

## HALAMAN MOTTO

*Wahai orang-orang yang beriman! Apabila telah diseru untuk melaksanakan shalat pada ahari jum'at, maka bersegeralah kalian mengingat Allah dan tinggalkanlah jual beli. Yang demikian itu lebih baik bagi kalian jika kalian mengetahui.*

*Lalu apabila shalat telah dilaksanakan, maka bertebaranlah kalian di bumi; dan carilah karunia Allah dan ingatlah Allah sebanyak-banyaknya agar kalian beruntung*  
(Al Jum'ah, Ayat 9- 10)

*Barang siapa menjadikan dunia sebagai cita-citanya, maka Allah menceraiberaikan urusannya dan Allah menjadikan kefakiran didapan matanya dan ia tidak memperoleh unia kecuali sesuai qodarnya. Barang siapa menjadikan akhirat sebagai tujuan hidupnya Allah akan menyatukan urusannya, menjadikan kaya dalam hatinya dan dunia akan datang padanya dengan mudah*  
(Hadits Ibnu Majah No.4105 Kitabul Zuhdi)

*Masa depan tergantung pada apa yang kita lakukan hari ini*  
(Mahatma Gandhi)

*Aku harus percaya pada diriku sendiri, percaya bahwa aku adalah orang yang mereka percaya*  
(Uzumaki Naruto)

*Barang siapa berjalan pada jalanya sampailah ia*  
(Mahfudzot)

*Barang siapa bersungguh-sungguh, maka akan mendapat*  
(Mahfudzot)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Allah Subhanahu wa Ta'ala atas karunia dan Rahmat-Nya serta Junjungan Nabi Besar Muhammad Shallahu'alaihi wasallam atas perjuangan menegakkan Ajaran Islam.*

*Kepada Ibunda Ida Wahyu Kusnaini dan Ayahanda Mashudi yang selalu senantiasa mendoakan, serta memberi semangat untuk tetap mengerjakan semuanya dengan baik,*

*Kaka Anggi Puspitasari dan adik Muhammad Azzam Firdaus yang selalu senantiasa menjadi sosok yang selalu mendukung.*

*Sahabat saya di Purworejo Alkafi Samhan Himdani, Hamas Bernadian, Irsyad Adin dan Satrio Wicaksono yang selalu menjadi sahabat terbaik dari dulu hingga saat ini.*

*Sahabat seperjuangan beda rantau Beta Satria Jagad, Doni Ikrar Dinata dan Istiawan serta seluruh teman yang pernah menjadi keluarga Kelas H Angkatan 2013.*

*Untuk Teman-teman Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, khususnya Teknik Sipil angkatan 2013. Sampai Jumpa di Puncak Kejayaan.*

## KATA PENGANTAR

*Assalammu'alaikum Wr. Wb*

Alhamdulillahirobbil'alamiin, segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah S.W.T yang telah memberikan banyak sekali nikmat, terutama nikmat iman, islam dan sehat sehingga kita kami diberikan kekuatan dan kedamaian dalam berfikir, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul 'Modelling Analisis Sambungan Balok Kolom Precast Eksterior Dengan Pembebanan Statik'. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan dalam menempuh Gelar Strata 1 (s1), di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.. Bertujuan untuk memberikan satu terobosan baru dalam analisa kekuatan model kolom dalam sambungan balok kolom beton *precast*.

Tak lupa shalawat serta salam dihaturkan kepada Nabi Agung Muhammad S.A.W yang telah membawa umat dari zaman jahiliah hingga zaman mahiriah, sehingga kita bisa ikut merasakan pesatnya perkembangan zaman seperti sekarang ini. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mengalami banyak kesulitan dan hambatan, namun berkat bantuan, arahan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, dengan demikian kesulitan dan hambatan itu dapat teratasi. Untuk itu dalam kesempatan ini dengan segala keikhlasan dan kerendahan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada

1. Kepada Kedua Orang Tuaku, Ibu Ida Wahyu Kusnaini dan Bapak Mashudi, yang telah memberikan doa, dukungan dan semangat yang amat besar kepada penulis, serta pengorbanan tenaga maupu materil demi kelancaran hidup maupun tugas akhir ini.
2. Kakak kandung Anggi Puspita Sari S.T, M.Com, yang saya jadikan patokan lebih baik. Beliauulah yang selalu memberikan motivasi dan nasehat dari awal kuliah hingga akhir, sehingga kuliah saya berjalan dengan lancer.
3. Bapak Bagus Soebandono S.T., M.Eng. dan Bapak Hakas Prayuda S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II disela-sela kesibukannya masih sempat memberikan semangat, petunjuk, arahan dan

saran mulai dari awal sampai dengan terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir.

4. Ibu Martyana Dwi Cahyati S.T., M.Eng terimakasih yang sudah selalu memberikan solusi dan dukunganya ketika kami kesulitan dalam menggunakan software ABAQUS.
5. Seluruh Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membekali ilmu yang berguna bagi penulis untuk menyongsong masa depan.
6. Sahabatku satu team Qurrrata Ayanin Wahyu R, Robi'al Rollyas Syandy dan Eka Riyadini Weningtyas Yang menjadi team solid Tugas Akhir. Walaupun ABAQUS bisa dikatakan kelas *difficult*. Namun dari semangat kalian kita jadi sama-sama semangat menyelesaikannya. Terima kasih atas semangat kalian team ABAQUS
7. Beta Satria Jagad, Doni Ikrar Dinata, Istiawan, M. Tamam Ramadhan, Ahmad Arwana, Aldi Nur Prasetyo yang selalu menjadi teman terbaik dari awal hingga akhir kuliah. Terimakasih atas semangatnya serta kebersamaan dalam suka dan duka selama ini.
8. Hamas Bernadian, Alkahfi Samhan Himdani, Fadilla Kartika Sari dan Titis Anisia Bimbi Arimbi terimakasih atas *support* dan doanya.
9. Teman-teman kelas H angkatan 2013 yang menjadi teman kelas terbaik, terima kasih atas dukungan dan semangatnya. Kalian semua luas biasa.
10. Teman-teman seangkatan Teknik Sipil UMY 2013. Terima kasih atas doa dan dukunganya.
11. Serta kepada semua pihak yang telah membantu selama saat penyusunan tugas akhir ini.

Sebagai satu tahapan dalam proses belajar, penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak luput dari segala kekurangan maupun kesalahan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhirnya harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri, para pembaca dan dunia ilmu pengetahuan. Amin.

*Wassalammu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Mei 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	<b>1</b>
B. Rumusan Masalah .....	<b>2</b>
C. Tujuan Penelitian .....	<b>2</b>
D. Batasan Peneletian .....	<b>2</b>
E. Manfaat Penelitian .....	<b>3</b>
F. Keaslian Penelitian .....	<b>3</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
A. Eksperimental Hubungan Balok Kolom Sistem Pracetak .....	<b>4</b>
B. Studi Numerik Sambungan Balok Kolom .....	<b>10</b>
C. Jenis Sambungan Balok Kolom .....	<b>11</b>
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	<b>13</b>
A. Konsep Dasar Sistem Pracetak .....	<b>14</b>
B. Balok Beton Bertulang .....	<b>14</b>
C. Kolom Beton Bertulang.....	<b>15</b>
D. Tegangan .....	<b>16</b>
E. Regangan .....	<b>16</b>
F. Modulus Elastisitas .....	<b>17</b>
G. Hubungan Tegangan dan Regangan.....	<b>17</b>
H. Sambungan Lewatan Baja Tulangan .....	<b>21</b>

I. Sistem Sambungan Pracetak .....	21
J. Gaya Pada Elemen Struktur .....	24
K. Kekuatan Luluh ( <i>Yield Strength</i> ) .....	26
L. Disipasi Energi .....	26
M. Kekakuan .....	28
N. Daktilitas .....	28
O. Pembebanan Statik .....	28
P. Program Komputer unuk Simulasi Keruntuhan.....	30
Q. Metode Elemen Hingga.....	31
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>37</b>
A. Materi Penelitian .....	37
B. Peralatan Penelitian .....	37
C. <i>Set_up</i> Penelitian .....	37
D. Proses Simulasi dengan ABAQUS 6.11-2 .....	38
E. Pemodelan dengan ABAQUS CAE 6.11-2 .....	42
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>76</b>
A. Tegangan Regangan .....	76
B. Daktilitas Kolom .....	76
C. Hubungan Beban dengan Lendutan .....	77
D. Analisa Hasil Kekakuan .....	78
E. Disipasi Energi .....	79
F. <b>Pola Retak</b> .....	<b>80</b>
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>84</b>
A. Kesimpulan .....	84
B. Saran .....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>86</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban bendutan hasil pengujian .....	7
Tabel 2.2 Hasil tes uji silinder.....	9
Tabel 2.3 Detail benda uji .....	11
Tabel 4.1 Nilai Plastisitas Material Baja.....	50
Tabel 4.2 Nilai plastisitas material balok beton bertulang.....	50
Tabel 4.3 Data <i>concrete compression damage</i> .....	51
Tabel 4.4 Data tensile Behavior .....	51
Tabel 4.5 Concrete tension damage .....	52
Tabel 4.6 Nilai plastisitas material kolom beton bertulang.....	55
Tabel 4.7 Hasil analisis konvergensi BU 1 .....	64
Tabel 4.8 Hasil analisis konvergensi BU 2 .....	65
Tabel 4.9 <i>Step boundry condition</i> .....	71
Tabel 5.1 Spesifikasi benda uji .....	<b>76</b>
Tabel 5.2 Mutu material benda uji .....	76
Tabel 5.2 Parameter hubungan tegangan regangan.....	77
Tabel 5.2 Beban lendutan hasil pengujian .....	78



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sambungan tulangan .....	6
Gambar 2.2 Sambungan A benda uji .....	6
Gambar 2.3 Detail sambungan B benda uji .....	7
Gambar 2.4 Detail sambungan I benda uji.....	7
Gambar 2.5 Detail sambungan Y benda uji .....	8
Gambar 2.6 Kurva beban lendutan .....	9
Gambar 2.7 Pola retak benda uji tampak samping tanpa sambungan dan dengan sambungan.....	11
Gambar 2.8 Pola retak benda uji tampak belakang tanpa sambungan dan dengan sambungan.....	11
Gambar 2.9 RC sambungan balok kolom dengan SIFCON .....	13
Gambar 3.1 Balok beton bertulang .....	15
Gambar 3.2 Balok beton bertulang .....	15
Gambar 3.3 Regangan dan hubungan antara tegangan regangan, konstanta dan modulus elastisitas.....	19
Gambar 3.4 Hubungan antara tegangan regangan, konstanta dan modulus elastisitas .....	20
Gambar 3.5 Diagram tegangan regangan untuk berbagai material.....	20
Gambar 3.6 Pengukuran kekuatan ( <i>Strength</i> ) .....	20
Gambar 3.7 Sistem sambungan C-Plus.....	22
Gambar 3.8 Sistem sambungan Brespaka.....	22
Gambar 3.9 Sistem sambungan KML.....	23
Gambar 3.10 Sistem sambungan JEDDS.....	23
Gambar 3.11 Sistem sambungan Adhi BCS .....	24
Gambar 3.12 Tekan, tarik, lentur geser, torsi dan defleksi .....	25
Gambar 3.13 Aturan trapesium dengan banyak pias (Sudjati, 2007) .....	27
Gambar 3.14 Geometri non-linier.....	31
Gambar 3.16 Macam-macam model elemen (ABAQUS Manual) .....	33
Gambar 3.17 <i>Three dimensional element (software ABAQUS 6.11-2)</i> .....	35
Gambar 4.1 Detail sambungan A .....	38
Gambar 4.2 Detail sambungan B .....	38
Gambar 4.4 Diagram aliran proses <i>running</i> pada <i>software</i> ABAQUS CAE ..	39

Gambar 4.3 Bagan alir penelitian.....	40
Gambar 4.5 Hubungan kerja <i>preprocessor</i> , simulasi ( <i>solver</i> ) dan <i>postprocessor</i> .....	42
Gambar 4.6 Membuka aplikasi ABAQUS CAE.....	43
Gambar 4.7 <i>Viewport</i> awal ABAQUS CAE 6.11-2.....	43
Gambar 4.8 <i>Approximate size</i> modul <i>part</i> .....	44
Gambar 4.9 Sketsa tulangan dalam bentuk 3D .....	45
Gambar 4.10 Sket kolom pada lembar kerja ABAQUS .....	45
Gambar 4.11 Sketsa kolom persegi dalam bentuk 3D .....	46
Gambar 4.12 Sketsa kolom lingkaran dalam bentuk 3D.....	46
Gambar 4.13 Sketsa balok dalam bentuk 3D pada ABAQUS .....	47
Gambar 4.14 Perintah membuat <i>datum</i> .....	47
Gambar 4.15 Cara membuat <i>datum plane</i> .....	48
Gambar 4.16 Cara mengisikan arah <i>datum plane</i> .....	48
Gambar 4.17 Datum plane yang sudah terbentuk. ....	48
Gambar 4.18 Fasilitas <i>partition cell</i> .....	49
Gambar 4.19 Cell yang sudah terpartisi.....	49
Gambar 4.20 Perintah masukan material .....	52
Gambar 4.21 Tampilan <i>form input</i> model material <i>concrete damage</i> <i>plasticity</i> .....	53
Gambar 4.22 Tampilan <i>form input</i> parameter <i>plasticity</i> pada model material <i>concrete damage plasticity</i> .....	53
Gambar 4.23 Tampilan <i>form input compression behavior</i> model material <i>concrete</i> <i>damage plasticity</i> .....	53
Gambar 4.24 Tampilan <i>form input tension behavior</i> model material <i>concrete</i> <i>damage plasticity</i> .....	53
Gambar 4.25 Tampilan <i>form input plasticity</i> material baja. ....	54
Gambar 4.26 Perintah <i>create section</i> .....	56
Gambar 4.27 Perintah <i>edit section</i> .....	56
Gambar 4.28 Perintah <i>assign section</i> .....	57
Gambar 4.29 <i>Cell</i> dari <i>part</i> yang akan dipasangkan <i>section</i> .....	57
Gambar 4.30 <i>Create section truss element</i> .....	57
Gambar 4.31 Masukan material baja luas penampang tulangan dengan <i>truss element</i> .....	58

Gambar 4.32 Perintah <i>assign</i> .....	58
Gambar 4.33 Benda uji yang sudah diberi material .....	58
Gambar 4.34 Perintah <i>mesh</i> .....	59
Gambar 4.35 Perintah <i>mesh control</i> .....	60
Gambar 4.36 Tahap <i>mesh control</i> .....	60
Gambar 4.37 Perintah menentukan <i>element type</i> .....	60
Gambar 4.38 prosedur masukan <i>element type</i> pada <i>part</i> beton .....	61
Gambar 4.39 Prosedur masukan <i>element type</i> pada <i>part</i> baja tulangan.....	61
Gambar 4.40 Perintah <i>seed part</i> .....	61
Gambar 4.41 Prosedur melakukan <i>seed part</i> .....	62
Gambar 4.42 Perintah <i>mesh part</i> .....	62
Gambar 4.43 Hasil <i>mesh part</i> .....	62
Gambar 4.44 Perintah <i>verify mesh</i> .....	63
Gambar 4.45 Prosedur <i>verify mesh</i> .....	63
Gambar 4.46 Grafik hasil uji konvergensi analisis metode elemen hingga benda uji 1.....	64
Gambar 4.47 Grafik hasil uji konvergensi analisis metode elemn hingga benda uji 2.....	65
Gambar 4.48 Menu <i>assembly</i> untuk penyatuan benda uji .....	66
Gambar 4.49 Prosedur masukan <i>truss part</i> dalam <i>assembly</i> .....	67
Gambar 4.50 <i>Buttom instance part, linear pattern, rotate, translate instance</i> .....	67
Gambar 4.51 Perintah <i>linear pattern</i> .....	68
Gambar 4.52 Hasil sengkang yang sudah terpasang.....	68
Gambar 4.53 Menggabungkan benda uji <i>solid part</i> .....	68
Gambar 4.54 Setelah semua <i>terassembly</i> .....	69
Gambar 4.55 Permintaan hasil yang ditampilkan .....	70
Gambar 4.56 Hasil dari <i>constraint</i> .....	71
Gambar 4.57 Modul <i>Boundry Condition</i> .....	72
Gambar 4.60 Hasil <i>Verify Meshing</i> .....	73
Gambar 4.61 Perintah <i>result</i> untuk menampilkan kontur parameter <i>output</i> ....	74
Gambar 4.62 Tampilan perintah <i>visualization</i> .....	74
Gambar 4.63 Tampilan kontur <i>damaged tension</i> .....	75
Gambar 5.1 Hubungan beban dan lendutan .....	87
Gambar 5.2 Grafik nilai kekakuan .....	88

Gambar 5.3 Grafik nilai daktilitas (cm) .....	89
Gambar 5.4 Grafik nilai disipasi <i>energy</i> .....	89
Gambar 5.5 Grafik Tegangan Regangan benda uji 1 dan 2 .....	77
Gambar 5.2 Nilai daktilitas .....	78
Gambar 5.3 Hubungan beban dengan lendutan .....	79
Gambar 5.4 Nilai kekakuan.....	79
Gambar 5.5 Nilai disipasi energi.....	80
Gambar 5.6 Pola retak benda uji 1 .....	81
Gambar 5.7 Detail Pola Retak benda uji 1 .....	81
Gambar 5.8 Hasil leleh tulangan benda uji 1 .....	82
Gambar 5.9 Pola retak benda uji 2 .....	82
Gambar 5.10 Detail pola retak benda uji 2 .....	83
Gambar 5.11 Hasil leleh tulangan benda uji <b>2</b> .....	<b>83</b>