

## **TUGAS AKHIR**

### **STUDI NUMERIK SAMBUNGAN BALOK-KOLOM BETON BERTULANG PRACETAK EKSTERIOR DENGAN VARIASI PENAMPANG BALOK MENGGUNAKAN BEBAN STATIK**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai  
Jenjang Strata-1 (S1), Jurusan Teknik Sipil,  
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

**EKA RIYADINI WENINGTYAS**

**NIM : 20130110422**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

## HALAMAN MOTTO

*"Wahai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan shalat. Sesungguhnya Allah bersama dengan orang-orang yang sabar"*

*(QS. Al-Baqarah: 153)*

*"Kemuliaan seseorang adalah agamanya, harga dirinya adalah akalnya, sedangkan ketinggian kedudukannya adalah akhlaknya"*

*(HR. Ahmad)*

*"Tanpa keyakinan tidak ada yang mungkin, namun dengan keyakinan tidak ada yang tidak mungkin"*

*(Anonim)*

*"Menuntut ilmu adalah taqwa, menyampaikan ilmu adalah ibadah, menulisan-ulang adalah zikir dan mencari ilmu adalah jihad"*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas rahmat serta kehadiran Allah SWT, karena atas izin-Nya Tugas Akhir ini dapat tersusun dan terselesaikan. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak pihak yang telah ikut berperan serta sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini. Sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Ibuku, Sri Lestari dan Bapakku Moch. Chaeri atas do'a, dukungan, serta ketulusan dalam menanti Tugas Akhir ini selesai. Saya persembahkan ini sebagai salah satu kado terbaik yang akan Saya berikan, semoga Ibu dan Bapak senantiasa mendukung Saya sampai Saya bisa membahagiakan Kalian.
2. Bulik Ninik dan Bulik Mur terimakasih atas bantuan dan do'a yang telah sedikit Kalian sisihkan untuk keponakanmu ini sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan
3. Mbak Lina dan Mas Rif'an tetangga rasa keluarga terimakasih atas dukungan dan do'anya sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
4. Kak Jasini walaupun kita jauh tapi do'a tulus Kakak sampai kepada Saya, sehingga Tugas Akhir ini terselesaikan.
5. Siti Afifah terimakasih sudah mau mendengar keluh kesahku disaat Aku susah, sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
6. Rani Sophia Muthmainnah dan Tuti Rahmasari terimakasih telah menjadi adek-adek yang lucu dan selalu menghibur disaat aku sedih.
7. Angga Adhitya Firmansyah, Robi'al Rollyas Syandy, dan Qurrotu Ayanin Wahyu Romadhani teman satu tim ABAQUS yang telah setiap hari aku tanya tentang ABAQOUS. tanpa kalian Tugas Akhir belum menjadi apa sekarang.

## KATA PENGANTAR



السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, sholawat serta salam senantiasa dilimpahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat beliau. Setiap kemudahan dan kesabaran yang telah diberikan-Nya akhirnya saya selaku penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul ***“Studi Numerik Sambungan Balok-Kolom Beton Bertulang Pracetak Eksterior dengan Variasi Penampang Balok Menggunakan Beban Statik”*** sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana S-1 Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini, Penyusun sangat membutuhkan kerjasama, bantuan, bimbingan, pengarahan, petunjuk dan saransaran dari berbagai pihak, terima kasih penyusun haturkan kepada :

1. Bapak Jaza'ul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.
2. Ibu Ir. Hj. Anita Widianti, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Bagus Soebandono, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan serta petunjuk dan koreksi yang sangat berharga bagi Tugas Akhir ini.
4. Bapak Hakas Prayuda, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan serta petunjuk dan koreksi yang sangat berharga bagi Tugas Akhir ini.
5. Ibu Matyana Dwi Cahyati, S.T., M. Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan serta petunjuk dan koreksi yang sangat berharga bagi Tugas Akhir ini



6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Kedua orang tua saya yang tercinta, Ibunda dan Ayahanda beserta keluarga.
8. Para karyawan Fakultas Teknik yang banyak membantu dalam administrasi akademis.
9. Rekan-rekan seperjuangan S1 Angkatan 2013, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.

Demikian semua yang disebut di muka yang telah banyak turut andil dalam kontribusi dan dorongan guna kelancaran penyusunan tugas akhir ini, semoga menjadikan amal baik dan mendapat balasan dari Allah Ta'ala. Meskipun demikian dengan segala kerendahan hati penyusun memohon maaf bila terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini, walaupun telah diusahakan bentuk penyusunan dan penulisan sebaik mungkin. Akhirnya hanya kepada Allah Ta'ala jugalah kami serahkan segalanya, sebagai manusia biasa penyusun menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu dengan lapang dada dan keterbukaan akan penyusun terima segala saran dan kritik yang membangun demi baiknya penyusunan ini, sehingga sang Rahim masih berkenan mengulurkan petunjuk dan bimbingan-Nya. Aamiin

## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| HALAMAN JUDUL .....   | i   |
| LEMBAR PENGESAHAN .....   | ii  |
| HALAMAN MOTTO .....   | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....   | iv  |
| KATA PENGANTAR .....  | v   |
| DAFTAR ISI.....   | vii |
| DAFTAR GAMBAR .....   | ix  |
| DAFTAR TABEL .....  | xiv |
| INTISARI.....   | xv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....   | 1   |
| A. Latar Belakang .....   | 1   |
| B. Rumusan Masalah .....  | 2   |
| C. Tujuan Penelitian .....  | 3   |
| D. Manfaat Penelitian .....   | 3   |
| E. Batasan Masalah.....   | 3   |
| F. Keaslian Penelitian.....   | 4   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....  | 5   |
| A. Hasil Penelitian Eksperimen Sambungan Balok-Kolom<br>Sistem Pracetak ..... | 5   |
| B. Analisis Sambungan Balok-Kolom.....  | 11  |
| C. Hasil Penelitian Kekuatan Balok Persegi dan Balok T.....                   | 12  |
| BAB III LANDASAN TEORI.....   | 15  |
| A. Konsep Dasar Sistem Pracetak.....  | 15  |
| B. Sistem Sambungan Pracetak .....  | 16  |
| C. Konsep Dasar Beton Bertulang.....  | 19  |
| D. Gaya-Gaya Statis pada Sambungan Balok-Kolom .....                          | 19  |
| E. Daktilitas .....   | 20  |
| F. Hubungan Tegangan dan Regangan.....  | 21  |
| G. Lendutan.....  | 23  |
| H. Kekakuan.....  | 24  |

|   |    |
|---|----|
| I. Disipasi Energi .....                | 24 |
| J. Pola Keretakan .....                 | 25 |
| K. Permodelan Elemen Higgs.....         | 26 |
| BAB IV METODE PENELITIAN .....          | 35 |
| A. Materi Penelitian .....              | 35 |
| B. Peralatan Penelitian.....            | 36 |
| C. <i>Set-Up</i> Penelitian.....        | 36 |
| D. Alur Penelitian .....                | 38 |
| E. Langkah Permodelan Elemen Higgs..... | 39 |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....         | 67 |
| A. Hubungan Beban dan Lendutan.....     | 67 |
| B. Hubungan Tegangan Regangan .....     | 68 |
| C. Pola Retak .....                     | 70 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....       | 72 |
| A. Kesimpulan .....                     | 72 |
| B. Saran .....                          | 73 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1  | Benda uji monolit (Ertas, 2006) .....                       | 6  |
| Gambar 2.2  | Benda uji CIPB (Ertas, 2006).....                           | 6  |
| Gambar 2.3  | Benda uji CIPC (Ertas, 2006).....                           | 6  |
| Gambar 2.4  | Benda uji GOK-W (Ertas, 2006).....                          | 6  |
| Gambar 2.5  | Benda uji Mod-B (Ertas, 2006).....                          | 6  |
| Gambar 2.6  | Pola retak Benda uji monolit (Ertas, 2006) .....            | 7  |
| Gambar 2.7  | Pola retak Benda uji CIPB (Ertas, 2006).....                | 7  |
| Gambar 2.8  | Pola retak Benda uji CIPC (Ertas, 2006).....                | 7  |
| Gambar 2.9  | Pola retak Benda uji GOK-W (Ertas, 2006).....               | 7  |
| Gambar 2.10 | Pola retak Benda uji Mod-B (Ertas, 2006).....               | 7  |
| Gambar 2.11 | Sambungan tipe A (Tjahjono dan Heru, 2004) .....            | 9  |
| Gambar 2.12 | Sambungan tipe B (Tjahjono dan Heru, 2004).....             | 9  |
| Gambar 2.13 | Sambungan tipe I (Tjahjono dan Heru, 2004).....             | 9  |
| Gambar 2.14 | Sambungan tipe Y (Tjahjono dan Heru, 2004).....             | 10 |
| Gambar 2.15 | Kurva beban-lendutan (Tjahjono dan Heru, 2004).....         | 10 |
| Gambar 2.16 | Pola retak sambungan Tipe A (Tjahjono dan Heru, 2004).....  | 11 |
| Gambar 2.17 | Pola retak sambungan Tipe B (Tjahjono dan Heru, 2004).....  | 11 |
| Gambar 2.18 | Pola retak sambungan Tipe I (Tjahjono dan Heru, 2004) ..... | 11 |
| Gambar 2.19 | Pola retak sambungan Tipe Y (Tjahjono dan Heru, 2004).....  | 11 |
| Gambar 2.20 | Kasus 1 (Simanjuntak, 2016) .....                           | 13 |
| Gambar 2.21 | Kasus 2 (Simanjuntak, 2016) .....                           | 13 |
| Gambar 2.22 | Kasus 3 (Simanjuntak, 2016) .....                           | 13 |
| Gambar 3.1  | Sistem sambungan C-Plus .....                               | 16 |
| Gambar 3.2  | Sistem sambungan Brespaka .....                             | 17 |



|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 3.3  | Sistem sambungan KML .....  | 17 |
| Gambar 3.4  | Sistem sambungan JEDDS .....  | 18 |
| Gambar 3.5  | Sistem sambungan Adhi BCS .....   | 18 |
| Gambar 3.6  | Daktilitas regangan (Paulay & Priestley 1992) .....                           | 20 |
| Gambar 3.7  | Daktilitas kelengkungan (Paulay & Priestley 1992) .....                       | 21 |
| Gambar 3.8  | Daktilitas perpindahan (Paulay & Priestley 1992) .....                        | 21 |
| Gambar 3.9  | Hubungan tegangan-regangan (Hastomo, 2009) .....                              | 23 |
| Gambar 3.10 | Hubungan beban-lendutan pada balok (Nawy,2003) .....                          | 23 |
| Gambar 3.11 | Metode trapesium dengan banyak pias (Triatmodjo, 2002) ....                   | 25 |
| Gambar 3.12 | Retak pada balok beton bertulang (Aziz, 2014) .....                           | 26 |
| Gambar 3.13 | Macam-macam model elemen (Hibbitt, 2006) .....                                | 27 |
| Gambar 3.14 | <i>Three dimensional solid element</i> (Hibbitt, 2006) .....                  | 28 |
| Gambar 3.15 | <i>Truss</i> elemen (Hibbitt, 2006) .....                                     | 29 |
| Gambar 3.16 | Konsep <i>embedded</i> elemen (Hibbitt, 2006) .....                           | 29 |
| Gambar 3.17 | Model <i>Tie Function</i> (Hibbitt, 2006) .....                               | 30 |
| Gambar 3.18 | Model <i>brick element</i> 3D untuk beton (Hibbitt, 2006) .....               | 30 |
| Gambar 3.19 | Model <i>truss element</i> 3D (Hibbitt, 2006) .....                           | 31 |
| Gambar 3.20 | Diagram alir proses <i>running</i> (Hibbit, 2006 dalam<br>Hastomo, 2009)..... | 31 |
| Gambar 4.1  | Sambungan tipe A (Tjahjono dan Purnomo, 2004).....                            | 35 |
| Gambar 4.2  | Detail benda uji 1.....   | 37 |
| Gambar 4.3  | Detail potongan benda uji 1.....  | 37 |
| Gambar 4.4  | Detail benda uji 2.....   | 37 |
| Gambar 4.5  | Detail potongan benda uji 2.....  | 37 |
| Gambar 4.6  | Bagan Alir Penelitian .....   | 38 |
| Gambar 4.7  | Membuka program ABAOUS CAE .....  | 39 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.8  | <i>Viewport</i> awal ABAQUS CAE 6.11-2 .....   | 39 |
| Gambar 4.9  | <i>Approximate size</i> pada kotak dialog <i>create part</i> .....   | 40 |
| Gambar 4.10 | Pemilihan <i>Shape Solid</i> dengan <i>Type Extrusion</i> untuk beton ....   | 40 |
| Gambar 4.11 | Sket kolom pada lembar kerja ABAQUS.....   | 41 |
| Gambar 4.12 | Hasil dari pemodelan kolom pada tampilan 3D .....  | 41 |
| Gambar 4.13 | Hasil dari pemodelan balok pada tampilan 3D.....   | 41 |
| Gambar 4.14 | Pemilihan <i>Shape Wire</i> dengan <i>Type Planar</i> untuk tulangan ....  | 42 |
| Gambar 4.15 | Hasil dari permodelan tulangan.....  | 42 |
| Gambar 4.16 | Perintah membuat <i>Datum</i> .....  | 43 |
| Gambar 4.17 | Cara membuat <i>Datum Plane</i> .....  | 43 |
| Gambar 4.18 | Cara mengisikan arah <i>Datum Plane</i> . .....  | 43 |
| Gambar 4.19 | <i>Datum Plane</i> yang sudah terbentuk.....   | 44 |
| Gambar 4.20 | Fasilitas <i>Partition Cell</i> .....  | 44 |
| Gambar 4.21 | Hasil <i>Cell</i> yang sudah terpartisi.....   | 44 |
| Gambar 4.22 | Mulai memasukkan data material.....  | 45 |
| Gambar 4.23 | Memasukkan data elastisitas .....  | 46 |
| Gambar 4.24 | Tampilan <i>form input</i> model material <i>Concrete Damaged<br/>Plasticity</i> .....   | 46 |
| Gambar 4.25 | Tampilan <i>form input</i> parameter <i>Plasticity</i> pada model material<br><i>Concrete Damaged Plasticity</i> .....           | 47 |
| Gambar 4.26 | Tampilan <i>form input</i> parameter <i>Compression Behavior</i> pada<br>model material <i>Concrete Damaged Plasticity</i> ..... | 48 |
| Gambar 4.27 | Tampilan <i>form input</i> <i>Tension Plasticity</i> pada model material<br><i>Concrete Damaged Plasticity</i> .....             | 50 |
| Gambar 4.28 | Tampilan <i>form input</i> <i>Elasticity</i> material baja .....   | 51 |
| Gambar 4.29 | Tampilan <i>form input</i> <i>Plasticity</i> material baja .....   | 51 |
| Gambar 4.30 | Perintah <i>Create Section</i> .....   | 52 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.54 | Tampilan pada balok <i>grouting</i> setelah dilakuka <i>Interaction</i> ...                    | 62 |
| Gambar 4.55 | Pemilihan menu <i>Create Load</i> .....  | 63 |
| Gambar 4.56 | Menu <i>Create Load</i> .....  | 63 |
| Gambar 4.57 | <i>Input</i> beban titik.....  | 63 |
| Gambar 4.58 | Pemilihan menu <i>Create Boundary Condition</i> .....  | 64 |
| Gambar 4.59 | Menu untuk memasukkan jenis tumpuan .....  | 64 |
| Gambar 4.60 | Menu Edit <i>Boundary Condition</i> untuk memilih tumpuan<br>jepit.....                        | 64 |
| Gambar 4.61 | Hasil dari benda uji yang telah diinput data <i>Load</i> .....                                 | 64 |
| Gambar 4.62 | Perintah <i>Create Job</i> .....   | 65 |
| Gambar 4.63 | Tampilan <i>Submission</i> pada <i>Edit Job</i> .....  | 65 |
| Gambar 4.64 | Tampilan pengaturan <i>Memory</i> pada <i>Edit Job</i> .....                                   | 65 |
| Gambar 4.65 | Tampilan <i>Job</i> yang selesai dibuat.....   | 66 |
| Gambar 4.66 | Tampilan <i>Monitoring Job</i> yang telah selesai <i>running</i><br>( <i>Completed</i> ) ..... | 66 |
| Gambar 4.67 | Perintah <i>result</i> untuk menampilkan kontur parameter <i>outuput</i>                       | 66 |
| Gambar 5.1  | Hubungan tegangan dan regangan.....  | 68 |
| Gambar 5.2  | Perbandingan nilai daktilitas benda uji.....   | 68 |
| Gambar 5.3  | Hubungan beban dan lendutan .....  | 69 |
| Gambar 5.4  | Perbandingan nilai kekakuan benda uji .....  | 69 |
| Gambar 5.5  | Perbandingan nilai disipasi energi benda uji .....   | 70 |
| Gambar 5.6  | Pola keretakan Benda Uji 1 .....   | 71 |
| Gambar 5.7  | Pola keretakan Benda Uji 2 .....   | 71 |
| Gambar 5.8  | Visualisasi tulangan leleh pada Benda Uji 1 .....  | 72 |
| Gambar 5.9  | Visualisasi tulangan leleh pada Benda Uji 2 .....  | 72 |



|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.31 | Perintah <i>Edit Section</i> .....   | 52 |
| Gambar 4.32 | Perintah <i>Assign Section</i> .....   | 52 |
| Gambar 4.33 | <i>Cell</i> dari <i>Part</i> yang dipasangkan <i>Section</i> .....                   | 52 |
| Gambar 4.34 | <i>Create Section Truss Element</i> .....  | 53 |
| Gambar 4.35 | Masukan material baja dan luas penampang tulangan dengan <i>Truss Element</i> .....  | 53 |
| Gambar 4.36 | Perintah <i>Assign Section</i> .....   | 53 |
| Gambar 4.37 | Masukan material baja dan luas penampang tulangan dengan <i>Truss Element</i> .....  | 54 |
| Gambar 4.38 | Hasil konvergensi BU-1 .....   | 56 |
| Gambar 4.39 | Hasil konvergensi BU-2 .....   | 56 |
| Gambar 4.40 | Memasukkan ukuran <i>Mesh</i> .....  | 56 |
| Gambar 4.41 | Menu <i>element type</i> pada <i>Solid Element</i> .....                             | 57 |
| Gambar 4.42 | Menu <i>element type</i> pada <i>Truss Element</i> .....                             | 57 |
| Gambar 4.43 | <i>Mesh</i> pada semua elemen benda uji .....  | 57 |
| Gambar 4.44 | Model penulangan .....   | 58 |
| Gambar 4.45 | Model keseluruhan yang telah di <i>Assembly</i> .....                                | 58 |
| Gambar 4.46 | Menu <i>Create Step</i> .....  | 59 |
| Gambar 4.47 | Menu <i>Edit Output Request</i> .....  | 59 |
| Gambar 4.48 | Menu <i>Create Constraint</i> .....  | 60 |
| Gambar 4.49 | Pemilihan <i>Embedded region</i> untuk hubungan beton dan tulangan .....             | 60 |
| Gambar 4.50 | Menu untuk menampilkan tulangan .....  | 61 |
| Gambar 4.51 | Tampilan setelah beton dan tulangan diberi hubungan <i>Embedded region</i> .....     | 61 |
| Gambar 4.52 | Menu <i>Create Interaction</i> untuk memilih <i>Surface-to-surface contact</i> ..... | 61 |
| Gambar 4.53 | Tampilan menu <i>Edit Interaction</i> .....  | 62 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Beban-Lendutan hasil pengujian (Tjahjono dan Heru, 2004).....   | 10 |
| Tabel 2.2 Nilai rasio daktilitas benda uji (Tjahjono dan Heru, 2004).....   | 11 |
| Tabel 2.3 Hasil Perhitungan dengan tulangan rangkap (Simanjuntak, 2016)..   | 14 |
| Tabel 3.1 Perbandingan Karakter Permukaan <i>tie formulation</i> (Hibbitt, 2006)                                      | 30 |
| Tabel 4.1 Data Benda Uji 1 (BU-1) dan Benda Uji 2 (BU-2).....   | 36 |
| Tabel 4.2 Parameter <i>plasticity</i> beton (Panduan Permodelan Struktur Beton Bertulang dengan <i>ABAQUS</i> ) ..... | 46 |
| Tabel 4.3 <i>Compressive Behavior</i> (Panduan Permodelan Struktur Beton Bertulang dengan <i>ABAQUS</i> ) .....       | 47 |
| Tabel 4.4 <i>Concrete compression damage</i> (Panduan Permodelan Struktur Beton Bertulang dengan <i>ABAQUS</i> )..... | 48 |
| Tabel 4.5 <i>Tensile Behavior</i> (Panduan Permodelan Struktur Beton Bertulang dengan <i>ABAQUS</i> ) .....           | 49 |
| Tabel 4.6 <i>Concrete tension damage</i> (Panduan Permodelan Struktur Beton Bertulang dengan <i>ABAQUS</i> ) .....    | 49 |
| Tabel 4.7 Tabel <i>Stress dan Strain</i> (Panduan Permodelan Struktur Beton Bertulang dengan <i>ABAQUS</i> ) .....    | 50 |
| Tabel 4.8 Hasil konvergensi Benda Uji 1 .....   | 55 |
| Tabel 4.9 Hasil konvergensi Benda Uji 2 .....   | 55 |
| Tabel 5.1 Parameter hubungan tegangan dan regangan.....   | 67 |
| Tabel 5.2 Parameter hubungan beban dan lendutan .....   | 68 |