

SKRIPSI
ANALISIS KEBUTUHAN BESI TULANGAN STRUKTUR
BERDASARKAN OPTIMALISASI WASTE MATERIAL
DENGAN MENGGUNAKAN METODE
BAR BENDING SCHEDULE
(Studi Kasus: Sumitra *Hotel and Resort*, Denpasar, Bali)



POLITEKNIK NEGERI BALI

OLEH:
I PUTU GEDE DWIPAYANA PUTRA
2115124060

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI
2025

**ANALISIS KEBUTUHAN BESI TULANGAN STRUKTUR
BERDASARKAN OPTIMALISASI WASTE MATERIAL
DENGAN MENGGUNAKAN METODE
BAR BENDING SCHEDULE
(Studi Kasus : Sumitra Hotel and Resort, Denpasar, Bali)**

I Putu Gede Dwipayana Putra

Program Studi Sarjana Terapan Manajemen Proyek Konstruksi
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran,
Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364
Telp. (0361) 701891 Fax. 701128
Email: tudedwipa30@gmail.com

ABSTRAK

Material merupakan suatu komponen utama dalam proyek konstruksi yang selalu berkaitan dengan biaya proyek. Salah satu material yang memiliki nilai biaya yang cukup besar adalah besi tulangan. Besi tulangan sering mengalami *waste* dalam setiap proyek, sehingga perlu dilakukan perencanaan yang lebih detail agar mendapatkan kebutuhan besi yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan besi tulangan, *waste* besi tulangan, dan persentase biaya *waste* besi tulangan yang terjadi. Metode penelitian yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode *Bar Bending Schedule* yang dihitung pada pekerjaan struktur *basement* dan lantai 1 Proyek Sumitra Hotel and Resort. Dari hasil analisis, didapatkan jumlah kebutuhan secara keseluruhan adalah sebesar 76.475,90 kg dan *waste* sebesar 1.516,90 kg. Biaya kebutuhan sebesar Rp744.519.530,80, sedangkan biaya *waste* sebesar Rp14.767.536,17. Persentase *waste* yang didapatkan sebesar 1,98%, bernilai lebih kecil dari toleransi *waste* dalam SNI sebesar 5%.

Kata Kunci: *Quantity Take Off, Cutting List, Bar Bending Schedule, Waste Material, Biaya.*

**ANALYSIS OF STRUCTURAL REINFORCEMENT NEEDS
BASED ON OPTIMIZATION OF WASTE MATERIALS USING
THE BAR BENDING SCHEDULE METHOD
(Case Study : Sumitra Hotel and Resort, Denpasar, Bali)**

I Putu Gede Dwipayana Putra

Program Studi Sarjana Terapan Manajemen Proyek Konstruksi
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran,
Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364
Telp. (0361) 701891 Fax. 701128
Email: tudedwipa30@gmail.com

ABSTRACT

Materials are a major component in construction projects which are always related to project costs. One of the materials that has a considerable cost value is reinforcement. Reinforcement often experiences waste in every project, so it is necessary to carry out more detailed planning in order to get optimal iron needs. This study aims to determine the need for reinforcement, waste reinforcement, and the percentage of waste reinforcement that occur. The study method used is quantitative descriptive. Data analysis was carried out using the Bar Bending Schedule method calculated on the work of the basement structure and the 1st floor of the Sumitra Hotel and Resort Project. From the results of the analysis, it was found that the total amount of needs was 76,475.90 kg and waste was 1,516.90 kg. The cost of necessities is IDR 744,519,530.80 while the cost of waste is IDR 14,767,536.17. The waste percentage obtained was 1,98%, which is smaller than the waste tolerance in SNI of 5%.

Keywords: Quantity Take Off, Cutting List, Bar Bending Schedule, Waste Material, Cost.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
LEMBAR LAYAK UJIAN SKRIPSI DOSEN PEMBIMBING 1.....	ii
LEMBAR LAYAK UJIAN SKRIPSI DOSEN PEMBIMBING 2.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Proyek Konstruksi	7
2.2 Manajemen Proyek Konstruksi	7
2.3 Material Konstruksi	9
2.4 Manajemen Material Konstruksi	10
2.5 <i>Waste Material</i> Konstruksi.....	10
2.6 Material Besi Tulangan	13
2.7 Penulangan Struktur	16
2.7.1 Standar Kait Penulangan	17
2.7.2 Penyaluran Tulangan.....	19
2.7.3 Sambungan Lewatan	21

2.8	<i>Bar Bending Schedule (BBS)</i>	22
2.9	Perhitungan Volume dan Biaya Pekerjaan Besi Tulangan.....	23
2.9.1	Perhitungan Volume.....	23
2.9.2	Perhitungan Biaya	23
2.10	<i>Autodesk Revit</i>	24
2.11	<i>Cutting Optimization Pro</i>	31
BAB III METODE PENELITIAN		34
3.1	Rancangan Penelitian	34
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	34
3.2.1	Lokasi Penelitian.....	34
3.2.2	Waktu Penelitian	35
3.3	Instrumen Penelitian	36
3.4	Variabel Penelitian	36
3.5	Sumber Data	37
3.6	Analisis Data	37
3.7	Tahapan Penelitian	39
3.8	Diagram Alir Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Data Umum Proyek	42
4.2	Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan.....	43
4.2.1	Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan pada Pekerjaan <i>Pile Cap</i>	44
4.2.2	Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan pada Pekerjaan <i>Tie Beam Basement</i>	50
4.2.3	Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan pada Pekerjaan Plat Lantai <i>Basement</i>	59
4.2.4	Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan pada Pekerjaan RC <i>Wall Kabel Trench</i> dan Plat Dudukan Trafo	65
4.2.5	Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan pada Pekerjaan RC <i>Wall Basement</i>	79

4.2.6	Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan pada Pekerjaan Kolom <i>Basement</i>	87
4.2.7	Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan pada Pekerjaan Balok Lantai 1	96
4.2.8	Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan pada Pekerjaan Plat Lantai 1	112
4.3	Rekapitulasi Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan	120
4.3.1	Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan Besi Tulangan	120
4.3.2	Rekapitulasi Jumlah dan Persentase <i>Waste</i> Besi Tulangan.....	122
4.4	Perhitungan Biaya Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Besi Tulangan.....	126
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		129
5.1	Kesimpulan.....	129
5.2	Saran	130
DAFTAR PUSTAKA		131
LAMPIRAN-LAMPIRAN		134

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Baja Tulangan Beton Polos (BJTP)	14
Gambar 2. 2 Baja Tulangan Beton Sirip (BJTS)	15
Gambar 2. 3 Contoh Tabel Bar Bending Schedule	22
Gambar 2. 4 Membuka software Autodesk Revit.....	26
Gambar 2. 5 Pemodelan Grid.....	27
Gambar 2. 6 Pemodelan Level	27
Gambar 2. 7 Pemodelan Kolom	28
Gambar 2. 8 Menu Edit Type Komponen Struktur.....	28
Gambar 2. 9 Menentukan Selimut Beton.....	29
Gambar 2. 10 Pemodelan Pembesian Struktur.....	29
Gambar 2. 11 Pemodelan Section dan Callout.....	30
Gambar 2. 12 Memilih Menu Schedules/Quantities	30
Gambar 2. 13 Tabel Quantity Take Off	31
Gambar 2. 14 Tampilan Awal Cutting Optimization Pro	32
Gambar 2. 15 Memasukkan Data Pembesian	32
Gambar 2. 16 Running Data Pembesian untuk Mendapatkan Cutting List	33
Gambar 2. 17 Sisa Potongan yang Masuk ke dalam Stock.....	33
Gambar 3. 1 Lokasi Proyek Sumitra Hotel and Resort.....	35
Gambar 3. 2 Pemodelan pada Autodesk Revit.....	37
Gambar 3. 3 Quantity Take Off pembesian dari Autodesk Revit.....	38
Gambar 3. 4 Cutting List Pembesian dari Cutting Optimization Pro	38
Gambar 3. 5 Contoh Bar Bending Schedule	39
Gambar 3. 6 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 4. 1 Foto Gedung Guest Block 3 Proyek Sumitra Hotel and Resort.....	43
Gambar 4. 2 Detail Pile Cap Tipe PC1A	45
Gambar 4. 3 Skema Dimensi Pembesian Pile Cap PC1A.....	45
Gambar 4. 4 Cutting List Pembesian Pile Cap PC1A.....	47
Gambar 4. 5 Detail Tie Beam Tipe TB1	51
Gambar 4. 6 Panjang Penyaluran pada Tumpuan dan Lapangan.....	52

Gambar 4. 7 Skema Dimensi Pembesian Tulangan Utama TB1	53
Gambar 4. 8 Skema Dimensi Pembesian Tulangan Sengkang TB1	54
Gambar 4. 9 Cutting List Pembesian Tie Beam TB 1	56
Gambar 4. 10 Detail Plat Lantai Basement Tipe S2	59
Gambar 4. 11 Skema Dimensi Pembesian Plat Lantai Basement Tipe S2	60
Gambar 4. 12 Cutting List Pembesian Plat Lantai Basement Tipe S2.....	62
Gambar 4. 13 Detail RC Wall Kabel Trench dan Plat Dudukan Trafo.....	65
Gambar 4. 14 Skema Dimensi Pembesian Plat Trafo Lapis Atas Tipe S2	66
Gambar 4. 15 Skema Dimensi Pembesian Plat Trafo Lapis Bawah Tipe S2	67
Gambar 4. 16 Skema Dimensi Pembesian Sambungan Plat Trafo dan Kabel Trench Lapis Bawah Tipe S2.....	68
Gambar 4. 17 Skema Dimensi Pembesian RC Wall dan	69
Gambar 4. 18 Skema Dimensi Pembesian RC Wall Kabel Trench	70
Gambar 4. 19 Cutting List Pembesian RC Wall Kabel Trench	74
Gambar 4. 20 Detail RC Wall Basement	80
Gambar 4. 21 Skema Dimensi Pembesian Vertikal RC Wall Basement	81
Gambar 4. 22 Skema Dimensi Pembesian Horizontal RC Wall Basement	82
Gambar 4. 23 Cutting List Pembesian RC Wall Basement Arah Y.....	84
Gambar 4. 24 Detail Kolom Basement Tipe C2	88
Gambar 4. 25 Skema Dimensi Pembesian Tulangan Utama Kolom Basement ...	89
Gambar 4. 26 Skema Dimensi Pembesian Sengkang Kolom Basement	90
Gambar 4. 27 Skema Dimensi Pembesian Sengkang Ikat Kolom Basement	91
Gambar 4. 28 Cutting List Pembesian Kolom Basement	93
Gambar 4. 29 Detail Balok Lantai 1 Tipe B1	97
Gambar 4. 30 Skema Dimensi Pembesian Tulangan Utama	98
Gambar 4. 31 Skema Dimensi Pembesian Tulangan Utama Tengah Balok B1 ...	99
Gambar 4. 32 Skema Dimensi Pembesian Tulangan Sengkang Balok B1	100
Gambar 4. 33 Cutting List Pembesian Balok B1 Lantai 1	105
Gambar 4. 34 Plat Lantai 1 Tipe S3.....	113
Gambar 4. 35 Skema Dimensi Pembesian Plat Lantai Tipe S3	114
Gambar 4. 36 Cutting List Pembesian Plat Lantai 1	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ukuran besi tulangan beton polos	14
Tabel 2. 2 Ukuran besi tulangan beton sirip	16
Tabel 2. 3 Standar Kait pada Tulangan Tarik	18
Tabel 2. 4 Standar Kait pada Tulangan Sengkang	19
Tabel 2. 5 Analisa Harga Satuan Pekerjaan 10 kg Pembesian.....	23
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian	35
Tabel 4. 1 Jenis-jenis Pile Cap yang digunakan pada Guest Block 2	44
Tabel 4. 2 Quantity Take Off Pembesian Pile Cap	46
Tabel 4. 3 Bar Bending Schedule Pile Cap Tipe PC1A.....	48
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Kebutuhan dan Waste Pembesian Pile Cap	49
Tabel 4. 5 Jenis-jenis Tie Beam Pada Basement.....	50
Tabel 4. 6 Quantity Take Off Pembesian Tie Beam Tipe TB1.....	55
Tabel 4. 7 Bar Bending Schedule Tie Beam TB 1	57
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Kebutuhan dan Waste Pembesian Tie Beam 1	58
Tabel 4. 9 Quantity Take Off Pembesian Plat Lantai Basement Tipe S2	61
Tabel 4. 10 Bar Bending Schedule Plat Lantai Basement Tipe S2.....	63
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Kebutuhan dan Waste Pembesian Plat Lantai Basement Tipe S2	64
Tabel 4. 12 Quantity Take Off Pembesian RC Wall Kabel Trench dan	71
Tabel 4. 13 Bar Bending Schedule RC Wall Kabel Trench dan Plat Dudukan Trafo.....	75
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Kebutuhan dan Waste Pembesian RC Wall Kabel Trench dan Plat Dudukan Trafo	76
Tabel 4. 15 Quantity Take Off Pembesian RC Wall Basement.....	83
Tabel 4. 16 Bar Bending Schedule RC Wall Basement.....	85
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Kebutuhan dan Waste Pembesian RC Wall Basement .	86
Tabel 4. 18 Jenis-jenis Kolom pada Basement	87
Tabel 4. 19 Quantity Take Off Kolom Basement	92
Tabel 4. 20 Bar Bending Schedule Kolom Basement.....	94

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Kebutuhan dan Waste Pembesian Kolom Basement	95
Tabel 4. 22 Jenis-jenis Balok pada Lantai 1	96
Tabel 4. 23 Quantity Take Off Balok Lantai 1	101
Tabel 4. 24 Bar Bending Schedule Balok Lantai 1 Tipe B1	106
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Kebutuhan dan Waste Pembesian Balok Lantai 1	108
Tabel 4. 26 Jenis-jenis Plat pada Lantai 1	113
Tabel 4. 27 Quantity Take Off Pembesian Plat Lantai 1	115
Tabel 4. 28 Bar Bending Schedule Plat Lantai 1 Tipe S3	117
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Kebutuhan dan Waste Pembesian Plat Lantai 1	119
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Total Kebutuhan Besi Tulangan	121
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Total Waste Besi Tulangan	123
Tabel 4. 32 Persentase Waste Besi Tulangan Berdasarkan Diameter Besi	124
Tabel 4. 33 Persentase Waste Besi Tulangan Berdasarkan Item Pekerjaan	125
Tabel 4. 34 Biaya Kebutuhan Besi Tulangan	126
Tabel 4. 35 Biaya Waste Besi Tulangan	127
Tabel 4. 36 Persentase Biaya Waste Besi Tulangan Keseluruhan	127

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1:** Proses Asistensi Mahasiswa.
- Lampiran 2:** Gambar Denah, Detail, dan *Bar Bending Schedule* Pekerjaan Pembesian *Pile Cap*.
- Lampiran 3:** Gambar Denah, Detail, dan *Bar Bending Schedule* Pekerjaan Pembesian *Tie Beam*.
- Lampiran 4:** Gambar Denah, Detail, dan *Bar Bending Schedule* Pekerjaan Pembesian Plat Lantai *Basement*.
- Lampiran 5:** Gambar Denah, Detail, dan *Bar Bending Schedule* Pekerjaan Pembesian RC *Wall Kabel Trench* dan Plat Dudukan Trafo.
- Lampiran 6:** Gambar Denah, Detail, dan *Bar Bending Schedule* Pekerjaan Pembesian RC *Wall Basement*.
- Lampiran 7:** Gambar Denah, Detail, dan *Bar Bending Schedule* Pekerjaan Pembesian Kolom *Basement*.
- Lampiran 8:** Gambar Denah, Detail, dan *Bar Bending Schedule* Pekerjaan Pembesian Balok Lantai 1.
- Lampiran 9:** Gambar Denah, Detail, dan *Bar Bending Schedule* Pekerjaan Pembesian Plat Lantai 1.
- Lampiran 10:** Daftar Harga Besi Tulangan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi merupakan suatu proses untuk membangun atau merakit struktur fisik sebuah infrastruktur yang umum digunakan oleh manusia seperti bangunan, jembatan, jalan raya, bendungan, saluran air, dan infrastruktur lainnya [1]. Dunia konstruksi berkembang dengan pesat dan meluas menjadi bisnis yang mempunyai peranan penting dalam keberlangsungan dan keberhasilan pembangunan nasional [2]. Proses konstruksi biasanya terdiri dari 3 tahap utama, yaitu perencanaan, pelaksanaan, dan operasional atau pemeliharaan. Setiap tahap ini memerlukan koordinasi yang cermat antara berbagai pihak yang terlibat, termasuk pemilik proyek, konsultan, kontraktor, dan pihak yang lainnya [3].

Proyek konstruksi adalah suatu kegiatan usaha yang kompleks, bersifat tidak rutin, memiliki keterbatasan terhadap waktu, anggaran dan sumber daya, serta memiliki spesifikasi tersendiri atas proyek yang akan dihasilkan [4]. Secara garis besar, proyek konstruksi terdiri dari 3 pekerjaan utama, yaitu pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, dan pekerjaan MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*) [5]. Untuk kelancaran pelaksanaan proyek, tentunya setiap proyek konstruksi selalu memerlukan *resources* (sumber daya) yaitu *man* (manusia), *material* (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *method* (metode pelaksanaan), *money* (uang), *information* (informasi), dan *time* (waktu) [6]. Material atau bahan bangunan merupakan suatu hal yang utama dan cukup krusial dalam keberlangsungan pelaksanaan proyek karena berkaitan dengan produk yang digunakan untuk melaksanakan berbagai item pekerjaan.

Pengadaan material merupakan bagian terpenting dari suatu proyek konstruksi, karena memiliki keterkaitan dengan anggaran biaya proyek [7]. Pada pelaksanaan suatu proyek konstruksi biasanya ada material sisa atau limbah yang tidak terpakai yang disebut dengan *waste material* [8]. Menurut [9], *waste* atau sisa material konstruksi diidentifikasi sebagai hilangnya sumber daya fisik dalam hal

biaya dan waktu yang berkaitan dengan pekerja, peralatan, dan bahan atau material. Kategori *waste* yang utama dalam bidang konstruksi adalah *reworks*/pengulangan pekerjaan, adanya material yang mengalami kerusakan/cacat, pemborosan yang tidak perlu, aktivitas pekerjaan yang tidak perlu, penundaan pekerjaan, kesalahan dalam pemilihan metode kerja dan buruknya manajemen peralatan dan bahan [10]. Besar kecilnya jumlah *waste* material dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti desain, metode kerja, dan karakteristik tenaga kerja dalam melaksanakan pekerjaan [11].

Menurut [12] material konstruksi yang umumnya mengalami *waste* adalah pasir, beton, bata, kayu bekisting, besi, cat, dan keramik. Material besi jika mengalami *waste* akan memiliki nilai yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan material yang lain, dikarenakan pekerjaan pembersihan adalah pekerjaan yang vital dan rata-rata memiliki volume yang besar [13]. Material besi tulangan merupakan salah satu komponen dalam struktur beton bertulang yang memiliki fungsi untuk menahan gaya tarik dalam struktur beton bertulang. Besi tulangan yang digunakan dalam suatu proyek memiliki spesifikasi dan dimensi yang beragam sesuai dengan gambar kerja dan standar teknis yang digunakan [14]. Perencanaan kebutuhan besi tulangan dihitung menggunakan satuan kilogram berdasarkan panjang besi dikalikan berat besi per meter panjang. Namun dalam pengerjaannya di lapangan umumnya menggunakan satuan batang, sehingga sering terjadi selisih dalam penggunaannya. Maka perlu dilakukan perhitungan kebutuhan besi tulangan secara detail dan teliti, yakni dengan menggunakan metode *Bar Bending Schedule*.

Metode *Bar Bending Schedule* (BBS) adalah metode perencanaan pada pekerjaan pembersihan yang berisikan informasi mengenai detail berupa bentuk, panjang, dimensi, jumlah besi, serta volume besi tulangan yang akan digunakan pada pekerjaan struktur [15]. Perhitungan dengan menggunakan BBS saat ini sudah cukup banyak diterapkan dalam setiap proyek konstruksi karena dinilai lebih akurat dan waktu pengerjaan menjadi lebih efektif [16]. Dalam perhitungan BBS terdapat bentuk atau pola pemotongan yang dapat memudahkan dalam mendapatkan hasil besi yang optimal sesuai gambar dengan meminimalisir sisa material dari hasil pemotongan tersebut.

Beberapa penelitian terdahulu yang memiliki korelasi sama digunakan sebagai pedoman untuk melatarbelakangi penelitian yang dilakukan oleh penulis saat ini. Diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh I Made Yudi Arthawan pada tahun 2022 dengan judul “Analisis Kebutuhan Besi Tulangan Berbasis Optimasi Waste Dengan *Metode Bar Bending Schedule* dan Pengaruhnya Terhadap Biaya Struktur Beton Bertulang”, yang dilakukan di Proyek Jimbaran *Greenhill Villa* R.13 pada pekerjaan pondasi, RC wall, sloof, balok, kolom, dan pelat lantai memperoleh rata-rata persentase *waste material* besi tulangan adalah 2% atau 60% lebih kecil dari persyaratan *waste* sebesar 5% [17]. Penelitian yang dilakukan oleh Kadek Widi Antara pada tahun 2022 dengan judul “Pehitungan Kebutuhan Dan Waste Material Besi Menggunakan *Bar Bending Schedule* Pada Proyek Pembangunan Asrama Polisi T.36 Sanglah” yang dilakukan pada pekerjaan bored pile, pondasi telapak, sloof, kolom, dan balok memperoleh persentase *waste* sebesar 3,03% [18].

Sumitra Hotel and Resort merupakan pembangunan sanggraloka berskala besar di daerah Sanur, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar, dengan luas lahan mencapai 23.000 m². Proyek ini memiliki 4 bangunan gedung atau blok hotel, 8 unit villa, restoran, wahana sungai buatan arus tenang (*lazy river*), dan berbagai penataan kawasan lainnya. Penerapan manajemen *waste material* pada proyek ini belum dilaksanakan secara maksimal, terutama pada material besi tulangan struktur. Maka dari itu, dalam penelitian ini peneliti akan merencanakan perhitungan pembesian tulangan struktur dengan menerapkan metode *bar bending schedule*. Penelitian ini mengacu pada data berupa gambar kerja yang digunakan. Dengan menerapkan metode perhitungan *bar bending schedule*, maka akan didapatkan hasil perhitungan besi tulangan struktur yang lebih detail dan akurat sehingga dapat mengefisienkan proses pengerjaan dan menekan pembengkakan biaya yang timbul dari adanya *waste material* khususnya pada besi tulangan struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa jumlah kebutuhan besi tulangan struktur yang dihasilkan dengan menggunakan metode *Bar Bending Schedule* pada Proyek Sumitra *Hotel and Resort*?
2. Berapa jumlah dan persentase *waste material* besi tulangan struktur yang dihasilkan dengan menggunakan metode *Bar Bending Schedule* pada Proyek Sumitra *Hotel and Resort*?
3. Berapa besar jumlah dan persentase biaya *waste material* besi tulangan struktur yang dihasilkan dengan menggunakan metode *Bar Bending Schedule* pada Proyek Sumitra *Hotel and Resort*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka didapatkan tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jumlah kebutuhan besi tulangan struktur dengan menggunakan metode *bar bending schedule* pada Proyek Sumitra *Hotel and Resort*.
2. Mengetahui jumlah dan persentase *waste material* besi tulangan struktur dengan menggunakan metode *bar bending schedule* pada Proyek Sumitra *Hotel and Resort*.
3. Mengetahui besar biaya *waste material* yang dihasilkan dengan menggunakan metode *bar bending schedule* pada Proyek Sumitra *Hotel and Resort*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Bagi Kontraktor
Dapat memberikan pemahaman yang lebih baik bagi perusahaan konstruksi terkait dengan manajemen material khususnya material besi

tulangan yang sangat bermanfaat jika diterapkan saat pelaksanaan proyek, baik itu dalam manajemen *waste material* yang terjadi ataupun menerapkan metode *bar bending schedule* untuk perencanaan kebutuhan besi tulangan.

2. Bagi Peneliti

Dapat menambah wawasan bagi peneliti mengenai ilmu manajemen material dalam suatu proyek terkhususnya untuk material besi tulangan struktur dan penerapan *bar bending schedule* serta menambah pengetahuan mengenai perencanaan pembesian beton bertulang.

3. Bagi Mahasiswa

- a. Dapat menambah wawasan tentang pengoptimalan perhitungan kebutuhan besi tulangan struktur dengan metode *bar bending schedule* dan menerapkannya pada perencanaan proyek di lapangan.
- b. Dapat menerapkan dan mengembangkan pengetahuan terkait dengan manajemen material proyek konstruksi, khususnya pada material besi tulangan struktur.
- c. Dapat dijadikan sebagai referensi dan pengembangan untuk melaksanakan penelitian selanjutnya terkait dengan manajemen material besi tulangan struktur ataupun metode *bar bending schedule*.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

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

1. Penelitian ini menggunakan data berupa harga besi tulangan dan gambar kerja (*shop drawing*).
2. Penelitian ini menghitung kebutuhan dan *waste* besi tulangan pada pekerjaan struktur *Guest Block* 2. Pekerjaan struktur tersebut meliputi pekerjaan *pile cap*, sloof *basement*, plat lantai *basement*, kolom *basement*, *retaining wall*, balok lantai 1, dan plat lantai 1
3. *Waste* yang dimaksud adalah sisa material besi yang tidak dapat digunakan kembali dengan panjang besi yang dikategorikan sebagai

waste yaitu dibawah 100 cm untuk besi ulir dan dibawah 70 cm untuk besi polos.

4. Panjang 1 batang besi adalah berukuran 12 meter dan setiap pemotongan besi baru dimulai dari 1 batang besi sepanjang 12 meter.
5. Perhitungan kebutuhan dan *waste* material besi dilakukan pada tahap perencanaan, belum memasuki tahap pelaksanaan.
6. Pemodelan pembesian dilakukan menggunakan *Autodesk Revit 2024*, *Bar Bending Schedule* menggunakan *Microsoft Excel* yang dikombinasi dengan *Cutting Optimization Pro* untuk menentukan *cutting list*, dan rekapitulasi perhitungan menggunakan *Microsoft Excel*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan dan *waste* material besi tulangan pada bab pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan besi tulangan pada Gedung *Guest Block 2 Sumitra Hotel and Resort*, yaitu pada pekerjaan *pile cap* sebesar 18.255,97 kg, pekerjaan *tie beam* sebesar 4.651,16 kg, pekerjaan plat lantai *basement* sebesar 7.733,16 kg, pekerjaan RC wall kabel *trench* dan platudukan trafo sebesar 2.683,89 kg, pekerjaan RC wall *basement* sebesar 9.304,67 kg, pekerjaan kolom *basement* sebesar 7.584,87 kg, pekerjaan balok lantai 1 sebesar 13.390,40 kg, dan pekerjaan plat lantai 1 sebesar 12.871,78 kg. Dengan total seluruh kebutuhan besi tulangan adalah 76.475,90 kg.
2. Jumlah dan persentase *waste* besi tulangan yang dihasilkan untuk setiap pekerjaan yang ditinjau, yaitu pada pekerjaan *pile cap* sebesar 547,41 kg atau 3,00%, pada pekerjaan *tie beam* sebesar 117,29 kg atau 2,52%, pada pekerjaan plat lantai *basement* sebesar 1,90 kg atau 0,02%, pada pekerjaan RC wall kabel *trench* dan platudukan trafo sebesar 49,62 kg atau 1,85%, pada pekerjaan RC wall *basement* sebesar 490,64 kg atau 5,27%, pada pekerjaan kolom *basement* sebesar 13,96 kg atau 0,18%, pada pekerjaan balok lantai 1 sebesar 129,93 kg atau 0,97%, dan pada pekerjaan plat lantai 1 sebesar 166,14 kg atau 1,29%. Dengan total seluruh *waste* besi tulangan adalah 1.516,90 kg.
3. Total biaya kebutuhan besi tulangan yang dihasilkan dengan menggunakan metode *Bar Bending Schedule* adalah sebesar Rp744.519.530,80, sedangkan biaya *waste* besi tulangan adalah sebesar Rp14.767.536,17. Persentase *waste* yang didapatkan sebesar 1,98%, maka hasil tersebut bernilai lebih kecil daripada toleransi *waste* sebesar 5% yang diizinkan dalam SNI.

5.2 Saran

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

1. *Bar Bending Schedule* yang sudah dikerjakan dalam tahap perencanaan agar dapat diterapkan ketika proses pemotongan besi di lapangan agar penggunaan besi sesuai dengan yang direncanakan.
2. Pada penelitian selanjutnya, dapat dilakukan analisis *waste material* besi tulangan secara langsung di lapangan agar dapat mengetahui jumlah *waste* besi yang lebih riil.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat lebih banyak menerapkan *software* BIM untuk pengendalian material proyek, khususnya perhitungan kebutuhan dan *waste* besi tulangan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Sirait, E. H. Manurung, A. Mubarak, and S. Suripto, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Risiko Pada Proyek Konstruksi Infrastruktur," *J. Rekayasa Konstr. Mek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 41–47, 2023, doi: 10.54367/jrkms.v6i1.2556.
- [2] N. Armaeni, "Kajian Etika Dan Profesionalisme Dalam Bisnis Konstruksi Indonesia," *Paduraksa*, vol. 3, no. 2, pp. 45–60, 2014.
- [3] A. Saputra, "Studi Jasa Konsultan Manajemen Proyek Konstruksi Profesional Bab II," *E-journal uajy*, pp. 9–19, 2012.
- [4] N. Kadek, L. Antari, I. G. N. Sunatha, I. P. Agus, and P. Wirawan, "Analisis Metode Fast Track Untuk Mempersingkat Waktu Pelaksanaan Proyek Pematangan Lahan Tahap Ii Pusat Kebudayaan Bali," vol. 3, no. 2, pp. 61–67, 2023.
- [5] F. Siahaan, "Tinjauan Tentang Pekerjaan Arsitektur Dalam Proyek Konstruksi Dengan Pendekatan Pada Bangunan Gedung Bertingkat," *Scale Issn*, vol. 3, no. 1, pp. 344–359, 2015.
- [6] H. Nina, "Pengertian Proyek," *Permasalahan Lingkung. Hidup Dan Penegakan Huk. Lingkung. Di Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–16, 2015, [Online]. Available: <https://jurnal.unigal.ac.id/index.php/galuhjustisi/article/view/93/85>
- [7] I. M. Pertiwi, F. S. Herlambang, and W. S. Kristinayanti, "Analisis Waste Material Konstruksi Pada Proyek Gedung (Studi Kasus Pada Proyek Gedung Di Kabupaten Badung)," *J. Simetrik*, vol. 9, no. 1, pp. 185–190, 2019, doi: 10.31959/js.v9i1.204.
- [8] Y. Hanafiah and M. Albani, "Analisis Material Waste Pada Pekerjaan Plesteran Dinding (Analysis of Waste Material in Wall Plastering Work)," *Univ. Islam Indones.*, pp. 11–41, 2019.
- [9] M. Waty *et al.*, "Modeling of waste material costs on road construction projects," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 474–477, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i2.11250.
- [10] M. Natalia, Y. Partawijaya, and Z. Mirani, "Analisa Faktor Resiko Construction Waste pada Proyek Konstruksi di Kota Padang," *J. Ilm. Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 2, pp. 39–45, 2017, doi: 10.30630/jirs.14.2.105.
- [11] J. Teknik, A. Fakultas, and T. Sipil, "Penerapan Green Material Dalam Mewujudkan Konsep Green Building Pada Bangunan Kafe," vol. 2, no. 3, pp. 155–162, 2018.
- [12] M. W. Dwiatmika, I. K. Sudiarta, and F. S. Herlambang, "Analisis Loss Factor Material Besi Beton Pada Pekerjaan Struktur Beton Studi Kasus : Proyek Pembangunan Rumah Sakit Bhayangkara," *Proceedings; Vol 1 No 1 Pros. Semin. Nas. Ketekniksipilan Bid. Vokasional VIII*, Nov. 2020, [Online]. Available: <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/Proceedings/article/view?path=>
- [13] T. E. Tumbelaka, D. Hardjito, and P. Nugraha, "Studi Kasus Analisa Faktor-Faktor Penyebab Sisa Material Besi Beton Dan Upaya Solusinya

- Pada Satu Perusahaan Kontraktor ...,” *J. Dimens. Utama Tek. Sipil*, 2017, [Online]. Available: <http://publication.petra.ac.id/index.php/dimensi-utama/article/view/6569>
- [14] M. Beatrix, N. Rochmah, G. Sarya, and P. Dwijayanto, “Faktor Penangulangan Terjadinya Waste Pada Proyek Konstruksi Di Surabaya,” *Extrapolasi*, vol. 17, no. 2, pp. 1–10, 2020, doi: 10.30996/exp.v17i2.4427.
 - [15] L. Sinipat and M. Beatrix, “Analisis Kebutuhan Material Besi Tulangan Pada Struktur Beton Bertulang Dengan Metode Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya,” *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 668–701, 2023.
 - [16] W. Hartono, W. P. A. Candra, and Sunarmoto, “Rancangan Program Pengerjaan Bar Bending Schedule Penulangan Core Lift dan Pit Lift dengan Visual Basic 6.0,” *e-Journal MATRIKS Tek. SIPIL*, vol. 3, no. 1, pp. 89–95, 2015.
 - [17] I. M. Yudi Arthawan, “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),” 2022.
 - [18] K. Widi Antara, “Perhitungan Kebutuhan dan Waste Material Besi Menggunakan Metode Bar Bending Schedule pada Proyek Pembangunan Asrama Polisi T. 36 Sanglah,” ... *Politek. Negeri Bali*, 2022, [Online]. Available: http://repository.pnb.ac.id/1114/%0Ahttp://repository.pnb.ac.id/1114/1/RA_MA_22302_1815124089_artikel.pdf
 - [19] M. A. Kristianto, E. P. Ajie, Hermawan, and B. Setiyadi, “Analisis Waste Material Konstruksi Pada Pekerjaan Tinggi,” vol. 15, no. 3, pp. 143–149, 2019.
 - [20] Y. Priyo Nugroho, “Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Proyek Berbasis Website,” p. 1, 2012.
 - [21] A. Asnudin, “Pengendalian Sisa Material Konstruksi Pada Pembangunan Rumah Tinggal,” *J. Mek. Tek.*, vol. 12, no. 3, pp. 162–164, 2010.
 - [22] A. B. Siswanto, K. Dewi, and E. B. Pawolung, “Penerapan Manajemen Material Pada Proyek Konstruksi Di Sumba (Studi Kasus Di Kabupaten Sumba Tengah),” *J. Tek. Sipil*, no. May, 2018, [Online]. Available: <http://203.89.29.50/index.php/jts/article/view/774>
 - [23] Yudi Pramono, “Rancangan Sistem Manajemen Material Pada Proyek Pembangunan Perluasan Hotel Mercure 8 Lantai ,” <https://media.neliti.com/media/publications/190155-ID-rancangan-sistem-manajemen-material-pada.pdf>, 2012.
 - [24] B. A. Rinengga, A. , Trisiana, and W. Y. Widiarti, “Perhitungan Waste Material Pada Proyek Pembangunan,” vol. 4, no. 230, pp. 15–25, 2024.
 - [25] J. B. Negara, “Analisis Sisa Material Besi Tulangan pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung,” *Rekayasa Tek. Sipil*, vol. 7, no. 4, pp. 1–11, 2019.
 - [26] Badan Standardisasi Nasional, “Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton pracetak untuk konstruksi bangunan gedung,” *SNI 73942008*, pp. 1–29, 2008.

- [27] Badan Standardisasi Nasional, “Baja Tulangan Beton,” *Sni 2052-2017*, p. 13, 2017.
- [28] Badan Standardisasi Nasional, “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” *Sni 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.
- [29] S. Sabry and W. Hartono, “Model Optimasi Pemotongan Besi Tulangan Pelat Lantai Dengan Program Linear,” *e-Jurnal MATRIKS Tek. SIPIL*, no. September, pp. 283–289, 2013.
- [30] I. A. Reista, A. Annisa, and I. Ilham, “Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural,” *J. Sustain. Constr.*, vol. 2, no. 1, pp. 13–22, 2022, doi: 10.26593/josc.v2i1.6135.