

**KAJIAN PENAMBAHAN METAKAOLIN
TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS
PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN *SILICA FUME*,
SUPERPLASTICIZER DAN *FILLER* PASIR KWARSA**

Laporan Tugas Akhir
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :
Petrus Peter Siregar
NPM. : 100213548



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
APRIL 2014**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

KAJIAN PENAMBAHAN METAKAOLIN TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN *SILICA FUME, SUPERPLATCIZER* DAN *FILLER PASIR KWARSA*

benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan, baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, April 2014

Yang membuat pernyataan,



(PETRUS PETER SIREGAR)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

KAJIAN PENAMBAHAN METAKAOLIN TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN *SILICA FUME*, *SUPERPLATICIZER* DAN *FILLER PASIR KWARSA*

Oleh :

Petrus Peter Siregar

NPM. : 100213548

telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, *23 April 2014*

Pembimbing



Dr. Ir. AM Ade Lisantono, M. Eng.

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



J. Januar Sudjati, S.T., M.T.

PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir


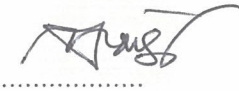

KAJIAN PENAMBAHAN METAKAOLIN TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN *SILICA FUME, SUPERPLATICIZER DAN FILLER PASIR KWARSA*



PETRUS PETER SIREGAR

NPM : 100213548

Telah diuji dan disetujui oleh :

	Nama	Tanggal	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Ir. AM Ade Lisantono, M. Eng.	23/4/2014	
Sekretaris	: Ir. Pranawa Widagdo, M.T.	23/04/2014	
Anggota	: Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.	23/4/2014	

Selalu Ada Jalan Bila Ada Kemauan

Nikmati Hidup Selagi Masih Ada



**Tugas Akhir ini aku persembahkan untuk
Tuhan Yesus, Orang tua, Adik, Maria Ayu,
Serta teman-temanku.**

Terima kasih untuk pengalaman yang telah diberikan.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis sampaikan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan kasihNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir dengan judul “KAJIAN PENAMBAHAN METAKAOLIN TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN *SILICA FUME*, *SUPERPLASTICIZER* DAN *FILLER* PASIR KWARSA“ adalah untuk melengkapi syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan tinggi Program Strata-1 (S-1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak mungkin dapat diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak J. Januar Sudjati, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya.
3. Bapak Dr. Ir. AM Ade Lisantono, M. Eng., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk memberikan petunjuk dan membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Haryanto YW., M.T., yang telah mengajarkan penulis tentang kedisiplinan.

5. Bapak V. Sukaryantara, selaku Staf Laboratorium Stuktur dan Bahan Bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah banyak membantu dan membagi saran selama pengujian.
6. Para dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mendidik dan membagikan ilmu kepada penulis.
7. Orangtuaku, adikku, dan Maria Ayu yang selalu memberi dukungan doa, perhatian, dan semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman seperjuangan tugas akhir Tyson.
9. Teman-teman yang membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir Sungsang, Vera, Adrian, Hanavi, Aan, Henri, Gaby, Paul, Bobby, Topan, Rain, dan Niko.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Yogyakarta, April 2014

PETRUS PETER SIREGAR

NPM : 100213548

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Keaslian Tugas Akhir	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.7 Lokasi Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Beton	6
2.2 Bahan Penyusun Beton	8
2.2.1 Semen Portland	8
2.2.2 Air	9
2.2.3 Agregat	10
2.2.4 Bahan Tambah	13
2.3 Pasir Kwarsa	17
2.4 Kaolin dan Metakaolin	18
BAB III LANDASAN TEORI	21
3.1 Kuat Tekan Beton	21
3.2 Modulus Elastisitas Beton	22
3.3 Nilai <i>Slump</i>	23
3.4 <i>Workability</i>	24
3.5 Umur Beton	26
BAB IV METODE PENELITIAN	28
4.1 Umum	28
4.2 Kerangka Penelitian	28
4.3 Bahan	30

4.4	Alat	31
4.5	Pengujian Bahan	39
4.5.1	Agregat Halus	40
4.5.2	Agregat Kasar	44
4.5.3	Metakaolin	47
4.6	Pembuatan Benda Uji	48
4.7	Pengujian Slump	50
4.8	Perawatan Benda Uji	51
4.9	Pengujian Kuat Tekan Beton	51
4.10	Pengujian Modulus Elastisitas Beton	51
4.11	Jadwal Tugas Akhir	52
4.12	Kesulitan Dalam Pelaksanaan	53
BAB V PEMBAHASAN		54
5.1	Hasil dan Pembahasan Pengujian Bahan dan Material	54
5.1.1	Pengujian Agregat Halus	54
5.1.2	Pengujian Agregat Kasar	57
5.2	Pengujian Slump	60
5.3	Berat Jenis Beton	62
5.4	Pengujian Kuat Desak Beton	65
5.5	Pengujian Modulus Elastisitas Beton	68
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		70
6.1	Kesimpulan	70
6.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN		74

DAFTAR TABEL

No.	NAMA TABEL	HAL
2.1	Susunan unsur semen Portland	9
2.2	Batas-batas gradasi agregat halus	12
3.1	Penetapan nilai <i>slump</i> adukan beton	24
3.2	Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur	27
4.1	Komposisi kimiawi metakaolin	48
4.2	Variasi benda uji	48
4.3	Jadwal pelaksanaan tugas akhir	52
5.1	Hubungan warna larutan dengan kandungan zat organik	54
5.2	Hasil pemeriksaan kandungan lumpur pada pasir	55
5.3	Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus	56
5.4	Hasil Pemeriksaan kandungan lumpur pada krikil	57
5.5	Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar dengan mesin <i>Los Angeles</i>	58
5.6	Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar	59
5.7	Hasil pengujian <i>slump</i> beton umur 7 hari	60
5.8	Hasil pengujian <i>slump</i> beton umur 14 hari	61
5.9	Hasil pengujian <i>slump</i> beton umur 28 hari	61
5.10	Berat jenis beton dan pemakaiannya	62
5.11	Berat jenis rata-rata beton umur 7 hari	63
5.12	Berat jenis rata-rata beton umur 14 hari	63
5.13	Berat jenis rata-rata beton umur 28 hari	64
5.14	Kuat tekan beton	65
5.15	Modulus elastisitas beton	68

DAFTAR GAMBAR

No.	NAMA GAMBAR	HAL
3.1	Benda Uji Silinder	21
4.1	Bagan Alir	29
4.2	Pasir Halus	30
4.3	Agregat Kasar	30
4.4	Air	31
4.5	Semen	31
4.6	Metakaolin	31
4.7	<i>Silica Fume</i>	31
4.8	<i>Superplasticizer</i>	31
4.9	Pasir kwarsa	31
4.10	Gelas Ukur	32
4.11	NaOH 3%	32
4.12	<i>Gardner Standard Color</i>	33
4.13	Oven	33
4.14	Saringan dan Mesin Pengayak	33
4.15	Timbangan	34
4.16	Labu <i>Erlenmeyer</i> 500 ml	34
4.17	Ember Kawat	34
4.18	Kerucut SSD dan Penumbuk	35
4.19	<i>Los Angeles Abrasion</i>	35
4.20	Bola Baja	36
4.21	Kerucut <i>Abrams</i>	36
4.22	Molen	36
4.23	Kaliper	37
4.24	<i>Compression Testing Machine</i>	37
4.25	<i>Universal Testing Machine</i>	37
4.26	<i>Compressometer</i>	38
4.27	Cetakan Silinder	38
4.28	Piring	39
4.29	Kuas	39
4.30	Ember	39
4.31	Cetok	39
4.32	Palu	39
4.33	Alat Tulis	39
4.34	Pemeriksaan Zat Organik	40
4.35	Pengujian Kuat Tekan	51
4.36	Pengujian Modulus Elastisitas	52
5.1	Grafik Kuat Tekan Beton 7 hari	66
5.2	Grafik Kuat Tekan Beton 14 hari	67
5.3	Grafik Kuat Tekan Beton 28 hari	67
5.4	Grafik Kuat Tekan Beton gabungan	68
5.5	Grafik Modulus Beton 28 Hari	69

DAFTAR NOTASI

NOTASI	ARTI
f_c'	Kuat desak (MPa)
P	Beban Desak
A	Luas penampang benda uji
f	Tengangan
ϵ	regangan
E	Modulus elastisitas
l	Panjang
l_0	Panjang awal
Δl	Perubahan panjang benda uji

DAFTAR PERSAMAAN

No.	KETERANGAN	HAL
3.1	Kuat tekan	22
3.2	Modulus elastisitas beton	23
3.3	Tegangan	23
3.4	Regangan	23
4.1	Kandungan lumpur agregat halus	41
4.2	Kadar air agregat halus	44
4.3	Kandungan lumpur agregat kasar	45
4.4	Kadar air agregat kasar	47

DAFTAR LAMPIRAN

No.	NAMA LAMPIRAN	HAL
A	Pengujian Bahan	74
A.1	Pemeriksaan Gradasi Besar Butiran Pasir	74
A.2	Pemeriksaan Gradasi Besar Butiran <i>Split</i>	75
A.3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir	76
A.4	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan <i>Split</i>	77
A.5	Pemeriksaan Kadar Air Dalam Pasir	78
A.6	Pemeriksaan Kadar Air Dalam <i>Split</i>	79
A.7	Pemeriksaan <i>Los Angeles Abrasion Test</i>	80
A.8	Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Pasir	81
A.9	Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam <i>Split</i>	82
A.10	Pemeriksaan Kandungan Zat Organik Dalam Pasir	83
A.11	Pemeriksaan Kandungan Kimia Metakaolin	84
B	Perhitungan <i>Mix Design</i>	85
C	Berat Jenis	88
D	Kuat Tekan Beton	90
E	Modulus Elastisitas Beton	92

INTISARI

“KAJIAN PENAMBAHAN METAKAOLIN TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN SILICA FUME, SUPERPLASTICIZER DAN FILLER PASIR KWARSA”,

Petrus Peter Siregar, NPM : 100213548, tahun 2014, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Beton mutu tinggi adalah suatu bahan yang dibuat dari campuran beton (semen, agregat, air) dan penambahan zat aditif sesuai dengan perbandingan sedemikian rupa sehingga bahan itu merupakan satu kesatuan yang dapat membentuk kekuatan beton yang lebih tinggi. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yaitu dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat, kehalusan butir semen, dan dengan pemberian bahan tambah. Metakaolin perlu diteliti sebagai bahan pembuatan beton mutu tinggi dikarenakan sifatnya sebagai pozzolan yang akan bereaksi dengan kapur hasil hidrasi semen dan sebagai pengisi pori (*filler*).

Penelitian ini akan menguji mengenai pengaruh penambahan metakaolin terhadap beton mutu tinggi dengan *silica fume*, *superplasticizer*, dan pasir kwarsa. Kadar *silica fume* dan pasir kwarsa yang ditambahkan sebanyak 10% dari berat semen, sedangkan kadar *superplasticizer* yang digunakan sebesar 2% dari berat semen. Pengujian dilakukan dengan membuat beton berbentuk silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm serta mencari nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Nilai modulus pada penelitian ini dicari pada saat umur beton 28 hari. Variasi yang digunakan adalah penambahan metakaolin sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap berat semen.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan metakaolin membuat beton mutu tinggi meningkat berat jenisnya. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata pada 28 hari BMT, BMTM 5%, BMTM 10%, BMTM 15%, BMTM 20%, BMTM 25% berturut-turut adalah 37,6547 MPa, 35,9104 MPa, 58,6384 MPa, 34,9274 MPa, 48,8576 MPa, dan 49,0534 MPa. Kuat tekan beton maksimum terjadi pada penambahan metakaolin sebesar 10%. Sedangkan untuk pengujian modulus elastisitas yang telah dilakukan, diperoleh nilai modulus elastisitas rata-rata pada umur 28 hari untuk BMT, BMTM 5%, BMTM 10%, BMTM 15%, BMTM 20%, BMTM 25% berturut-turut adalah 32.030,67 MPa, 30.147,33 MPa, 28.869,33 MPa, 27.755 MPa, 27.227,67 MPa, dan 33.878,67 MPa. Modulus elastisitas tertinggi terjadi pada penambahan metakaolin sebesar 25%. Berdasarkan data yang didapat, kenaikan kuat desak beton mutu tinggi dengan penambahan metakaolin 10% sebesar 55,7267% dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa penambahan metakaolin. Sedangkan kenaikan modulus elastisitas beton mutu tinggi dengan penambahan metakaolin 25% sebesar 5,7695% dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa penambahan metakaolin.

Kata Kunci: Beton mutu tinggi, metakaolin, *silica fume*, *superplasticizer*, pasir kwarsa, kuat tekan, modulus elastisitas