

ANALISIS PENGARUH KEBUTUHAN TULANGAN DAN TULANGAN SISA (WASTE) PADA PROYEK REVITALISASI LAPANGAN MERDEKA MEDAN

Mhd. Nur Gemilang¹, Mhd. Ari Subhan Harahap², Ahmad Sumantri³, Ernie Shinta Y. Sitanggang⁴

^{1,2,3,4}Politeknik Negeri Medan

Email: mhd.nurgemilang@students.polmed.ac.id¹, mhd.arisubhanharahap@polmed.ac.id², ahmadsumantri@polmed.ac.id³, erniesitanggang@polmed.ac.id⁴

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kebutuhan tulangan dan besarnya limbah tulangan (*waste*) pada proyek Revitalisasi Lapangan Merdeka Medan. Tulangan merupakan material utama yang berkontribusi besar terhadap biaya konstruksi, sehingga diperlukan perhitungan yang tepat untuk menekan pemborosan. Metode penelitian menggunakan *Bar Bending Schedule* (BBS) dengan Microsoft Excel, mengacu pada SNI 2847:2019 dan RSNI 2052:2024 untuk perhitungan kebutuhan dan berat tulangan, serta SNI 7394:2008 dalam menganalisis efisiensi *waste*. Data diperoleh melalui gambar kerja dan studi literatur. Hasil analisis menunjukkan kebutuhan tulangan pada elemen struktur kolom, balok, plat lantai, dan tangga, serta estimasi sisa tulangan yang dihasilkan saat pemotongan dan pemasangan di lapangan. Penelitian ini juga menemukan beberapa faktor penyebab terjadinya *waste*, seperti kesalahan estimasi kebutuhan material, perubahan desain, serta keterampilan pekerja yang kurang memadai. Upaya pengurangan *waste* dapat dilakukan melalui perencanaan pembesian yang optimal, penggunaan software BBS secara tepat, pengawasan pemotongan, dan pengelolaan sisa tulangan agar tetap termanfaatkan. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi kontraktor untuk menekan biaya pembelian material, meningkatkan efisiensi pekerjaan, serta mendukung penerapan prinsip konstruksi berkelanjutan pada proyek pembangunan gedung di masa mendatang.

Kata Kunci: Kebutuhan Tulangan, *Waste Tulangan*, *Bar Bending Schedule*.

Abstract: This study aims to evaluate the need for reinforcement and the amount of reinforcement waste in the Merdeka Square Revitalization project in Medan. Reinforcement is the main material that contributes significantly to construction costs, so precise calculations are needed to reduce waste. The research method uses the *Bar Bending Schedule* (BBS) with Microsoft Excel, referring to SNI 2847:2019 and RSNI 2052:2024 for calculating reinforcement requirements and weight, and SNI 7394:2008 for analyzing waste efficiency. Data were obtained through working drawings and literature studies. The analysis results show the need for reinforcement in structural elements of columns, beams, floor slabs, and stairs, as well as estimates of the remaining reinforcement generated during cutting and installation in the field. This study also found several factors causing waste, such as errors in estimating material requirements, design changes, and inadequate worker skills. Efforts to reduce waste can be done through optimal reinforcement planning, proper use of BBS software, cutting supervision, and management of remaining reinforcement to ensure its continued use. The results of this study are expected to serve as a reference for contractors to

reduce material purchasing costs, improve work efficiency, and support the implementation of sustainable construction principles in future building projects.

Keywords: *Reinforcement Requirements, Reinforcement Waste, Bar Bending Schedule.*

PENDAHULUAN

Material konstruksi, khususnya besi tulangan, memegang peran penting dalam menentukan biaya proyek konstruksi, dengan kontribusi mencapai 50-70% dari total biaya (Ervianto, 2018). Sisa material atau waste, terutama pada pemotongan besi tulangan, dapat meningkatkan biaya proyek dan berdampak negatif pada lingkungan. Oleh karena itu, perencanaan yang matang, seperti perhitungan kebutuhan besi tulangan dengan metode Bar Bending Schedule (BBS), sangat penting untuk meminimalkan pemborosan material.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perhitungan kebutuhan tulangan yang optimal pada proyek revitalisasi dan mengevaluasi sisa material yang dihasilkan dari proses pemotongan dan pemasangan. Metode yang digunakan mencakup perhitungan Bar Bending Schedule dengan Microsoft Excel, analisis biaya berdasarkan Daftar Analisa Harga Satuan Pekerjaan, serta efisiensi waste berdasarkan SNI. Hasil penelitian diharapkan dapat mengurangi pemborosan material dan mendukung konstruksi berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Eqi Larasaty (2022) dengan berjudul Perhitungan Kebutuhan, Sisa, dan Biaya Tulangan Pekerjaan Struktur Asrama Siswa Terpadu MTsN 2 Medan. Dari hasil perhitungan maka diperoleh beberapa simpulan yaitu Kebutuhan tulangan (kg) yang diperlukan untuk pekerjaan balok, kolom, pelat lantai, dan tangga sebanyak 14.350,378 kg, banyak waste tulangan (kg) sebanyak 1.012,1782 kg, Persen waste tulangan (%) sebesar 6,59 %. Dan Total biaya tulangan yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 198.887.119,20.

1. Pembesian/penulangan

Pembesian atau penulangan adalah proses pemasangan tulangan baja dalam elemen beton bertulang yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan struktur terhadap gaya tarik, geser, dan lentur. Beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, tetapi sangat lemah dalam menahan tarik. Oleh karena itu, tulangan baja ditanam dalam beton untuk mengatasi kelemahan ini dan memastikan struktur dapat bekerja dengan baik dalam menahan beban yang diterimanya.

2. Bar Bending Schedule

Bar Bending Schedule (BBS) adalah daftar pembengkokan tulangan yang mencakup data diameter, bentuk, panjang, dan jumlah tulangan (ACI 116R-00). BBS mempermudah perencanaan pembesian, terutama pada proyek gedung yang menggunakan banyak jenis tulangan. Dengan BBS, potongan besi yang berpotensi menjadi sisa dapat diidentifikasi dan dimanfaatkan kembali, sehingga meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemborosan material. Perhitungan kebutuhan tulangan dilakukan berdasarkan volume yang dibutuhkan sesuai rencana struktur.

3. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan kebutuhan tulangan adalah proses menentukan jumlah, jenis, dan penempatan tulangan baja dalam elemen beton bertulang, berdasarkan analisis gaya seperti momen lentur, geser, dan aksial. Perhitungan ini mengacu pada standar desain yang berlaku, dengan hasil akhir berupa total kebutuhan tulangan dalam satuan berat dan jumlah batang, yang disesuaikan dengan volume pekerjaan beton.

4. Perhitungan Sisa (Waste) Tulangan

Perhitungan sisa (waste) tulangan bertujuan untuk mendukung manajemen sumber daya dan lingkungan yang efisien dengan mengurangi limbah material selama proyek berlangsung. Waste dihitung dengan mengonversi satuan panjang (m) menjadi berat (kg), karena hasil persentase waste berbeda tergantung satuannya. Rumus perhitungannya adalah:

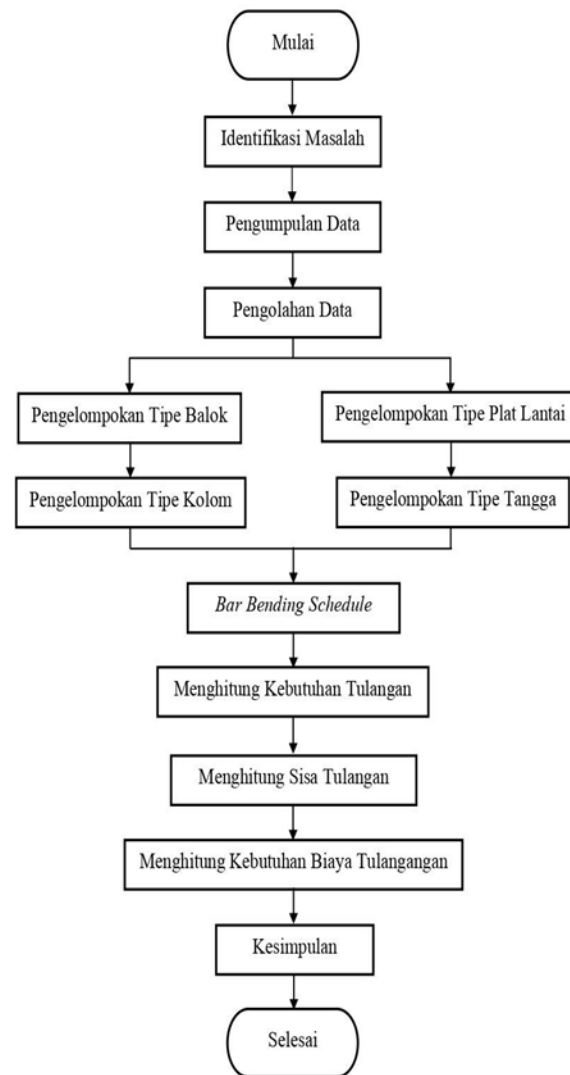
$$Waste (\%) = \frac{\Sigma \text{waste material (kg)}}{\Sigma \text{batang dibutuhkan (kg)}} \times 100\%$$

5. Perhitungan Biaya Tulangan

Perhitungan biaya tulangan dalam konstruksi beton bertulang bertujuan untuk mengestimasi kebutuhan anggaran secara akurat. Tulangan berfungsi sebagai elemen struktural yang menahan gaya tarik pada beton, sehingga perhitungannya harus mempertimbangkan berbagai faktor, seperti berat, harga satuan, tenaga kerja, dan pemborosan material.

Rumus yang digunakan dalam menghitung biaya yaitu sebagai berikut: Biaya (Rp.) = Volume Tulangan (kg) × Harga Satuan (Rp.)

METODE PENELITIAN



Metode Pengumpulan Data

Langkah pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan pengumpulan data. Kemudian data yang diperoleh diolah dan dijadikan dasar untuk melanjutkan penelitian.

Adapun data yang diperoleh dari proyek Revitalisasi Lapangan Merdeka yaitu:

1. Data Primer

Data primer yang dimaksud adalah data yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya. Data primer yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari studi literatur dan wawancara tidak terstruktur.

2. Data Sekunder

Data sekunder yakni data yang telah diolah atau diproses oleh pihak lain dan tersedia untuk dipergunakan oleh peneliti. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yakni sebagai berikut :

a. Gambar Kerja (*Shop Drawing*)

Pada laporan skripsi ini penulis berkesempatan mendapatkan data-data proyek berupa gambar kerja (*Shop Drawing*) pada pembesian/tulangan balok, kolom, plat lantai, dan tangga dari proyek Revitalisasi lapangan Merdeka Medan.

b. Hasil Dokumentasi/Studi Kepustakaan

Studi pustaka ini dilakukan agar memperoleh teori-teori maupun konsep dari berbagai macam penelitian yang berupa jurnal, dokumen, serta beberapa website internet tertentu agar mendukung dan memperkuat penelitian ini. Hal ini juga dapat memperluas wawasan penulis untuk melakukan dan memperdalam ilmu pembesian/tulangan dengan metode *Bar Bending Schedule*.

Metode Pengolahan Data

Metode analisis yang digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini yaitu analisis kuantitatif, Metode pengolahan data dalam penyusunan penelitian ini memerlukan tahapan perhitungan dengan langkah-langkah pekerjaan sebagai berikut :

1. Mempelajari gambar kerja (*Shop Drawing*)
2. Mengidentifikasi tulangan berdasarkan *Shop Drawing*
3. Menghitung kebutuhan tulangan berdasarkan *Shop Drawing* dengan acuan RSNI 2052:2024
4. Menentukan jumlah potongan tulangan dari gambar kerja berdasarkan diameter dan menghitung berat tulangan setiap pekerjaan.
5. Menentukan penggunaan pemakaian bahan dan sisa untuk digunakan dipekerjaan selanjutnya atau tidak.
6. Menghitung berat besi dengan acuan RSNI 2052:2024
7. Menghitung persen (%) waste tulangan dengan acuan SNI 7394:2008

Menghitung biaya yang dibutuhkan berdasarkan daftar Analisa Harga Satuan Pekerjaan dan Daftar Harga Bahan dengan Standar Satuan Harga Barang/Jasa Pemerintah Kota Medan Tahun 2023

HASIL DAN PEMBAHASAN

Agar lebih memudahkan perhitungan kebutuhan tulangan yang digunakan, maka kolom dapat dikelompokkan sesuai tipe kolom setiap lantai yang memiliki detail yang sama. Pada Proyek Revitalisasi Lapangan Merdeka ini terdapat 14 tipe kolom yaitu K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, KP.A, KP.B, dan KP.C dengan beberapa penyesuaian detail kolom pada setiap lantai nya. Berikut ini merupakan contoh perhitungan kebutuhan tulangan pada kolom K1 menggunakan Bar Bending Schedule.

Kebutuhan Batang Utuh Pada Kolom

1. Kebutuhan batang utuh (BU) D22 pada kolom dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

No	Tipe Kolom	Lantai	Jumlah Batang Utuh
1	TU Kolom K1	1&2	1100
2	TU Kolom K2	1&2	1800
3	TU Kolom K3	1&2	756
4	TU Kolom K4	1&2	336
5	TU Kolom K5	1&2	1664
6	TU Kolom K6	1&2	1584
7	TU Kolom K7	1&2	60
8	TU Kolom K8	1&2	1520
Total Jumlah BU		(bh)	8820
Total Panjang BU		(m)	105840
Total Berat BU		(kg)	315826.56

2. Kebutuhan batang utuh (BU) D19 pada kolom dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

No	Tipe Kolom	Lantai	Jumlah Batang Utuh
1	TU Kolom K9	1&2	84
2	TU Kolom K10	1&2	520
3	TU Kolom K11	2	24
4	TU Kolom KP.A	1&2	68
5	TU Kolom KP.B	1&2	20
6	TU Kolom KP.C	1&2	44
Total Jumlah BU		(bh)	760
Total Panjang BU		(m)	9120
Total Berat BU		(kg)	20301,12

3. Kebutuhan batang utuh (BU) D13 pada kolom dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

No	Tipe Kolom	Lantai	Jumlah Batang Utuh
1	Kolom K1	1&2	700
2	Kolom K2	1&2	1260
3	Kolom K3	1&2	530
4	Kolom K4	1&2	471
5	Kolom K5	1&2	1164
6	Kolom K6	1&2	1540
7	Kolom K7	1&2	90
8	Kolom K8	1&2	1243
Total Jumlah BU		(bh)	6998
Total Panjang BU		(m)	83976
Total Berat BU		(kg)	87502,99

4. Kebutuhan batang utuh (BU) D10 pada kolom dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

No	Tipe Kolom	Lantai	Jumlah Batang Utuh
1	Kolom K9	1&2	89
2	Kolom K10	1&2	746
3	Kolom K11	1&2	13
4	Kolom KP.A	1&2	5
5	Kolom KP.B	1&2	2
6	Kolom KP.C	1&2	4
Total Jumlah BU		(bh)	859
Total Panjang BU		(m)	10308
Total Berat BU		(kg)	6360,036

Kebutuhan Tulangan Yang Digunakan Pada Kolom

Tipe Kolom	Lantai	Jenis Tulangan	D22	Panjang (m)		D10	Total (Kg)
				D19	D13		
Kolom K1	1&2	T.U	12672				
		T.S & T.T			7166,6		
Kolom K2	1&2	T.U	20736				
		T.S & T.T			12418,56		
Kolom K3	1&2	T.U	8709,12				
		T.S & T.T			5573,06		
Kolom K4	1&2	T.U	3870,72				
		T.S & T.T			5354,33		
Kolom K5	1&2	T.U	19169,28				
		T.S & T.T			12640,99		
Kolom K6	1&2	T.U	18247,68				
		T.S & T.T			18062,35		
Kolom K7	1&2	T.U	691,2				
		T.S & T.T			984,48		
Kolom K8	1&2	T.U	17510,4				
		T.S & T.T			14193,76		
Kolom K9	1&2	T.U		927,36			
		T.S & T.T				1003,13	
Kolom K10	1&2	T.U		5740,8			
		T.S & T.T				7236,32	
Kolom K11	2	T.U		132,48			
		T.S & T.T				131,36	
Kolom KP.A	1&2	T.U		375,36			
		T.S				53,72	
Kolom KP.B	1&2	T.U		110,4			
		T.S				20,6	
Kolom KP.C	1&2	T.U		242,88			
		T.S				42,68	
Panjang Total (m)			101.606,40	7529,28	76394,14	8445,13	
Berat (Kg/m)			2,984	2,226	1,042	0,617	
Berat Total (Kg)			303.193,50	16.760,18	79.602,7	5.210,64	404.767,01

Kebutuhan Batang Utuh Pada Balok

1. Kebutuhan batang utuh (BU) D22 pada balok dapat dilihat pada tabel di bawah ini.
 - a. Kebutuhan Batang Utuh D22 Elv $\pm$ 0.00 pada Balok

No	Tipe Balok	Elevasi	Jumlah Batang Utuh
1	TU Balok b1	0,00	3518
2	TU Balok b2	0,00	1040
3	TU Balok b3	0,00	6033
4	TU Balok b4	0,00	5024
5	TU Balok b4a	0,00	7
6	TU Balok b5	0,00	474
Total Jumlah BU		(bh)	16096
Total Panjang BU		(m)	193152
Total Berat BU		(kg)	576365,568

b. Kebutuhan Batang Utuh D22 Elv -4.00 pada Balok

No	Tipe Balok	Elevasi	Jumlah Batang Utuh
1	TU Balok b1	-4,00	2356
2	TU Balok b2	-4,00	1442
3	TU Balok b3	-4,00	996
4	TU Balok b4	-4,00	10551
5	TU Balok b4a	-4,00	100
6	TU Balok b5	-4,00	679
Total Jumlah BU		(bh)	16124
Total Panjang BU		(m)	193488
Total Berat BU		(kg)	577368,192

2. Kebutuhan batang utuh (BU) D19 pada balok dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

No	Tipe Balok	Elevasi	Jumlah Batang Utuh
1	TU Tie Beam	-8,00	11130
Total Jumlah BU		(bh)	11130
Total Panjang BU		(m)	133560
Total Berat BU		(kg)	297304,56

3. Kebutuhan batang utuh (BU) D16 pada balok dapat dilihat pada table di bawah ini.

No	Tipe Balok	Elevasi	Jumlah Batang Utuh
1	TU Balok	0,00	18
2	TU Balok	-4,00	34
Total Jumlah BU		(bh)	52
Total Panjang BU		(m)	624
Total Berat BU		(kg)	984,672

4. Kebutuhan batang utuh (BU) D10 pada balok dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

No	Tipe Balok	Elevasi	Jumlah Batang Utuh
1	TS Balok	0,00	17632
2	TS Balok	-4,00	16782
3	TS Balok	-8,00	17113
Total Jumlah BU		(bh)	51527
Total Panjang BU		(m)	618324
Total Berat BU		(kg)	381.505,91

Kebutuhan Tulangan Yang Digunakan Pada Balok

Tipe Balok	Elevasi	Jenis Tulangan	Panjang (m)					Total (Kg)
			D22	D19	D16	D13	D10	
Balok B1,B2,B3, B4,B5,B6	0.00	T.U	177526,57		147,20			
		T.S					205661,80	
Balok B1,B2,B3, B4,B6,BR	- 4.00	T.U	166113,26		205,75			
		T.S					106119,26	
Tie Beam	- 8.00	T.U		118120,696				
		T.S					200312,64	
Panjang Total (m)			343.639,83	118.120,70	352,96	-	512.093,70	
Berat (Kg/m)			2,984	2,226	1,578	1,042	0,617	
Berat Total (Kg)			1.025.421,24	262.936,67	556,96	-	315.961,81	1.604.876,69

Kebutuhan Batang Utuh Pada Tangga

1. Kebutuhan batang utuh (BU) pada tangga dapat dilihat pada table di bawah ini.

No	Tipe Balok	Diameter	Tangga	Jumlah Batang Utuh			
1	TU Tangga	D13-150	A&B	8			
2	TU Tangga	D10-150	A&B		8		
3	TU Tangga	Ø8-300	A&B			5	
4	TU Tangga	Ø8	A&B	2			
Total Jumlah BU		(bh)		2	8	8	5
Total Panjang BU		(m)		24	96	96	60
Total Berat BU		(kg)		71,616	286,464	286,464	179,04

Kebutuhan Tulangan Yang Digunakan Pada Tangga

Tipe Balok	Tipe	Jenis Tulangan	Panjang (m)			Total (Kg)
			D13	D10	Ø8	
Tangga	A&B	T.U	87,25	74,76	70,56	
Panjang Total (m)			87,25	74,76	70,56	
Berat (Kg/m)			1,042	0,617	0,395	
Berat Total (Kg)			90,91	46,13	27,87	164,91

Kebutuhan Batang Utuh Pada Plat Lantai

1. Kebutuhan batang utuh (BU) D13 pada balok dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

No	Tipe Balok	Elevasi	Jumlah Batang Utuh
1	TU Plat	0.00 & -4.00	34768
Total Jumlah BU		(bh)	34768
Total Panjang BU		(m)	417216
Total Berat BU		(kg)	434739,072

2. Kebutuhan batang utuh (BU) D19 pada balok dapat dilihat pada table di bawah ini.

No	Tipe Balok	Elevasi	Jumlah Batang Utuh
2	TU Plat	- 8.00	27816
Total Jumlah BU		(bh)	27816
Total Panjang BU		(m)	333792
Total Berat BU		(kg)	743020,992

Kebutuhan Tulangan Ynag Digunakan Pada Plat Lantai

Tipe Plat	Elevasi	Jenis Tulangan	Panjang (m)					Total (Kg)
			D22	D19	D16	D13	D10	
Plat Area 1,2,3,4	0.00 & -4.00	T.U						442995,76
Plat Area 1,2,3,4	- 8.00	T.U		522311,35				
Panjang Total (m)				522311,35		442.995,76		
Berat (Kg/m)			2,984	2,226	1,578	1,042	0,617	
Berat Total (Kg)				1.162.665,07		461.601,6		1.624.266,65

Perhitungan Waste Pada Kolom, Balok, dan Tangga

Keterangan	Panjang Waste (m)					
	D22	D19	D16	D13	D10	Ø8
Kolom	4233,6	1590,72		7581,86	1862,87	
Balok	43000,17	15439,3	74,11		106230,3	
Tangga				8,75	21,24	13,44
Plat Lantai				48028,91		
Panjang Total (m)	47233,77	17030,02	74,11	55619,52	108114,41	13,44
Berat (Kg/m)	2,984	2,226	1,578	1,042	0,617	0,395
Berat Total (Kg)	140945,58	37908,83	116,95	57955,54	66706,59	5,31

Perhitungan Harga Btaang Utuh Tulangan Yang Digunakan Pada Kolom, Balok, Tangga, dan Plat Lantai

Berdasarkan perhitungan kebutuhan batang utuh tulangan pada kolom, balok, dan tangga melalui analisa Bar Bending Schedule, yang kemudian direkapitulasi dan dapat dilihat pada table-tabel di atas maka dapat dihitung harga batang utuh tulangan pada Proyek Revitalisasi Lapangan Merdeka seperti pada tabel di bawah ini.

	Diameter	Berat Total	Harga Satuan per kg		Harga Total (Rp)	
Balok	D22	1.153.733,76	Rp	19.569,15	Rp	22.577.585.040,00
	D19		297304,56	Rp	19.569,14	Rp
	D16	984,672	Rp	19.569,39	Rp	19.269.432,00
	D10	381505,908	Rp	19.569,69	Rp	7.465.953.138,00
	Harga Total (Rp)					Rp 35.880.803.640,00
	Diameter	Berat Total	Harga Satuan per kg		Harga Total (Rp)	
Tangga	D13	71,616	Rp	12.922,48	Rp	925.456,02
	D10	286,464	Rp	19.569,69	Rp	5.606.012,27
	Ø8	250,656	Rp	8.080,17	Rp	2.025.342,78
	Harga Total (Rp)					Rp 8.556.811,07
	Diameter	Berat Total	Harga Satuan per kg		Harga Total (Rp)	
Plat	D19	743020,992	Rp	19.569,14	Rp	14.540.285.496,00
	D13	434739,072	Rp	19.569,74	Rp	8.507.729.600,00
	Harga Total (Rp)					Rp 23.048.015.096,00
Harga Total Tulangan (Rp)					Rp 67.353.784.969,07	

Faktor-Faktor Penyebab Tulangan Sisa (*waste*)

Dalam pemasangan tulangan pada proyek revitalisasi lapangan merdeka medan terdapat sisa tulangan. Adapun faktor penyebab terjadinya tulangan sisa adalah Sebagai berikut :

1. Limbah Tulangan Tidak dimanfaatkan Kembali

Limbah tersebut umumnya berasal dari sisa hasil pemotongan tulangan utama yang tidak dapat digunakan kembali karena di bawah panjang minimum untuk sambungan atau penggunaan struktural lainnya, maka sisa tulangan tersebut tidak dapat lagi dimanfaatkan dalam pekerjaan selanjutnya dan akhirnya menjadi limbah di proyek. Maka dari itu cara meminimalisirnya adalah dengan mengidentifikasi sisa tulangan yang layak pakai, mengedukasi pekerja tentang pentingnya efisiensi material, dan bisa juga kerja sama daur ulang dengan pihak ketiga.

2. Penyimpanan Material yang Buruk

Terdapat sejumlah besar tulangan yang telah dirakit dan ditumpuk di lokasi proyek. Namun, tulangan-tulangan tersebut belum tentu langsung dipasang atau digunakan pada saat itu juga. Kondisi seperti ini dapat menimbulkan resiko terjadinya sisa tulangan yang terbuang karena tulangan yang dibiarkan terlalu lama di lapangan dan penyimpanannya materialnya yang kurang baik akan berpotensi menyebabkan kerusakan, deformasi, korosi atau hilangnya standar kualitasnya sehingga pada akhirnya tidak dapat dimanfaatkan kembali dalam pekerjaan struktur dan menjadi limbah konstruksi. Maka dari itu cara meminimalisir nya adalah menyediakan area penyimpanan khusus dan terlindung, menyusun tulangan sesuai ukuran, dan menjaga kondisi material melalui inspeksi rutin.

KESIMPULAN**Kesimpulan**

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Perhitungan kebutuhan tulangan kolom, balok, dan tangga dalam proyek ini dilakukan dengan metode Bar Bending Schedule, yang membantu dalam menentukan jumlah dan panjang tulangan yang diperlukan secara lebih efektif .
2. Dari hasil perhitungan sisa tulangan yang dihasilkan dari proses pemotongan dan pemasangan pada Proyek revitalisasi lapangan Merdeka Medan didapat bahwa terjadi

sisa tulangan (waste) untuk D22 sebesar 140.945,58 Kg (10%), D19 sebesar 37.908,83 Kg (4%), D16 sebesar 116,95 Kg (7%), D13 sebesar 57.955,54 Kg (11%), D10 sebesar 66.751,02 Kg (17%), Ø8 sebesar 5,31 Kg (2%). Dan berdasarkan SNI 7394:2008 untuk tulangan D22, D19, D16, D13, D10, dan Ø8 memenuhi syarat efisisensi.

3. Estimasi total biaya pembelian tulangan dihitung berdasarkan Daftar Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemerintah Kota Medan Tahun 2023, yang didapatkan total biaya pembelian tulangan sebesar sebesar Rp 67.353.784.969,07 (Enam puluh tujuh miliar tiga ratus lima puluh tiga juta tujuh ratus delapan puluh empat ribu sembilan ratus enam puluh sembilan rupiah dan tujuh sen)
4. Penyebab terjadinya sisa material tulangan (waste) pada Proyek Revitalisasi Lapangan Merdeka Medan berasal dari limbah tulangan yang tidak dimanfaatkan kembali dan penyimpanan material yang buruk.

Saran

Saran yang diberikan penulis pada penelitian ini adalah :

1. Optimalisasi perencanaan kebutuhan tulangan sebaiknya dilakukan dengan menerapkan Bar Bending Schedule secara konsisten dan memperhatikan detail gambar kerja serta spesifikasi teknis. Hal ini akan membantu mengurangi sisa material dan meningkatkan efisiensi penggunaan besi tulangan.
2. Untuk mengurangi persentase waste, disarankan penggunaan optimasi pemotongan (cutting optimization) berbantuan perangkat lunak agar pola pemotongan batang tulangan dapat disusun lebih efisien dan meminimalisir sisa yang tidak termanfaatkan.
3. Pengawasan yang ketat pada tahap fabrikasi serta pemasangan tulangan perlu ditingkatkan, khususnya lewat pelatihan tenaga kerja mengenai teknik pembengkokan serta pemotongan sesuai standar Bar Bending Schedule.
4. Untuk Penelitian selanjutnya dapat dilakukan perbandingan antara metode perhitungan manual dan metode digital berbasis software Building Information Modeling (BIM) juga direkomendasikan untuk mendapatkan hasil perencanaan material yang lebih presisi, khususnya pada proyek berskala besar dengan keragaman elemen struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Arthawan, I. M. (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). Politeknik Negeri Bali, 1-4.
- Dedy Dharmawansyah, E. K. (2023). 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 Juli 2023, 67-69.
- Larasaty, E. (2022). Perhitungan Kebutuhan, Sisa, Dan Biaya Tulangan Pekerjaan Struktur. Polimedia, Vol 25 No. 1 Februari 2022, 2-14.
- Lintang Sinipat, M. B. (2023). Analisis Kebutuhan Material Besi Tulangan Pada Struktur Beton Bertulang Dengan Metode Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya. Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri Vol. 3, No. 1, Juli, 2023 hal. 668-701, 2-7.
- Michael Alan Kristianto, E. P. (2019). Analisis Waste Material Konstruksi Pada Pekerjaan Struktur Atas Beton Bertulang Bangunan Tingkat Tinggi. Volume 15, No. 3, Oktober 2019: 143 – 149, 145.
- NASIONAL, B. S. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD). Jakarta: SNI 2847:2019.
- Nasional, B. S. (2024). Baja tulangan beton. Jakarta: RSNI3 2052:2024.
- Samuel Stefanus Nasautama, M. S. (2022). Analisis Kebutuhan Tulangan dan Tulangan Sisa (Waste) Pekerjaan Struktur Kolom, Balok dan Pelat Lantai Proyek Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mandailing Natal . Jurnal Teknik Sipil, Volume 14, Issue 2, Oktober 2022, 76-82.
- Taofiq Dwi Kurniawan, T. (2021). Penerapan SNI 2847:2019 Dalam Perhitungan Kuantitas Pekerjaan Kait Tulangan. Prosiding Seminar Proposal Riset Teknologi Terapan: 2021., 2-3.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 18/PRT/M/2010 Tahun 2010 Pedoman Revitalisasi Kawasan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2010 Nomor 703. Jakarta.
- Mafrul, A. (2021). Analisis Penjadwalan Dan Bar Bending Schedule Dengan Building Information Modeling Muhammadiyah Sumatera Utara, 5-6.

- eatix, L. S. (2023). Analisis Kebutuhan Material Besi Tulangan Pada Struktur Beton Bertulang Dengan Metode Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 2-32.
- Chairina, L. C. (2024). Analisis Kebutuhan Tulangan & Biaya Kolom Dan Balok Pada Pembangunan Gedung Kantor Unit Pelaksana Teknis Dinas (Uptd) Di Kecamatan Bandar Perdagangan Kabupaten Simalungun Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Sipil (Jtsip)* : Vol. 3 No. 2, Desember 2024 , 183-186.
- Dedy Dharmawansyah, E. K. (2023). 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 Juli 2023 , 67-70.
- Martiano, M. B. (2021). Analisis Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Fta (Fault Tree Analysis) Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Icu Rsud Limpung Kabupaten Batang. *Universitas Semarang* , 6- 77.
- Qarinur, R. A. (2024). Analisis Kebutuhan Tulangan Kolom Dan Balok Pada Tribun Penonton Stadion Mini Pancing Provinsi Sumatera Utara. Vol 5 No 1 (2024) February, pp 715-732 ©, 716-731.
- Rahmat Wahyu A, H. S. (2023). Analisis Perhitungan Material Dan Waste Besi Dengan Metode Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Rs. Mangesti Rahayu. *Journal Of Civil Engeneering And Infrastructure Technology* Vol.1 No.1 , 1-10.