

**TUGAS AKHIR**

**PREDIKSI BEBAN MAKSIMUM, LENDUTAN DAN MOMEN  
KURVATUR PADA BALOK BETON PRACETAK  
MENGUNAKAN APLIKASI *RESPONSE-2000***



**Disusun oleh:  
Alfajir M.Sarita  
20140110247**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2018**

## **TUGAS AKHIR**

# **PREDIKSI BEBAN MAKSIMUM, LENDUTAN DAN MOMEN KURVATUR PADA BALOK BETON PRACETAK MENGUNAKAN APLIKASI *RESPONSE-2000***

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik di  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun oleh:**

**Alfajir M.Sarita**

**20140110247**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2018**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfajir M.Sarita  
NIM : 20140110247  
Judul : Prediksi Beban Maksimum, Lendutan dan Momen  
Curvature pada Balok Beton Pracetak Menggunakan  
Aplikasi *Response-2000*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, Januari 2018

Yang membuat pernyataan



Alfajir M.Sarita

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillah,

Ku awali bingkisan Tugas Akhir Skripsi ini dengan memanjatkan setinggi tingginya pujian hanya bagi Allah SWT disetiap waktu dan masa Seindah shalawat dan salam teristimewa bagi Rasul-Nya Muhammad SAW Sang Musthafa dalam ilmuNya Yang Maha Luas.

Sebuah persembahan terbaik untuk pribadi menawan yang telah mengajarkan bagaimana memberikan “nyawa” bagi sebuah impian. Dialah pejuang hidupku, Ayahandaku tercinta yang selalu mengajarkan bahwa hidup harus diimani dan bahwa iman juga harus dihidupi. Penyejuk jiwaku, ibunda atas untaian do'a yang tiada pernah bertepi.

Kepada adik-adikku keluarga yang membuat hidup jadi lebih hidup. Untuk semua sahabat, teman-teman seangkatan dan teman-teman KKN001 yang begitu tulus. Terima kasih atas tangan yang selalu terulur, Integritas tiada batas. Persembahan terindah untuk seseorang yang penuh dengan ion-ion positif dan selalu memberikan dukungan semangat selama masa perkuliahan

Igina A. Aditama, S.E

Semoga dapat bermanfaat bagi agama, bangsa, negara, dan khususnya kampus tercinta Universitas Muhammadiyah Yogyakarta .

## PRAKATA



*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT Yang Menguasai segala sesuatu, Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui Prediksi Beban Maksimum, Lendutan dan Momen Curvatur pada Balok Beton Pracetak Menggunakan Aplikasi *Response-2000*.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak yakni kepada.

1. Prof. Agus Setyo Muntohar, S.T., M.Eng.Sc. Ph.D. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Hakas Prayuda, ST, M.Eng selaku Dosen Pembimbing dan Fanny Monika, S.T, M.Eng selaku Dosen Pembimbing.
3. Kedua Orang Tua, kakak dan adik yang selalu mendukung dalam doa untuk keberhasilan penulis dalam perkuliahan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Dosen-dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan ilmunya selama saya belajar di prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Seluruh keluarga besar yang telah membantu baik secara materil dan non materil.
6. Igina A. Aditama, S.E., yang selalu memotivasi dan memberikan semangat penulis selama masa perkuliahan.

7. Teman-teman kelas F 2014 yang telah banyak membantu dan berjuang bersama dalam masa perkuliahan dan sampai pada Tugas Akhir ini khususnya Ridha, Alfin, Widian, Osep, Arief, Hilmi, Azis, Fandi, Bagus Yugita, Adanan, Alfia, Basid, Kori, Meiki, Pradana, Bayu, Arman, Asih
8. Kakak-kakak senior selaku Asdos Praktikum yang telah banyak membantu dalam masa perkuliahan maupun praktikum.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>PRAKATA</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xv
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	xvi
<b>ABSTRACK</b> .....	xix
<b>ABSTRACT</b> .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Lingkup Penelitian .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	2
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>	
2.1. Tinjauan Pustaka.....	4
2.1.1. <i>Response-2000</i> .....	5
2.1.2. Balok Girder.....	6
2.1.3. Balok Beton Bertulang.....	9
2.1.4. Balok Pracetak.....	17
2.1.5. Balok Precast U dan I.....	18

2.2. Dasar Teori.....	21
2.2.1. Jenis-jenis Balok Beton Bertulang.....	22
2.2.2. Pembebanan Pada Balok.....	24
2.2.3. Analisis Balok Beton Bertulang.....	25
2.2.4. Momen.....	31
2.2.5. Kelengkungan.....	32
2.2.6. Balok Melentur.....	33
2.2.7. Tegangan Lentur.....	34
2.2.8. Lendutan dan Deformasi.....	35
2.2.9. Pola Retak.....	36
2.2.10. Aplikasi <i>Response-2000</i> .....	38
 <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Materi Penelitian.....	41
3.2. Model Balok Beton Pracetak.....	41
3.3. Tahap Penelitian.....	46
3.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	47
3.5. Bagan Alir <i>Response-2000</i> .....	48
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Defleksi.....	49
4.2. Beban Maksimal.....	51
4.3. Momen Kurvatur.....	53
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan.....	59
5.2. Saran.....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil perhitungan daktilitas (Nurlina dkk, 2016).....	10
Tabel 2.2	Perbandingan kapasitas beban hasil pengujian (Haryanto,2011).....	12
Tabel 2.3	Hubungan rasio penulangan <i>wire rope</i> dan daktilitas (Haryanto, 2011).....	12
Tabel 2.4	Hasil pengujian balok uji lentur (Amir dkk, 2011).....	13
Tabel 2.5	Nilai kekakuan lentur balok (Amir dkk, 2011).....	13
Tabel 2.6	Nilai kekakuan balok dalam kondisi leleh (Amir dkk, 2011).....	14
Tabel 2.7	Nilai daktilitas balok uji (Amir dkk, 2011).....	14
Tabel 2.8	Hasil uji kuat tekan (Syamsuddin dkk, 2015).....	17
Tabel 2.9	Daktilitas benda uji balok berlubang (Soekarno dkk, 2011).....	20
Tabel 2.10	Hasil dan uji parameter variasi mutu beton balok berlubang (Sukarno dkk, 2011).....	21
Tabel 2.11	Hasil dan uji parameter variasi ukuran lubang penampang beton balok berlubang (Sukarno dkk, 2011).....	21
Tabel 3.1	Dimensi pemodelan balok beton pracetak.....	41
Tabel 3.2	Penulangan dan panjang balok beton pracetak.....	42
Tabel 4.1	Pengaruh defleksi terhadap variasi dimensi dan posisi tulangan lentur balok beton pracetak bentang 10 meter.....	49
Tabel 4.2	Pengaruh beban maksimal terhadap variasi dimensi dan posisi tulangan lentur balok beton pracetak betang 10 meter.....	51
Tabel 4.3	Pengaruh nilai kekakuan terhadap variasi dimensi dan posisi tulangan lentur balok beton pracetak betang 10 meter .....	53
Tabel 4.4	Pengaruh momen terhadap variasi dimensi dan posisi tulangan lentur balok beton pracetak bentang 10 meter.....	54
Tabel 4.5	Perbandingan beban pola retak awal dengan beban maksimal terhadap variasi dimensi dan posisi tulangan lentur.....	58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan lendutan maksimal dengan variasi ketebalan web ( <i>tw</i> ) (Cahyati, 2016).....	5
Gambar 2.2	Hubungan nilai kekakuan balok terhadap variasi ketebalan web ( <i>tw</i> ) (Cahyati, 2016).....	6
Gambar 2.3	Perbandingan volume beton tiap jembatan (Leo dan Agung, 2017).....	7
Gambar 2.4	Persentase inefisiensi volume beton BH girder terhadap PC-I girder (Leodan Agung, 2017).....	7
Gambar 2.5	Perbandingan berat <i>strand</i> tiap jembatan (Leo dan Agung, 2017).....	7
Gambar 2.6	Persentase efisiensi berat <i>strand</i> BH girder terhadap PC-I girder. (Leo dan Agug, 2017).....	8
Gambar 2.7	Tegangan lentur kondisi transfer PC-I girder bentang 31.60 meter. (Leo dan Agung, 2017).....	8
Gambar 2.8	Tegangan lentur kondisi service PC-I girder bentang 31.60 meter. (Leo dan Agung, 2017).....	8
Gambar 2.9	Tegangan lentur kondisi transfer BH girder bentang 31.60 meter (Leo dan Agung, 2017).....	9
Gambar 2.10	Tegangan lentur kondisi service BH girder bentang 31.60 meter. (Leo dan Agung, 2017).....	9
Gambar 2.11	Hasil perhitungan daktilitas (Nurlina dkk, 2016).....	10
Gambar 2.12	Hubungan beban-lendutan masing-masing benda uji (Haryanto, 2011).....	11
Gambar 2.13	Perbandingan kapasitas bebas (Haryanto, 2011).....	12
Gambar 2.14	Hubungan rasio penulangan <i>wire rope</i> dan daktilitas (Haryanto, 2011).....	12
Gambar 2.15	Hubungan beban dan lendutan benda uji lentur hasil eksperimen (Amir dkk, 2011).....	14
Gambar 2.16	Frekuensi alami tumpuan sendi-rol hasil eksperimen beban dinamik (Amir dkk, 2011).....	15
Gambar 2.17	Kurva Momen-Kurvatur pada Balok Beton Bertulang (Nur, 2009).....	16
Gambar 2.18	Daktilitas Kurvatur – Rasio Luas Tulangan Baja berdasarkan Tipe Balok (Nur, 2009).....	16
Gambar 2.19	Daktilitas Kurvatur – Rasio Luas Tulangan Baja berdasarkan Luas Tulangan (Nur, 2009).....	16
Gambar 2.20	Pola penjalaran retak balok semi pracetak 1 lapis tinggi 290 mm (Putra dkk, 2017).....	18
Gambar 2.21	Perbandingan momen curvature balok semi pracetak 1 lapis tinggi 140 mm (Putra dkk, 2017).....	18

Gambar 2.22	Kehilangan gaya prategang (Lubis dkk, 2017).....	19
Gambar 2.23	Perbandingan PCI dan PCU girder (Lubis dkk, 2017).....	19
Gambar 2.24	Balok I girder (Noorhidana dkk, 2009).....	22
Gambar 2.25	Box girder (Prasetya dkk, 2016).....	23
Gambar 2.26	Balok T (Noorhidana dkk, 2009).....	23
Gambar 2.27	Prinsip statika keseimbangan (Popov, 1996).....	26
Gambar 2.28	Normal Forces Diagram (Ma'arif, 2012).....	26
Gambar 2.29	Shear Forces Diagram (Ma'arif, 2012).....	27
Gambar 2.30	Bending Moment Diagram (Ma'arif, 2012).....	27
Gambar 2.31	Diagram regangan dan tegangan balok tulangan rangkap (Adam, 2016).....	28
Gambar 2.32	Momen menentukan arah pelenturan yang terjadi (Ishak dkk, 2014).....	32
Gambar 2.33	Kelengkungan balok (Puluhulawa, 2011).....	33
Gambar 2.34	Diagram tegangan lentur.....	34
Gambar 2.35	Retak lentur murni (Kholilul dkk, 2009).....	37
Gambar 2.35	Retak geser lentur (Kholilul dkk, 2009).....	37
Gambar 2.37	Retak torsi (Kholilul dkk, 2009).....	37
Gambar 3.1	Balok BU1.....	42
Gambar 3.2	Balok BU2.....	42
Gambar 3.3	Balok BU3.....	42
Gambar 3.4	Balok BU4.....	43
Gambar 3.5	Balok BU5.....	43
Gambar 3.6	Balok BU6.....	43
Gambar 3.7	Potongan A-A balok BU1.....	44
Gambar 3.8	Potongan A-A balok BU2.....	44
Gambar 3.9	Potongan A-A balok BU3.....	44
Gambar 3.10	Potongan A-A balok BU4.....	45
Gambar 3.11	Potongan A-A balok BU5.....	45
Gambar 3.12	Potongan A-A balok BU6.....	45
Gambar 3.13	Bagan alir penelitian.....	47
Gambar 3.14	Bagan alir aplikasi <i>Response-2000</i> .....	48
Gambar 4.1	Defleksi akibat variasi dimensi dan posisi tulangan lentur balok beton pracetak bentang 10 meter.....	50
Gambar 4.2	Hubungan panjang bentang dan defleksi balok beton pracetak.....	50
Gambar 4.3	Nilai beban maksimal akibat dari variasi dimensi dan posisi tulangan lentur balok beton pracetak bentang 10 meter.....	52
Gambar 4.4	Hubungan beban dan defleksi balok beton pracetak.....	52
Gambar 4.5	Momen nominal akibat variasi dimensi dan posisi tulangan lentur balok beton pracetak bentang 10 meter.....	54

Gambar 4.6	Hubungan momen dan kurvatur balok beton pracetak.....	55
Gambar 4.7	Pola retak awal balok beton pracetak BU1.....	56
Gambar 4.8	Pola retak akhir balok beton pracetak BU1.....	56
Gambar 4.9	Pola retak awal balok beton pracetak BU2.....	56
Gambar 4.10	Pola retak akhir balok beton pracetak BU2.....	56
Gambar 4.11	Pola retak awal balok beton pracetak BU3.....	57
Gambar 4.12	Pola retak akhir balok beton pracetak BU3.....	57
Gambar 4.13	Pola retak awal balok beton pracetak BU4.....	56
Gambar 4.14	Pola retak akhir balok beton pracetak BU4.....	57
Gambar 4.15	Pola retak awal balok beton pracetak BU5.....	57
Gambar 4.16	Pola retak akhir balok beton pracetak BU5.....	57
Gambar 4.17	Pola retak awal balok beton pracetak BU6.....	58
Gambar 4.18	Pola retak akhir balok beton pracetakBU6.....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pemodelan Balok Beton Pracetak.....	62
Lampiran 2 Gambar Pola Retak.....	71

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$F_y$	Tegangan leleh
$f_c'$	Kuat tekan beton
$M$	Momen lentur
$P$	Gaya berat
$I$	Momen inersia
$\Delta$	Jarak antara titik lendutan
$Q$	Momen pertama terhadap jarak dari sumbu netral
$B$	Momen pelat
$V$	Gaya geser
$A_v$	Luas tulangan geser dalam daerah sejarak $s$ , atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak $s$ pada komponen struktur lentur tinggi
$B_w$	Lebar balok
$D$	Jarak dari serat tekan terluar ke titik tulangan tarik diagonal
$C_s$	Tulangan tarik
$V_c$	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
$V_n$	Kuat geser nominal
$V_s$	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh sengkang
$V_u$	Gaya geser tervaktor
$\phi$	Faktor reduksi kekuatan, geser dan torsi diambil 0,75
$S$	Spasi tulangan geser
$M_n$	Momen nominal
$M_u$	Momen luar <i>ultimate</i>

## DAFTAR ISTILAH

1. *Response-2000*  
Aplikasi untuk menganalisis sifat-sifat balok dan kolom hasil yang didapat adalah momen, kelengkungan, lendutan, tegangan geser, gaya geser, beban aksial dan pola retak
2. *Normal Force Diagram*  
Gaya dalam yang bekerja tegak lurus pada penampang suatu batang
3. *Shear Forces Diagram*  
Gaya yang bekerja tegak lurus terhadap arah panjang batang
4. *Bending Moment Diagram*  
Gaya pada suatu struktur yang menyebabkan struktur tersebut mengalami lentur
5. Penampang *balanced*  
Tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai renggangan batas dan akan hancur karena tekan
6. Penampang *over-reinforced*  
Keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan
7. Penampang *under-reinforced*  
Keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh pada tulangan baja
8. *Ductile*  
Keruntuhan jenis ini, tulangan leleh sebelum beton hancur (yaitu mencapai regangan batas tekannya)
9. *Brittle/Getas*  
Beton hancur sebelum tulangan leleh
10. *Fly over*  
Pembangunan jembatan
11. *On-site girder*  
Girder yang di cor di tempat pelaksanaan pembangunan jembatan
12. *Dead Load*  
Segala sesuatu bagian struktur yang bersifat tetap atau konstan (beban mati)
13. *Live Load*  
Semua beban yang bersifat dapat berpindah-pindah atau beban yang bersifat sementara yang ditempatkan pada suatu tempat tertentu
14. *Design for stiffness*  
Perancangan yang mempertimbangkan batasan lendutan dinamakan perancangan berdasarkan kekakuan
15. *Mechanically stabilized*  
Konstruksi tanah yang dibuat dengan perkuatan artifisial
16. *Over deflection*  
Suatu struktur juga dituntut untuk tidak mengalami lendutan yang berlebihan
17. *Permissible deflection*  
Lendutan yang terjadi harus masih dalam batas yang diijinkan

18. *Flexural crack*  
Retakan terjadi hampir tegak lurus dengan pada daerah yang memiliki momen lentur yang besar
19. *Flexural shear crack*  
Retakan pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur
20. *Web shear crack*  
Retak tarik diagonal terjadi pada garis netral
21. *Curvature*  
Kelengkungan balok didapat dengan mengambil sebuah elemen lurus dari sebuah balok beton bertulang dengan momen-momen ujung dan gaya axial
22. *Defleksi*  
Lendutan atau perubahan bentuk balok akibat adanya pembebanan yang diberikan pada balok
23. *Shear strain*  
Tegangan geser yang bekerja dipenampang dapat diasumsikan bekerja sejajar dengan gaya geser, yaitu sejajar dengan sisi vertikal penampang
24. *Aksial load*  
Beban aksial (normal) mengakibatkan adanya tegangan normal
25. *Maximum load*  
Beban maksimum
26. *Define* → *Quick define 1*  
Memberi nama penelitian dan juga memilih mutu baja dan mutu beton
27. *Define* → *Material Properties*  
Memasukan mutu material yang akan digunakan yaitu mutu beton ( $f_c'$ ) dan mutu baja ( $f_y$ )
28. *Define* → *Concrete Section*  
Menentukan bentuk balok yang akan dianalisis dan memasukan dimensinya
29. *Define* → *Transverse reinforcemen*  
Memasukan diameter tulangan sengkang, jarak sengkang dan selimut beton
30. *Stirrup spacing*  
Memasukkan angka jarak sengkang
31. *Bar Area*  
Memasukkan luasan tulangan sengkang
32. *Dist.to top*  
Memasukan angka, jarak dari ujung beton bawah sampai ke as tulangan sengkang paling atas
33. *Dist,to bottom*  
Memasukan angka, jarak dari ujung beton bawah sampai ke as tulangan sengkang bawah
34. *Bar Type*  
Memasukan jenis sengkang yang akan digunakan, karena jenis sengkang tertutup maka dimasukkan *closed stirrup*



35. *Define* → *longitudinal reinforcement*  
Memasukan tulangan pokok
36. *Load* → *load*  
Memasukan jenis pembebanan dan besar beban yang akan dimasukkan ke benda uji, yaitu berupa beban aksial, momen dan shear
37. *Load* → *full member properties*  
Memasukan jenis pembebanan, jarak beban terpusat dan jenis tumpuan
38. *Solve* → *section response*  
Melihat respon balok dan deformasi benda uji hasil dari hasil analisis aplikasi *Response-2000*
39. *Solve* → *member response*  
Melihat hasil analisis dari data benda uji yang telah di input