

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS NUMERIK PERILAKU BALOK LENTUR AKIBAT  
KOROSI TULANGAN BAJA**



**Disusun oleh:**

**Wingky Sandi Pratama**

**20170110164**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2021**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS NUMERIK PERILAKU BALOK LENTUR AKIBAT  
KOROSI TULANGAN BAJA**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Wingky Sandi Pratama**

**20170110164**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2021**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wingky Sandi Pratama  
NIM : 20170110164  
Judul : Analisis Numerik Perilaku Balok Lentur Akibat Korosi Tulangan Baja

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, 23 Juni 2021

Yang membuat pernyataan



Wingky Sandi Pratama

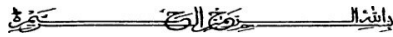
## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah ya Allah, segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas rahmat dan karunianya, kita memujinya, dan meminta pertolongan, pengampunan serta petunjuk kepadanya. Barang siapa mendapat petunjuk dari Allah, maka tidak akan ada yang mampu menyesatkannya. Aku bersaksi bahwa tidak ada tuhan lain selain Allah dan Muhammad SAW adalah utusan Allah. Semoga doa, shalawat dan salam tercurah pada junjungan nabi kita Muhammad SAW, keluarganya, dan para sahabat serta siapa saja yang mendapat petunjuk hingga hari kiamat. Sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan lancar, Aamiin.

Persembahan tugas akhir ini dan rasa terima kasih aku ucapkan untuk :

1. Keluargaku tercinta, kedua orang tuaku yaitu ayah dan ibuku yang telah membesarkan aku, memberikan kasih dan sayang, do'a, dukungan serta motivasi baik secara moril maupun materil agar selalu terikat dengan hukum islam dan menjadi orang yang bahagia di dunia dan di akhirat dan tidak lupa pula kepada adik-adikku yang aku sayangi dan aku cintai.
2. Terima kasih kepada Ibu Dr. Eng. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. yang telah memberi bimbingan, arahan serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar dan benar.
3. Terima kasih kepada Bapak Parwoto, Bapak Yamto, dan Bapak Tri Harmoko selaku Pembimbing KP yang selalu memberikan semangat dan memotivasi sehingga tugas akhir dapat terselesaikan.
4. Terima kasih kepada orang-orang baik yang selalu memberikan dukungan serta do'anya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan lancar.
5. Terima kasih kepada : Danta, Ghea, Kholil teman seperjuangan dalam menyelesaikan tugas akhir dengan aplikasi *Response-2000*.
6. Terima kasih kepada : Dandy, Satrio, Djorghy berjuang bersama dan membantu serta memotivasi agar tugas akhir ini dapat terselesaikan.
7. Terima kasih kepada teman-teman angkatan 2017 yang telah bersama-sama dengan penulis hingga semester akhir ini.

## 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.

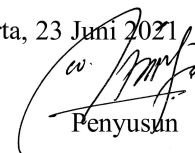
Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap perilaku lentur balok akibat korosi yang terjadi pada baja tulangan. Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Bapak Puji Harsanto, ST, MT, Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Eng. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan, bimbingan serta arahan dan koreksi yang sangat berharga dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D. sebagai dosen penguji tugas akhir ini. Terima kasih atas masukan, saran dan koreksi terhadap tugas akhir ini.

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

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 23 Juni 2021

  
Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	.iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xix
DAFTAR SINGKATAN .....	xx
DAFTAR ISTILAH .....	xxi
ABSTRAK.....	xxii
<i>ABSTRACT</i> .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II STUDI LITERATUR.....	8
2.1 Kerusakan Struktur Beton.....	8
2.1.1 Reaksi Alkali Silika (ASR).....	8
2.1.2 Korosi.....	9
2.1.3 <i>Drying Shrinkage and Cracking</i> .....	9
2.1.4 Pengaruh Retakan ( <i>Crack</i> ).....	10
2.1.5 Pengelupasan ( <i>Spalling</i> ).....	11
2.2 Korosi .....	11
2.2.1 Faktor Penyebab Korosi.....	12
2.2.2 Mekanisme Pembentukan Korosi .....	14
2.2.3 Cara mengukur korosi .....	17
2.2.4 Cara Pencegahan Korosi .....	18
2.3 Perilaku Struktur Akibat Korosi .....	19

2.3.1	Defleksi ( <i>Deflection</i> ).....	19
2.3.2	Kelengkungan ( <i>Curvature</i> ) .....	20
2.3.3	Tegangan Geser ( <i>Shear Strain</i> ).....	21
2.3.4	Lebar Retak ( <i>Crack Width</i> ).....	22
2.3.5	Kuat Rekat Tulangan Balok Terhadap Korosi .....	23
2.3.6	Tegangan Lentur .....	24
2.3.7	Tegangan Ijin Tekan Maksimum .....	25
2.3.8	Tegangan dan Regangan Tarik Utama .....	25
2.4	Permodelan Menggunakan <i>Software Response-2000</i> .....	25
2.4.1	Pembebanan Pada Struktur Balok .....	27
2.4.2	Pengujian Kuat Lentur Menggunakan <i>Response-2000</i> .....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....		36
3.1	Data Benda Uji .....	36
3.2	Mutu Material Baja Tulangan.....	38
3.3	Alat .....	39
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian.....	40
3.5	Standard dan Referensi Yang Digunakan.....	40
3.6	Tahapan Penelitian.....	40
3.7	Bagan Alir Penelitian.....	42
3.8	Bagan Alir Menggunakan <i>Software Response-2000</i> .....	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		44
4.1	Defleksi ( <i>Deflection</i> ) .....	44
4.2	Kelengkungan ( <i>Curvature</i> ).....	47
4.3	Regangan Geser ( <i>Shear Strain</i> ) .....	51
4.4	Beban Maksimum .....	55
4.5	Lebar Retak.....	58
4.6	Kuat Rekat Tulangan Balok Akibat Korosi.....	65
4.7	Tegangan Lentur Terhadap Retakan.....	68
4.8	Tegangan Tulangan Lentur .....	72
4.9	Regangan Tulangan Lentur.....	75
4.10	Tegangan Ijin Tekan Maksimum.....	78
4.11	Regangan Tarik Utama .....	81
4.12	Tegangan Tarik Utama .....	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		91
5.1	Kesimpulan .....	91
5.2	Saran .....	92

DAFTAR PUSTAKA .....	93
LAMPIRAN .....	97



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran skala model balok beton bertulang (Wicaksono dkk., 2019)...	31
Tabel 2.2 Rangkuman beban terhadap lendutan hasil pengujian .....	31
Tabel 2.3 Spesifikasi benda uji penampang balok T (Prayuda dkk., 2018).....	33
Tabel 2.4 Variasi tulangan dan panjang bentang penampang balok T .....	33
Tabel 2.5 Dimensi benda uji balok persegi (Prayuda dkk., 2018) .....	34
Tabel 2.6 Penulangan benda uji balok persegi (Prayuda dkk., 2018).....	34
Tabel 3.1 Dimensi benda uji .....	36
Tabel 3.2 Variasi komposisi tulangan balok .....	37
Tabel 3.3 Sifat mekanis baja tulangan beton .....	38
Tabel 3.4 Ukuran baja tulangan beton sirip/ ulir (SNI 2052-2017) .....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh retak balok akibat reaksi alkali silika (Isnaeni, 2009) .....	8
Gambar 2.2 Contoh kasus korosi baja tulangan di lapangan (Soltani, dkk. 2019) .	9
Gambar 2.3 Contoh pola <i>drying shrinkage and cracking</i> (Enjiniring, 2004) .....	10
Gambar 2.4 Contoh pola retak pada balok (Yalciner, dkk. 2020) .....	10
Gambar 2.5 Contoh <i>spalling</i> pada beton (Isnaeni, 2009).....	11
Gambar 2.6 Skema reaksi penetrasi ion klorida pada beton (Sudjono, 2005) .....	12
Gambar 2.7 Skema proses korosi pada baja tulangan (Broomfield, 2003).....	15
Gambar 2.8 Mekanisme pembentukan korosi (Haryono, dkk. 2010).....	17
Gambar 2.9 Skema pengukuran korosi menggunakan <i>half-cell potential technique</i> (Fonna, dkk. 2017) .....	17
Gambar 2.10 Mekanisme pengujian korosi dengan mengaliri arus listrik (Harsimi, dkk. 2020) .....	19
Gambar 2.11 Skema arah kelengkungan balok, (a) Kelengkungan positif, (b) Kelengkungan negatif (Wicaksono, dkk. 2019).....	20
Gambar 2.12 Skema kelengkungan pada balok (Wicaksono, dkk. 2019) .....	21
Gambar 2.13 Perlawanan terhadap tegangan geser (Wibowo dan Gunawan, 2009) .....	21
Gambar 2.14 Pola retak balok balok (a) retak lentur murni (b) retak lentur miring (c) retak geser murni (Wibowo dan Gunawan, 2009).....	23
Gambar 2.15 Asumsi lentur murni (Nur, 2009).....	24
Gambar 2.16 (a) Hubungan lendutan maksimal dengan variasi ketebalan <i>web</i> ( <i>tw</i> ) (b) Hubungan nilai kekakuan balok terhadap variasi ketebalan <i>web</i> ( <i>tw</i> ) (Cahyati, 2016).....	30
Gambar 2.17 Grafik beban terhadap lendutan pengujian lentur (Wicaksono, dkk. 2019) .....	31
Gambar 2.18 Nilai defleksi (a) defleksi benda uji bentang 4 meter, (b) defleksi benda uji bentang 5 meter (Prayuda, dkk. 2018) .....	35
Gambar 2.19 Nilai beban maksimum (a) beban maksimum balok bentang 4 meter, (b) beban maksimum balok bentang 5 meter (Prayuda, dkk. 2018)	35

Gambar 2.20 Hubungan momen kurvatur (a) momen kurvatur balok benda uji bentang 4 meter, (b) momen kurvatur balok benda uji bentang 4 meter (Prayuda, dkk. 2018).....	35
Gambar 3.1 Penampang balok B1 Tumpuan.....	37
Gambar 3.2 Penampang balok B2 Tumpuan .....	37
Gambar 3.3 Penampang balok B3 Tumpuan .....	37
Gambar 3.4 Penampang balok B1 lapangan .....	38
Gambar 3.5 Penampang balok B2 Lapangan .....	38
Gambar 3.6 Penampang balok B3 Lapangan .....	38
Gambar 3.7 Bagan alir penelitian.....	42
Gambar 3.8 Bagan alir permodelan menggunakan <i>software Response-2000</i> ....	43
Gambar 4.1 Hubungan defleksi dengan sengkang terhadap tingkat korosi (a) akibat pengaruh beban titik (b) akibat pengurangan beban titik 10% .....	45
Gambar 4.2 Hubungan defleksi balok dengan sengkang terhadap tingkat korosi (a) akibat pengaruh beban merata (b) akibat pengurangan beban merata 10%.....	46
Gambar 4.3 Hubungan defleksi balok tanpa sengkang terhadap korosi (a) akibat beban titik (b) akibat pengurangan beban titik 10% .....	47
Gambar 4.4 Hubungan defleksi balok tanpa sengkang dengan tingkat korosi (a) akibat beban merata (b) akibat pengurangan beban merata 10%....	47
Gambar 4.5 Hubungan kelengkungan balok dengan sengkang terhadap korosi (a) akibat beban titik (b) akibat pengurangan beban titik 10%.....	49
Gambar 4.6 Hubungan kelengkungan balok dengan sengkang terhadap korosi (a) akibat beban merata (b) akibat pengurangan beban merata 10%....	49
Gambar 4.7 Hubungan kelengkungan balok tanpa sengkang terhadap korosi (a) akibat beban titik (b) akibat pengurangan beban titik 10%.....	50
Gambar 4.8 Hubungan kelengkungan balok tanpa sengkang terhadap korosi (a) akibat beban merata (b) akibat pengurangan beban merata 10%....	51
Gambar 4.9 Hubungan kelengkungan balok dengan sengkang terhadap korosi (a) akibat beban titik (b) akibat pengurangan beban titik 10%.....	52

Gambar 4.10 Hubungan regangan geser balok dengan sengkang terhadap korosi (a) akibat beban merata (b) akibat pengurangan beban merata 10% .....	53
Gambar 4.11 Hubungan regangan geser balok tanpa sengkang terhadap korosi (a) akibat beban merata (b) akibat pengurangan beban merata 10%....	54
Gambar 4.12 Hubungan regangan geser balok tanpa sengkang terhadap korosi (a) akibat beban merata (b) akibat pengurangan beban merata 10%....	54
Gambar 4.13 Hubungan beban maksimum dengan korosi (a) akibat beban titik (b) akibat pengurangan beban titik 10%.....	55
Gambar 4.14 Hubungan beban maksimum balok dengan sengkang terhadap korosi (a) akibat beban merata (b) akibat pengurangan beban merata 10% .....	56
Gambar 4.15 Hubungan beban maksimum balok tanpa sengkang terhadap korosi (a) akibat beban titik (b) akibat pengurangan beban titik 10% .....	57
Gambar 4.16 Hubungan beban maksimum balok tanpa sengkang terhadap korosi (a) akibat beban merata (b) akibat pengurangan beban merata 10% .....	57
Gambar 4.17 Lebar retak balok lapangan akibat beban titik dengan sengkang (a) lebar retak balok B1 (b) lebar retak balok B2 (c) lebar retak balok B3 .....	59
Gambar 4.18 Lebar retak balok lapangan akibat pengurangan 10% beban titik dengan sengkang (a) lebar retak balok B1 (b) lebar retak balok B2 (c) lebar retak balok B3.....	60
Gambar 4.19 Lebar retak balok lapangan akibat beban merata dengan sengkang (a) lebar retak balok B1 (b) lebar retak balok B2 (c) lebar retak balok B3 .....	61
Gambar 4.20 Lebar retak balok lapangan akibat pengurangan 10% beban merata dengan sengkang (a) lebar retak balok B1 (b) lebar retak balok B2 (c) lebar retak balok B3.....	61
Gambar 4.21 Lebar retak balok lapangan akibat beban titik tanpa sengkang (a) lebar retak balok B1 (b) lebar retak balok B2 (c) lebar retak balok B3 .....	62

Gambar 4.22 Lebar retak balok lapangan akibat pengurangan 10% beban titik tanpa sengkang (a) lebar retak balok B1 (b) lebar retak balok B2 (c) lebar retak balok B3 .....	63
Gambar 4.23 Lebar retak balok lapangan akibat beban merata tanpa sengkang (a) lebar retak balok B1 (b) lebar retak balok B2 (c) lebar retak balok B3 .....	64
Gambar 4.24 Lebar retak balok lapangan akibat pengurangan 10% beban merata tanpa sengkang (a) lebar retak balok B1 (b) lebar retak balok B2 (c) lebar retak balok B3 .....	65
Gambar 4.25 Hubungan kuat rekat tulangan balok dengan tingkat korosi menggunakan beban titik (a) daerah tekan (b) daerah tarik .....	66
Gambar 4.26 Hubungan kuat rekat tulangan balok dengan tingkat korosi menggunakan beban merata (a) daerah tekan (b) daerah tarik .....	67
Gambar 4.27 Hubungan kuat rekat tulangan balok dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	67
Gambar 4.28 Hubungan kuat rekat tulangan balok dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	68
Gambar 4.29 Hubungan tegangan tulangan lentur terhadap retakan dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	69
Gambar 4.30 Hubungan tegangan tulangan lentur terhadap retakan dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	70
Gambar 4.31 Hubungan tegangan tulangan lentur akibat retakan dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	71
Gambar 4.32 Hubungan tegangan tulangan lentur terhadap retakan dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	71
Gambar 4.33 Hubungan tegangan tulangan lentur dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	72

Gambar 4.34 Hubungan tegangan tulangan lentur dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	73
Gambar 4.35 Hubungan tegangan tulangan lentur dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	74
Gambar 4.36 Hubungan tegangan tulangan lentur dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	75
Gambar 4.37 Hubungan regangan tulangan lentur dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	76
Gambar 4.38 Hubungan regangan tulangan lentur dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	76
Gambar 4.39 Hubungan regangan tulangan lentur dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	77
Gambar 4.40 Hubungan regangan tulangan lentur dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	78
Gambar 4.41 Hubungan tegangan ijin tekan maksimum dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	79
Gambar 4.42 Hubungan tegangan ijin tekan maksimum dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	80
Gambar 4.43 Hubungan tegangan ijin tekan maksimum dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	80
Gambar 4.44 Hubungan tegangan ijin tekan maksimum dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	81
Gambar 4.45 Hubungan regangan tarik utama dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	83
Gambar 4.46 Hubungan regangan tarik utama dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	84
Gambar 4.47 Hubungan regangan tarik utama dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	85
Gambar 4.48 Hubungan regangan tarik utama dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	86
Gambar 4.49 Hubungan tegangan tarik utama dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	87

Gambar 4.50 Hubungan tegangan tarik utama dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	88
Gambar 4.51 Hubungan tegangan tarik utama dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	89
Gambar 4.52 Hubungan tegangan tarik utama dengan tingkat korosi (a) tulangan balok daerah tekan (b) tulangan balok daerah tarik .....	90

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Pembebanan.....	97
Lampiran 2. Perhitungan Luas Tulangan Terkorosi .....	100
Lampiran 3. Analisis permodelan balok menggunakan <i>software Response-2000</i> .....	103
Lampiran 4. Hubungan korosi tumpuan terhadap defleksi balok tumpuan .....	123
Lampiran 5. Hubungan kelengkungan balok tumpuan terhadap korosi .....	124
Lampiran 6. Hubungan regangan geser balok tumpuan terhadap korosi.....	127
Lampiran 7. Hubungan beban maksimum balok tumpuan terhadap korosi.....	129
Lampiran 8. Lebar retak balok tumpuan dengan sengkang .....	131
Lampiran 9. Lebar retak balok tumpuan tanpa sengkang .....	134
Lampiran 10. Hasil kuat rekat tulangan balok tumpuan dengan sengkang terhadap tingkat korosi.....	137
Lampiran 11. Hasil kuat rekat tulangan balok tumpuan tanpa sengkang terhadap tingkat korosi.....	139
Lampiran 12. Hasil analisis tegangan lentur akibat retakan balok tumpuan dengan sengkang terhadap tingkat korosi.....	141
Lampiran 13. Hasil analisis tegangan lentur akibat retakan balok tumpuan tanpa sengkang terhadap tingkat korosi.....	143
Lampiran 14. Hubungan tegangan tulangan lentur balok tumpuan dengan sengkang terhadap tingkat korosi.....	145
Lampiran 15. Hubungan tegangan tulangan lentur balok tumpuan tanpa sengkang terhadap tingkat korosi.....	147
Lampiran 16. Hubungan regangan tulangan lentur balok tumpuan dengan sengkang terhadap tingkat korosi.....	149
Lampiran 17. Hubungan regangan tulangan lentur balok tumpuan tanpa sengkang terhadap tingkat korosi.....	151
Lampiran 18. Hubungan tegangan ijin tekan maksimum balok tumpuan dengan sengkang terhadap tingkat korosi.....	153
Lampiran 19. Hubungan tegangan ijin tekan maksimum balok tumpuan tanpa sengkang terhadap tingkat korosi.....	155



Lampiran 20. Hubungan regangan tarik utama balok tumpuan dengan sengkang terhadap tingkat korosi.....	157
Lampiran 21. Hubungan regangan tarik utama balok tumpuan tanpa sengkang terhadap tingkat korosi.....	159
Lampiran 22. Hubungan tegangan tarik utama balok tumpuan tanpa sengkang terhadap tingkat korosi.....	161
Lampiran 23. Hubungan tegangan tarik utama balok tumpuan tanpa sengkang terhadap tingkat korosi.....	163