

**TINJAUAN TEORITIS PENGARUH VARIASI KADAR  
METAKAOLIN SEBAGAI *FILLER* PADA KAPASITAS  
LENTUR BALOK *SELF COMPACTING CONCRETE***

Laporan Tugas Akhir

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

Oleh :

**KEVIN CHANDRA SETIAWAN**

**NPM. 160216589**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
OKTOBER 2020**

## PERNYATAAN

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

### **TINJAUAN TEORITIS PENGARUH VARIASI KADAR METAKAOLIN SEBAGAI *FILLER* PADA KAPASITAS LENTUR BALOK *SELF COMPACTING CONCRETE***

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 izajah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, ... Oktober 2020

Yang membuat pernyataan,

A yellow postage stamp with the text "METERAI TEMPEL" at the top, "6000 ENAM RIBURUPIAH" at the bottom, and a serial number "00780AHF70255K07". The stamp features a Garuda emblem and is signed with a black ink signature.

(Kevin Chandra Setiawan)

# PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

## TINJAUAN TEORITIS PENGARUH VARIASI KADAR METAKAOLIN SEBAGAI *FILLER* PADA KAPASITAS LENTUR BALOK *SELF COMPACTING CONCRETE*

Oleh :

KEVIN CHANDRA SETIAWAN

NPM : 160216589

telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, ...../...../2020

Pembimbing



(Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.)

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



(Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.)

# PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

## TINJAUAN TEORITIS PENGARUH VARIASI KADAR METAKAOLIN SEBAGAI *FILLER* PADA KAPASITAS LENTUR BALOK *SELF COMPACTING CONCRETE*



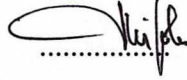


Oleh :

KEVIN CHANDRA SETIAWAN

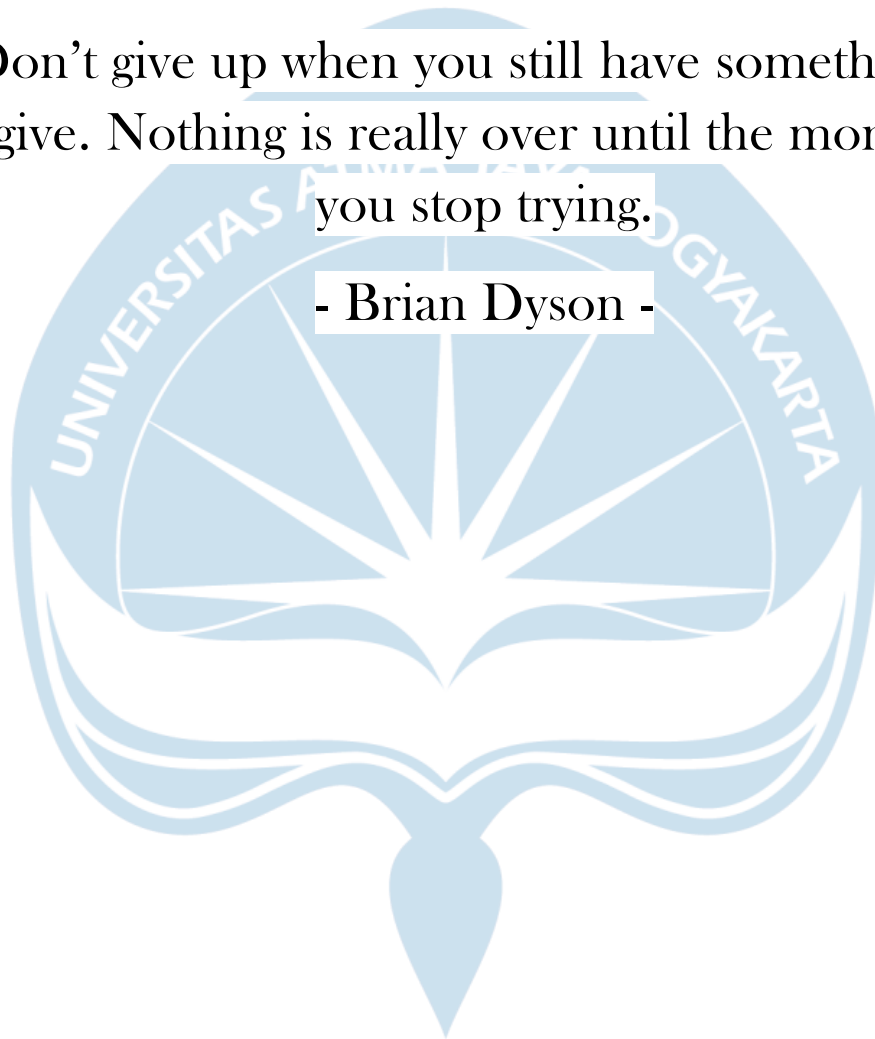
NPM : 160216589

Telah diuji dan disetujui oleh

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.		11/11-2020
Sekretaris	: Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng.		11/11 2020
Anggota	: J. Dwijoko Ansusanto, Ir., M.T., Dr.		11/11-2020

Don't give up when you still have something to give. Nothing is really over until the moment you stop trying.

- Brian Dyson -



Tugas Akhir ini dipersembahkan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Orang Tua
3. Kakak
4. Teman – teman Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta

## KATA HANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas penyertaan, berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik sebagai syarat menyelesaikan pendidikan tinggi Program Strata-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

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

1. Bapak Dr.Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ibu Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu dan sabar dalam membimbing penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng. selaku koordinator Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mengajarkan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik sipil.
6. Kedua orang tua dan saudara yang selalu memberikan semangat dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

7. Teman seperjuangan balok *self compacting concrete* yaitu : Alvian Angga Priambodo, Ewaldo Alex Utomo, Stefanus Widyyanto, Gilda Devina, dan Jason Connery yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam proses mengerjakan Tugas Akhir sehingga dapat berjalan lancar.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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, ... Oktober 2020

Penulis,

Kevin Chandra Setiawan

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA HANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Keaslian Tugas Akhir .....	4
1.5 Tujuan Tugas Akhir.....	5
1.6 Manfaat Tugas Akhir.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Umum.....	6
2.2 Perilaku Beton Inovasi.....	7
2.3 Kapasitas Balok Beton Bertulang .....	11
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>14</b>
3.1 Beton Bertulang.....	14
3.2 Balok Beton Tulangan Tunggal .....	17
3.3 Balok Beton Tulangan Rangkap.....	19
3.4 Kuat Geser Beton Bertulang.....	21
3.5 Kuat Lentur Beton Bertulang .....	22
3.6 Lendutan Pada Balok Bertulang Rangkap.....	23
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Umum.....	25
4.2 Bagan Alir Penelitian.....	27
4.3 Penentuan Dimensi Balok dan Penulangan .....	30
4.4 Pembebanan Balok .....	31



4.5 Perhitungan Lendutan dengan <i>Software</i> SAP 2000.....	31
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
5.1 Perancangan Dimensi Balok.....	34
5.2 Perancangan Penulangan Balok.....	35
5.2.1 Tulangan Longitudinal .....	36
5.2.2 Tulangan Geser .....	39
5.3 Kapasitas Lentur .....	42
5.4 Kapasitas Geser .....	45
5.5 Lendutan pada Balok.....	48
5.6 Kekakuan pada Balok ( <i>Stiffness</i> ) .....	51
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>53</b>
6.1 Kesimpulan.....	53
6.2 Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR TABEL

2.1 Hasil Pengujian Kandungan Kimiawi Metakaolin .....	10
4.1 Proporsi Campuran Adukan Scc dengan <i>Filler</i> Metakaolin per 1 m <sup>3</sup> .....	26
4.2 Data Pengujian Beton Keras .....	26
5.1 Hasil Perhitungan Kapasitas Lentur.....	44
5.2 Hasil Perhitungan Kapasitas Geser.....	47
5.3 <i>Output Defleksi</i> Balok Hasil Perhitungan <i>Software</i> SAP 2000 .....	50
5.4 Hasil Perhitungan Kekakuan Balok .....	51



## DAFTAR GAMBAR

3.1	Distribusi Tegangan Regangan Penampang Balok Tulangan Tunggal .....	17
3.2	Distribusi Tegangan Regangan Penampang Balok Tulangan Rangkap.....	19
3.3	Lendutan Pada Balok Akibat Beban Terpusat .....	24
4.1	Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian .....	29
4.2	Detail Penulangan dan Ukuran Balok Beton .....	30
4.3	Detail Pembebanan Balok.....	31
4.4	Bagan Alir Perhitungan Lendutan dengan <i>Software</i> SAP 2000 .....	33
5.1	Pembebanan Balok.....	36
5.2	Detail Penampang dan Penulangan Balok .....	42



## DAFTAR GRAFIK

5.1 Peningkatan Kapasitas Momen Lentur .....	45
5.2 Peningkatan Kapasitas Kuat Geser Nominal .....	47
5.3 Perbandingan Kekakuan Terhadap Balok BM 0 % .....	52



## DAFTAR PERSAMAAN

3.1 Kuat Desak Beton .....	14
3.2 Modulus Elastisitas Beton.....	15
3.3 Modulus Elastisitas Beton Berat Isi $\pm 23 \text{ kN/m}^3$ .....	15
3.4 Modulus Elastisitas Beton Hukum Hooke .....	15
3.5 Kekakuan .....	16
3.6 Penentuan $\beta_1$ pada Balok Tulangan Tunggal .....	17
3.7 Penentuan $\rho$ pada Balok Tulangan Tunggal .....	17
3.8 Penentuan $\rho_{\min}$ pada Balok Tulangan Tunggal .....	17
3.9 Penentuan $\rho_{\max}$ pada Balok Tulangan Tunggal.....	18
3.10 Penentuan Luas Tulangan Perlu (As) pada Balok Tulangan Tunggal .....	18
3.11 Penentuan Jumlah Tulangan (n) pada Balok Tulangan Tunggal .....	18
3.12 Penentuan Cc pada Balok Tulangan Tunggal .....	18
3.13 Penentuan Mn pada Balok Tulangan Tunggal .....	18
3.14 Penentuan Mu pada Balok Tulangan Tunggal .....	18
3.15 Tulangan Tekan Sudah Luluh Menghitung T1 Tulangan Rangkap.....	19
3.16 Tulangan Tekan Sudah Luluh Menghitung Mn1 Tulangan Rangkap .....	19
3.17 Tulangan Tekan Sudah Luluh Menghitung Cs Tulangan Rangkap.....	19
3.18 Tulangan Tekan Sudah Luluh Menghitung Mn2 Tulangan Rangkap .....	19
3.19 Tulangan Tekan Sudah Luluh Menghitung Mn Tulangan Rangkap .....	19
3.20 Tulangan Tekan Sudah Luluh Menghitung Mu Tulangan Rangkap .....	19
3.21 Tulangan Tekan Sudah Luluh Menghitung $\epsilon_s'$ Tulangan Rangkap .....	20
3.22 Tulangan Tekan Sudah Luluh Menghitung $\epsilon_y$ Tulangan Rangkap .....	20
3.23 Tulangan Tekan Belum Luluh $f_s' \neq f_y$ Tulangan Rangkap .....	20
3.24 Tulangan Tekan Belum Luluh $f_s' = E_s \times \epsilon_s'$ Tulangan Rangkap .....	20
3.25 Tulangan Tekan Belum Luluh Menghitung Mn Tulangan Rangkap.....	20
3.26 Tulangan Tekan Belum Luluh Menghitung Mu Tulangan Rangkap.....	20
3.27 Kuat Geser Beton .....	21
3.28 Kuat Geser Senggang.....	21
3.29 Kebutuhan Spasi Senggang.....	21
3.30 Dasar Perancangan Tulangan Geser $\emptyset V_n \geq V_u$ .....	21
3.31 Dasar Perancangan Tulangan Geser $\emptyset (V_c + V_s) \geq V_u$ .....	21
3.32 Tulangan Geser Minimum .....	22
3.33 Kuat Geser yang Dipikul Senggang.....	22
3.34 Spasi Maksimum Senggang ( $d/2$ atau 600 mm) .....	22
3.35 Spasi Maksimum Senggang ( $d/4$ atau 300 mm) .....	22
3.36 Kuat Lentur Beton Bertulang Menghitung Mn1 .....	22
3.37 Kuat Lentur Beton Bertulang Menghitung Mn2.....	22
3.38 Kuat Lentur Beton Bertulang Menghitung Mn.....	22
3.39 Kuat Lentur Beton Bertulang Menghitung Tinggi Blok Tegangan .....	22
3.40 Kuat Lentur Beton Bertulang Menghitung Letak Garis Netral.....	23
3.41 Lendutan Menurut Nawy 1998 $\Delta_{\text{ultimit}}$ .....	23
3.42 Lendutan Menurut Nawy 1998 Bila $\rho - \rho' < 0.03$ .....	23

3.43	Lendutan Menurut Nawy 1998 Bila $\rho - \rho' > 0.03$ .....	23
3.44	Lendutan Menghitung $EI\Delta$ .....	24
3.45	Lendutan Menghitung $I\Delta$ .....	24
3.46	Lendutan Menghitung $\Delta$ .....	24



## INTISARI

**TINJAUAN TEORITIS PENGARUH VARIASI KADAR METAKAOLIN SEBAGAI *FILLER* PADA KAPASITAS LENTUR BALOK *SELF COMPACTING CONCRETE***, Kevin Chandra Setiawan, NPM 160216589, Tahun 2020, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Teknologi *Self Compacting Concrete* (SCC) ditemukan karena adanya desain konstruksi yang rumit, proses pembetonannya tidak perlu dipadatkan (memadat sendiri) dan dapat mengisi celah antar tulangan tanpa kendala. Kondisi beton SCC mengalami *bleeding* dan *segregasi* sering terjadi maka dari itu ada cara untuk mengatasinya dengan menambahkan *filler* halus sebagai pengisi. Salah satu *filler* yang dapat mengatasi permasalahan tersebut yaitu metakaolin. Maka dari itu penelitian ini menggunakan beton *self compacting concrete* dengan bahan tambah metakaolin.

Tinjauan teoritis ini menggunakan material beton *self compacting concrete* dengan metakaolin sebagai bahan tambah. Kadar variasi sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen dengan mutu beton secara berturut-turut sebesar 47,38 MPa, 49,62 MPa, 67 MPa, dan 47,66 MPa. Penelitian ini diaplikasikan pada balok struktur bertulang yang dikenai beban dua titik. Peneliti merancang dimensi dan penulangan balok, didapatkan dimensi balok yang digunakan yaitu 250 x 300 x 3000 mm, dengan penulangan balok pada tulangan tarik sebesar 4 D19, tulangan tekan 2 D13, serta sengkang P10-100mm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil sifat mekanik pada balok seperti kapasitas lentur, kuat geser, lendutan, dan kekakuan. Peneliti menggunakan *software* SAP 2000 untuk mendapatkan hasil lendutan.

Pada kadar variasi metakaolin didapatkan hasil dari perhitungan teoritis dengan nilai momen nominal lentur secara berturut-turut sebesar 103,4183 KNm, 103,8797 KNm, 106,4111 KNm, dan 103,4784 KNm. Hasil kuat gaya geser secara berturut-turut sebesar 166,2809 Kn, 167,9596 Kn, 179,8709 Kn, dan 166,4928 Kn. Beban maksimal yang dapat diterima balok secara berturut-turut sebesar 202,8650 Kn, 203,7877 Kn, 208,8505 Kn, dan 202,9851 Kn. Hasil lendutan secara berturut-turut sebesar 5,5900 mm, 5,4100 mm, 4,9360 mm, dan 5,4210 mm. Nilai kekakuan secara berturut-turut sebesar 36,2907 Kn/mm, 37,6687 Kn/mm, 42,3117 Kn/mm, dan 37,4442 Kn/mm. Pada hasil penelitian ini didapatkan hasil bahwa balok mengalami kegagalan lentur dan variasi kadar metakaolin yang paling optimum sebesar 10%.

**Kata kunci:** *self compacting concrete*, metakaolin, kapasitas geser, kapasitas lentur