

TUGAS AKHIR
ANALISIS WASTE MATERIAL BAJA TULANGAN DENGAN
METODE *BAR BENDING SCHEDULE*
(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Sudamala Resort, Ubud)



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Ni Wayan Ayu Kusuma Wardani

2215113026

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK SIPIL
2025



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364
Telp. (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128
Laman: www.pnb.ac.id Email: poltek@pnb.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISIS WASTE MATERIAL BAJA TULANGAN DENGAN METODE *BAR BENDING SCHEDULE*

(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Sudamala Resort, Ubud)

Oleh:

NI WAYAN AYU KUSUMA WARDANI
2215113026

Laporan ini Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Program Pendidikan DIII Teknik Sipil
Pada Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh:

Ketua jurusan teknik sipil



Ir. I Nyoman Suardika, M.T.
NIP. 196510261994031001

Bukit Jimbaran, 1 September 2025

Koordinator Program Studi D3 Teknik Sipil



I Wayan Suasira, S.T., M.T.
NIP. 197002211995121001

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI**

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali-80364
Telp. (0361) 701981 | Fax. 701128 | Laman. <https://www.pnb.ac.id> | Email. poltek@pnb.ac.id

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Ni Wayan Ayu Kusuma Wardani
NIM : 2215113026
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Waste Material Baja Tulangan Dengan Metode Bar Bending
Schedule (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Sudamala Resort, Ubud)

Telah diperiksa ulang dan dinyatakan selesai serta dapat diajukan dalam ujian Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali.

Bukit Jimbaran, 24 Juli 2025

Dosen Pembimbing 1



Ir. I Made Suardana Kader, MT

NIP. 196101121990031001

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI**

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali-80364
Telp. (0361) 701981 | Fax. 701128 | Laman. <https://www.pnb.ac.id> | Email. poltek@pnb.ac.id

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Ni Wayan Ayu Kusuma Wardani
NIM : 2215113026
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Waste Material Baja Tulangan Dengan Metode Bar Bending
Schedule (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Sudamala Resort, Ubud)

Telah diperiksa ulang dan dinyatakan selesai serta dapat diajukan dalam ujian Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali.

Bukit Jimbaran, 27 Juli 2025

Dosen Pembimbing 2



I Gusti Ayu Putu Dewi Paramita, S.S,M.Hum.
NIP. 197806242002122001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364
Telp. (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128
Laman: www.pnb.ac.id Email: poltek@pnb.ac.id

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ni Wayan Ayu Kusuma Wardani
NIM : 2215113026
Jurusan/Progran Studi : Teknik Sipil/D3 Teknik Sipil
Tahun Akademik : 2024/2025
Judul : Analisis *Waste Material* Baja Tulangan Dengan Metode
Bar Bending Schedule (Studi Kasus: Proyek
Pembangunan Sudamala Resort, Ubud)

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul di atas, benar merupakan hasil karya
Asli/Original.

Demikian keterangan ini saya buat dan apabila ada kesalahan dikemudikan hari, maka saya
bersedia untuk mempertanggungjawabkan.

Tabanan, 10 September 2025


METERAI TEMPEL
F6AMX447979177

Ni Wayan Ayu Kusuma Wardani

ABSTRAK

Pada pelaksanaan proyek konstruksi, baja tulangan merupakan material penting yang memiliki kontribusi besar terhadap total biaya proyek. Namun, penggunaannya sering kali tidak optimal dan menimbulkan sisa material (*waste*) yang dapat berdampak pada pemborosan biaya. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan perencanaan yang akurat dalam perhitungan kebutuhan baja tulangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *waste* material baja tulangan dengan metode *Bar Bending Schedule* (BBS) pada proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud, serta menghitung kebutuhan dan persentase *waste* baja tulangan pada pekerjaan *pile cap*, *tie beam*, dan kolom pada bangunan *Entry Category A* dan *Entry Category B*. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif dengan analisis perhitungan berbasis *Bar Bending Schedule* (BBS). Data yang digunakan diperoleh dari gambar kerja (*shop drawing*) dan Rencana Kerja dan Syarat (RKS), kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel* dan *AutoCAD*. Perhitungan dilakukan dengan membuat pola pemotongan baja tulangan secara optimal untuk meminimalkan sisa potongan. Landasan teori yang digunakan mencakup standar SNI 2847:2013 dan SNI 2052:2017, serta konsep manajemen material konstruksi dan efisiensi penggunaan material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total kebutuhan baja tulangan untuk pekerjaan *pile cap*, *tie beam*, dan kolom adalah sebesar 65.408,81 kg dari 6.276 batang. Total *waste* material yang dihasilkan adalah 4.772,63 kg atau sekitar 7,30% dari total kebutuhan, dengan persentase *waste* tertinggi terdapat pada tulangan D22 sebesar 18,50%, sedangkan persentase terendah pada tulangan D10 sebesar 1,59%.

Kata Kunci: Baja Tulangan, *Waste Material*, *Bar Bending Schedule*, *Pile Cap*, *Tie Beam*, Kolom

ABSTRAC

In construction projects, reinforcement steel (rebar) is a crucial material that significantly contributes to the overall project cost. However, its use is often inefficient, resulting in material waste that can lead to cost overruns. To address this issue, accurate planning in calculating rebar requirements is necessary. This study aims to analyze rebar waste using the Bar Bending Schedule (BBS) method in the Sudamala Resort construction project in Ubud, as well as to calculate the rebar requirements and waste percentage for pile cap, tie beam, and column works in the Entry Category A and Entry Category B buildings. The research employs a quantitative descriptive approach with calculation analysis based on the Bar Bending Schedule (BBS). The data were obtained from shop drawings and the Work Plan and Specifications (RKS), then processed using Microsoft Excel and AutoCAD. Calculations were carried out by creating optimal rebar cutting patterns to minimize leftover waste. The theoretical foundation is based on SNI 2847:2013 and SNI 2052:2017 standards, as well as concepts of construction material management and material use efficiency. The results show that the total rebar requirement for pile cap, tie beam, and column works is 65,408.81 kg from 6,276 bars. The total waste material generated is 4,772.63 kg, or approximately 7.30% of the total requirement, with the highest waste percentage found in D22 rebar at 18.50%, while the lowest waste percentage is in D10 rebar at 1.59%.

Keywords: Reinforcement Steel, Material Waste, Bar Bending Schedule, Pile Cap, Tie Beam, Column

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Waste Material Baja Tulangan Dengan Metode *Bar Bending Schedule* (studi kasus: Proyek Pembangunan Sudamala Resort, Ubud)”

Tugas Akhir ini di maksudkan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Program Studi D3 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali.

Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik berkat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi SE, M.eCom. selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Nyoman Suardika, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
3. Bapak Ir. I Wayan Sudiasa, M.T., selaku Ketua Program Studi D III Teknik Sipil.
4. Bapak Ir. I Made Suardana Kader, M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk membantu dan membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
5. Ibu I G A Putu Dewi Paramita, S.S., M.Hum. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk membantu dan membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dan memberikan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, mengingat masih terbatasnya pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Tabanan, 24 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRAC	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DARTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
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 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Material Konstruksi	9
2.2.1 Manajemen Material Konstruksi.....	10
2.2.2 Sisa Material Konstruksi	11
2.2.3 Pengendalian Biaya Material Konstruksi.....	15
2.3 Material Baja Tulangan	17
2.4 Penulangan	20
2.5 Standar Detail Pekerjaan Struktur Baja Tulangan.....	22
2.5.1 Sambungan Kait Tulangan.....	22
2.5.2 Panjang Bengkokan Minimum.....	24
2.5.3 Sambungan Lewat Tulangan.....	25

2.5.4	Panjang Penyaluran Tulangan.....	28
2.6	Metode BBS (<i>Bar Banding Schedule</i>).....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1	Rencana penelitian	33
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	34
3.2.1	Lokasi Penelitian.....	34
3.2.2	Waktu Penelitian	34
3.3	Penentuan Sumber Data	35
3.4	Metode Pengumpulan Data	36
3.5	Variabel Penelitian	37
3.6	Instrumen Penelitian.....	37
3.7	Analisis Data	38
3.8	Bagan Alir Penelitian	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Data Umum Proyek	42
4.2	Pengumpulan Data penelitian.....	42
4.2.1	Identitas Proyek.....	42
4.2.2	Gambar Kerja (Shop Drawing)	43
4.3	Perhitungan Kebutuhan dan Sisa (<i>Waste</i>) Baja Tulangan <i>Pile Cap</i>	44
4.4	Perhitungan Kebutuhan dan Sisa (<i>Waste</i>) Baja Tulangan <i>Tie Beam</i>	73
4.5	Perhitungan Kebutuhan dan Sisa (<i>Waste</i>) Baja Tulangan Pada Kolom .	96
4.6	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kebutuhan dan <i>Waste</i> Material Baja Tulangan.....	112
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		114
5.1	SIMPULAN.....	114
5.2	SARAN	115
DAFTAR PUSTAKA		116
LAMPIRAN.....		118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Baja Tulangan Polos	18
Gambar 2. 2 Baja Tulangan Sirip/Ulir (Deform)	19
Gambar 2. 3 Kait Standar Untuk Tulangan Utama	23
Gambar 2. 4 Detail Batang Tulangan Berkait Untuk Penyaluran Standar Berkait	31
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian	34
Gambar 3. 2 Langkah Penentuan Instrumen Data Penelitian	38
Gambar 3. 3 Bagan Alir Penelitian	41
Gambar 4. 1 Layout Plan Pondasi Pile Cap Entry Category A.....	44
Gambar 4. 2 Layout Plan Pondasi Pile Cap Entry Category B.....	44
Gambar 4. 3 Denah Potongan Dan Detail Pile Cap P1	45
Gambar 4. 4 Denah Potongan Dan Detail Pile Cap P2	45
Gambar 4. 5 Denah Potongan Dan Detail Pile Cap P3.....	45
Gambar 4. 6 Denah Potongan Dan Detail Pile Cap P4.....	46
Gambar 4. 7 Denah Potongan Dan Detail Pile Cap P1Q.....	46
Gambar 4. 8 Denah Potongan Dan Detail Pile Cap P10A	46
Gambar 4. 9 Denah Potongan Dan Detail Pile Cap P1EA1.....	46
Gambar 4. 10 Denah Potongan Dan Detail Pile Cap P1EA2.....	47
Gambar 4. 11 Denah Potongan Dan Detail Pile Cap P2EA1.....	47
Gambar 4. 12 Pola pemotongan Pondasi Pile Cap P1	48
Gambar 4. 13 Detail Penulangan Balok Entry Category A	73
Gambar 4. 14 Detail Penulangan Balok Entry Category B.....	74
Gambar 4. 15 Denah Tie Beam Entry Category A Part 1	77
Gambar 4. 16 Denah Tie Beam Entry Category A Part 2	77
Gambar 4. 17 Denah Tie Beam Entry Category B.....	78
Gambar 4. 18 Shop Drawing Bar Banding Schedule Tie Beam Arah X Entry Category A	79
Gambar 4. 19 Shop Drawing Bar Banding Schedule Tie Beam Arah Y Entry Category A	83

Gambar 4. 20 Shop Drawing Bar Banding Schedule Tie Beam Arah X Entry Category B	86
Gambar 4. 21 Shop Drawing Bar Banding Schedule Tie Beam Arah Y Entry Category B	90
Gambar 4. 22 Detail Penulangan Kolom Entry Category A.....	96
Gambar 4. 23 Detail Penulangan Entry Category B	97
Gambar 4. 24 Denah Kolom Lantai Dasar Bangunan Entry Category A	99
Gambar 4. 25 Shop Drawing Bar Banding Schedule Kolom K1 AS AD/A2.....	101

DARTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ukuran Baja Tulangan Polos	18
Tabel 2. 2 Ukuran Baja Tulangan Ulir/Sirip.....	20
Tabel 2. 3 Diameter Minimum Bengkokan.....	24
Tabel 2. 4 Sambungan Lewatan Tarik	27
Tabel 2. 5 Sambungan Lewatan Tulangan Ulir Kondisi Tekan.....	28
Tabel 2. 6 Format Perhitungan Bar Banding Schedule Dengan Ms. Excel	32
Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	35
Tabel 4. 1 Spesifikasi Penulangan Pile Cap Entry Category A dan Entry Category B.....	47
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Bar Bending Schedule Pondasi Pile Cap	71
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Rekapitulasi Kebutuhan Dan Sisa Baja Tulangan Pile Cap	72
Tabel 4. 4 Spesifikasi Penulangan Tie Beam Entry Category A	75
Tabel 4. 5 Spesifikasi Penulangan Tie Beam Entry Category B.....	75
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Bar Bending Schedule Tie Beam Bangunan Entry Category A	93
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Tie Beam Bangunan Entry Category A.....	94
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Tie Beam Bangunan Entry Category B.....	95
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Kebutuhan Dan Sisa Baja Tulangan Tie Beam.....	95
Tabel 4. 10 Spesifikasi Penulangan Kolom Entry Category A.....	97
Tabel 4. 11 Spesifikasi Penulangan Kolom Entry Category B	98
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Bar Banding Schedule Kolom Entry Category A	108
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Kebutuhan Dan Sisa Baja Tulangan Kolom Entry Category A	109
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Kebutuhan Dan Sisa Baja Tulangan Kolom Entry Category B	110

Tabel 4. 15 Rekapitulasi Hasil Kebutuhan Dan Sisa Baja Tulangan Pada Kolom	110
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Kebutuhan Dan Sisa Baja Tulangan Pile Cap, Tie Beam, Dan Kolom.	112

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Shop Drawing Pile Cap	119
LAMPIRAN 2 Shop Drawing Tie Beam	120
LAMPIRAN 3 Shop Drawing Kolom Entry Category A	121
LAMPIRAN 4 Shop Drawing Kolom Entry Category B	122
LAMPIRAN 5 Tabel Bar Banding Schedule Pile Cap	123
LAMPIRAN 6 Tabel Bar Banding Schedule Tie Beam Entry Category A	124
LAMPIRAN 7 Tabel Bar Banding Schedule Tie Beam Entry Category B	125
LAMPIRAN 8 Tabel Bar Banding Schedule Kolom Entry Category A	126
LAMPIRAN 9 Tabel Bar Banding Schedule Kolom Entry Category B	127

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam industri konstruksi bangunan gedung selalu membutuhkan sumber daya proyek sebagai komponen dalam proses konstruksi. Keberhasilan organisasi dalam mencapai tujuan serta memperoleh hasil yang diinginkan sangat erat kaitannya dengan pengelolaan sumber daya yang terdiri dari *man, materials, money, machine*, dan *method* [1]. Pada proyek konstruksi, material merupakan salah satu komponen utama yang sangat memengaruhi total biaya pelaksanaan. Salah satu jenis material yang memiliki kontribusi besar terhadap anggaran adalah baja tulangan. Karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi, penggunaan baja tulangan harus direncanakan dan dianalisis secara cermat agar efisiensinya dapat dimaksimalkan serta tidak menimbulkan pemborosan. Oleh karena itu, pemilihan, pengelolaan, dan perhitungan kebutuhan baja tulangan perlu dilakukan dengan pendekatan yang teliti untuk mencapai hasil yang optimal dari segi teknis maupun finansial.

Baja tulangan berperan penting dalam menahan gaya tarik pada struktur beton bertulang. Penggunaannya dalam proyek disesuaikan dengan spesifikasi dan dimensi yang tercantum dalam *shop drawing* serta mengacu pada standar teknis yang berlaku. Sebagai salah satu material dengan nilai yang cukup tinggi, sehingga dalam pelaksanaannya di perlukan perencanaan perhitungan yang baik.

Dalam pekerjaan konstruksi sering kali mengalami pemborosan yang di akibatkan adanya kesalahan di dalam pelaksanaan maupun pada perencanaannya. Sehingga menimbulkan sisa material (*waste material*) [2]. Dalam menghitung kebutuhan baja tulangan, terdapat dua metode yang umum digunakan, yaitu metode manual (pendekatan) dan metode *Bar Bending Schedule* (BBS). Metode manual dilakukan dengan menghitung total panjang dan jumlah tulangan, lalu dikalikan dengan berat jenis tulangan untuk memperoleh berat total. Sementara itu, *Bar Bending Schedule* merupakan metode perencanaan penulangan yang menyajikan informasi rinci, seperti

bentuk potongan, panjang, dimensi, serta jumlah tulangan yang dibutuhkan dalam pekerjaan struktur. Hasil dari perhitungan *bar banding schedule* biasanya dinyatakan dalam satuan batang, kemudian dikonversi ke satuan kilogram untuk mempermudah perhitungan volume dan estimasi berat material pada tahap pelaksanaan proyek. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, material merupakan komponen yang sangat berpengaruh dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek. Salah satu faktor yang menyebabkan pemborosan material, seperti baja tulangan adalah kurangnya penggunaan yang tidak optimal, sehingga hal ini berdampak pada ketidakefisienan penggunaan material selama proses konstruksi.

Permasalahan perhitungan penulangan juga terjadi pada proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud, menunjukkan bahwa pengerjaan di lapangan belum memanfaatkan *waste* material baja tulangan secara maksimal, yang ditandai dengan adanya sisa potongan material baja tulangan yang tidak terpakai di lokasi proyek. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kurangnya perencanaan dan manajemen material yang baik. Perencanaan yang tidak cermat, seperti penghitungan kebutuhan tulangan yang kurang presisi atau tidak memperhatikan panjang potongan yang optimal, mengakibatkan sisa material tidak dapat digunakan kembali. Koordinasi antara tim perencanaan dan pelaksanaan yang kurang efektif menyebabkan adanya ketidaksesuaian antara kebutuhan aktual di lapangan dengan material yang tersedia, sehingga berpotensi menghasilkan material yang berlebih atau tidak sesuai dengan spesifikasi.

Keterbatasan dalam pemanfaatan kembali *waste* material juga menjadi salah satu penyebab utama. seperti, sisa potongan baja tulangan pendek sering kali tidak dioptimalkan untuk keperluan penulangan skala kecil, melainkan dibiarkan terbuang begitu saja. Manajemen logistik yang kurang terorganisir turut berperan, seperti yang terlihat pada kasus ini, dimana pihak kontraktor harus meminjam material baja tulangan dari proyek lain yang masih berada dalam lingkup kontraktor yang sama. Hal ini menunjukkan lemahnya pengelolaan stok antar proyek yang seharusnya dapat membantu memenuhi

kebutuhan material dengan lebih efisien. Pola kerja yang kurang efisien di lapangan, seperti kebiasaan memotong baja tulangan tanpa memperhatikan pola pemanfaatan material secara optimal, juga menjadi faktor signifikan yang meningkatkan jumlah *waste material*.

Adanya kendala-kendala ini menunjukkan perlunya perbaikan dalam berbagai aspek, seperti penerapan metode *bar bending schedule* yang lebih presisi untuk memastikan potongan baja tulangan yang lebih terencana, dan pengelolaan stok material antar proyek yang terintegrasi, serta pelatihan bagi tenaga kerja untuk meningkatkan kesadaran dan keterampilan dalam memanfaatkan sisa material. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan pemborosan material dapat diminimalkan, sehingga tidak hanya mengurangi biaya, tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sisa (*waste*) material baja tulangan dengan menerapkan metode *Bar Bending Schedule* (BBS) untuk memperoleh estimasi kebutuhan dan kelebihan material secara akurat. Perhitungan dilakukan berdasarkan acuan dari *shop drawing* dan rencana kerja dan syarat (RKS) yang digunakan pada proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud. Melalui penggunaan metode BBS, peneliti tidak hanya dapat mengidentifikasi jumlah kebutuhan dan sisa material baja tulangan, tetapi juga dapat menyusun rencana penulangan dengan lebih detail dan akurat. Metode ini membantu dalam pengadaan material agar sesuai dengan kebutuhan aktual di lapangan. Dengan demikian, perhitungan sisa baja tulangan melalui metode *bar bending schedule* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pelaksanaan pekerjaan penulangan pada proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa jumlah kebutuhan baja tulangan yang di peroleh dalam satuan batang dengan menggunakan metode *bar banding schedule* pada proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud?
2. Berapa persentase sisa material (*waste*) baja tulangan yang dihasilkan berdasarkan perhitungan dengan metode *bar banding schedule* pada proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jumlah kebutuhan baja tulangan yang dihitung menggunakan metode *bar banding schedule* pada proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud.
2. Mengetahui persentase sisa material (*waste*) baja tulangan yang dihasilkan dengan metode *bar banding schedule* pada proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan berbagai manfaat, antara lain:

1. Bagi Akademisi
 - a. Dapat dijadikan sebagai referensi tambahan dalam melakukan penelitian serupa di bidang teknik sipil, khususnya terkait manajemen material.
 - b. Berpotensi memperkaya materi ajar yang berkaitan dengan metode perhitungan kebutuhan material dan efisiensinya di dunia konstruksi.

2. Bagi Praktisi Industri

Memberikan informasi yang berguna mengenai efisiensi pemanfaatan material serta penghematan biaya proyek. Hasil penelitian ini dapat dijadikan masukan dalam proses pengambilan keputusan yang berkaitan dengan pekerjaan penulangan di lapangan.

3. Bagi penulis

Penelitian ini diharapkan dapat memperluas wawasan dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis penulis, khususnya dalam menghadapi permasalahan sisa material pada proyek konstruksi. Manfaat yang diperoleh meliputi:

- a. Kemampuan dalam menghitung volume sisa material (*waste*) secara sistematis dan sesuai tahapan yang benar.
- b. Penerapan dan pengembangan ilmu manajemen, khususnya dalam pengelolaan material proyek.
- c. Pemahaman terhadap perencanaan penggunaan baja tulangan secara lebih tepat dan efisien.
- d. Mengetahui besaran *waste* material baja tulangan yang terjadi pada proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud.
- e. Menjadi referensi tambahan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan manajemen material dan penerapan metode *bar bending schedule*.

1.5 Batasan Masalah

Mengacu pada kompleksitas permasalahan terkait sisa (*waste*) material dalam proyek konstruksi yang cukup beragam dan luas, maka untuk menghindari pembahasan yang terlalu melebar serta agar penelitian dapat terarah, fokus, dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, penelitian ini diberikan batasan sebagai berikut:

1. Permasalahan ini hanya meninjau pada pekerjaan struktur bawah khususnya pada pekerjaan, *pile cap*, *Tie beam* dan kolom pada bangunan Entry Category A, dan bangunan Entry Category B.
2. Analisis sisa (*waste*) material tidak memperhitungkan biaya pekerjaan. Mutu dianggap baik dan sudah sesuai dengan persyaratan dalam spesifikasi.
3. *Waste* material baja tulangan, yaitu potongan sisa yang tidak dapat digunakan kembali sesuai peruntukan awal namun masih dapat dimanfaatkan sebagai spacer dan cakar ayam. *Waste* yang diteliti adalah potongan berukuran 5–50 cm, dengan ketentuan tulangan D22 dikategorikan *waste* pada ukuran 10–50 cm, sedangkan tulangan D16 atau lebih kecil dikategorikan *waste* pada ukuran 5–30 cm.
4. Hasil analisis tidak dibandingkan dengan sisa material aktual di lapangan, hanya berfokus pada perhitungan sisa (*waste*) material berdasarkan metode *Bar bending schedule*.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan dan *waste* baja tulangan yang telah di jelaskan pada pembahasan, didapat beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan baja tulangan pada pekerjaan *pile cap*, *tie beam*, dan kolom pada bangunan Entry A dan Entry B proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud diperoleh hasil tulangan D22 sebanyak 403 batang berat tulangan 14430.62 kg. Tulangan D19 sebanyak 431 batang, 11512.87 kg. Tulangan D16 sebanyak 977 batang atau 18509.98 kg. Tulangan D13 sebanyak 1746 batang atau 900.29 kg. Tulangan D10 sebanyak 2688 batang atau 19908.11 kg. Tulangan Ø8 sebanyak 31 batang atau 146.94 kg. Sehingga mendapatkan total baja tulangan untuk *pile cap*, *tie beam*, dan kolom sebanyak 6276 batang atau 65408.81 kg.
2. Sisa (*waste*) material yang di hasilkan dengan metode *bar banding schedule* pada pekerjaan *pile cap*, *tie beam*, kolom proyek pembangunan Sudamala Resort, Ubud diperoleh hasil tulangan D22 sebesar 18.50%, tulangan D19 sebesar 8.49%, tulangan D16 sebesar 4.09%, tulangan D13 sebesar 4.95%, tulangan D10 sebesar 1.59%, tulangan Ø8 sebesar 6.24%. Dengan total keseluruhan sisa (*waste*) baja tulangan yang terbentuk sebesar 7.30%.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang di lakukan saran yang dapat di berikan adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian berikutnya sebaiknya memperluas lingkup analisis tidak hanya terbatas pada *pile cap*, *tie beam*, dan kolom, tetapi juga melibatkan elemen struktur lain seperti balok, dan pelat agar persentase *waste material* baja tulangan dapat digambarkan secara menyeluruh.
2. Untuk analisis selanjutnya sebaiknya tidak hanya mengandalkan perhitungan *bar bending schedule*, tetapi juga dibandingkan dengan data aktual di lapangan untuk mengetahui sejauh mana *deviasi* antara perhitungan teoretis dan realisasi pemakaian tulangan.
3. Penelitian lanjutan perlu memasukkan aspek biaya dengan menghitung nilai ekonomi dari *waste material* baja tulangan serta potensi penghematan jika pola pemotongan dioptimalkan, sekaligus meninjau kemungkinan pemanfaatan kembali sisa potongan baik sebagai material pendukung maupun sebagai *scrap*.
4. Metode penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan teknik optimasi seperti program *linear programming*, *algoritma nesting*, atau penggunaan perangkat lunak berbasis BIM untuk membandingkan efektivitasnya dengan metode manual, sehingga sistem pemakaian tulangan dapat menjadi lebih efisien dan mendukung upaya pengurangan *waste material* secara signifikan.
5. Melibatkan mandor dan pekerja dalam program “*zero-waste*” penulangan dengan memberikan pelatihan singkat agar mereka dapat mengidentifikasi potongan sisa yang masih layak digunakan, seperti tulangan berukuran 20–50 cm untuk cakar ayam dan 10–15 cm untuk spacer. Pemberian target pengumpulan mingguan juga dapat diterapkan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah. Pendekatan pelatihan singkat ini dapat diterapkan secara konsisten di proyek lain untuk menunjang efisiensi material dan praktik konstruksi berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. A. P. S. Mahapatni, *Metode Perencanaan Dan Pengendalian Proyek Konstruksi*, Juli 2019. Jl. Sangalangit, Tembau, Penatih, Denpasar -Bali: UNHI Press.
- [2] N. M. Iswinarno, “Analisis Pemborosan Material (Material Waste) Pada Proyek Bangunan Gedung Bertingkat Di Daerah Istimewa Yogyakarta,,” 2017.
- [3] N.K. S. Ebtha Yuni, N. P. I. Yuliana, And I. K. Sudiarta, “Analisis Waste Material Besi Dalam Upaya Pengendalian Sisa Material Konstruksi,”Jurnal Teknik Sipil Terapan, Vol. 5, No. 1, Pp 22-29, 2023.
- [4] I. G. . N. Antara, Kadek Widi, Herlambang Fajar Surya, Dan Purnawirati, “Pehitungan Kebutuhan Dan Waste Material Besi Menggunakan Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Asrama Polisi T . 36 Sanglah,” Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain,Vol 11, No 2, Pp. 112-120, 2023.
- [5] N. H. Atmaja, Jajang, Fauna Adibroto, “Optimasi Pemotongan Besi Tulangan Pada Pekerjaan Struktur Menggunakan Metode *Linear Programming*,” Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil, Vol. 4, No. 2, Pp. 192–202, 2020.
- [6] A. K. A. Dharmawansyah, Dedy, Eti Kurniati, “Penggunaan Metode *Bar Bending Schedule* Untuk Menganalisis Kebutuhan Dan Sisa (Waste) Pembesian Balok Pada Proyek Rumah Sakit Islam Aysha,” Jurnal TAMBORA, Vol. 7, No. 2, Pp. 67–71, 2023.
- [7] S. S. Nasautama And M. Sitompul, “Analisis Kebutuhan Tulangan Dan Tulangan Sisa (Waste) Pekerjaan Struktur Kolom, Balok Dan Pelat Lantai Proyek Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mandailing Natal,” Portal: Jurnal Teknik Sipil, Vol. 14, No. 2, Pp. 75–82, 2022.

- [8] J. Triyandi, “Evaluasi Sisa Material Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Kejaksaan Tinggi Jambi,” (Doctoral dissertation, Universitas Batanghari). 2022.
- [9] A. S. Perdana, M. Indrayadi, And R. Pratiwi, “Identifikasi *Construction Material Waste* pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus: Rumah Jabatan Rektor Untan Pontianak,” *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, Vol. 5, No. 2, Pp. 1–9, 2017.
- [10] A. A. D. P. D. Suartika Putra, I Gusti Putu Adi, G. A. P. Candra Dharmayanti, “Penanganan *Waste Material* Pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat,” *Jurnal spektran*, Vol. 6, No. 2, Pp. 176–185, 2018.
- [11] S. N. Indonesia And B. S. Nasional, “Sni 2052:2017 Baja Tulangan Beton,” 2017.
- [12] S. N. Indonesia And B. S. Nasional, “Sni 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung,” 2013.
- [13] D. & S. Prihantono, “Pengaruh Korosi Baja Tulangan Terhadap Kuat Lekat Beton Bertulang,” Pp. 182–199.
- [14] N. Kifyati, Farchatul., & Hidayat, “Analisis Kebutuhan Dan *Waste* Dalam Pekerjaan Pembesian Menggunakan Software *Barbequepro* Pada Pekerjaan *Box Traffic Sta.421+803,2* Proyek Jalan Tol Batang-Semarang Seksi 3,” Pp. 2–3, 2017.