

SKRIPSI

**ANALISIS KEBUTUHAN BESI TULANGAN BERBASIS
OPTIMASI *WASTE* DENGAN METODE *BAR BENDING*
SCHEDULE DAN PENGARUHNYA TERHADAP BIAYA
STRUKTUR BETON BERTULANG**

(Studi Kasus: Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13)



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

I Made Yudi Arthawan

1815124039

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI D4 MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI
2022**

**ANALISIS KEBUTUHAN BESI TULANGAN BERBASIS
OPTIMASI WASTE DENGAN METODE BAR BENDING SCHEDULE
DAN PENGARUHNYA TERHADAP BIAYA STRUKTUR BETON
BERTULANG
(Studi Kasus: Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13)**

I Made Yudi Arthawan

Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten
Badung, Bali – 80364
Telp. (0361) 701981 Fax. 701128
E-mail: arthawany@gmail.com

ABSTRAK

Material berperan besar dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek konstruksi. Besi tulangan merupakan salah satu material yang memiliki nilai tinggi. Sisa-sisa material harus diperhitungkan agar proyek tidak mengalami pemebengkakan biaya. Terbentuknya sisa besi tulangan dapat diperhitungkan dan diminimalisir dengan cara membuat *bar bending schedule*. Tujuan penelitian ini yaitu menghitung kebutuhan, sisa dan biaya pekerjaan besi menggunakan metode *bar bending schedule* kemudian dibandingkan dengan jumlah kebutuhan besi tulangan dalam Rencana Anggaran Biaya dan data logistik proyek.

Penelitian ini dilakukan dengan metode pendekatan deskriptif analitik. Jumlah kebutuhan besi dihitung berdasarkan *shop drawing* dan SNI. Kemudian *bar bending schedule* dibuat dengan bantuan program *Microsoft Excel* dengan *Ad-in Solver*. Didapatkan alternatif potongan paling optimal sehingga menghasilkan sisa potongan minimal.

Adapun hasil dari penelitian ini adalah kebutuhan besi tulangan sebanyak 46.499.98 kg, dengan sisa besi tulangan sebanyak 774,49 kg atau berkisar 2% dimana persentase tersebut lebih kecil sebanyak 60% dari persentase sisa yang direkomendasikan oleh SNI. Total biaya kebutuhan besi tulangan pondasi, RC *wall*, tangga, balok, kolom dan pelat sebesar Rp 669,600,000.00 atau lebih kecil sebesar 16% dari total biaya pekerjaan pondasi, tangga RC *wall*, balok, kolom dan pelat pada Rencana Anggaran Biaya dan 22% lebih kecil dari harga dari data logistik besi Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13.

Kata kunci: analisis, besi tulangan, optimasi *waste*, *bar bending schedule*, biaya

***ANALYSIS OF THE NEEDS OF REINFORCEMENT STEEL BASED ON
WASTE OPTIMIZATION WITH BAR BENDING SCHEDULE METHOD
AND ITS EFFECT ON REINFORCED CONCRETE STRUCTURES COST
(Case Study: Jimbaran Greenhill Villa R.13)***

I Made Yudi Arthawan

*D-IV Study Program on Construction Project Management, Civil Engineering
Department, Bali State Polytechnic, Bukit Jimbaran Campus Street, South Kuta,
Badung Regency, Bali – 80364
Phone. (0361) 701981 Fax. 701128
E-mail: arthawany@gmail.com*

ABSTRACT

Materials play a big role in determining the cost of a construction project. Reinforcement steel is one of the materials that has a high value. Material waste must be taken into account so that the project does not experience cost overruns. The amount of reinforcing steel waste can be calculated and minimized by making a bar bending schedule. The purpose of this study is to calculate the needs, residual and cost of reinforcing steel work using the bar bending schedule method and then compare it with the needs in the Budget Plan and project logistics data.

This research was conducted using a descriptive analytical approach. The amount of reinforcing steel required is calculated based on shop drawings and SNI. Then the bar bending schedule is created with the help of the Microsoft Excel program with Ad-in Solver. The most optimal cut alternative is obtained so as to produce minimal remaining pieces.

The results of this study are the need for reinforcing steel as much as 46,499.98 kg, with 774.49 kg wasted materials or around 2% where the percentage is 3% smaller than the waste materials percentage in SNI. The total cost for foundation reinforcement, RC wall, beams, columns and plates is Rp. 669,600,000 or less, 16% of the total cost of foundation work, RC wall, beams, columns and plates in the Budget Plan and 20% less than the price of reinforcement steel logistics data for Jimbaran Greenhill Villa R.13 Project.

Keywords: analysis, reinforcement steel, waste optimization, bar bending schedules , costs

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa atas berkat rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Analisis Kebutuhan Besi Tulangan Berbasis Optimasi *Waste* Dengan *Metode Bar Bending Schedule* Dan Pengaruhnya Terhadap Biaya Struktur Beton Bertulang (Studi Kasus: Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13) tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materil sehingga proposal skripsi dapat selesai. Ucapan terimakasih penulis tujukan kepada:

1. Bapak Ir. I Nyoman Abdi, SE, M.e Com selaku Direktur Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Ir. I Wayan Sudiasa, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil
3. Bapak Made Sudiarsa, ST., MT selaku Ketua Program Studi D4 Manajemen Proyek Konstruksi
4. Prof. Dr. Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg selaku dosen pembimbing I dan Bapak I Made Jaya, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan pengarahan, petunjuk dan bimbingan selama penyusunan proposal skripsi.

Penulis meyakini bahwa dalam skripsi ini masih ada kekurangan yang disebabkan karena kemampuan serta pengalaman penulis yang terbatas. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi dapat memberikan manfaat bagi semua pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Jimbaran, 04 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Manajemen Proyek Konstruksi	5
2.2 Manajemen Material.....	6
2.3 Material Besi Tulangan.....	6
2.4 Penulangan	10
2.5 Standar Detail Pekerjaan Struktur pada <i>Shop Drawing</i>	11
2.5.1 Umum.....	11
2.5.2 Penulangan Balok	13
2.5.3 Kolom.....	14
2.5.4 Pelat Lantai.....	15
2.6 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019)	15
2.6.1 Kait dan Diameter Bengkokan Minimum	15
2.6.2 Penyaluran Tulangan.....	17
2.6.3 Sambungan Lewatan	21
2.6.4 Rasio Tulangan Maksimum (ρ_{maks})	22
2.7 Material Sisa Besi Tulangan	23
2.8 Metode <i>Bar Bending Schedule</i>	24
2.9 Linear Programming.....	25
2.10 <i>Solver Add-in</i> dalam Excel	26
2.11 Perhitungan Biaya Pekerjaan Besi Tulangan.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Rancangan Penelitian.....	28

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
3.2.1. Lokasi Penelitian	28
3.2.2. Waktu Penelitian.....	29
3.3 Penentuan Sumber Data.....	29
3.4 Pengumpulan Sumber Data.....	30
3.5 Variabel Penelitian	30
3.6 Instrumen Penelitian	30
3.7 Analisis Data	31
3.8 Tahapan Penelitian	33
3.9 Bagan Alir Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Data Umum Proyek	36
4.1.1 Struktur Organisasi Proyek.....	36
4.1.2 Struktur Organisasi Kontraktor Pelaksana	40
4.1.3 Identitas Proyek Penelitian	47
4.2 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan pada Sloof /Balok.....	47
4.2.1. Ketentuan Terkait Penulangan Sloof/Balok.....	47
4.2.2. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok di Area <i>Master Bedroom</i>	50
4.2.3. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok Area <i>Guest Bedroom</i> ...	70
4.2.4. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok Area <i>Service Area</i>	80
4.2.5. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok Area <i>Living Dinning</i>	90
4.2.6. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok Area <i>Service Building</i>	108
4.2.7. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof <i>Master Bedroom</i>	113
4.2.8. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof <i>Guest Bedroom</i>	121
4.2.9. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof Area <i>Service Area</i>	127
4.2.10. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof <i>Living Dinning</i>	137
4.2.11. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof <i>Service Building</i>	150
4.3 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan pada Pondasi.....	156
4.3.1. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan pada Pondasi di Area <i>Master Bedroom</i>	156
4.3.2. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan pada Pondasi di Area <i>Guest Bedroom</i>	161

4.3.3. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan pada Pondasi di Area <i>Service Area</i>	163
4.3.4. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan pada Pondasi di Area <i>Living Dinning</i>	165
4.3.5. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan pada Pondasi di Area <i>Service Building</i>	168
4.4 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom.....	170
4.4.1. Ketentuan Terkait Penulangan Kolom.....	170
4.4.2. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom Area <i>Master Bedroom</i>	172
4.4.3. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom Area <i>Guest Bedroom</i>	185
4.4.4. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom Area <i>Service Area</i>	187
4.4.5. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom Area <i>Living Dinning</i>	188
4.4.6. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom Area <i>Service Building</i>	190
4.5 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai.....	191
4.5.1. Ketentuan Terkait Penulangan Plat Lantai.....	191
4.5.2. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai Area <i>Master Bedroom</i>	192
4.5.3. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai Area <i>Guest Bedroom</i>	195
4.5.4. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai Area <i>Service Area</i>	197
4.5.5. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai <i>Living Dinning</i>	199
4.6 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Tangga.....	202
4.6.1. Tangga <i>Master Bedroom</i>	202
4.6.2. Tangga <i>Service Area</i>	204
4.7 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan RC Wall.....	205
4.8 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Tunnel	208
4.9 Rekapitulasi Kebutuhan Besi	211
4.9.1. Kebutuhan Besi Struktur Bawah	211
4.9.2. Kebutuhan Besi Struktur Atas	221
4.10 Optimasi <i>Barbending Schedule</i> Menggunakan <i>Solver Ad-in</i>	230
4.10.1.Optimasi Kebutuhan Besi Diameter 19mm Struktur Bawah.....	230
4.10.2.Optimasi Kebutuhan Besi Diameter 19 Struktur Atas	236

4.10.3.Optimasi	Kebutuhan	Besi	Diameter	16	Struktur	
Bawah.....						238
4.10.4.Optimasi	Kebutuhan	Besi	Diameter	16	Struktur	
Atas						240
4.10.5.Optimasi	Kebutuhan	Besi	Diameter	13	Struktur	
Bawah.....						242
4.10.6.Optimasi	Kebutuhan	Besi	Diameter	13	Struktur	
Atas						244
4.10.7.Optimasi	Kebutuhan	Besi	Diameter	10	Struktur	
Bawah.....						245
4.10.8.Optimasi	Kebutuhan	Besi	Diameter	10	Struktur	
Atas						246
4.11	Rekapitulasi Persentase Sisa Besi Tulangan.....					247
4.12	Perbandingan Biaya Kebutuhan Besi Tulangan menggunakan Metode <i>Bar Bending Schedule</i> dengan Biaya Pekerjaan Besi dalam Rencana Anggaran Biaya dan Data Logistik Besi.....					247
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN					249
5.1	Kesimpulan					249
5.2	Saran					250
DAFTAR PUSTAKA						

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ukuran Besi Beton Polos.....	9
Tabel 2. 2 Ukuran Besi Beton Sirip/Ulir.....	9
Tabel 2. 3 Panjang Penyaluran Tulangan.....	12
Tabel 2. 4 Tempat Sambungan Lewatan Balok	14
Tabel 2. 5 Diameter Bengkokan Minimum.....	16
Tabel 2. 6 Panjang Penyaluran Kondisi Tarik.....	19
Tabel 2. 7 Panjang Penyaluran Tulangan, l_d (mm) pada Kondisi Tarik	20
Tabel 2. 8 Panjang Penyaluran Tulangan, l_d (mm) pada Kondisi Tekan.....	20
Tabel 2. 9 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembesian 10 kg dengan besi polos atau ulir	27
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian	29
Tabel 3. 2 Format Perhitungan Panjang dan Jumlah Potongan Besi Tulangan	31
Tabel 3. 3 Format Rekapitulasi Panjang dan Jumlah Potongan Besi Tulangan....	32
Tabel 3. 4 Format Alternatif Pemotongan Besi Tulangan	32
Tabel 3. 5 Format Hasil Analisis Solver Add-in	33
Tabel 4. 1 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok Area <i>Master Bedroom</i>	59
Tabel 4. 2 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok Area <i>Master Bedroom</i> . 72	
Tabel 4. 3 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok <i>Service Area</i>	82
Tabel 4. 4 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok Area <i>Living Dinning</i> ...	93
Tabel 4. 5 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Balok <i>Service Building</i>	110
Tabel 4. 6 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof Area <i>Master Bedroom</i>	115
Tabel 4. 7 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof Area <i>Guest Bedroom</i> .	122
Tabel 4. 8 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof <i>Service Area</i>	129
Tabel 4. 9 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof <i>Living Dinning</i>	138
Tabel 4. 10 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Sloof <i>Service Building</i> ..	151
Tabel 4. 11 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pondasi <i>Master Bedroom</i> ..	160
Tabel 4. 12 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pondasi <i>Guest Bedroom</i>	162
Tabel 4. 13 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pondasi <i>Service Area</i>	164
Tabel 4. 14 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pondasi <i>Living Dinning</i>	167
Tabel 4. 15 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pondasi <i>Service Building</i> ..	169
Tabel 4. 16 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom <i>Master Bedroom</i>	181
Tabel 4. 17 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom <i>Guest Bedroom</i>	185
Tabel 4. 18 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom <i>Guest Bedroom</i>	187
Tabel 4. 19 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom <i>Living Dinning</i>	188
Tabel 4. 20 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Kolom <i>Service Building</i>	190
Tabel 4. 21 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai <i>Master Bedroom</i>	194
Tabel 4. 22 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai <i>Guest Bedroom</i>	196
Tabel 4. 23 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai <i>Service Area</i>	197
Tabel 4. 24 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai <i>Living Dinning</i>	200
Tabel 4. 25 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Tangga <i>Master Bedroom</i>	203

Tabel 4. 26 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Tangga <i>Service Area</i>	204
Tabel 4. 27 Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan RC Wall.....	206
Tabel 4. 28 Tabel Perhitungan Tunnel.....	210
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Kebutuhan Besi D19 Stuktur Bawah	211
Tabel 4. 30 Kebutuhan Besi Diameter 16 Struktur Bawah	212
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Kebutuhan Besi D13 Stuktur Bawah	216
Tabel 4. 32 Rekap Kebutuhan Besi D10 Struktur Bawah	217
Tabel 4. 33 Rekapitulasi Kebutuhan Besi D19 Struktur Atas.....	221
Tabel 4. 34 Rekap Kebutuhan Besi Diameter 16	221
Tabel 4. 35 Rekap Kebutuhan Tulangan D13 Struktur Atas	226
Tabel 4. 36 Rekap Kebutuhan Besi Tulangan D10 Struktur Atas	227
Tabel 4. 37 Tabel Alternatif Pemotongan	231
Tabel 4. 38 Hasil Running Program Ad-in Solver Kebutuhan Besi Tulangan Atas D19 Struktur Bawah	234
Tabel 4. 39 Hasil Running Program Ad-in Solver Kebutuhan Besi Tulangan Atas D19 Struktur Atas	236
Tabel 4. 40 Hasil Running Program Ad-in Solver Kebutuhan Besi Tulangan Atas D16 Struktur Bawah	238
Tabel 4. 41 Hasil Running Program Ad-in Solver Kebutuhan Besi Tulangan Atas D16 Struktur Atas	240
Tabel 4. 42 Hasil Running Program Ad-in Solver Kebutuhan Besi Tulangan Atas D13 Struktur Bawah	242
Tabel 4. 43 Hasil Running Program <i>Ad-in Solver</i> Kebutuhan Besi Tulangan Atas D13 Struktur Atas	244
Tabel 4. 44 Hasil Running Program Ad-in Solver Kebutuhan Besi Tulangan Atas D10 Struktur Bawah	245
Tabel 4. 45 Hasil Running Program Ad-in Solver Kebutuhan Besi Tulangan Atas D10 Struktur Bawah	246
Tabel 4. 46 Rekapitulasi Kebutuhan dan Sisa Besi Tulangan.....	247
Tabel 4. 47 Perbandingan jumlah kebutuhan besi tulangan dengan menggunakan Metode Bar Bending Schedule, data logistik besi dan RAB proyek.....	247
Tabel 4. 48 Perbandingan biaya kebutuhan besi tulangan dengan menggunakan Metode Bar Bending Schedule, data logistik besi dan RAB proyek.....	248

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Besi Tulangan Polos	8
Gambar 2. 2 Besi Tulangan Sirip/ Ulir/ Deform	8
Gambar 2. 3 Panjang Lewatan Tulangan Balok.....	12
Gambar 2. 4 Pada Kasus Tulangan Vertical Kolom.....	12
Gambar 2. 5 Detail Penulangan Balok.....	13
Gambar 2. 6 Penempatan Sambungan Lewatan	13
Gambar 2. 7 Tempat Sambungan Lewatan Kolom	14
Gambar 2. 8 Detail Tulangan Pelat Atap	15
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Proyek Villa R.13	29
Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian.....	35
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Proyek	37
Gambar 4. 2 Struktur Organisasi Kontraktor Pelaksana	41
Gambar 4. 3 Penyaluran Daerah Tumpuan dan Lapangan Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13.....	49
Gambar 4. 4 Sambungan dan Lewatan	49
Gambar 4. 5 Detail Standar Kait Tulangan Sengkang.....	50
Gambar 4. 6 Denah Balok <i>Master Bedroom</i>	51
Gambar 4. 7 Detail Penulangan Balok <i>Master Bedroom</i>	52
Gambar 4. 8 Potongan Melintang Balok G11	53
Gambar 4. 9 Balok dan Tulangan Balok G11 Grid O Bentang 4-5.....	53
Gambar 4. 10 Tulangan Atas Menerus Balok G11 Grid O Bentang 4-5.....	53
Gambar 4. 11 Tulangan Tumpuan Balok G11 Grid O Bentang 4-5.....	54
Gambar 4. 12 Tulangan Menerus Bawah Balok G11 Grid O Bentang 4-5	55
Gambar 4. 13 Tulangan Lapangan Balok G11 Grid O Bentang 4-5	56
Gambar 4. 14 Tulangan Sengkang Balok G11	57
Gambar 4. 15 Gambar Potongan Melintang Balok <i>Guest Bedroom</i>	70
Gambar 4. 16 Denah Balok <i>Guest Bedroom</i>	71
Gambar 4. 17 Potongan Melintang Balok <i>Service Area</i>	80
Gambar 4. 18 Denah Balok <i>Service Area</i>	81
Gambar 4. 19 Potongan Melintang Balok <i>Living Dinning</i>	90
Gambar 4. 20 Potongan Melintang Balok <i>Living Dinning</i>	91
Gambar 4. 21 Denah Balok Area <i>Living Dinning</i>	92
Gambar 4. 22 Potongan Melintang Balok <i>Service Building</i>	108
Gambar 4. 23 Denah Balok <i>Service Building</i>	109
Gambar 4. 24 Potongan Melintang Sloof <i>Masterbedroom</i>	113
Gambar 4. 25 Denah Sloof <i>Master Bedroom</i>	114
Gambar 4. 26 Potongan Melintang Sloof <i>Guest Bedroom</i>	121
Gambar 4. 27 Denah Sloof <i>Guest Bedroom</i>	121
Gambar 4. 28 Potongan Melintang Sloof <i>Service Area</i>	127
Gambar 4. 29 Denah Sloof <i>Service Area</i>	128
Gambar 4. 30 Gambar Potongan Melintang Sloof <i>Living Dinning</i>	137
Gambar 4. 31 Denah Sloof <i>Living Dinning</i>	137
Gambar 4. 32 Potongan Melintang Sloof <i>Service Building</i>	150
Gambar 4. 33 Denah Sloof <i>Service Building</i>	150

Gambar 4. 34 Denah Pondasi <i>Master Bedroom</i>	156
Gambar 4. 35 Potongan dan Detail Pondasi F3.....	157
Gambar 4. 36 Potongan dan Detail Pondasi F4.....	157
Gambar 4. 37 Tulangan Atas Pondasi F4	158
Gambar 4. 38 Tulangan Bawah Pondasi F4.....	158
Gambar 4. 39 Tulangan Atas Pondasi F3	159
Gambar 4. 40 Tulangan Bawah Pondasi F3.....	159
Gambar 4. 41 Detail Pondasi F5.....	161
Gambar 4. 42 Denah Pondasi <i>Guest Bedroom</i>	161
Gambar 4. 43 Detail Pondasi FSt2	163
Gambar 4. 44 Denah Pondasi <i>Service Area</i>	163
Gambar 4. 45 Detail Pondasi F2 dan F1	165
Gambar 4. 46 Detail Pondasi F6 dan FSt1	166
Gambar 4. 47 Denah Pondasi Area <i>Living Dinning</i>	166
Gambar 4. 48 Denah Pondasi <i>Service Building</i>	169
Gambar 4. 49 Denah Kolom Lantai 1 <i>Master Bedroom</i>	172
Gambar 4. 50 Denah Kolom Lantai 2 <i>Master Bedroom</i>	172
Gambar 4. 51 Gambar Detail Kolom <i>Master Bedroom</i>	173
Gambar 4. 52 Potongan Struktur <i>Master Bedroom</i>	173
Gambar 4. 53 Potongan Kolom C2.2.....	174
Gambar 4. 54 Tulangan Kolom Pedestal + Lantai 1 + $\frac{1}{2}$ Lantai 2 + Sambungan	174
Gambar 4. 55 Tulangan Kolom Pedestal + Lantai 1 + $\frac{1}{2}$ Lantai 2 + Jarak Sambungan	175
Gambar 4. 56 Tulangan 1/2 Lantai 2	176
Gambar 4. 57 Tulangan Setengah Lantai 2 - Jarak Sambungan	177
Gambar 4. 58 Sengkang Kolom C2.2.....	178
Gambar 4. 59 Sengkang Tengah Kolom C2.2.....	179
Gambar 4. 60 Rancangan Penulangan Plat <i>Master Bedroom</i>	192
Gambar 4. 61 Rancangan Penulangan Plat Lantai <i>Guest Bedroom</i>	195
Gambar 4. 62 Rancangan Penulangan Plat Lantai <i>Service Area</i>	197
Gambar 4. 63 Rancangan Penulangan Plat Lantai <i>Living Dinning</i>	199
Gambar 4. 64 Detail dan Potongan Tangga <i>Master Bedroom</i>	202
Gambar 4. 65 Detail dan Potongan Tangga <i>Service Area</i>	204
Gambar 4. 66 Gambar Potongan dan Detail RC Wall.....	205
Gambar 4. 67 Detail dan Potongan Tunnel.....	209
Gambar 4. 68 Diagram Batang Perbandingan Jumlah Kebutuhan Besi dengan Menggunakan Metode BBS, data logistik, dan RAB Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13	248

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Lembar Bimbingan Skripsi
- Lampiran 2 *Shop Drawing* Kolom Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13
- Lampiran 3 Tabel *Solver Add-in* Optimasi Besi
- Lampiran 4 Data Logistik Pengadaan Besi
- Lampiran 5 RAB Proyek Jimbaran Greenhill Villa R13
- Lampiran 6 Dokumentasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Material konstruksi merupakan bahan baku utama untuk pembangunan konstruksi yang berperan penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek. Menurut Ervianto, material mempunyai persentase cukup besar yaitu 50-70% dari total biaya proyek sehingga secara tidak langsung memegang peran penting dalam menunjang keberhasilan proyek khususnya dalam segi biaya. Munculnya sisa material pada saat pelaksanaan proyek di lapangan tidak akan dapat dihindari. Masih banyak pelaku konstruksi yang tidak menyadari betapa sisa ini telah membuat biaya proyek menjadi tidak terkendali sehingga terjadi pembengkakan biaya / *cost overrun*. [1]. Disebutkan oleh Farmoso, C.T bahwa material besi beton merupakan material yang memiliki persentase terhadap biaya tertinggi yaitu berkisar 20% - 30%. Menurut Basid, jika dilihat dari pengaruh faktor penyebab terjadinya sisa material besi terhadap kegiatan konstruksi, maka pemotongan besi beton bertulang yang tidak optimal merupakan faktor yang paling mempengaruhi terjadinya sisa material besi, sehingga persentase sisa besi dalam suatu proyek yang terbangun percuma akibat kesalahan pemotongan besi sekitar 11% - 15% . Persentase tersebut tergolong cukup besar sehingga diperlukan perencanaan yang matang dalam manajemen pemotongan besi tulangan agar tidak menghasilkan *waste* yang tinggi sehingga tidak mengurangi keuntungan dari proyek konstruksi.[2]

Sebagai salah satu material yang memiliki nilai tinggi dalam pekerjaan struktur perlu adanya perencanaan pembesian. Besi tulangan yang digunakan memiliki jenis dimensi dan spesifikasi yang berbeda-beda sesuai dengan gambar *shop drawing* sehingga kebutuhan potongan besi pada pekerjaan struktur sangatlah variatif. Sedangkan besi tulangan diproduksi dalam bentuk batangan dengan panjang standar 12 m hal tersebut menyebabkan pekerjaan pembesian harus direncanakan dengan baik. Perencanaan dimulai dari perhitungan kebutuhan besi tulangan. Besi tulangan harus dihitung dengan sangat teliti untuk mendapat nilai kebutuhan besi tulangan yang optimal sehingga dapat meminimalisir adanya sisa

material besi. Pekerjaan pembesian terdiri dari pekerjaan pemotongan, pembengkokan dan pabrikan besi tulangan. Semua pekerjaan tersebut berpedoman pada *shop drawing* dan standar teknis yang berlaku.[3] Manajemen pemotongan besi untuk pekerjaan struktur beton bertulang sangat penting dalam proyek karena poses pemotongan material besi tersebut merupakan kegiatan yang paling sering menimbulkan sisa material besi berupa potongan-potongan besi. [2]

Ada beberapa metode dalam menghitung kebutuhan besi tulangan, yaitu metode pendekatan (manual) dan metode *bar bending schedule* (BBS). Metode pendekatan (manual) yaitu perhitungan kebutuhan pembesian per satuan panjang dengan cara memotong-motong bagian komponen struktur kemudian dicari kuantitas besi per meter bagian dengan cara mengalikan panjang tulangan dengan jumlah tulangan serta berat jenisnya. Sedangkan *bar bending schedule* (BBS) adalah metode perencanaan pembesian yang mengandung informasi tentang detail bentuk besi tulangan, panjang besi tulangan, dimensi dan jumlah besi tulangan yang akan digunakan pada pekerjaan struktur yang mengacu pada gambar *Shop Drawing* yang telah disetujui oleh perencana. *Bar bending schedule* menghasilkan kebutuhan besi dalam satuan batang kemudian diperoleh satuan berat. Pola-pola pemotongan besi tulangan dikombinasikan sehingga mendapatkan pola yang paling optimal dan menghasilkan sisa material yang seminimal mungkin. Setiap metode memiliki keterbatasan dan membutuhkan tingkat ketelitian dalam perhitungannya. Semakin banyak variasi potongan, semakin lama waktu yang dibutuhkan dan semakin tinggi tingkat ketelitian yang diperlukan. [3].

Atas dasar penelitian tersebut, maka sebagai penelitian lanjutan akan dilakukan perhitungan pembesian menggunakan metode *bar bending schedule* dengan memperhatikan sisa material serta mengacu pada gambar *Shop Drawing*, RKS Struktur pada Proyek Villa R.13. Sehingga dapat diketahui secara akurat kebutuhan material besi tulangan serta sisa material besi yang ditimbulkan. Menerapkan *bar bending schedule* tidak hanya untuk mengetahui jumlah kebutuhan besi tulangan dan sisanya, melainkan dapat membuat perencanaan yang lebih teliti dan mempermudah untuk memasok material besi tulangan sesuai dengan perencanaan. Maka dengan menggunakan BBS perhitungan pembesian termasuk

sebagai upaya untuk mengefesiensi pembesian Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah akan memberikan gambaran mengenai apa yang akan dibahas pada bab selanjutnya. Adapun rumusan masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Berapa jumlah kebutuhan besi tulangan yang dihitung dengan menggunakan metode *bar bending schedule* pada proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13?
2. Berapa persentase sisa material besi tulangan yang dihitung dengan menggunakan metode *bar bending schedule* pada proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13 dan bagaimana perbandingannya dengan SNI?
3. Berapa besar biaya pembesian struktur beton bertulang yang dihitung dengan menggunakan metode *bar bending schedule* dibandingkan dengan biaya pembesian struktur beton bertulang berdasarkan data logistik besi dan Rencana Anggaran Biaya pada proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13 ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yakni bersumber dari rumusan masalah:

1. Mengetahui kebutuhan besi tulangan yang dihitung dengan menggunakan metode *bar bending schedule* pada proyek Jimbaran Greenhill Villa R13
2. Mengetahui persentase sisa material besi tulangan yang dihitung dengan menggunakan metode *bar bending schedule* pada proyek Jimbaran Greenhill Villa R13 dan perbandingannya dengan SNI
3. Mengetahui besar biaya pembesian struktur beton bertulang yang dihitung dengan menggunakan metode *bar bending schedule* dibandingkan dengan biaya pembesian struktur beton bertulang pekerjaan berdasarkan data logistik besi dan Rencana Anggaran Biaya pada proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Kontraktor/ Pelaksana
Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan pembesian khususnya perhitungan kebutuhan material besi tulangan.
2. Bagi Mahasiswa
 - a. Dapat mengaplikasikan dan mengembangkan pengetahuan tentang ilmu manajemen khususnya dalam manajemen material.
 - b. Diharapkan dapat menjadi bahan referensi tambahan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan manajemen material dan *bar bending schedule*.
3. Bagi Peneliti
Dalam penelitian ini, peneliti dapat menambah wawasan mengenai ilmu manajemen material khususnya optimalisasi besi dan *bar bending schedule*, serta mengembangkan pengetahuan mengenai pekerjaan struktur beton bertulang, khususnya pekerjaan pembesian.

1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Agar lebih terarah pada permasalahan yang ada, maka penelitian ini akan diberikan batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menghitung kebutuhan material besi tulangan pada pekerjaan pondasi, RC *wall*, tangga, sloof, balok, kolom, dan plat lantai.
2. Pada penelitian ini menggunakan metode *Bar Bending Schedule* dengan mengacu pada Standar Detail Pekerjaan Struktur pada *Shop Drawing*, SNI, dan RKS Struktur.
3. Pemodelan pola pembesian dilakukan menggunakan aplikasi AutoCAD 2017.
4. *Bar bending schedule* dibuat dengan menggunakan aplikasi *Ms. Excel* 2019.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan dan sisa besi tulangan pada pembahasan, diperoleh beberapa simpulan di bawah ini:

1. Kebutuhan besi tulangan untuk pekerjaan pondasi, RC *wall*, sloof, balok, kolom dan pelat lantai pada Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13 yaitu besi D19 sebanyak 267 batang atau sebesar 7.127,818 kg, besi D16 sebanyak 683 batang atau 12.930 kg, besi D13 sebanyak 472 batang sepanjang 12 m atau sebesar 5.898,84 kg, dan besi D10 sebanyak 2.778 batang atau sebesar 20.543,31 kg. Sehingga total kebutuhan besi tulangan yaitu 46.499,98 kg.
2. Persentase sisa (*waste*) besi tulangan untuk pekerjaan pondasi, RC *wall*, sloof, balok, kolom dan pelat lantai pada Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13 yaitu D19 sebesar 3%, besi D16 sebesar 2%, besi D13 sebesar 4%, dan besi D10 sebesar 0.5%% atau secara keseluruhan rata-rata persentase *waste* adalah 2%, atau 60% lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai standar sisa atau waste besi tulangan yang direkomendasikan oleh SNI yaitu 5%.
3. Total biaya pembesian struktur beton bertulang untuk pekerjaan pondasi, RC *wall*, tangga, sloof, balok, kolom dan pelat lantai pada Proyek Jimbaran Greenhill Villa R.13 berdasarkan metode *bar bending schedule* yaitu sebesar Rp. 669,600,00.00 sementara nilai pengadaan besi oleh bagian logistik sebesar Rp. 863,202,000.00 sedangkan berdasarkan RAB adalah senilai Rp. 801,479,000.00. Dengan demikian hasil perhitungan dengan metode *bar bending schedule* 22% lebih kecil dari pengadaan oleh logistik dan 16% lebih kecil dari Rencana Anggaran Biaya. Dari hasil tersebut sebenarnya juga dapat diketahui bahwa nilai pengadaan besi beton lebih besar dari Rencana Anggaran Biaya.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan

Pembuatan *bar bending schedule* sangat disarankan agar manajemen pembesian proyek dari tahap estimasi hingga tahap pemotongan besi dapat dilakukan dengan detail sehingga proyek tidak mengalami *cost overrun* di biaya pekerjaan pembesian dan sisa potongan dapat diminimalisir. Dan agar *bar bending schedule* bisa terwujud, dalam pelaksanaannya perlu pengawasan yang teliti dan ketat.

2. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian selanjutnya dapat mengangkat topik yang sama namun dapat menggunakan metode dengan aplikasi lainnya seperti SOWB (*Software Optimalisasi Waste Besi*) karena metode dengan menggunakan Add-in Solver membutuhkan waktu yang relatif panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Julsen, Abdullah, dan Anita R. 2018. “FAKTOR SISA MATERIAL YANG MEMPENGARUHI BIAYA PADA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG DI PROVINSI ACEH”. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaa* 1(4). 148-149
- [2] Sabry, SLES., Widi H., dan Sugiyarto. 2013. “MODEL OPTIMASI PEMOTONGAN BESI TULANGAN PELAT LANTAI DENGAN PROGRAM LINEAR”. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*
- [3] Datin, I.I. 2020. “EVALUASI PERHITUNGAN MATERIAL DAN BIAYA BESI PADA PROYEK RUMAH DINAS POLRES KOTA SUKABUMI”. *Jurnal Student Teknik Sipil*, Vol. 1, No. 2, 82-83.
- [4] Setiawan, R., Arief F. 2018. “ANALISIS MANAJEMEN KONSTRUKSI PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG SETDA KABUPATEN KUNINGAN”. *Jurnal Konstruksi UNSWAGATI CIREBON*, Vol. VII, No.5, September 2018 , 413-414
- [5] Widiyanti, I dan Lenggogeni. 2013. *Manajemen Konstruksi*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- [6] Siswanto, Agus B. Penerapan Manajemen Material Pada Proyek Konstruksi Di Sumba (Studi Kasus di Kabupaten Sumba Tengah). Semarang: Universitas 17 Agustus.
- [7] Pramono, Y. dan Lusiana, RR. E.M.2014.” Rancangan Sistem Manajemen Material Pada Proyek Pembangunan Perluasan Hotel Mercure 8 Lantai “. *Jurnal Untan*, Vol. 1.
- [8] Badan Standardisasi Nasional. 2017. *Baja Tulangan Beton (SNI 2052:2017)*. Jakarta: BSI
- [9] Damanik, Yeni S. 2019. Perhitungan Kebutuhan Tulangan, Sisa (*Waste*) Tulangan dan Biaya Tulangan Pada Pekerjaan Struktur Balok dan Kolom Proyek Apartemen Wahid Hasyim Residence Medan. Medan: Politeknik Negeri Medan.
- [10] Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk*

Bangunan Gedung (SNI 2847-2013). Jakarta: BSI.

- [11] Djamaris, A.R.A. 2018. Pemanfaatan Excel-Solver Untuk Pengambilan Keputusan. Universitas Bakrie.
- [12] Badan Standardisasi Nasional. 2008. HSP Beton (SNI 7394:2008). Jakarta: BSI
- [13] Nasution, Amrun, dan Mukhlis Islam. 2015. “ANALISIS KOLOM BETON BERTULANG PADA PENAMPANG PERSEGI BERLUBANG”. e-Jurnal UNIB. J.Inersia. 11(1):19-26