

**OPTIMASI PERILAKU BALOK STRUKTURAL TERHADAP
RETAK DAN PENGARUHNYA PADA BIAYA KONSTRUKSI**

TUGAS AKHIR



**RESA NUGRAHA
1122004003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2016**

OPTIMASI PERILAKU BALOK STRUKTURAL TERHADAP RETAK DAN PENGARUHNYA PADA BIAYA KONSTRUKSI

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Bakrie**



**RESA NUGRAHA
1122004003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2016**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Resa Nugraha

NIM : 1122004003

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juli 2016

HALAMAN PENGESAHAN

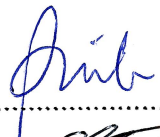
Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Resa Nugraha
NIM : 1122004003
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Optimasi Perilaku Balok Struktural terhadap Retak dan Pengaruhnya pada Biaya Konstruksi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Ir. B. P. Kusumo Bintoro, M.B.A.

()

Pembimbing 2 : Jouvan Chandra P. P, S.T., M.Eng.

()

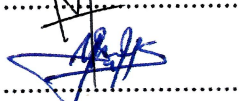
Penguji 1 : Dr. Ade Asmi, S.T., M.Sc.

()

Penguji 2 : Safrilah, S.T., M.Sc.

()

Penguji 3 : Yustian Heri S, M.Sc.

()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : **27** Juli 2016

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat, rahmat dan perlindungannya-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tak lupa shalawat beserta salam penulis kirimkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya dan para sahabatnya yang senantiasa menunjukkan jalan terang. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie.

Penulis menyadari bahwa banyak orang-orang yang telah berjasa membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., selaku Rektor dan dosen pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang dengan sabar telah banyak memberikan bimbingan dan pelajaran yang berarti kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Bakrie.
2. Bapak Dr. Ade Asmi, S.T., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil sekaligus dosen pengajar yang telah banyak memberikan dorongan dan kesempatan bagi penulis untuk berkembang dan memiliki pemahaman tentang dunia kerja di masa mendatang.
3. Bapak Dr. Ir. B. P. Kusumo Bintoro, M.B.A., selaku dosen pembimbing dan dosen pengajar yang telah banyak memberikan arahan, pemahaman, saran dan pandangan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Jouvan Chandra P. P. S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing dan dosen pengajar yang dengan sabar telah membantu, memberikan saran, mengarahkan dan memberikan pemahaman terhadap penulis dalam menyelesaikan setiap persoalan yang muncul pada tugas akhir ini.
5. Bapak Heri dan Bapak Irsan selaku *Project Manager* dan *Engineer* perwakilan dari *owner* proyek Apartemen Sentra Timur Residence, terima kasih atas kesempatan, dorongan, bantuan dan motivasi yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Kedua orang tua dan kakak penulis yang dengan sabar dan tidak pernah lelah mendukung penulis, mendoakan penulis tanpa henti dan memberikan segalanya tanpa pamrih kepada penulis.
7. Ibu Safrilah, S.T., M.Sc., selaku dosen pengajar yang sabar dan tanpa pamrih memberikan ilmu manajemen transportasi, arahan dan bantuan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Bakrie.
8. Staff dan karyawan Universitas Bakrie, khususnya Ibu Nia Nurliani, S.E., selaku staff Program Studi Teknik Sipil, terima kasih telah memberikan banyak bantuan kepada penulis dari awal mulai perkuliahan sampai penyusunan tugas akhir ini.
9. Bapak Ir. Suwito, Ph.D., Ir. Sri Harto Br, Ph.D., Sugiarto, S.T., M.T., dan Ibu Dr. Ir. Susy Fatena Rostianty, M.Sc., yang telah memberikan ilmu, pemahaman, pembelajaran dan pandangan akan dunia pekerjaan teknik sipil.
10. Nindya Ratih K. D, yang tidak pernah lelah, selalu sabar dan ikhlas menyemangati penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih atas saran, masukan, arahan, motivasi dan telah menjadi teman *sharing* selama ini.
11. Indah Eva Y. W. A, terima kasih atas segala bantuan, motivasi dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Rahmad Efendi yang selalu menjadi teman penulis dari awal mula memulai perkuliahan di Universitas Bakrie. Terima kasih atas segala bantuan, saran, motivasi dan *sharing* pengetahuan selama ini yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Fadhiil Muammar R yang selalu menjadi teman yang hebat, memberikan banyak pelajaran kepada penulis. Terima kasih atas saran, dorongan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Adiastian Saputra teman penulis yang selalu memberikan keceriaan ketika menjalani perkuliahan di Universitas Bakrie. Terima kasih atas dorongan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Bakrie angkatan 2013 dan 2014 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang selalu mendukung, menyemangati,

memotivasi dan memberikan dorongan kepada penulis selama peyusunan tugas akhir ini.

Penulis berharap semoga kebaikan orang-orang yang telah membantu dan memotivasi penulis mendapat balasan yang terbaik dari Allah SWT. Semoga semua pengorbanan dan perjuangan penulis dapat memberikan manfaat baik pada saat ini maupun dimasa mendatang.

Jakarta, Juli 2016

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Resa Nugraha
NIM : 1122004003
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalti-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

OPTIMASI PERILAKU BALOK STRUKTURAL TERHADAP RETAK DAN PENGARUHNYA PADA BIAYA KONSTRUKSI

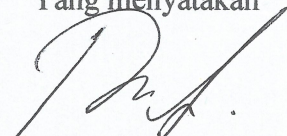
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : Juli 2016

Yang menyatakan



(Resa Nugraha)

OPTIMASI PERILAKU BALOK STRUKTURAL TERHADAP RETAK DAN PENGARUHNYA PADA BIAYA KONSTRUKSI

Resa Nugraha¹

ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan pendekatan terhadap optimasi struktur balok bangunan tingkat tinggi pada proyek apartemen Sentra Timur *Residence*. Objek dari optimasi struktur balok ini adalah untuk mendapatkan spesifikasi balok yang efisien dengan melakukan perhitungan terhadap lebar retak yang diijinkan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan beberapa alternatif yang didasarkan pada parameter yang sangat penting seperti a) mutu beton (f_c'), b) panjang bentang balok (l), c) jumlah tulangan (n), d) tinggi balok (h). Penelitian ini menggunakan proses perhitungan yang berulang-ulang atau metode iterasi. Optimasi ini dilakukan dengan menggunakan struktur balok kondisi eksisting dengan parameter seperti, dimensi balok adalah 250x600 mm, panjang bentang balok adalah 6 m, mutu beton (f_c') adalah 30 MPa, dan jumlah tulangan adalah 6 tulangan. Hasil yang didapat mengindikasikan bahwa besarnya nilai momen tidak berpengaruh terhadap retak yang dihasilkan, akan tetapi kekuatan (*strength*) dan lendutan yang terjadi berpengaruh terhadap retak jika didasarkan pada perilaku struktural. Namun, kontribusi yang paling besar terhadap retak yang dihasilkan berasal dari jumlah tulangan dan tinggi balok. Hasil analisis optimasi menghasilkan grafik interaksi antara rasio dimensi dan jumlah tulangan. Berdasarkan grafik, maka kombinasi parameter yang paling optimum dan ekonomis adalah $h = 450$ mm dan $n = 5$ tulangan. Hasil dari analisis efisiensi biaya konstruksi menghasilkan 25% lebih hemat untuk dimensi (tinggi balok) dan 17,08% lebih hemat untuk jumlah tulangan dibandingkan dengan kondisi eksisting balok. Pada akhirnya, penelitian ini sangat cocok untuk di aplikasikan pada industri konstruksi di Indonesia, hal ini dikarenakan hasil yang didapat menunjukkan bahwa optimasi dilakukan tidak hanya pada desain bangunan tetapi juga pada biaya konstruksi.

Kata kunci: Optimasi Struktur, Bangunan Tingkat Tinggi, Beton Bertulang, *Strength*, Retak, Penghematan Biaya

¹ Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

OPTIMIZATION OF REINFORCED CONCRETE BEAMS BEHAVIOR DEPENDING ON CRACK AND CONSTRUCTION

Resa Nugraha²

ABSTRACT

This research presents an approach on the optimization of reinforced concrete (RC) beams of high-rise buildings on Sentra Timur Residence. The objective of RC beams optimization is to obtain a cost efficient beam specification which is confined by measuring the allowable crack of RC beams used. This study aims to analyses each possible alternative depending on the most important variabel such as a) the concrete compressive strength (f_c'), b) the spans between beams (l), c) the number of reinforcement bars (n), d) the height of beam (h). This study used repetitive calculation process or iteration methods. The optimization was carried out by using existing conditions of beams with parameters such as the dimension of beams is 250x600 mm, the spans between beams is 6 m, the concrete compressive strength (f_c') is 30 MPa, and the number of reinforcement bars is 6 bar. The results indicated that the amount of moment have no effect to the resulted crack, but the strength and deflection have contribution to the crack if depending on behavior of the structure. However, the highest contribution to resulted crack are the number of reinforcement bar and the height of the beam. The result of analysis produce interaction graphic between ratio of dimensions and the number of reinforcement bar. Based on the graphic, the most optimal and economic parameters combination value are $h = 450$ mm and $n = 5$ bar. The result of construction cost efficiency analysis produce 25% for the dimensions and 17,08% for the number of reinforcement bar, it is more efficient than existing conditions of beams. Finnaly, this research is quite suitable to be applied in many conctruction industries in Indonesia because the result show the optimization of the building design and also the construction cost.

Keywords: Structure Optimization, High-Rise Building, Reinforced Concrete, Strength, Crack, Cost Efficient

² Undergraduate Student at Civil Engineering Department Bakrie University

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UNGKAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
PUBLIKASI.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Pertanyaan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Beton Bertulang.....	7

2.1.1	Tinjauan Umum	7
2.1.2	Metode Perencanaan Kekuatan Struktur Beton Bertulang.....	8
2.1.2.1	Metode Perencanaan Beban Kerja.....	9
2.1.2.2	Metode Perencanaan Kuat Batas	10
2.1.3	Kondisi Batas	11
2.1.4	Keruntuhan Lentur	13
2.1.5	Analisis Lentur pada Balok.....	14
2.1.5.1	Tahap Beton Tanpa Retak.....	14
2.1.5.2	Tahap Beton Mulai Retak-Tegangan Elastis	15
2.1.5.3	Tahap Keruntuhan Balok-Tegangan <i>Ultimate</i>	15
2.2	Daya Layan.....	16
2.2.1	Tinjauan Umum	16
2.2.2	Lendutan.....	17
2.2.2.1	Teori Lendutan.....	17
2.2.2.2	Aplikasi Lendutan.....	18
2.2.3	Retak	21
2.2.3.1	Teori Retak	21
2.2.3.2	Jenis-Jenis Retak.....	22
2.2.3.3	Menghitung Lebar Retak (<i>Crack</i>).....	26
2.2.3.4	Kontrol Retak Lentur	28
2.2.3.5	Rasio Penulangan Lentur Balok	29
2.3	<i>Value Engineering</i>	29
2.3.1	Tinjauan Umum	29
2.3.2	Definisi <i>Value Engineering</i>	30
2.3.3	Parameter <i>Value Engineering</i>	30
2.3.4	Hubungan antara Parameter	31

2.3.5	Pendekatan dan Teknik yang Digunakan.....	31
2.4	Estimasi Biaya.....	32
2.4.1	Perananan Estimasi Biaya dalam <i>Value Engineering</i>	32
2.4.2	<i>Quantity Take-Off</i> dan Harga Satuan.....	32
2.5	Penelitian Terdahulu.....	32
2.6	Ringkasan.....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		38
3.1	Langkah-langkah Penelitian (<i>flowchart</i>).....	38
3.2	Pengumpulan Data.....	40
3.3	Metode Analisis.....	41
3.3.1	Analisis Numerik.....	41
3.3.2	Analisis Deskriptif.....	42
3.4	<i>Standard</i> yang Digunakan.....	42
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		44
4.1	Deskripsi Umum.....	44
4.1.1	Data Struktur.....	44
4.1.2	Spesifikasi Material.....	47
4.2	Analisis Preliminary Desain Struktur.....	47
4.2.1	Pembebanan pada Struktur.....	48
4.2.1.1	Jenis-Jenis Beban.....	48
4.2.1.2	<i>Tributary Area</i> Pembebanan.....	52
4.2.1.3	Kombinasi Pembebanan.....	56
4.2.1.4	Faktor Reduksi Kekuatan.....	56
4.2.2	Momen, <i>strength</i> , dan Lendutan.....	57
4.3	Hasil Optimasi.....	63
4.3.1	Struktur Balok.....	63

4.3.2	Lebar Retak (w).....	66
4.3.3	Perilaku Struktur Balok terhadap Momen	69
4.3.3.1	Mutu Beton (f_c')	69
4.3.3.2	Panjang Bentang Balok (l).....	71
4.3.3.3	Jumlah Tulangan Balok (n).....	73
4.3.3.4	Tinggi Balok (h).....	75
4.3.4	Perilaku Struktur Balok terhadap Lendutan.....	78
4.3.4.1	Mutu Beton (f_c')	78
4.3.4.2	Panjang Bentang Balok (l).....	80
4.3.4.3	Jumlah Tulangan Balok (n).....	82
4.3.4.4	Tinggi Balok (h).....	85
4.3.5	Perilaku Struktur Balok terhadap Retak (<i>Crack</i>)	88
4.3.5.1	Mutu Beton (f_c')	88
4.3.5.2	Panjang Bentang Balok (l).....	91
4.3.5.3	Jumlah Tulangan Balok (n).....	93
4.3.5.4	Tinggi Balok (h).....	96
4.4	Kombinasi Optimasi.....	99
4.4.1	Kombinasi Rasio Dimensi dan Jumlah Tulangan	100
4.4.1.1	Untuk $f_c' = 25$ MPa dengan bentang, $l = 6$ m.....	100
4.4.1.2	Untuk $f_c' = 30$ MPa dengan bentang, $l = 6$ m.....	102
4.4.1.3	Untuk $f_c' = 35$ MPa dengan bentang, $l = 6$ m.....	104
4.4.1.4	Untuk $f_c' = 40$ MPa dengan bentang, $l = 6$ m.....	106
4.4.2	Kombinasi Rasio Dimensi dan Panjang Bentang	107
4.4.2.1	Untuk $f_c' = 25$ MPa dengan bentang, $l = 6$ m.....	107
4.4.2.2	Untuk $f_c' = 30$ MPa dengan bentang, $l = 6$ m.....	110
4.4.2.3	Untuk $f_c' = 35$ MPa dengan bentang, $l = 6$ m.....	111

4.4.2.4	Untuk $f_c' = 40$ MPa dengan bentang, $l = 6$ m.....	113
4.5	Hasil dan Diskusi.....	114
4.6	Ringkasan	121
BAB V KESIMPULAN		123
5.1	Kesimpulan.....	123
5.2	Saran	124
DAFTAR PUSTAKA		126

Gambar 4.21 Optimasi h	66
Gambar 4.22 Grafik Interaksi f_c' terhadap $M_{\max}$ untuk $l = 6$ m dan $n = 6$	70
Gambar 4.23 Grafik Interaksi l terhadap $M_{\max}$ untuk $f_c' = 30$ Mpa dan $n = 6$	72
Gambar 4.24 Grafik Interaksi n terhadap $M_{\max}$ untuk $f_c' = 30$ MPa dan $l = 6$ m..	74
Gambar 4.25 Grafik Interaksi h terhadap $M_{\max}$ untuk $f_c' = 30$ MPa dan $n = 6$	76
Gambar 4.26 Grafik Interaksi f_c' terhadap $y_{\max}$ untuk $l = 6$ m dan $n = 6$	79
Gambar 4.27 Grafik Interaksi l terhadap $y_{\max}$ untuk $f_c' = 30$ Mpa dan $n = 6$	81
Gambar 4.28 Grafik Interaksi n terhadap $y_{\max}$ untuk $f_c' = 30$ MPa dan $l = 6$ m..	83
Gambar 4.29 Grafik Interaksi h terhadap $y_{\max}$ untuk $f_c' = 30$ MPa dan $n = 6$	86
Gambar 4.30 Grafik Interaksi f_c' terhadap w untuk $l = 6$ m dan $n = 6$	89
Gambar 4.31 Grafik Interaksi l terhadap w untuk $f_c' = 30$ Mpa dan $n = 6$	92
Gambar 4.32 Grafik Interaksi n terhadap w untuk $f_c' = 30$ MPa dan $l = 6$ m	94
Gambar 4.33 Grafik Interaksi h terhadap w untuk $f_c' = 30$ MPa dan $n = 6$	97
Gambar 4.34 Grafik Kombinasi Rasio Dimensi dan n untuk $f_c' = 25$ MPa	101
Gambar 4.35 Grafik Kombinasi Rasio Dimensi dan n untuk $f_c' = 30$ MPa	103
Gambar 4.36 Grafik Kombinasi Rasio Dimensi dan n untuk $f_c' = 35$ MPa	105
Gambar 4.37 Grafik Kombinasi Rasio Dimensi dan n untuk $f_c' = 40$ MPa	107
Gambar 4.38 Grafik Kombinasi Rasio Dimensi dan l untuk $f_c' = 25$ MPa	109
Gambar 4.39 Grafik Kombinasi Rasio Dimensi dan l untuk $f_c' = 30$ MPa	111
Gambar 4.40 Grafik Kombinasi Rasio Dimensi dan l untuk $f_c' = 35$ MPa	112
Gambar 4.41 Grafik Kombinasi Rasio Dimensi dan l untuk $f_c' = 40$ MPa	114
Gambar 4.42 Grafik Interaksi Perbandingan Hasil Efisiensi Biaya Konstruksi .	118

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Karakteristik Beton dan Baja (Mosley & Bungey, 1987)	7
Tabel 2.2 Perhitungan Lendutan Maksimum yang Diizinkan (SNI, 2013)	18
Tabel 2.3 Lebar Retak yang Diizinkan (ACI Committee 318-14)	22
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu	34
Tabel 4.1 Daftar Elevasi Lantai	45
Tabel 4.2 Daftar Dimensi Kolom	46
Tabel 4.3 Daftar Dimensi Balok	46
Tabel 4.4 Spesifikasi Material	47
Tabel 4.5 Perhitungan Beban Mati dan SIDL pada Pelat	54
Tabel 4.6 Perhitungan Tributary Area Beban Mati dan Beban Hidup	55
Tabel 4.7 Faktor Reduksi Kekuatan (SNI, 2013)	57
Tabel 4.8 Output Hasil Momen Maksimum pada Struktur Balok	58
Tabel 4.9 Batas Lendutan Ijin yang Digunakan (SNI, 2013)	60
Tabel 4.10 Optimasi f_c'	64
Tabel 4.11 Optimasi l	64
Tabel 4.12 Optimasi n	65
Tabel 4.13 Optimasi h	65
Tabel 4.14 Lebar Retak Ijin yang Digunakan (ACI Committee 318-08)	66
Tabel 4.15 Optimasi f_c' terhadap Momen	69
Tabel 4.16 Parameter yang Mempengaruhi Momen Akibat Optimasi f_c'	71
Tabel 4.17 Optimasi l terhadap Momen	71
Tabel 4.18 Parameter yang Mempengaruhi Momen Akibat Optimasi l	73
Tabel 4.19 Optimasi n terhadap Momen	73
Tabel 4.20 Parameter yang Mempengaruhi Momen Akibat Optimasi n	75
Tabel 4.21 Optimasi h terhadap Momen	76
Tabel 4.22 Parameter yang Mempengaruhi Momen Akibat Optimasi h	77
Tabel 4.23 Optimasi f_c' terhadap Lendutan	78
Tabel 4.24 Parameter yang Mempengaruhi Lendutan Akibat Optimasi f_c'	80
Tabel 4.25 Optimasi l terhadap Lendutan	80
Tabel 4.26 Parameter yang Mempengaruhi Lendutan Akibat Optimasi l	82
Tabel 4.27 Optimasi n terhadap Lendutan	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Momen-Kelengkungan Balok (Dewobroto, 2005)	13
Gambar 2.2 Tahap Beton Tanpa Retak (McCormac, 2001)	14
Gambar 2.3 Tahap Beton Mulai Retak-Tegangan Elastis (McCormac, 2001)	15
Gambar 2.4 Tahap Tegangan Ultimate (McCormac, 2001)	16
Gambar 2.5 Tegangan Tekan (McCormac, 2001)	16
Gambar 2.6 Kondisi Balok Sebelum Terjadi Deformasi	17
Gambar 2.7 Deformasi pada Balok Akibat Lendutan	17
Gambar 2.8 Balok Sederhana dengan Beban Merata	19
Gambar 2.9 Jenis-Jenis Pola Keretakan (McCormac, 2001)	26
Gambar 2.10 Konsep Value Engineering (Value Engineering, 1995)	30
Gambar 3.1 Langkah-Langkah Penelitian	38
Gambar 4.1 Portal 3D Sentra Timur Residence	44
Gambar 4.2 Beban Dinding (SKBI-1.3.5.3-1987)	49
Gambar 4.3 Beban Hidup pada Atap Gedung (SKBI-1.3.5.3-1987)	50
Gambar 4.4 Beban Angin (SKBI-1.3.5.3-1987)	50
Gambar 4.5 Koefisien Angin (SKBI-1.3.5.3-1987)	51
Gambar 4.6 Beban Vertikal pada Struktur Bangunan	51
Gambar 4.7 Beban Horisontal pada Struktur Bangunan	52
Gambar 4.8 Dimensi Pelat (Hakim, 2010)	53
Gambar 4.9 Konsep Tributary Area (Hakim, 2010)	53
Gambar 4.10 Lebar Equivalen Trapesium (Rujito, 2010)	53
Gambar 4.11 Lebar Equivalen Segitiga (Rujito, 2010)	54
Gambar 4.12 Momen Aktual Arah X – Y	58
Gambar 4.13 Momen Aktual Arah X – Z	59
Gambar 4.14 Perilaku Lendutan arah X - Y	60
Gambar 4.15 Perilaku Lendutan Arah X - Z	61
Gambar 4.16 Output Strength pada Struktur Balok	62
Gambar 4.17 Concrete Design Information	62
Gambar 4.18 Optimasi f_c'	64
Gambar 4.19 Optimasi l	65
Gambar 4.20 Optimasi n	65

Tabel 4.28 Parameter yang Mempengaruhi Lendutan Akibat Optimasi n.....	84
Tabel 4.29 Optimasi h terhadap Lendutan	85
Tabel 4.30 Parameter yang Mempengaruhi Lendutan Akibat Optimasi h.....	87
Tabel 4.31 Optimasi f_c' terhadap Retak	88
Tabel 4.32 Parameter yang Mempengaruhi Retak Akibat Optimasi f_c'	89
Tabel 4.33 Optimasi l terhadap Retak.....	91
Tabel 4.34 Parameter yang Mempengaruhi Retak Akibat Optimasi l	93
Tabel 4.35 Optimasi n terhadap Retak.....	94
Tabel 4.36 Parameter yang Mempengaruhi Retak Akibat Optimasi n	95
Tabel 4.37 Optimasi h terhadap Retak.....	97
Tabel 4.38 Parameter yang Mempengaruhi Retak Akibat Optimasi h	98
Tabel 4.39 Perbandingan Rasio Dimensi terhadap Retak untuk $f_c' = 25$ MPa ..	100
Tabel 4.40 Perbandingan n terhadap Retak untuk $f_c' = 25$ MPa	100
Tabel 4.41 Hasil Kombinasi untuk $f_c' = 25$ MPa	102
Tabel 4.42 Perbandingan Rasio Dimensi terhadap Retak untuk $f_c' = 30$ MPa ..	102
Tabel 4.43 Perbandingan n terhadap Retak untuk $f_c' = 30$ MPa	103
Tabel 4.44 Hasil Kombinasi untuk $f_c' = 30$ MPa	104
Tabel 4.45 Perbandingan Rasio Dimensi terhadap Retak untuk $f_c' = 35$ MPa ..	104
Tabel 4.46 Perbandingan n terhadap Retak untuk $f_c' = 35$ MPa	104
Tabel 4.47 Hasil Kombinasi untuk $f_c' = 35$ MPa	105
Tabel 4.48 Perbandingan Rasio Dimensi terhadap Retak untuk $f_c' = 40$ MPa ..	106
Tabel 4.49 Perbandingan n terhadap Retak untuk $f_c' = 40$ MPa	106
Tabel 4.50 Hasil Kombinasi untuk $f_c' = 40$ MPa	107
Tabel 4.51 Perbandingan Rasio Dimensi terhadap Retak untuk $f_c' = 25$ MPa ..	108
Tabel 4.52 Perbandingan l terhadap Retak untuk $f_c' = 25$ MPa	108
Tabel 4.53 Perbandingan Rasio Dimensi terhadap Retak untuk $f_c' = 30$ MPa ..	110
Tabel 4.54 Perbandingan l terhadap Retak untuk $f_c' = 30$ MPa	110
Tabel 4.55 Perbandingan Rasio Dimensi terhadap Retak untuk $f_c' = 35$ MPa ..	111
Tabel 4.56 Perbandingan l terhadap Retak untuk $f_c' = 35$ MPa	112
Tabel 4.57 Perbandingan Rasio Dimensi terhadap Retak untuk $f_c' = 40$ MPa ..	113
Tabel 4.58 Perbandingan l terhadap Retak untuk $f_c' = 40$ MPa	113
Tabel 4.59 Efisiensi Biaya Konstruksi Berdasarkan Optimasi h	115

Tabel 4.60 Efisiensi Biaya Konstruksi Berdasarkan Optimasi n	115
Tabel 4.61 Analisis Efisiensi Biaya pada Balok	116
Tabel 4.62 Analisis Efisiensi Volumen pada Balok Portal Memanjang.....	117
Tabel 4.63 Perbandingan Hasil Optimasi terhadap Biaya Konstruksi.....	118
Tabel 4.64 Strength pada Balok Berdasarkan Tegangan Ijin.....	120
Tabel 4.65 Perilaku Struktur Balok.....	121

DAFTAR NOTASI

A_s	: luas tulangan tarik non-prategang, mm^2
A_s'	: luas tulangan tekan, mm^2
b	: lebar balok, mm
BS	: beban berat sendiri, kN/m
c_{max}	: jarak dari serat atas ke garis netral, mm
D	: diameter tulangan, mm
d'	: jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
d	: jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik, mm
DL	: beban mati total ($BS + SDL$), kN/m
E_c	: modulus elastisitas beton, MPa
E_s	: modulus elastisitas baja tulangan, MPa
f_c'	: kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa
f_r	: modulus keruntuhan lentur beton, MPa
f_y	: kuat leleh tulangan non-prategang (lentur), MPa
h	: tinggi balok, mm
I_{cr}	: momen inersia penampang retak yang ditransformasikan menjadi beton, mm^4
I_e	: momen inersia efektif untuk perhitungan lendutan, mm^4
I_g	: momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbunya, dengan mengabaikan tulangannya, mm^4
	jangka waktu yang panjang
k	: nilai kekakuan perletakkan
kd	: Jarak tepi atas serat tekan ke garis netral, mm
L	: panjang balok, mm
LL	: beban hidup, kN/m
M	: Momen akibat beban tidak terfaktor, kNm
M_a	: momen maksimum pada komponen struktur saat lendutan dihitung
M_{cr}	: momen yang menyebabkan terjadinya retak lentur pada penampang, Nmm
M_n	: kuat momen nominal pada suatu penampang, N-mm
M_u	: Momen akibat beban terfaktor, kNm
n	: perbandingan modulus elastisitas

- q : beban yang tidak dikalikan faktor beban, kN/m
 q_u : beban yang telah dikalikan faktor beban, kN/m
 SDL : beban mati tambahan, kN/m
 y_t : jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan tulangan, ke serat tarik terluar, mm
 w : lebar retak, mm
 β_1 : faktor yang didefinisikan pada SNI 2012 dalam pasal 12.2(7(3))
 γ_{beton} : massa jenis beton, kN/m³
 γ_{baja} : massa jenis baja, kN/m³
 ρ : rasio tulangan tarik non-prategang
 ρ' : rasio tulangan tekan non-prategang
 ρ_b : rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
 Φ : faktor reduksi kekuatan
 $\Delta i/y_{max}$: lendutan seketika, mm
 ΔLT : lendutan jangka panjang, mm
 λ : pengali untuk penambahan lendutan jangka panjang
 ρ' : rasio tulangan tekan non-prategang
 ξ : faktor ketergantungan waktu untuk beban yang bersifat tetap
 σ_{ijin} : tegangan ijin dari material, kg/cm²
 σ_{act} : tegangan aktual di lapangan, kg/cm²

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DENAH/LAYOUT STRUKTUR	I
LAMPIRAN B LEBAR RETAK.....	II
LAMPIRAN C MOMEN DAN LENDUTAN	III
LAMPIRAN D BEBAN DAN TRIBUTARY AREA	IV
LAMPIRAN E PENGECEKAN STRENGTH.....	V
LAMPIRAN F OUTPUT ETABS student version	VI