhkan inovasi untuk mengembangkan kuat tekan beton dengan berbagai material. Pada penelitian sebelumnya substitusi semen dengan silica fume sebesar 9,34 % dan substitusi semen dengan fly ash sebesar 12,5 % meningkatkan kuat tekan beton (28 hari) sebesar 56,16% dan 27,95% Penambahan natrium glukonat sebesar 0,03% dari berat semen meningkatkan kuat tekan beton (28 hari) sebesar 10 %. Pada penelitian ini menggunakan rancangan faktorial 2<sup>k</sup> dengan 3 faktor dengan mengoptimalkan penggunaan fly ash, silica fume, dan natrium glukonat untuk didapatkan hasil kuat tekan beton maksimal. Penelitian ini melakukan pengujian slump test beton segar dan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Setelah didapatkan data dari penelitian lalu di analisa menggunakan bantuan software minitab versi 23 untuk optimalisasi kuat tekan beton umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fly ash meningkatkan workability, silica fume dan natrium glukonat mengentalkan beton segar.. Pada kuat tekan beton dengan komposisi semen:fly ash:silica fume:natrium glukonat sebesar 0,785,0,09:0,125:0,0003 meningkatkan kuat tekan beton sebesar 14,6% dari kontrol pada umur 28 hari.

**Kata Kunci :** beton, fly ash, silica fume, natrium glukonat, rancangan faktorial, uji slump, uji kuat tekan beton.

## I. PENDAHULUAN

### 1.Latar Belakang

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Penggunaan beton yang sangat luas membutuhkan inovasi untuk mengembangkan kuat tekan beton dengan berbagai material. Salah satu upaya untuk meningkatkan kuat tekan beton dengan menambahkan material berupa silica fume, fly ash dan natrium glukonat.

### 2.Rumusan Masalah

- Berapa nilai slump dari campuran ketiga bahan yaitu fly ash, silica fume, dan natrium glukonat?
- Berapa kadar optimum dari ketiga bahan fly ash, silica fume, dan natrium glukonat yang menghasilkan nilai kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari?

### 3.Tujuan Penelitian

- Mengetahui nilai slump dari campuran ketiga bahan yaitu fly ash, silica fume, dan natrium glukonat pada beton.
- Mengetahui kadar optimum dari ketiga bahan fly ash, silica fume, dan natrium glukonat yang menghasilkan nilai kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari.

#### 4. Manfaat Penelitian

- Menambah wawasan dan ilmu penulis tentang topik yang sedang diambil.
- Memberikan dasar pemikiran dan informasi untuk penelitian selanjutnya tentang pengaruh *fly ash*, *silica fume*, dan natrium glukonat pada nilai *slump* dan kuat tekan beton.

## II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *fly ash*, *silica fume*, dan natrium glukonat pada nilai *slump* beton segar dan kuat tekan beton pada umur 28 hari. Benda uji menggunakan bentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm. Data yang didapat dari penelitian akan di optimalisasi dengan bantuan perangkat lunak minitab.

### 1. Alat

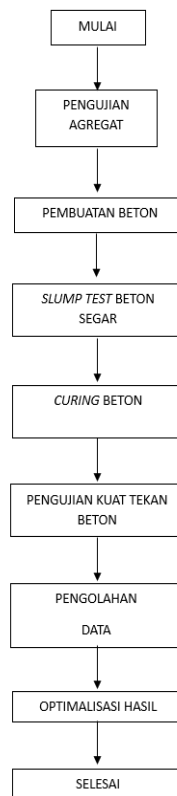
Peralatan yang dibutuhkan untuk pelaksanaan penelitian di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas 17 Agustus 1945 Semarang. Alat yang digunakan yaitu timbangan, kerucut abrams, *concrete compression machine test*, meteran, *sieving pan*

### 2. Bahan

Bahan merupakan benda atau zat yang dari mana sesuatu dapat dibuat darinya, atau benda yang dibutuhkan untuk membuat sesuatu. Bahan yang digunakan pada penelitian yaitu semen *opc* merek semen serang, pasir muntlan, batu split, *fly ash* tipe C, *silica fume* merek sika, natrium glukonat, air

### 3. Bagian Alur Penelitian

Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagian Alur Penelitian.

## 4. Rancangan Percobaan

Mutu beton yang digunakan pada penelitian adalah K-300 dengan komposisi sesuai peraturan SNI 7394:2008. Komposisi perbandingan antara semen:agregat halus:agregat kasar:air adalah 1:1,65:2,47:0,52. Penelitian ini menggunakan desain faktorial  $2^k$  dengan 3 faktor ditampilkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 1** Nilai perlakuan faktorial  $2^3$

Sampel	Semen (%)	Fly ash (%)	Silica fume (%)	Natrium glukonat (%)
<b>Kontrol</b>	100	-	-	-
<b>1</b>	78,5	9	12,5	0,01
<b>2</b>	75,5	12	12,5	0,01
<b>3</b>	71	9	20	0,01
<b>4</b>	68	12	20	0,01
<b>5</b>	78,5	9	12,5	0,03
<b>6</b>	75,5	12	12,5	0,03
<b>7</b>	71	9	20	0,03
<b>8</b>	68	12	20	0,03

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Slump Test

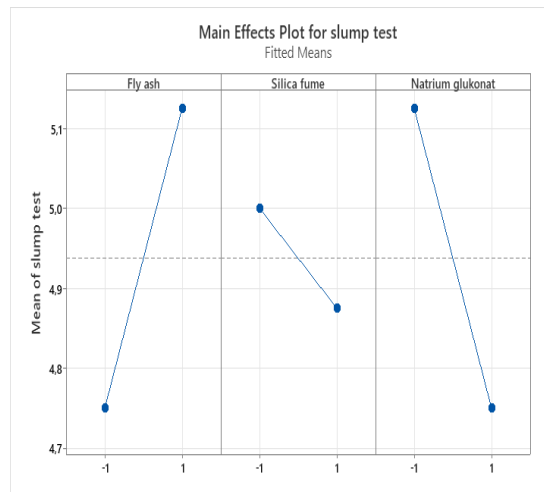
Hasil pengujian nilai *slump* didapatkan hasil sesuai Tabel 2.

**Tabel 2** Nilai *slump* beton segar

Sampel	<i>Slump Test</i> (cm)
kontrol	6,0
1	5,5
2	5,0
3	4,5
4	5,5
5	4,5
6	5,0
7	4,5
8	5

Hasil nilai *slump* terkecil terdapat pada sampel 3 (0,71 semen : 0,09 *fly ash* : 0,2 *silica fume* : 0,0001 natrium glukonat), sampel 5 (0,785 semen : 0,09 *fly ash* : 0,125 *silica fume* : 0,0003 natrium glukonat), dan sampel 7 (0,71 semen : 0,09 *fly ash* : 0,2 *silica fume* : 0,0003 natrium glukonat) yaitu 4,5 cm. Nilai *slump* terbesar pada sampel 1 (komposisi 0,785 semen : 0,09 *fly ash* : 0,125 *silica fume* : 0,0001 natrium glukonat) dan sampel 4 (0,68 semen : 0,12 *fly ash* : 0,2 *silica fume* : 0,0001 natrium glukonat) yaitu 5,5 cm.

Dari perangkat lunak minitab didapatkan hasil yaitu efek utama dan *contour plot* dari penggunaan *fly ash*, *silica fume*, dan natrium glukonat pada *slump test*. Efek penambahan *fly ash*, *silica fume*, dan natrium glukonat pada *slump test* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Efek *Fly Ash*, *Silica Fume*, dan Natrium Glukonat pada *Slump Test*.

Angka 1 pada *fly ash* menunjukkan kadar 0,12 dan angka -1 menunjukkan kadar 0,09. Angka 1 pada *silica fume* menunjukkan kadar 0,2 dan angka -1 menunjukkan kadar 0,125. Angka 1 pada natrium glukonat menunjukkan kadar 0,0003 dan angka -1 menunjukkan kadar 0,0001. Jika *fly ash* ditambah lebih banyak maka akan meningkatkan nilai *slump* pada *slump test*. Jika *silica fume* ditambah lebih banyak akan memperkecil nilai *slump*. Jika natrium glukonat di tambah lebih banyak akan memperkecil nilai *slump*. *Fly ash* meningkatkan nilai *slump* karena penggunaan *fly ash* dalam jumlah besar dapat mengurangi friksi antar partikel karena butirannya yang cenderung berbentuk bulat dan halus, yang kemudian akan menyebabkan meningkatnya sifat *workability* dan kemampuan alir beton, *fly ash* membuat beton segar lebih plastis dan kohesif. Semakin tinggi kadar *silica fume* maka campuran yang dihasilkan akan lebih kental karena *silica fume* akan lebih banyak menyerap air jadi *silica fume* meningkatkan kekentalan dari campuran beton agar campuran terhindar dari segregasi. Natrium glukonat membuat campuran beton lebih kental karena bersifat sebagai *retarder*, yang artinya natrium glukonat memperlambat pengikatan semen dengan air sehingga jika kadar natrium glukonat ditambah menyebabkan campuran beton lebih kental.

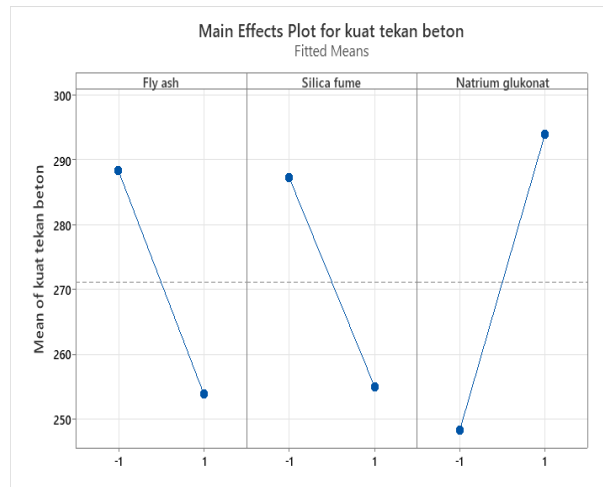
**2. Kuat Tekan Beton**

Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari didapatkan hasil sesuai Tabel 3.

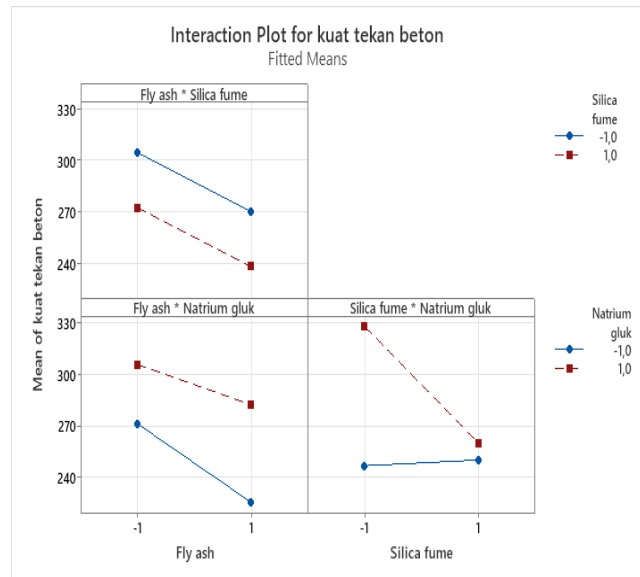
Sampel	Kuat Tekan kg/cm <sup>2</sup>
kontrol	304,44
1	271,11
2	222,22
3	271,11
4	228,89
5	348,89
6	306,67
7	293,33

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa sampel ke 5 mengalami kenaikan kuat tekan beton paling besar yaitu 348,89 kg/cm<sup>2</sup>. Sampel ke 5 mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 14,6% dari sampel kontrol. Komposisi beton pada sampel 5 adalah 0,785 semen , 0,09 fly ash, 0,125 silica fume, 0,0003 natrium glukonat. Penurunan kuat tekan beton yang terbesar terdapat pada sampel 2 yaitu 222,22 kg/cm<sup>2</sup>. Komposisi beton pada sampel 2 adalah 0,755 semen , 0,12 fly ash, 0,125 silica fume, 0,0001 natrium glukonat. Sampel 2 mengalami penurunan kuat tekan sebesar 27% dari sampel kontrol.

Dari perangkat lunak minitab didapatkan hasil yaitu efek utama , interaksi dan *contour plot* dari penggunaan fly ash, silica fume, dan natrium glukonat pada kuat tekan beton. Efek fly ash, silica fume, dan natrium glukonat pada kuat tekan beton terdapat pada Gambar 3. Interaksi fly ash, silica fume, dan natrium glukonat pada kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3 Efek Fly Ash, Silica Fume, dan Natrium Glukonat pada Kuat Tekan Beton.



Gambar 4 Interaksi Fly Ash, Silica Fume, dan Natrium Glukonat pada Kuat Tekan Beton.

Dari analisa perangkat lunak minitab didapatkan grafik efek dan interaksi fly ash, silica fume, dan natrium glukonat pada kuat tekan beton. Dari Gambar 5.2 dan 5.3 dapat disimpulkan bahwa memperbesar penggantian komposisi semen dengan fly ash, silica fume akan menurunkan kuat tekan beton. Sedangkan memperbesar kadar natrium glukonat pada campuran beton

akan meningkatkan kuat tekan beton. Natrium glukonat dengan kadar 0,03% akan menjadi katalis pada reaksi semen untuk memproduksi senyawa etringit ( $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ). Jika kadar natrium glukonat lebih besar dari 0,1% akan memperlama *setting time* dari beton. Jadi bisa disimpulkan dengan kadar natrium 0,03% akan membuat hidrasi semen lebih stabil dan pada kadar natrium glukonat 0,01 % tidak terlalu berpengaruh pada hidrasi semen. Hidrasi semen yang stabil mengurangi terbentuknya *air void* pada beton sehingga akan meningkatkan kuat tekan beton. *Silica fume* berfungsi sebagai *microfiller* pada beton dengan bereaksi dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) dimana  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  adalah produk samping dari hidrasi semen dengan air. Jika kadar *silica fume* ditambah akan menurunkan kuat tekan beton karena pada hidrasi semen kurang terdapat senyawa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , hal ini karena kadar semen pada campuran lebih sedikit. Pada penelitian ini menggunakan *fly ash* tipe C dimana tipe C ini mempunyai kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 5% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 25% sehingga jika *fly ash* yang digunakan untuk substitusi semen terlalu banyak maka akan mengurangi kekuatan dari beton karena senyawa tersebut akan mengendap pada beton.

Untuk perbandingan harga sendiri yaitu semen *ordinary portland cement (OPC)* Rp. 60.000/40 kg yang berarti untuk 1 kg semen *OPC* yaitu Rp. 1.500. Harga per kg semen *OPC* dibandingkan dengan sampel 5 yang mempunyai kenaikan kuat tekan beton terbesar dengan komposisi 0,785 semen, 0,09 *fly ash*, 0,125 *silica fume*, 0,0003 natrium glukonat. Sehingga untuk harga per kg dari campuran sampel 5 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Semen OPC} &= \frac{0,785 \cdot 60000}{40} = \text{Rp. } 1.177,5 \\ \text{Fly ash} &= \frac{0,09 \cdot 10000}{20} = \text{Rp. } 45 \\ \text{Silica fume} &= \frac{0,125 \cdot 500000}{20} = \text{Rp. } 3125 \\ \text{Natrium glukonat} &= \frac{0,0003 \cdot 20000}{1} = \text{Rp. } 6 \\ \text{Jumlah} &= \text{Rp. } 4.353,5 / \text{kg} \end{aligned}$$

Harga per kg dari sampel 5 adalah Rp. 4.353,5 sedangkan harga semen *OPC* per kg adalah Rp. 1.500. Sampel 5 mempunyai harga lebih mahal 290,23% dari harga semen *ordinary portland cement* per kg.

#### IV. KESIMPULAN

Nilai *slump* terkecil terdapat pada sampel 3 (0,71 semen : 0,09 *fly ash* : 0,2 *silica fume* : 0,0001 natrium glukonat), sampel 5 (0,785 semen : 0,09 *fly ash* : 0,125 *silica fume* : 0,0003 natrium glukonat), dan sampel 7 (0,71 semen : 0,09 *fly ash* : 0,2 *silica fume* : 0,0003 natrium glukonat) yaitu 4,5 cm. Nilai *slump* terbesar pada sampel 1 (0,785 semen : 0,09 *fly ash* : 0,125 *silica fume* : 0,0001 natrium glukonat) dan sampel 4 (0,68 semen : 0,12 *fly ash* : 0,2 *silica fume* : 0,0001 natrium glukonat) yaitu 5,5 cm.

Hasil dari kuat tekan beton didapatkan bahwa sampel ke 5 (0,785 semen:0,09 *fly ash*: 0,125 *silica fume*:0,0003 natrium glukonat) mengalami kenaikan kuat tekan beton paling besar yaitu 348,89 kg/cm<sup>2</sup>, sampel 5 mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 14,6% dari sampel kontrol dengan kuat tekan 304,44 kg/cm<sup>2</sup>.

#### V. REFERENSI

- Akhmad Zaki, Triastuti Wuryandari, dkk. (2014). Analisis Varian Percobaan Faktorial Dua Faktor Rakt dengan Metode *Fixed Additive Main Effects and Multiplicative Interaction*. Jurnal Gaussian Universitas Diponegoro Semarang, Vol.3, 4.
- Badan Standarisasi Nasional. (1989). Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). SK SNI S-04-1989-F. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. SNI 03-1974-1990. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI-03-2834-2000. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Tata Cara Pembuatan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan. SNI 7394:2008. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. SNI 7656:2012. Jakarta.

- Descher. (2014). *Reaction of Siliceous Fly Ash in Blended Portland Cement Pastes and Its Effect on The Chemistry of Hydrate Phases and Pore Solution*. *Der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*. Vol.74, 116-125.
- H.J.H. Brouwers, R.J. Van Eijk. (2003). *Chemical Reaction of Fly Ash*. *Civil Engineering Journal University of Twente Netherlands*. Vol.14, 2-5.
- Mira Setiawati. (2018). *Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen pada Beton*. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta*. Vol.014, 2-4.
- Mulyono. (2005). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Nicken Anggini, Stefanus Kurniawan, dkk. (2014). *Pengaruh Rasio Semen - Fly Ash terhadap Sifat Segar dan Kuat Tekan High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete (HVFA-SCC)*. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta*. Vol.2, 2.
- Reni, Bastian, dkk. (2017). *Studi Penggunaan Silica Fume Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Beton*. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Sulawesi Utara*. Vol.3, 4-6.
- Sherly, Wibowo, dkk. (2017). *Kajian Pengaruh Variasi Komposisi Silica Fume terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri dengan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta*. Vol.14, 5.
- Suhua Ma, Weifeng Li, et al. (2015). *Influence of Sodium Gluconate on the Performance and Hydration of Portland Cement*. *Construction and Building Material*. *Nanjing Tech University China*. Vol.91, 138-144. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.05.068.