

KAJIAN PENGARUH VARIASI METAKAOLIN TERHADAP KUAT TEKAN BETON MEMADAT MANDIRI MUTU TINGGI

Claudia Hidayat¹⁾, Wibowo²⁾, Endah Safitri³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

^{2),3)} Pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36 A, Kentingan Surakarta 57126. Telp (0271) 647069, Fax 662118

Email : claudiahidayat48@gmail.com

ABSTRACT

High strength self compacting concrete (HSSCC) is concrete that can compact without tools and has high compressive strength. This concrete has a low water cement factor characteristic, so the distance between cement and water particles is getting smaller. The superplasticizer is used to modify the surface of the cement particles to be more dispersed and not agglomerate which can increase the water function by 25% -35% thus increasing the workability of the concrete mix and maintaining SCC parameters.

The method used in this research is experimental and the parameter studied is compressive strength of concrete. The test specimens are 45 cylinders, 15 cm in diameter and 30 cm in height. Variations that performed are water cement ratio (0,27; 0,29 and 0,31) and metakaolin powder (0%; 12,5%; 17,5%; 22,5% dan 27,5%) to determine the effect of the variables against the compressive strength of the concrete.

The result showed that the higher water cement ratio is, the compressive strength will decrease but increase the workability, and vice versa. Metakaolin level that produce a maximum compressive strength is at 17,5% of the weight of cement.

Keywords: *high strength self compacting concrete, metakaolin, compressive strength.*

ABSTRAK

Beton mutu tinggi memadat mandiri adalah beton yang dapat memadat tanpa bantuan alat penggetar serta memiliki kualitas yang tinggi. Beton ini memiliki karakteristik faktor air semen yang rendah, sehingga jarak antar partikel semen dan air semakin kecil. *Superplasticizer* digunakan untuk memodifikasi permukaan partikel-partikel semen menjadi lebih tersebar dan tidak menggumpal sehingga dapat meningkatkan fungsi air 25%-35% sehingga meningkatkan *workability* campuran beton dan mempertahankan parameter SCC.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental dan parameter yang dikaji adalah kuat tekan beton. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm berjumlah 45 buah. Dilakukan variasi pada faktor air semen (0,27; 0,29 dan 0,31) dan bubuk metakaolin (0%; 12,5%; 17,5%; 22,5% dan 27,5%) untuk mengetahui pengaruh variabel-variabel tersebut terhadap kuat tekan beton.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar faktor air semen maka kuat tekan akan semakin menurun tetapi meningkatkan workabilitas, begitu pula sebaliknya. Kadar metakaolin yang menghasilkan kuat tekan maksimum yaitu pada kadar 17,5% dari berat semen.

Kata kunci: beton memadat mandiri mutu tinggi, metakaolin, kuat tekan.

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia yang sedang berkembang pesat baik di ibu kota maupun di kota-kota lainnya menyebabkan permintaan akan bahan konstruksi juga bertambah, salah satunya adalah beton. Beton merupakan campuran antara agregat kasar, agregat halus, semen dan air. Air dan semen yang dicampur akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai pengikat bahan penyusun lainnya.

High Strength Self Compacting Concrete (HSSCC) atau beton mutu tinggi memadat mandiri adalah inovasi beton mutu tinggi dengan *workability* yang tinggi pula. Beton ini memiliki karakteristik faktor air semen yang rendah, hal ini mengakibatkan bertambahnya kuat tekan beton secara signifikan, tetapi menghasilkan nilai *slump* yang rendah serta *workability* yang kurang baik.

Metakaolin dihasilkan dari proses pemanasan kaolin pada suhu 500 – 900°C selama 6 jam. Penambahan metakaolin pada campuran beton berfungsi sebagai bahan pengisi pori sehingga akan menambah kepadatan

beton, selain itu kandungan SiO₂ dalam metakaolin akan bereaksi dengan Ca(OH)₂ yang dihasilkan dari reaksi hidrasi semen sehingga terbentuk ikatan berbentuk gel yang memperkuat ikatan dalam beton.

Metakaolin merupakan hasil pembakaran dari kaolin pada suhu 450°C-900°C yang mempunyai ukuran partikel lebih kecil dari *silica fume* dan banyak mengandung SiO₂ (54,64%) dan Al₂O₃ (42,87%). Metakaolin adalah bahan yang unik karena bukan merupakan limbah industri maupun bahan alami, bahan ini berasal dari alam namun sengaja diolah secara spesifik untuk bahan tambah semen. Metakaolin merupakan bahan yang sangat kecil dan memiliki beberapa reaktivitas hidrolik laten, dapat mengatasi efek dilusi yang berkontribusi untuk panas dan kekuatan tekan pada usia sangat dini. Efek yang diberikan metakaolin sangat besar pada hidrasi semen Portland (PC). Ketika semen portland terhidrasi, biasanya 20-30% dari massa pasta menghasilkan kalsium hidrat (CH). Namun saat metakaolin digunakan, metakaolin bereaksi cepat dengan senyawa CH yang baru terbentuk, menghasilkan kalsium silikat hidrat (C-S-H) tambahan (Justice, 2005).

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Nugraha, 2015). Kuat tekan beton diuji dengan *Compression Testing Machine (CTM)* menggunakan sampel yang telah dibuat sesuai *mix design*. Menurut SNI 03-1974-1990, syarat minimal untuk HSSCC kuat tekan yang memenuhi adalah lebih dari 41,4 Mpa.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Pengujian dilakukan dengan kondisi yang terkontrol sesuai urutan kegiatan secara sistematis menurut tahapan penelitian. Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan tidak bebas. Variabel bebas adalah bubuk metakaolin (0% ; 12,5% ; 17,5% ; 22,5% dan 27,5% dari berat semen). Variabel tidak bebas adalah kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton uji berumur 28 hari.

Rancang campur beton memadat mandiri mutu tinggi diperoleh dengan melakukan *trial* hingga memenuhi spesifikasi standar pengujian yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancang Campur HSSCC

Nama Benda Uji	FAS (w/c)	Air (lt/m ³)	Aggregat Halus (kg/m ³)	Aggregat Kasar (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Metakao lin (kg/m ³)	Superplastic izer (lt/m ³)
MK 0%	0,27	162,00	921,13	765,98	600,00	0,00	10,20
	0,29	174,00	903,79	751,57			
	0,31	186,00	886,45	737,15			
MK 12,5%	0,27	162,00	914,64	760,59	525,00	75,00	10,20
	0,29	174,00	897,30	746,17			
	0,31	186,00	879,96	731,75			
MK 17,5%	0,27	162,00	912,04	758,43	495,00	105,00	10,20
	0,29	174,00	894,70	744,01			
	0,31	186,00	877,36	729,59			
MK 22,5%	0,27	162,00	909,44	756,27	465,00	135,00	10,20
	0,29	174,00	892,10	741,85			
	0,31	186,00	874,77	727,43			
MK 27,5%	0,27	162,00	906,85	754,11	435,00	165,00	10,20
	0,29	174,00	889,51	739,69			
	0,31	186,00	872,17	725,27			

Tahap Penelitian

Tahap yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Tahap I
Studi literatur jurnal penelitian, skripsi, prosiding, dan lain sebagainya mengenai beton, beton mutu tinggi, *self compacting concrete*, *mix design* beton, kuat tekan beton dan metakaolin yang akan digunakan sebagai kajian pustaka dan dasar teori penelitian.
2. Tahap II
Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.
3. Tahap III
Menguji bahan dasar penyusun HSSCC yaitu agregat kasar dan agregat halus, dan bahan tambah beton yaitu dalam penelitian ini metakaolin. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan bahan tersebut untuk dijadikan bahan penyusun beton.
4. Tahap IV
Membuat beberapa variasi atau *trial mix design HSSCC* dengan perbedaan pada rasio kadar air dan metakaolin. Setelah membuat variasi *mix design*, dilakukan pencampuran beton berdasarkan beberapa variasi tersebut.
5. Tahap V
Menguji beton segar yang telah di campur pada tahap IV terhadap parameter *self compacting concrete* yang terdiri dari tiga pengujian yang dilakukan yaitu *flow tabel test* yang digunakan untuk menentukan *filling-ability*, *l-box test* yang digunakan untuk menentukan *passing-ability* dan *v-funnel* yang digunakan untuk menentukan *segregation resistance*. Setelah beton setting selama 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan menggunakan *compression testing machine (CTM)*.
6. Tahap VI
Melakukan analisis data hasil pengujian beton yang dilakukan pada tahap V untuk mendapatkan kesimpulan dari hubungan antara variabel-variabel yang sedang diteliti.
7. Tahap VII
Menarik kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian dari data yang telah dianalisis pada tahap VI di atas.

Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan benda uji bertujuan untuk mengetahui kekuatan maksimum beton dalam menerima gaya tekan dengan menggunakan *Compression Testing Machine (CTM)* menurut SNI 03-1974-1990 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine (CTM)* di Laboratorium Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta pada saat beton berumur 28 hari untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditopang oleh beton hingga beton tersebut retak atau hancur. Hasil pembacaan dari CTM adalah beban maksimum (P_{maks}) yang dapat memperoleh kuat tekan dengan persamaan berikut ini.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

dengan $f'c$ = kuat tekan beton, P = beban dan A = luas penampang.

Hasil uji kuat tekan beton tiap variasi FAS dapat dilihat pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,27

Nama Benda Uji	Kadar Metakaolin	Kuat Tekan (MPa)
HSSCC MK 0	0%	47,66
HSSCC MK 12,5	12,5%	68,90
HSSCC MK 17,5	17,5%	71,33
HSSCC MK 22,5	22,5%	54,80
HSSCC MK 27,5	27,5%	49,68

Berdasarkan Tabel 2, pada faktor air semen sebesar 0,27 kuat tekan maksimal mencapai 71,33 MPa pada penambahan metakaolin sebesar 17,5% dari berat semen.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,29

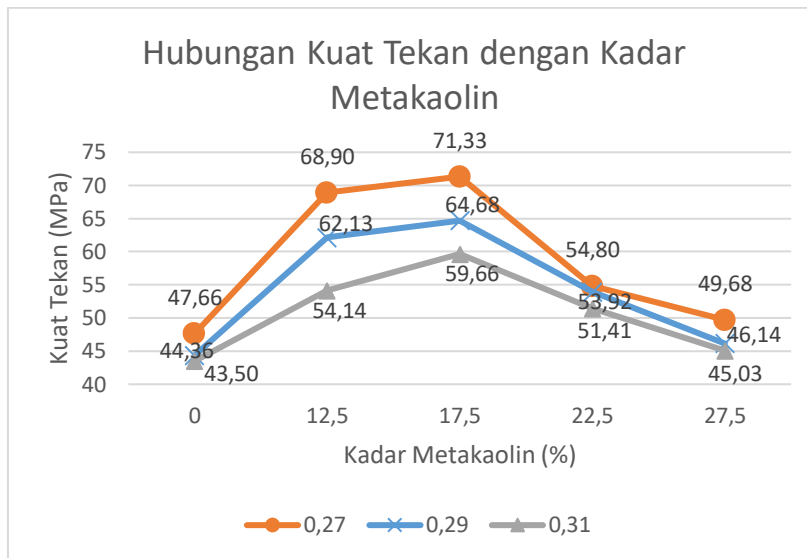
Nama Benda Uji	Kadar Metakaolin	Kuat Tekan (MPa)
HSSCC MK 0	0%	44,36
HSSCC MK 12,5	12,5%	62,13
HSSCC MK 17,5	17,5%	64,68
HSSCC MK 22,5	22,5%	53,92
HSSCC MK 27,5	27,5%	46,14

Berdasarkan Tabel 3, pada faktor air semen sebesar 0,29 kuat tekan maksimal mencapai 64,68 MPa pada penambahan metakaolin sebesar 17,5% dari berat semen.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,31

Nama Benda Uji	Kadar Metakaolin	Kuat Tekan (MPa)
HSSCC MK 0	0%	43,50
HSSCC MK 12,5	12,5%	54,14
HSSCC MK 17,5	17,5%	59,66
HSSCC MK 22,5	22,5%	51,41
HSSCC MK 27,5	27,5%	45,03

Berdasarkan Tabel 4, pada faktor air semen sebesar 0,31 kuat tekan maksimal mencapai 59,66 MPa pada penambahan metakaolin sebesar 17,5% dari berat semen. Tabel 2 sampai Tabel 4 dapat dibuat grafik hubungan kuat tekan dengan variasi kadar metakaolin yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Kadar Metakaolin

Kadar metakaolin untuk mendapatkan kuat tekan maksimum yaitu penggunaan metakaolin sebanyak 17,5% dari berat semen, yaitu mencapai kuat tekan sebesar 71,33 MPa dengan faktor air semen 0,27. Penambahan metakaolin tiap variasi memberikan kenaikan kuat tekan beton dari beton acuan dengan kenaikan terbesar pada kadar 17,5% yaitu sebesar 49,67% dari beton acuan dan kenaikan terkecil yaitu pada kadar 27,5%, sebesar 3,51% dari beton acuan.

Kuat tekan beton pada umur 28 hari mengalami peningkatan sampai kadar metakaolin 17,5% dari berat semen, selanjutnya mengalami penurunan pada kadar metakaolin 22,5% dan 27,5% dari berat semen dikarenakan reaksi antara metakaolin dengan reaksi hidrasi semen yang belum terjadi secara optimal. Silika pada metakaolin yang berlebih akan bereaksi dengan air menghasilkan *silicic acid* yang bukan merupakan perekat sehingga melemahkan beton.

Semakin besar faktor air semen maka semakin kecil kuat tekan beton yang didapatkan, begitu pula sebaliknya. Air berpengaruh pada kuat tekan beton, karena air yang berlebihan akan menyebabkan penurunan kekuatan beton akibat tingginya porositas setelah air menguap.

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian, analisis data dan pembahasan *HSSCC* dengan variasi kadar metakaolin, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan metakaolin dalam campuran adukan beton dapat meningkatkan kuat tekan beton dengan umur 28 hari jika dibandingkan dengan beton acuan tanpa penambahan metakaolin.
2. Semakin besar faktor air semen maka semakin kecil kuat tekan beton yang didapatkan, begitu pula sebaliknya karena air yang berlebihan akan menyebabkan penurunan kekuatan beton akibat tingginya porositas setelah air menguap.
3. Kadar metakaolin untuk mendapatkan kuat tekan maksimum yaitu penggunaan metakaolin sebanyak 17,5% dari berat semen, yaitu mencapai kuat tekan beton sebesar 71,33 MPa dengan FAS 0,27.

SARAN

Saran yang dapat penulis berikan berdasarkan penelitian ini dan keperluan penelitian selanjutnya antara lain:

1. Penggunaan kadar metakaolin yang dianjurkan adalah sebesar 17% - 25% dari berat semen untuk mendapatkan kuat tekan yang optimum dengan mempertimbangkan penambahan faktor air semen dan penggunaan *superplasticizer* merk lain untuk mempertahankan parameter *self compacting concrete (SCC)*.
2. Diperlukan pembuatan sampel uji yang lebih sebagai cadangan apabila sampel tidak valid atau rusak.

3. Proses pembuatan beton harus memperhatikan metode dan perlu adanya referensi dari buku dan jurnal agar mendapatkan campuran beton yang baik.
4. Pembakaran kaolin menjadi metakaolin yang akan digunakan sebagai bahan tambah pada beton harus sesuai dengan metode, serta penyimpanan metakaolin harus diperhatikan suhu dan kelembapannya agar tidak menggumpal.

DAFTAR PUSTAKA

- As'ad, Sholihin. 2012. *"Beton Memadat Mandiri"*. Harian JOGLOSEMAR. 12 Agustus 2012.
- ASTM C494. 2006. *"Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete"*.
- Herbudiman, B., Siregar, S.E. 2013. *"Kajian Interval Rasio Air-Powder Beton Self-Compacting Terkait Kinerja Kekuatan dan Flow"*. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung.
- Justice, J.M. 2005. *"Evaluation Of Metakaolins For Use As Supplementary Cementitious Materials"*. Thesis, Georgia Institute of Technology.
- Lianasari, A.E. 2011. *"Penggunaan Pozolan Berukuran Nano Untuk Menghasilkan Beton Mutu Tinggi (High Strength Concrete) Ramah Lingkungan"*. Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M. 1986. *"Bahan dan Praktek Beton Edisi Keempat"*. Jakarta; Penerbit Erlangga.
- Nugraha, Y. 2015. *"Variasi Penambahan Silica Fume terhadap Beton Mutu Tinggi Self Compacting Concrete (SCC)"*. Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Departemen Pendidikan Teknik Sipil Fakultas Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia.
- PBI NI-2. 1971. *"Peraturan Beton Bertulang Indonesia"*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- PUBI. 1982. *"Persyaratan Umum bahan Bangunan di Indonesia"*. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- SNI 03-1974-1990. 1990. *"Metode Pengujian Kuat Tekan Beton"*.
- SNI 03-6468-2000. 2000. *"Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abu Terbang"*.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono. 1995. *"Teknologi Beton"*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.