

**PENGGUNAAN METAKAOLIN SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN  
SEMEN UNTUK BETON MUTU TINGGI (STUDI KASUS METAKAOLIN  
DARI DESA SEMIN, GUNUNGKIDUL)**

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

Oleh :

REXY SUSANTO

NPM : 140215716



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
MEI 2018**

## PERNYATAAN

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

### **PENGGUNAAN METAKAOLIN SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN UNTUK BETON MUTU TINGGI (STUDI KASUS METAKAOLIN DARI DESA SEMIN, GUNUNGGKIDUL)**

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, 24 Mei 2018

Yang membuat pernyataan,



PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**PENGGUNAAN METAKAOLIN SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN UNTUK  
BETON MUTU TINGGI (STUDI KASUS METAKAOLIN DARI DESA SEMIN,  
GUNUNGKIDUL)**

Oleh :

REXY SUSANTO

NPM : 140215716

Telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, 5/06/2018

Pembimbing

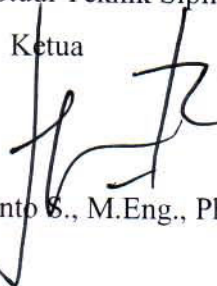


(Ir. Wiryawan Sarjono P., M.T.)

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



(Ir. A.Y. Harijanto S., M.Eng., Ph.D.)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**PENGGUNAAN METAKAOLIN SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN UNTUK  
BETON MUTU TINGGI (STUDI KASUS METAKAOLIN DARI DESA SEMIN,  
GUNUNGGKIDUL)**


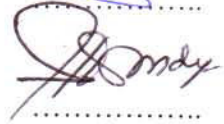



Oleh :

REXY SUSANTO

NPM : 140215716

Telah diuji dan disetujui oleh

Nama	Tanda tangan	Tanggal
Ketua : Ir. Wiryawan Sajono P, M.T.		5/06/2018
Sekretaris : Siswadi, S.T., M.T.		25/06 2018
Anggota : Anggun Tri Atmajayanti, S.T., M.Eng.		5/6 2018

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

“Aku tak akan menyerah pada apapun juga sebelum ku coba semua yang ku bisa”

“Tetapi ku berserah kepada kehendak-Mu. Hatiku percaya Tuhan punya rencana.”

“God is Good all the time, and all the time God is Good”

Mazmur 37:5-6

*“Serahkanlah hidupmu kepada Tuhan dan percayalah kepada-Nya, dan Ia akan bertindak; Ia akan memunculkan kebenaranmu seperti terang, dan hakmu seperti siang.”*

### **Tugas Akhir Ini Kupersembahkan Untuk:**

Tuhan Yesus Kristus

Keluarga tercinta, Papa, Mama, dan Koko Kristian yang selalu mendoakan dan mendukung

Sahabat-sahabat dan teman-temanku.

Terima Kasih

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis sampaikan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, kasih dan berkat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGUNAAN METAKAOLIN SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN UNTUK BETON MUTU TINGGI (STUDI KASUS METAKAOLIN DARI DESA SEMIN, GUNUNG KIDUL)** adalah untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini tidak akan 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 Ir. Wiryawan Sarjono P. M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Sushardjanti Felasari, S.T.,M.Sc. CAED., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Ir. AY. Harijanto S., M.Eng, Ph.D.selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan dan Koordinator Tugas Akhir Bidang Struktur yang telah membantu dan membimbing proses administrasi skripsi.
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. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah mengajarkan banyak ilmu pada bidang teknik sipil selama penulis berkuliah.

7. Keluarga di rumah yang selalu mendukung, menyemangati dan mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman seperjuangan Tugas Akhir, Christian, Diana, Olin, dan Andre yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan pantang menyerah.
9. Sahabat - sahabat yang sudah membantu dari awal penelitian berlangsung yaitu Jermycko, William, Pipit, Agnes, Jefry, dan Evander.
10. Teman-teman Komisi Pelayanan Anak & Remaja (Kompar) yang selalu mendukung dan mendoakan selama pengerjaan Tugas Akhir.
11. Teman-teman semua yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendoakan dan mendukung dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 17 Mei 2018

REXY SUSANTO  
NPM : 140215716

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xii
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>INTISARI</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	1
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Keaslian Tugas Akhir.....	2
1.5. Tujuan Tugas Akhir .....	3
1.6. Manfaat Penelitian .....	3
1.7. Lokasi Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	7
3.1. Beton .....	7
3.2. Beton Normal .....	7
3.3. Material Penyusun Beton .....	7
3.3.1. Semen Portland .....	7
3.3.2. Air .....	8
3.3.3. Metakaolin .....	9
3.4. Kuat Tekan Beton .....	10
3.5. Modulus Elastisitas .....	11
3.6. Kuat Tarik Belah .....	12



3.7.	Umur Beton .....	12
3.8.	<i>Workability</i> .....	13
<b>BAB IV</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
4.1.	Umum .....	15
4.2.	Kerangka Penelitian .....	15
4.3.	Tahap Persiapan Alat dan Bahan .....	16
4.4.	Tahap Pemeriksaan Bahan .....	25
4.4.1.	Agregat Halus .....	25
4.4.2.	Agregat Kasar .....	28
4.5.	Tahap Pembuatan Benda Uji .....	31
4.6.	Tahap Perawatan Benda Uji .....	32
4.7.	Tahap Pengujian Benda Uji .....	32
4.7.1.	Pengujian Kuat Tekan Beton .....	33
4.7.2.	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	33
4.7.3.	Pengujian Modulus Elastisitas Beton.....	33
4.8.	Tahap Analisis Data .....	34
<b>BAB V</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
5.1.	Hasil dan Pembahasan Pengujian Bahan dan Material .....	35
5.1.1.	Pengujian Agregat Halus .....	35
5.1.2.	Pengujian Agregat Kasar .....	36
5.2.	Pengujian <i>Slump</i> .....	37
5.3.	Pengujian Berat Jenis .....	37
5.4.	Pengujian Sifat Mekanik .....	39
5.4.1.	Pengujian Kuat Tekan Beton .....	39
5.4.2.	Pengujian Modulus Elastisitas Beton .....	46
5.4.3.	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton .....	48
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>51</b>
6.1.	Kesimpulan .....	51
6.2.	Saran .....	52
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR TABEL

No.	NAMA TABEL	HAL.
3.1	Sifat Fisik Metakaolin	10
3.2	Komposisi Kimia Metakaolin	10
3.3	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai-bagai Umur	13
4.1	Komposisi Kimiawi Metakaolin	23
4.2	Variasi Benda Uji	32
5.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	35
5.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar	36
5.3	Hasil Pengujian <i>Slump</i>	37
5.4	Hasil Pengujian Berat Jenis Beton	38
5.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	40
5.6	Perbandingan Persentase Kuat Tekan Beton Pada Usia Tertentu	43
5.7	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Usia 28 Hari	47
5.8	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	49
5.9	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton	50

## DAFTAR GAMBAR

No.	NAMA GAMBAR	HAL.
4.1	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	16
4.2	Gelas Ukur	17
4.3	<i>Gardner Standard Color</i>	17
4.4	Oven	18
4.5	Timbangan 0.01 gram	18
4.6	<i>Labu Erlenmeyer</i>	19
4.7	Saringan dan mesin pengayak	19
4.8	Molen ( <i>Concrete Mixer</i> )	20
4.9	Cetakan Silinder	20
4.10	Kerucut <i>Abrams</i>	21
4.11	Kaliper	21
4.12	<i>Universal Testing Machine (UTM)</i>	22
4.13	<i>Compressometer</i>	22
4.14	Mesin Desak ELE	23
4.15	Metakaolin	24
4.16	Sika Viscocrete 1003	25
4.17	Pengujian Kandungan Zat Organik Dalam Pasir	25
4.18	Pengujian Kandungan Lumpur Dalam Pasir	27
5.1	Diagram Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	41
5.2	Diagram Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	42
5.3	Diagram Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	42
5.4	Diagram Persentase Perkembangan Kuat Tekan BN	44
5.5	Diagram Persentase Perkembangan Kuat Tekan BMK 15%	44
5.6	Diagram Persentase Perkembangan Kuat Tekan BMK 20%	45
5.7	Diagram Persentase Perkembangan Kuat Tekan BMK 25%	45
5.8	Diagram Perbandingan Perkembangan Kekuatan Semua Varian Beton	46
5.9	Diagram Perbandingan Modulus Elastisitas Beton Umur 28 Hari	47
5.10	Diagram Perbandingan Perkembangan Modulus Elastisitas Semua Varian Beton	48
5.11	Diagram Perbandingan Kuat Tarik Belah Beton	50

## DAFTAR NOTASI

NOTASI	ARTI
$f'c$	Kuat Tekan (MPa)
P	Beban Tekan (N)
Ao	Luas penampang benda uji (mm <sup>2</sup> )
N	Jumlah benda uji
E	Modulus elastisitas beton Tekan (MPa)
$\sigma$	Tegangan (MPa)
$\epsilon$	Regangan
$f't$	Kuat tarik belah beton pada umur 28 hari (N/mm <sup>2</sup> )
L	Lebar/tinggi silinder beton (mm)
D	Diameter silinder beton (mm)
A	Berat kering pasir (gram)
B	Berat SSD (gram)
C	Berat agregat dalam air (gram)
V	Berat awal pasir (gram)
W	Jumlah air (ml)
W	Kandungan lumpur

## DAFTAR PERSAMAAN

PERSAMAAN	KETERANGAN	HAL.
3-1	Kuat Tekan Beton	10
3-2	Modulus Elastisitas Beton (Pengujian)	11
3-3	Modulus Elastisitas Beton (SNI 2847-2013)	11
3-4	Modulus Elastisitas Beton (Beton Normal)	11
3-5	Modulus Elastisitas Beton (Wang & Salmon)	11
3-6	Kuat Tarik Belah Beton (SK SNI 03-2491-2002)	12
4-1	Kandungan Lumpur	26
4-2 s/d 4-5	Berat Jenis Dan Penyerapan Pasir	28
4-6	Abrasi/keausan	30
4-7	Berat Volume	31

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus .....	55
Lampiran 2	Pengujian Kandungan Zat Organik Agregat Halus .....	56
Lampiran 3	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	57
Lampiran 4	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	58
Lampiran 5	Pemeriksaan <i>Los Angeles Abrasion Test</i> .....	59
Lampiran 6	Pemeriksaan Berat Satuan Volume Agregat Kasar.....	60
Lampiran 7	Pemeriksaan Berat Satuan Volume Agregat Halus.....	61
Lampiran 8	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	62
Lampiran 9	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BN_7_01) .....	68
Lampiran 10	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BN_7_02) .....	70
Lampiran 11	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 15%_7_01) ...	72
Lampiran 12	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 15%_7_02) ...	74
Lampiran 13	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 20%_7_01) ...	76
Lampiran 14	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 20%_7_02) ...	78
Lampiran 15	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 25%_7_01) ...	80
Lampiran 16	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 25%_7_03) ...	82
Lampiran 17	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BN_14_01) .....	84
Lampiran 18	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BN_14_03) .....	86
Lampiran 19	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 15%_14_02) .	88
Lampiran 20	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 15%_14_03) .	90
Lampiran 21	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 20%_14_02) .	92
Lampiran 22	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 20%_14_03) .	94
Lampiran 23	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 25%_14_01) .	96
Lampiran 24	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 25%_14_02) .	98
Lampiran 25	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BN_28_01) .....	100
Lampiran 26	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BN_28_03) .....	103
Lampiran 27	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 15%_28_01) .	106
Lampiran 28	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 15%_28_03) .	108
Lampiran 29	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 20%_28_01) .	110
Lampiran 30	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 20%_28_03) .	112
Lampiran 31	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 25%_28_01) .	114
Lampiran 32	Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton (BMK 25%_28_02) .	116
Lampiran 33	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Normal .....	118
Lampiran 34	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Metakaolin 15% .....	119
Lampiran 35	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Metakaolin 20% .....	120
Lampiran 36	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Metakaolin 25% .....	121
Lampiran 37	Mix Design (SNI 03-6468-2000) .....	122
Lampiran 38	Pengujian Kandungan Kimia Metakaolin .....	127

## INTISARI

**“PENGUNAAN METAKAOLIN SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN UNTUK BETON NORMAL (STUDI KASUS METAKAOLIN DARI DESA SEMIN, GUNUNGKIDUL)”**, Remy Susanto, NPM: 140215716, tahun 2017, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Industri semen merupakan kontributor besar pada efek rumah kaca. Akibatnya semakin banyak semen yang digunakan dalam membuat beton maka semakin besar dampak yang disebabkan terhadap lingkungan. Metakaolin memiliki sifat pozzolan yang terbukti dapat mengurangi dampak semen terhadap lingkungan. Kaolin merupakan salah satu produk unggul di Desa Semin, akan tetapi pemanfaatannya menjadi metakaolin masih rendah. Oleh karena hal-hal tersebut, dibutuhkan penelitian lebih lanjut tentang metakaolin yang berasal dari Desa Semin, terutama kegunaannya sebagai substitusi semen pada beton normal.

Benda uji yang dibuat pada penelitian ini sebanyak 48 buah dan 4 varian dengan masing – masing varian 12 buah. Perencanaan adukan beton menggunakan SNI 03-6468-2000 dengan perencanaan kuat tekan 45 MPa, faktor air semen (fas) 0,445 dan persentase variasi substitusi sebesar 0%, 15%, 20%, dan 25% metakaolin terhadap semen. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter  $\pm 150$  mm dan tinggi  $\pm 300$  mm sebanyak 48 buah untuk pengujian kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik belah beton.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada beton normal usia 28 hari dengan nilai sebesar 33,51 MPa. Nilai modulus elastisitas pada beton usia 28 hari sesuai variasi 0%, 15%, 20%, 25% berturut-turut yaitu 13005,62 MPa, 23684,77 MPa, 17733,17 MPa, 13777,51 MPa. Nilai kuat tarik belah tertinggi terdapat beton normal, yaitu sebesar 3,38 MPa. Kadar optimum metakaolin yang menghasilkan sifat mekanik terbaik adalah kadar 15% sebagai substitusi semen.

**Kata Kunci:** Beton normal, metakaolin, substitusi semen, sifat mekanik beton.