

# **TUGAS AKHIR**

**STUDI NUMERIK PENGARUH RASIO TULANGAN, JARAK  
SENGKANG DAN PENAMPANG BALOK TERHADAP KEKAKUAN  
BALOK BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM  
*RESPONSE-2000***



Disusun Oleh :

**ISTIAWAN**

**NIM : 2013 011 0429**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2017**

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

STUDI NUMERIK PENGARUH RASIO TULANGAN, JARAK SENGKANG  
DAN PENAMPANG BALOK TERHADAP KEKAKUAN BALOK BETON  
BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM *RESPONSE-2000*



Disusun oleh :

**ISTIAWAN**  
20130110429

Telah disetujui dan disahkan oleh :

**Ir. Fadillawaty S, M.T**

---

Pembimbing I

Yogyakarta,

Mei 2017

**Hakas Prayuda, ST., M.Eng**

---

Pembimbing II

Yogyakarta,

Mei 2017

**Martyana Dwi Cahyati, S.T., M.Eng**

---

Penguji

Yogyakarta,

Mei 2017

## HALAMAN MOTTO

“Ngelmu iku kalakone kanthi laku”.

-Sang Pengelana, (2017)-

Dengan menyebut nama Allah yang maha pemurah lagi maha penyayang.

Tunjukkanlah kami jalan yang lurus”.

-Q.S. Al-fatikhah, (1&6)-

“Bertaqwalah pada Allah, maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah maha mengetahui segala sesuatu”.

-Q.S. Al-Baqarah, (282)-

*“When someone abuses you, it is a compliment that so far they spend a lot of time thinking about you, even when you do not think about them”.*

-B.J. Habibie-

“Yen siro kasinungan ngelmu kang marak’ake akeh wong rumongso seneng, ojo siro malah rumongso pinter. Menowo gusti mundhut bali ilmu kang marak’ake siro kalako iku, siro ugo bakal koyo wong sejene.”

-Sang Pengelana, (2017)-

## HALAMAN PERSEMBAHAN

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

“ Tugas Akhir Ini Saya Persembahkan Setulus Hati Untuk Kedua Orang Tua (Narman, Wakiyem) Yang Selalu Memberikan Dukungan Baik Moral Ataupun Material Dan Tak Lupa Do’a Mereka Yang Mengiringi Semua Perjuangan Lelah Ini. Saudara Saya Istiyani Yang Memotivasi Agar Mengubah Rasa Malas Menjadi Semangat Juang”.

“ Seluruh sahabat baik kelas H tercinta tak bisa disebutkan semua namun sebut saja pika, taufik, sartika, abduh, babem, ifah, cahya, risa, bintang, delvina, krisna, beta, pandi, doni, tutek, rino, onyeng, istiawan, eja, rani, tyas, rizkie, sumedi, aldi, gaek, arwan, adit, tamam, ummah, murchit, ojan. Yang menemani saya hanya jasa mereka yang akan selalu dikenang hingga maut memisahkan, semoga kenangan dahulu akan selalu di ingat walaupun kehidupan dan fisik kita berubah”.

“ Kepada ibu Fadhillawaty S, M.T dan bapak Hakas Prayuda, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir saya, terimakasih telah membimbing, menasehati, membantu, mngajari dalam proses penyusunan tugas akhir ini, terimakasih ibu dan bapak adalah panutan bagi saya.

“ Terimakasih bapak-bapak serta ibu-ibu staff yang telah membantu saya dalam proses perizinan dan administrasi sehingga mempermudah bagi saya menyusun tugas akhir ini, semoga segala bantuan yang telah bapak dan ibu berikan menjadi pahala dan kebaikan bagi bapak dan ibu, aamiin”

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

## INTISARI

*Perilaku balok beton bertulang dapat dilihat dari besarnya nilai defleksi, beban maksimal, hubungan momen dan kurvatur serta kekakuan balok, salah satu alat bantu untuk memudahkan menganalisis parameter tersebut adalah dengan menggunakan program Response-2000. Program Response-2000 adalah suatu program yang dapat digunakan untuk menganalisis balok beton bertulang, hasil output dari program Response-2000 berupa nilai defleksi, beban maksimal, momen dan kurvatur.*

*Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil berupa nilai output dan pola retak dari program tersebut. Penelitian dilakukan dengan pemodelan benda uji balok dengan variasi bentang, rasio tulangan pokok dan jarak sengkang dengan jumlah benda uji 32 sampel.*

*Hasil analisis menunjukkan bahwa panjang bentang berpengaruh besar terhadap nilai defleksi, beban maksimal dan kekakuan tetapi tidak berpengaruh terhadap analisis momen nominal. Variasi rasio tulangan sangat mempengaruhi nilai defleksi, beban maksimum, momen dan kekakuan. Variasi jarak sengkang berpengaruh terhadap perilaku balok tetapi hanya ditunjukkan dari sebagian benda uji, setiap benda uji mempunyai pengaruh dari variasi jarak sengkang yang berbeda-beda. Benda uji T9 memiliki nilai defleksi terkecil yaitu 10,345 mm dan benda uji P16 memiliki nilai defleksi terbesar yaitu 28,773 mm. Benda uji T11 dan T15 mempunyai nilai beban maksimal terbesar dengan nilai beban 200,343 kN dan benda uji P10 mempunyai nilai beban maksimal terkecil yaitu 59,003 kN. Benda uji P9, P10, P13 dan P14 mempunyai momen nominal terkecil dengan nilai 172,07 kN dan benda uji T11, T12, T15 dan T16 memiliki nilai momen nominal sebesar 506,581 kN. Benda uji T11 memiliki kekakuan terbesar dengan nilai 26,247 kN/mm, benda uji yang memiliki tingkat kekakuan terkecil adalah benda uji P16 dengan nilai 3,566 kN/mm. Dari semua benda uji mengalami jenis retak lentur.*

**Kata Kunci** : balok, defleksi, beban maksimal, momen, kurvatur, pola retak, program Response -2000.

## KATA PENGANTAR



الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Alhamdulillah Hirobbil Alamin, segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT. Tidak lupa sholawat dan salam semoga senantiasa dilimpahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat. Setiap kemudahan dan kesabaran yang telah diberikan-Nya kepada saya akhirnya saya selaku penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Studi Numerik Pengaruh Rasio Tulangan, Jarak Sengkang dan Penampang Balok Terhadap Kekakuan Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan Program *Response-2000* 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 saran-saran dari berbagai pihak, terima kasih penyusun haturkan kepada :

1. Bapak Jaza’ul Ikhsan, ST, MT, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ibu Ir. Anita Widianti, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
3. Ibu Ir. Fadillawaty S, M.T. 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, ST, M.Eng selaku dosen pembimbing II. Yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan terhadap tugas akhir ini.
5. Ibu Martyana Dwi Cahyati, S.T., M.Eng sebagai dosen penguji. Terima kasih atas masukan, saran dan koreksi terhadap Tugas Akhir ini.

6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Para staff dan karyawan Fakultas Teknik yang banyak membantu dalam administrasi akademis.

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 SWT. 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 SWT jualah 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 konstruktif demi baiknya penyusunan ini, sehingga sang Rahman masih berkenan mengulurkan petunjuk dan bimbingan-nya.

Amin.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, Mei 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>INTISARI</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Manfaat Penelitian .....	2
E. Batasan Masalah .....	2
F. Keaslian Penelitian .....	3
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Pengngertian analisis lentur balok .....	4
B. Penelitian yang terkait dengan analisis balok menggunakan program <i>Response -2000</i> .....	4
 <b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	
A. Tinjauan Umum .....	18



B. Jenis-Jenis Balok Beton Bertulang .....	18
C. Pembebanan Pada Balok .....	28
D. Analisis Balok Persegi Tulangan Rangkap.....	22
E. Analisis Balok T Tulangan Rangkap .....	29
F. Analisis Tulangan Geser .....	33
G. Momen .....	33
H. Kelengkungan ( <i>curvature</i> ) .....	34
I. Tegangan Geser ( <i>Shear Strain</i> ) .....	35
J. Kuat Geser .....	35
K. Lendutan ( <i>Defleksi</i> ) dan <i>Deformasi</i> .....	46
L. Pola Retak .....	37
M. Program <i>Response-2000</i> .....	38

#### **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

A. Materi Penelitian .....	42
B. Benda Uji Balok .....	42
C. Tahap Penelitian .....	53
D. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	54

#### **BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

A. Defleksi .....	55
B. Beban Maksimal .....	60
C. Momen kurvatur.....	70

#### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	77
B. Saran.....	78

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN I TABEL NILAI HASIL ANALISIS PROGRAM *RESPONSE-2000*
- LAMPIRAN II GAMBAR POLA RETAK HASIL ANALISIS PROGRAM *RESPONSE-2000*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengujian balok (Chairunnisa, 2009).....	6
Tabel 2.2 Hasil analisis lentur balok uji (Chairunnisa, 2009) .....	6
Tabel 2.3 Momen-kurvatur benda uji berdasarkan program <i>Response-2000</i> (Chairunnisa, 2009).....	7
Tabel 2.4 Spesifikasi benda uji (Amir, 2009).....	8
Tabel 2.5 Perhitungan teoritis uji berdasarkan program <i>Response-2000</i> (Amir, 2009).....	8
Tabel 2.6 Balok uji eksperimen di laboratorium (Amir, 2009).....	8
Tabel 2.7 Spesifikasi benda uji ( Hartono, 2009) .....	10
Tabel 2.8 Perhitungan teoritis kapasitas beban dan lendutan benda uji berdasarkan program <i>Response-2000</i> (Hartono, 2009) .....	10
Tabel 2.9 Perhitungan teoritis kapasitas beban dan lendutan benda uji ( Hartono, 2009) .....	11
Tabel 2.10 Hasil analisis momen dan kurvatur dengan variasi mutu beton (Setiadi, 2015) .....	13
Tabel 2.11 Hasil analisis momen dan kurvatur dengan variasi mutu baja tulangan (Setiadi, 2015) .....	13
Tabel 2.12 Hasil analisis momen dan kurvatur dengan variasi diameter tulangan (Setiadi, 2015) .....	14
Tabel 2.13 Beban dan lendutan hasil analisis <i>Response-2000</i> (Puluhulawa, 2011) ..	15
Tabel 2.14 Momen dan <i>curvature</i> hasil analisis <i>Response-2000</i> (Puluhulawa, 2011) .....	15
Tabel 2.15 Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan .....	16

Tabel 2.16 Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan (lanjutan).....	17
Tabel 2.17 Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan (lanjutan ).....	18
Tabel 4.1 Dimensi benda uji balok T .....	44
Tabel 4.2 Penulangan dan panjang benda uji balok T .....	44
Tabel 4.3 Dimensi benda uji balok persegi .....	49
Tabel 4.4 Penulangan benda uji balok persegi.....	49
Tabel 5.1 Pengaruh variasi bentang balok terhadap defleksi .....	57
Tabel 5.2 Pengaruh variasi jarak sengkang terhadap defleksi .....	58
Tabel 5.3 Defleksi akibat pengaruh variasi rasio tulangan .....	59
Tabel 5.4 Nilai beban maksimal kombinasi betang balok .....	62
Tabel 5.5 Nilai beban maksimal variasi jarak sengkang .....	63
Tabel 5.6 Nilai beban maksimal variasi jarak sengkang (lanjutan) .....	64
Tabel 5.7 Nilai beban maksimal pengaruh variasi rasio tulangan.....	65
Tabel 5.8 Nilai kekakuan balok akibat variasi bentang balok .....	66
Tabel 5.9 Nilai kekakuan balok akibat variasi bentang balok (lanjutan).....	67
Tabel 5.10 Nilai kekakuan balok akibat variasi jarak sengkang.....	68
Tabel 5.11 Nilai kekakuan variasi rasio tulangan pokok .....	69
Tabel 5.12 Nilai momen nominal benda uji variasi bentang 4 m dan 5 m .....	72
Tabel 5.13 Nilai momen nominal variasi jarak sengkang.....	73
Tabel 5.14 Nilai momen nominal variasi rasio tulangan pokok .....	74
Tabel 5.15 Nilai momen nominal variasi rasio tulangan pokok (lanjutan).....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan beberapa lendutan rata - rata benda uji (Chairunnisa, 2009) .....	6
Gambar 2.2 Hubungan beban lendutan rata-rata benda uji (Chairunnisa, 2009).....	6
Gambar 2.3 Hubungan momen dan kurvatur balok benda uji (Chairunnisa, 2009) .7	
Gambar 2.4 Hubungan beban dan lendutan benda uji balok berdasarkan program <i>Response-2000</i> (Amir, 2009).....	8
Gambar 2.5 Hubungan momen dan kurvatur benda uji balok berdasarkan program <i>Response-2000</i> (Amir, 2009).....	8
Gambar 2.6 Hubungan beban dan lendutan benda uji balok.(Amir, 2009) .....	9
Gambar 2.7 Peningkatan beban pelat ( Hartono, 2009) .....	10
Gambar 2.8 Peningkatan beban pelat benda uji ( Hartono, 2009) .....	11
Gambar 2.9 Hubungan mutu beton dengan daktilitas kurvatur (Setiadi, 2015).....	13
Gambar 2.10 Kurva mutu baja tulangan longitudinal-daktilitas kurvatur (Setiadi, 2015).....	13
Gambar 2.11 Hubungan diameter tulangan longitudinal dengan daktilitas kurvatur (Setiadi, 2015) .....	14
Gambar 3.1 Penampang balok persegi dengan tulangan rangkap.....	18
Gambar 3.2 Penampang balok T dan balok L (Priyosulistyo, 2010).....	19
Gambar 3.3 Reaksi perletakan akibat gaya luar.....	23
Gambar 3.4 <i>Normal Forces Diagram</i> (NFD) .....	23
Gambar 3.5 <i>Shear Forces Diagram</i> ( SFD).....	24
Gambar 3.6 <i>Bending Moment Diagram</i> (BMD).....	24
Gambar 3.7 Diagram regangan dan tegangan balok tulangan rangkap .....	28
Gambar 3.8 Balok T dengan $c < h_f$ (Adam, 2016).....	30

Gambar 3.9 Analogi balok T (Adam, 2016) .....	31
Gambar 3.10 Distribusi tegangan dan regangan Balok (Adam, 2016) .....	31
Gambar 3.11 Nilai kelengkungan balok (Puluhulawa, 2011) .....	34
Gambar 3.12 Retak lentur murni (Kholilul dkk, 2009).....	47
Gambar 3.13 Retak geser (Kholilul dkk, 2009) .....	38
Gambar 3.14 Retak geser lentur (Kholilul dkk, 2009).....	38
Gambar 3.15 Retak torsi (Kholilul dkk, 2009) .....	38
Gambar 3.16 Retak lekatan (Kholilul dkk, 2009).....	39
Gambar 4.1 Balok uji T1 .....	44
Gambar 4.2 Balok uji T2 .....	44
Gambar 4.3 Balok uji T3 .....	44
Gambar 4.4 Balok uji T4 .....	44
Gambar 4.5 Balok uji T5 .....	45
Gambar 4.6 Balok uji T6.....	45
Gambar 4.7 Balok uji T7.....	45
Gambar 4.8 Balok uji T8 .....	45
Gambar 4.9 Balok uji T9 .....	46
Gambar 4.10 Balok uji T10 .....	46
Gambar 4.11 Balok uji T11 .....	46
Gambar 4.12 Balok uji T12 .....	46
Gambar 4.13 balok uji T13 .....	47
Gambar 4.14 Balok uji T14 .....	47
Gambar 4.15 Balok uji T15 .....	47
Gambar 4.16 Balok uji T16.....	47
Gambar 4.17 Balok uji P1 .....	49

Gambar 4.18 Balok uji P2.....	49
Gambar 4.19 Balok uji P3.....	49
Gambar 4.20 Balok uji P4.....	49
Gambar 4.21 Balok uji P5.....	50
Gambar 4.22 Balok uji P6.....	50
Gambar 4.23 Balok uji P7.....	50
Gambar 4.24 Balok uji P8.....	50
Gambar 4.25 Balok uji P9.....	51
Gambar 4.26 Balok uji P10.....	51
Gambar 4.27 Balok uji P11.....	51
Gambar 4.28 Balok uji P12.....	51
Gambar 4.29 Balok uji P13.....	52
Gambar 4.30 Balok uji P14.....	52
Gambar 4.31 Balok uji P15.....	52
Gambar 4.32 Balok uji P16.....	52
Gambar 4.33 Bagan alir penelitian.....	54
Gambar 5.1 Defleksi balok bentang 4 m dan 5 m.....	56
Gambar 5.2 Defleksi pengaruh variasi jarak sengkang.....	57
Gambar 5.3 Defleksi akibat kombinasi rasio tulangan ( $\rho_{min}$ dan $\rho_{min} < \rho < \rho_{mak}$ ).....	59
Gambar 5.4 Nilai defleksi benda uji bentang 4 m.....	59
Gambar 5.5 Nilai defleksi benda uji bentang 5 m.....	60
Gambar 5.6 Nilai beban maksimum variasi bentang.....	62
Gambar 5.7 Beban maksimal variasi jarak sengkang.....	63

Gambar 5.8 Beban maksimal variasi rasio tulangan ( $\rho_{min}$ dan $\rho_{min} < \rho < \rho_{mak}$ ) .....	64
Gambar 5.9 Kekakuan benda uji balok dengan variasi bentang .....	66
Gambar 5.10 Kekakuan benda uji balok dengan variasi jarak sengkang.....	67
Gambar 5.11 Nilai kekakuan akibat variasi rasio tulangan ( $\rho_{min}$ dan $\rho_{min} < \rho < \rho_{mak}$ ) .....	69
Gambar 5.12 Hubungan beban dan defleksi balok bentang 4 m.....	70
Gambar 5.13 Hubungan beban dan defleksi balok bentang 5 m.....	70
Gambar 5.14 Momen nominal benda uji bentang 4 m dan 5 m.....	71
Gambar 5.15 Momen nominal pengaruh variasi sengkang.....	73
Gambar 5.16 Momen nominal dengan variasi rasio tulangan pokok ( $\rho_{min}$ dan $\rho_{min} < \rho < \rho_{mak}$ ) .....	74
Gambar 5.17 Hubungan momen dan kurvatur balok benda uji bentang 4 m .....	75
Gambar 5.18 Hubungan momen dan kurvatur balok benda uji bentang 5 m .....	76
Gambar 5.19 Pola retak benda uji P16.....	76