



EFISIENSI PENGGUNAAN TULANGAN KOLOM LANTAI 1 DAN 2 KANTOR PADA PROYEK GUDANG POLYTRON TANJUNG MORAWA

Metro Sahat Sianipar¹, Halen Viery Sidabutar², Juanda Alwi Dalimunthe³, Aldi Elohi Boangmanalu⁴, Dohar Sinabutar⁵

Jurusan Teknik Sipil-Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung-Politeknik Negeri Medan

Alamat korespondensi : metrosianipar@gmail.com, vierysidabutar09@gmail.com,
juanmunthe15022002@gmail.com, aldielohiboangmanalu@gmail.com,
doharsinabutar@gmail.com

Abstract

In construction projects there is a problem with residual materials. Material is one of the important components in determining the cost of a project has a large contribution of 40-60% of the project cost, so it must be considered in managing the remaining material so that it can be reused so that it is not wasted. There are various types of materials, one of the materials commonly found is reinforcing iron, because reinforcing iron has a high enough value that this material must be calculated very carefully in order to get the optimal value of reinforcement requirements and can minimize the remaining pieces of reinforcing iron formed so as to prevent losses. To be able to reduce the remaining reinforcing iron material can be done by making a bar bending schedule in the Microsoft Excel program. Bar Bending Schedule can optimize the need for reinforcing iron so as to reduce the remaining pieces that can be formed. The purpose of this research is to calculate the efficiency of the use of column reinforcement required based on shop drawings and calculate the remaining column reinforcement that is not used in the Tanjung Morawa Polytron Warehouse Construction Project Office. From the research results obtained the need for D10 reinforcing iron as much as 3072.66 kg, D16 as much as 4866.552 kg. As well as the remaining (waste) of reinforcing iron material produced by the Bar Bending Schedule method of column work at the Polytron Tanjung Morawa Warehouse Construction Project Office, namely D10 iron of 0.35% and D16 of 5.14%. With a total waste of reinforcing iron formed of 2.21%.

Keywords: *bar bending schedule, coloumn, reinforcing iron, waste*

Abstrak

Pada proyek konstruksi terdapat sebuah masalah pada material sisa. Material merupakan salah satu komponen yang penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek mempunyai kontribusi besar 40-60% dari biaya proyek, sehingga harus diperhatikan dalam manajemen sisa material agar bisa dimanfaatkan kembali supaya tidak terbuang. Terdapat berbagai jenis material salah satu material yang biasa dijumpai adalah besi tulangan, Karena besi tulangan memiliki nilai yang cukup tinggi sehingga material ini harus diperhitungkan dengan sangat teliti agar mendapatkan nilai kebutuhan tulangan yang optimal dan dapat meminimalisir sisa potongan besi tulangan yang terbentuk sehingga dapat mencegah terjadinya kerugian. Untuk dapat mengurangi sisa material besi tulangan dapat dilakukan dengan membuat *bar bending schedule* pada program *Microsoft Excel*. *Bar Bending Schedule* dapat mengoptimalkan kebutuhan besi tulangan sehingga dapat mengurangi sisa potongan yang dapat terbentuk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung efisiensi penggunaan tulangan kolom yang diperlukan berdasarkan *shop drawing* dan menghitung sisa tulangan kolom yang tidak digunakan pada Kantor Proyek Pembangunan Gudang Polytron Tanjung Morawa. Dari penelitian hasil didapatkan kebutuhan besi tulangan D10 sebanyak 3072,66 kg, D16 sebanyak 4866,552 kg. Serta sisa (*waste*) material besi tulangan yang dihasilkan dengan metode *Bar Bending Schedule* pekerjaan kolom pada Kantor Proyek Pembangunan Gudang Polytron Tanjung Morawa



yaitu pada besi D10 sebesar 0,35% dan D16 sebesar 5,14%. Dengan total keseluruhan sisa (*waste*) besi tulangan yang terbentuk sebesar 2,21%.

Kata kunci: *Bar Bending Schedule, Kolom, Besi Tulangan, Waste*



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek pembangunan konstruksi, tentunya membutuhkan berbagai jenis material/bahan. Dalam proses pengadaan atau alokasi material seringkali menimbulkan permasalahan, seperti kelebihan material. Untuk itu, dibutuhkan suatu konsep perencanaan alokasi material dan pemanfaatan sisa material yang ada dengan menggunakan konsep 3R (*reduce*, *recycle*, dan *reuse*) antara lain : (a) mencari jalan untuk memakai kembali sisa material tersebut, (b) mendaur ulang sisa material tersebut agar menjadi barang yang berguna, (c) mencari cara untuk mengurangi sisa material yang timbul.

Material merupakan salah satu komponen yang penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek mempunyai kontribusi besar 40-60% dari biaya proyek, sehingga harus diperhatikan dalam manajemen sisa material agar bisa dimanfaatkan kembali supaya tidak terbuang. Terdapat berbagai jenis material salah satu material yang biasa dijumpai adalah besi tulangan, Karena besi tulangan memiliki nilai yang cukup tinggi sehingga material ini harus diperhitungkan dengan sangat teliti agar mendapatkan nilai kebutuhan tulangan yang optimal dan dapat meminimalisir sisa potongan besi tulangan yang terbentuk sehingga dapat mencegah terjadinya kerugian. Dalam memanfaatkan sisa material, harus diperhatikan kondisi dari material tersebut agar tidak mengurangi kualitas dari bangunan itu sendiri. Sisa material konstruksi, tidak hanya penting dari sudut pandang efisiensi, tetapi juga berpengaruh pada lingkungan. Sisa material konstruksi dapat mencapai 15% - 30% dari sampah kota, sehingga upaya meminimalisi sisa material penting untuk diterapkan oleh para pelaku konstruksi.

Pada proyek pembangunan konstruksi gedung di dapat bahwa proses pemotongan tulangan merupakan kegiatan yang paling sering menimbulkan sisa material berupa potongan-potongan material. Jika dilihat dari sisi penyebab terjadinya sisa material, perubahan-perubahan desain merupakan faktor yang paling sering menyebabkan terjadinya limbah. Sedangkan jika dilihat dari pengaruh faktor penyebab terjadinya sisa material terhadap kegiatan konstruksi, maka pola pemotongan yang tidak optimal merupakan faktor yang paling mempengaruhi terjadinya sisa material.



Gambar 1 Sisa Tulangan Pada Proyek

1.2 Teori Pembesian

Pola penulangan pada suatu proyek konstruksi beton bertulang selalu ditentukan dari struktur apa yang direncanakan. Dalam menentukan pola penulangan tergantung peraturan yang digunakan. Peraturan yang digunakan adalah SNI- 2847-2019.

Kait dan bengkokan untuk kolom terjadi pada tulangan sengkang dan kait. Diameter bengkokan tergantung dari radius kait dan diameter tulangan. Kait dan bengkokan berdasarkan peraturan SNI 2847-2019 dibedakan untuk tulangan utama dan tulangan sengkang.

Acuan yang digunakan untuk berat per meter baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton sirip/ulir yang berdasarkan diameter tulangan yaitu SNI 2052-2017.



SN 2047-2019 TABEL 20.6.1.3.1 (ACI 318M-14 TABEL 20.6.1.3.1)

Tipe Kait Standard (Tipe Kait Standar)	Tipe Tulangan (Tipe Tulangan)	Jumlah Batang (Jumlah Batang)	Formulir Perencanaan (Formulir Perencanaan)	Perhitungan (Perhitungan)	Diagram (Diagram)
Kait 90° (Kait 90°)	Tulangan Utama (Tulangan Utama)	D ₁₂ 312 D16	AL	Tulangan Utama (Tulangan Utama)	
		D ₁₂ 302 E06	AL		
		KAL 027	UL		
		D ₁₂ 212 D10	AL		
Kait 135° (Kait 135°)	Sengkok, Kait Sengkok dan Sengkok Tengking (Sengkok, Kait Sengkok dan Sengkok Tengking)	D ₁₂ 312 D10	AL	Sengkok, Kait Sengkok dan Sengkok Tengking (Sengkok, Kait Sengkok dan Sengkok Tengking)	
		D ₁₂ 302 E06	AL		
		KAL 027	UL		
		D ₁₂ 212 D10	AL		
Kait 90° (Kait 90°)	Tulangan Utama (Tulangan Utama)	D ₁₂ 312 D16	AL	Tulangan Utama (Tulangan Utama)	
		D ₁₂ 302 E06	AL		
		KAL 027	UL		
		D ₁₂ 212 D10	AL		

Gambar 2. Kait Standard Untuk Tulangan Utama, Sengkok Dan Kait Pengikat

Rumus untuk mengetahui banyak tulangan:

- a) Banyak batang = Jumlah tulangan untuk 1 kolom x jumlah kolom;
- b) Untuk rumus panjang total = banyak batang x panjang batang (m);
- c) Untuk berat total (kg) = Panjang total (m) x berat nominal (kg/m);
- d) Untuk panjang 1 sengkang = 2 (p) + 2 (l) + (jumlah kait 90° x 6 db) + (jumlah kait 135° x 4 db)
- e) Cara menghitung jumlah sengkang
 - (1/4 x l) / diameter tumpuan
 - (1/2 x l) / diameter lapangan
- f) Cara menghitung panjang pengekokan
 - (Panjang atau lebar sengkang) + (jumlah bengkokkan x 4 db)

Keterangan :

- db = diameter besi
- l = tinggi bersih kolom

1.3 Teori Bar Bending Schedule

Menurut Prof. S. S. Bhavikatti, seorang ahli struktur, *Bar Bending Schedule* adalah dokumen yang menyajikan detail batang besi tulangan, seperti ukuran, panjang, bentuk pembengkokan, dan jumlahnya, yang diperlukan untuk suatu struktur beton tertentu. *Bar bending schedule* dapat diartikan juga sebagai metode perencanaan pada pekerjaan pembesian yang berisikan informasi mengenai detail berupa bentuk besi tulangan, panjang besi tulangan, dimensi serta jumlah besi tulangan yang akan digunakan pada pekerjaan struktur.

Dalam penerapan metode *bar bending schedule* tidak hanya mengetahui jumlah kebutuhan dan sisa materialnya saja tetapi dapat memudahkan dalam pembuatan perencanaan yang lebih teliti dan akurat serta dapat mempermudah dalam memasok material pembesian agar sesuai dengan perencanaan. Sehingga dengan menggunakan *bar bending schedule* dalam perhitungan besi tulangan termasuk dalam upaya untuk mengefisiensi pembesian.

Bar Bending Schedule digunakan untuk memudahkan proses persiapan kebutuhan pembesian/tulangan dan biasa diperlukan untuk konstruksi bangunan gedung karena memerlukan tulangan yang cukup banyak dengan diameter yang berbeda-beda. Dengan adanya *Bar Bending Schedule* maka akan teridentifikasi daftar potongan besi yang akan mengalami sisa material agar dapat digunakan kembali pada tipe besi tulangan yang lain, sehingga menjadi lebih efisien dan mengurangi material yang tidak terpakai.

Perhitungan *waste* ditujukan untuk mengantisipasi kuantitas dari sisa (*waste*) yang mungkin dihasilkan pada suatu proyek dalam usaha meningkatkan kesadaran akan pentingnya manajemen pembesian khususnya *waste* dan juga sisa (*waste*) tulangan dengan menggunakan metode *Bar Bending Schedule (BBS)* dengan cara manual menggunakan *software microsoft excel* agar lebih mudah melakukan perhitungan.

Tabel 1. Formulir *Bar Bending Schedule*



- k) Pemakaian Bahan (Ambil dari)
Pada point ini menjelaskan dari mana diambil bahan untuk kebutuhan kolom tersebut (Batang utuh atau sisa dari kolom lain);
- l) Pemakaian Bahan (Jumlah (bh))
Pada point ini menjelaskan berapa buah bahan yang dipakai (batang utuh atau sisa dari kolom lain);
- m) Pemakaian Bahan (Panjang (m))
Pada point ini menjelaskan berapa panjang bahan yang disediakan untuk dipotong (batang utuh atau sisa dari kolom lain);
- n) Pemakaian Bahan (Dipotong (m))
Pada point ini menjelaskan berapa panjang bahan yang digunakan untuk dipotong (batang utuh atau sisa dari kolom lain);
- o) Sisa (Jumlah (bh))
Pada point ini menjelaskan berapa buah sisa bahan yang telah dipotong;
- p) Sisa (Panjang (m))
Pada point ini menjelaskan berapa panjang sisa bahan setelah dipotong (dihitung dari panjang pemakaian bahan dikurang pemakaian bahan yang dipotong);
- q) Sisa Untuk (kode)
Pada point ini menjelaskan kemana sisa tulangan akan digunakan (jika sisa tersebut dapat terpakai di kolom yang lain);
- r) Sisa Untuk (Jumlah (bh))
Pada point ini menjelaskan jumlah sisa tulangan akan digunakan ke kolom lain (jika sisa tersebut dapat terpakai dikolom yang lain);
- s) Ket. (Keterangan)
Pada point ini menjelaskan apakah tulangan tersebut terpakai atau sisa (jika sisa disebut berapa sisa dan panjang sisa tersebut).

2. METODE PENELITIAN

Pada tahap metodologi ini dilakukan beberapa proses pengumpulan data meliputi pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder yang bertujuan untuk mendapatkan informasi terkait tulangan yang akan diteliti sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah yang akan diteliti, selanjutnya pengumpulan data primer, data sekunder. Metode pengumpulan data yang akan dilakukan dengan cara mendapatkan Gambar Kerja (*shop drawing*), yaitu *shop drawing* denah kolom lantai 1 dan denah kolom lantai 2 pada pembangunan Kantor Pada Proyek Pembangunan Gudang Polytron Tanjung Morawa, *Shop drawing* struktur detail kolom lantai 1 dan kolom lantai 2. Lalu melakukan pengolahan data, hasil dan pembahasan serta diakhiri dengan kesimpulan. Bagan Alir Penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Perhitungan kebutuhan pembesian dihitung mulai dari tulangan utama, tulangan sengkang, dan tulangan pengekang.

Berikut adalah Tabel Berat Besi Beton Ulir menurut Standar SNI 2052-2017.

Tabel 2. Berat Besi Beton Ulir SNI 2052-2017

No.	Penamaan	Diameter nominal (d) Mm	Luas penampang nominal (A) mm ²	Tinggi Sirip (H)		Jarak Sirip Melintang (P) Maks mm	Lebar Sirip Membujur (T) Maks M	Berat nominal per meter ^a kg/m
				Min Mm	Maks mm			
1	S 6	6	28	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222
2	S 8	8	50	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395
3	S 10	10	79	0,5	1	7	7,9	0,617
4	S 13	13	133	0,7	1,3	9,1	10,2	1,042
5	S 16	16	201	0,8	1,6	11,2	12,6	1,578
6	S 19	19	284	1	1,9	13,3	14,9	2,226
7	S 22	22	380	1,1	2,2	15,4	17,3	2,984
8	S 25	25	491	1,3	2,5	17,5	19,7	3,853
9	S 29	29	661	1,5	2,9	20,3	22,8	5,185
10	S 32	32	804	1,6	3,2	22,4	25,1	6,313
11	S 36	36	1018	1,8	3,6	25,2	28,3	7,99
12	S 40	40	1257	2	4	28	31,4	9,865
13	S 50	50	1964	2,5	5	35	39,3	15,413
14	S 54	54	2290	2,7	5,4	37,8	42,3	17,978
15	S 57	57	2552	2,9	5,7	39,9	44,6	20,031

Berikut contoh perhitungan tulangan utama, tulangan sengkang, dan tulangan pengikat pada kolom tipe kolom K34.



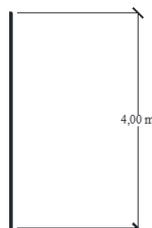
Gambar 6. Kolom K34

Kolom K34 merupakan salah satu kolom utama yang berada Pada Lantai 1 Kantor Pembangunan Gudang Polytron Tanjung Morawa memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a) Tinggi Kolom : 4 m
- b) Jumlah Kolom : 2 buah
- c) Ukuran Kolom : 30 cm x 40 cm
- d) Selimut beton : 40 mm
- e) Tulangan Utama : 14 D16 (14 buah diameter 16 (ulir))
- f) Sengkang Tumpuan: D10-100 (diameter 10 (ulir) jarak 100 mm)
- g) Sengkang Lapangan : D10-150 (diameter 10 (ulir) jarak 150 mm)
- h) Pengekang Tumpuan : D10-100 (diameter 10 (ulir) jarak 100 mm)
- i) Pengekang Lapangan: D10-150 (diameter 10 (ulir) jarak 150 mm)

Perhitungan :

1. Tulangan Utama

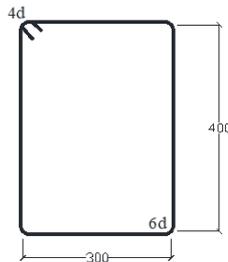




Gambar 7. Tulangan Utama Kolom Tipe K34

- a. Diameter Tulangan = D16
- b. Jumlah Tulangan = 14 Batang
- c. Total Jumlah Tulangan = 14×2
= 28 Batang
- d. Panjang 1 batang = 4,0 m
- e. Panjang Total = $4,0 \text{ m} \times 28$
= 112 m
- f. Berat Nominal D16 = $1,578 \text{ kg/m}$
- g. Berat Total = $112 \text{ m} \times 1,578 \text{ kg/m}$
= 176,736 kg
- h. Pemakaian Bahan dalam 1 Batang Utuh (12m)
 - Bagian batang utuh berjumlah 9 batang.
 - Dipotong dalam 1 batang utuh (12 m) dengan panjang 12 m.
($3 \times 4 \text{ m} = 12 \text{ m}$)
 - Bagian batang utuh berjumlah 1 batang
 - Dipotong dalam 1 batang utuh (12 m) dengan panjang 4 m.
($1 \times 4 \text{ m} = 4 \text{ m}$)
- i. Sisa Tulangan = $12 \text{ m} - 4 \text{ m}$
= 8,0m (dengan jumlah 1 batang)
- j. Sisa tulangan pada kolom K34 tulangan utama adalah 8 m dengan jumlah 1 batang yang dapat digunakan untuk:
 - Tulangan utama K2a6 (Lantai 1) dengan jumlah 1 batang.

2. Tulangan Senggang



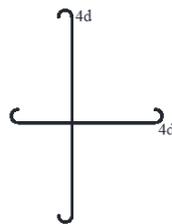
Gambar 8. Tulangan Senggang Kolom Tipe K34

- a. Diameter tulangan = D10
- b. Perhitungan jumlah senggang
 - Tinggi Bersih Kolom = 4 m
 - $(1/4 \times l)/100 = (1/4 \times 4000)/100 = 10 \text{ buah}$
 - $(1/2 \times l)/150 = (1/2 \times 4000)/150 = 14 \text{ buah}$
 - $(1/4 \times l)/100 = (1/4 \times 4000)/100 = 10 \text{ buah}$
 - Jumlah senggang untuk 1 kolom = 34 buah
 - Jumlah kolom utama K34 pada lantai 1 adalah 2 buah, maka banyak senggang yang dibutuhkan adalah $34 \times 2 = 68 \text{ senggang}$
- c. Panjang satu senggang =
 $(2 \times 0,4) + (2 \times 0,3) + (3 \times 6 \times 0,01) + (2 \times 4 \times 0,01) = 1,66 \text{ m}$
- d. Panjang total = $68 \times 1,66 \text{ m} = 112,880 \text{ m}$
- e. Berat Nominal D10 = $0,617 \text{ kg/m}$
- f. Berat total = $112,880 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} = 69,646 \text{ kg}$



- g. Pemakaian Bahan dalam batang utuh (12 m)
- Bagian batang utuh berjumlah 9 batang
 - Dalam 1 batang utuh (12 m) dipotong dengan panjang 11,62 m.
($7 \times 1,66 \text{ m} = 11,62 \text{ m}$)
 - Bagian batang utuh berjumlah 1 batang
 - Dalam 1 batang utuh (12 m) dipotong dengan panjang 8,3 m.
($5 \times 1,66 \text{ m} = 8,3 \text{ m}$)
- h. Sisa Tulangan = $12 \text{ m} - 11,62 \text{ m}$
= 0,38 m (dengan jumlah 9 batang)
Sisa Tulangan = $12 \text{ m} - 8,3 \text{ m}$
= 3,70 m (dengan jumlah 1 batang)
- i. Sisa tulangan pada Kolom K34 Tulangan Senggang adalah 0,38 m dengan jumlah 9 batang, 3,70 m dengan jumlah 1 batang yang dapat digunakan untuk:
- Tulangan Pengekang Kolom K34 (Lantai 1) dengan jumlah 6 batang.
 - Tulangan Pengekang Kolom K1a6 (Lantai 2) dengan jumlah 3 batang.
 - Tulangan Pengekang Kolom K37 (Lantai 1) dengan jumlah 1 batang.

3. Tulangan Pengekang



Gambar 9. Tulangan Pengekang Kolom Tipe K34

Jumlah kolom utama K34 pada lantai 1 adalah 2 buah dan pada satu sengkang kolom K34 terdapat 2 pengekang yang memiliki ukuran:

- Memiliki 1 buah pengekang berukuran 0,48 m. Maka banyak batang yang dibutuhkan untuk pengekang sengkang berukuran 0,48 m adalah $34 \times 2 = 68$ buah.
 - Memiliki 1 buah pengekang berukuran 0,38 m. Maka banyak batang yang dibutuhkan untuk pengekang sengkang berukuran 0,38 m adalah $34 \times 2 = 68$ buah.
- a. Panjang pengekang =
- $0,4 + (2 \times 4 \times 0,01) = 0,48$
 - $0,3 + (2 \times 4 \times 0,01) = 0,38$
- b. Panjang total =
- $0,48 \times 68 = 32,64 \text{ m}$
 - $0,38 \times 68 = 25,84 \text{ m}$
- c. Berat Nominal D10 = 0,617 kg/m
- d. Berat total =
- $32,64 \times 0,617 = 20,138 \text{ kg}$
 - $25,84 \times 0,617 = 15,943 \text{ kg}$
- e. Pemakaian bahan dalam batang utuh (12 m)
- Bagian batang utuh berjumlah 2 batang.
 - Dipotong dalam 1 batang utuh (12 m) dengan panjang 12 m
($25 \times 0,48 \text{ m} = 12 \text{ m}$)
 - Bagian batang utuh berjumlah 1 batang.
 - Dipotong dalam 1 batang utuh (12 m) dengan panjang 8,64 m.



$(18 \times 0,48 \text{ m} = 8,64 \text{ m})$

- Bagian batang utuh berjumlah 2 batang.
- Dipotong dalam 1 batang utuh (12 m) dengan panjang 11,78 m.
 $(31 \times 0,38 \text{ m} = 11,78 \text{ m})$

f. Pemakaian Bahan diambil dari K34 Sengkang (Lantai 1)

- Bagian batang yang diambil sejumlah 6 batang
- Dipotong dalam 1 batang (0,38 m) dengan panjang 0,38 m.
 $(1 \times 0,38 \text{ m} = 0,38 \text{ m})$

g. Sisa tulangan = $12 \text{ m} - 8,64 \text{ m}$
 = 3,36 m (dengan jumlah 1 batang)

Sisa tulangan = $12 \text{ m} - 11,78 \text{ m}$

= 0,22 m (dengan jumlah 2 batang)

h. Sisa tulangan pada Kolom K34 Tulangan Pengekang adalah 0,22 m dengan jumlah 2 batang (Sisa tulangan ini tidak dapat digunakan untuk jenis kolom lainnya), 3,36 m dengan jumlah 1 batang yang dapat digunakan untuk:

- Tulangan Pengekang K27 (Lantai 1) dengan jumlah 1 batang.

3.1 Rekapitulasi Total Kebutuhan Tulangan Batang Utuh

Berikut adalah hasil rekapitulasi penggunaan batang utuh pada Kolom Lantai Satu dan Lantai Dua Kantor Pembangunan Gudang Polytron Tanjung Morawa yang ditunjukkan pada Tabel . Adapun cara perhitungan rekapitulasi penggunaan batang utuh yaitu dengan cara menjumlahkan batang utuh yang dikategorikan sesuai dengan tipe kolom dan diameter tulangan dikalikan dengan berat nominal tulangan.

Tabel 3. Rekapitulasi Penggunaan Batang Utuh pada Kolom Lantai Satu dan Lantai Dua

LANTAI 1			LANTAI 2		
JUMLAH BATANG UTUH (BATANG)	D16	D10	JUMLAH BATANG UTUH (BATANG)	D16	D10
TABEL 1 : KOLOM K34	10	15	TABEL 1 : KOLOM K35	12	16
TABEL 2 : KOLOM K2a5	4	7	TABEL 2 : KOLOM K2a5	6	7
TABEL 3 : KOLOM K1a6	8	15	TABEL 3 : KOLOM K1a6	40	46
TABEL 4 : KOLOM K1b6	20	36	TABEL 4 : KOLOM K1b6	6	25
TABEL 5 : KOLOM K26	12	22	TABEL 5 : KOLOM K26	6	7
TABEL 6 : KOLOM K2a6	18	31	TABEL 6 : KOLOM K2a6	12	15
TABEL 7 : KOLOM K2a7	19	49	TABEL 7 : KOLOM K2a7	20	40
TABEL 8 : KOLOM K27	28	41	TABEL 8 : KOLOM K27	18	24
TABEL 9 : KOLOM K37	6	13	TABEL 9 : KOLOM K1a7	7	6
			TABEL 10 : KOLOM K1a3	5	0
JUMLAH BATANG UTUH (BATANG)	125	229	JUMLAH BATANG UTUH (BATANG)	132	186
BERAT NOMINAL (KG)	18,936	7,404	BERAT NOMINAL (KG)	18,936	7,404
JUMLAH BATANG UTUH (KG)	2367	1695,516	JUMLAH BATANG UTUH (KG)	2499,552	1377,144
TOTAL BATANG UTUH (KG)	4062,516		TOTAL BATANG UTUH (KG)		3876,696
TOTAL SELURUH BATANG UTUH (KG)			7939,212		

3.2 Perhitungan Waste Pada Kolom

Berdasarkan analisa perhitungan kebutuhan tulangan pada kolom dengan menggunakan *bar bending schedule*, maka dapat dihitung sisa (*waste*) tulangan. Adapun cara perhitungan rekapitulasi *waste* tulangan yaitu dengan cara menjumlahkan panjang tulangan (m) yang dikategorikan sesuai dengan tipe kolom dan diameter tulangan. Dari hasil penjumlahan tiap diameter tulangan, maka dikonversikan ke dalam satuan kg.

Tabel 4. Total Waste Tulangan Kolom Lantai 1



SISA	KODE	JUMLAH	PANJANG (M)	BERAT NOMINAL (Kg/m)	BERAT TOTAL (Kg)
K34	D16	0	0	1,578	0
	D10	2	2,2	0,617	2,7148
K2a5	D16	0	0	1,578	0
	D10	0	0	0,617	0
K1a6	D16	0	0	1,578	0
	D10	2	0,04	0,617	0,04936
K1b6	D16	0	0	1,578	0
	D10	1	0,2	0,617	0,1234
K26	D16	0	0	1,578	0
	D10	0	0	0,617	0
K2a6	D16	0	0	1,578	0
	D10	7	0,12	0,617	0,51828
K2a7	D16	1	4	1,578	6,312
	D10	11	0,12	0,617	0,81444
K27	D16	0	0	1,578	0
	D10	13	0,04	0,617	0,32084
K37	D16	49	0,02	0,617	0,60466
	D10	0	0	1,578	0
K37	D16	0	0	1,578	0
	D10	3	0,22	0,617	0,40722
BERAT TOTAL SISA (KG)					11,865

Adapun juga *waste* tulangan untuk Lantai Dua adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Total *Waste* Tulangan Kolom Lantai 2

SISA	KODE	JUMLAH	PANJANG (M)	BERAT NOMINAL (Kg/m)	BERAT TOTAL (Kg)
K35	D16	4	1,35	1,578	8,5212
	D16	7	3,3	1,578	36,4518
	D10	1	0,12	0,617	0,07404
K2a5	D10	7	0,08	0,617	0,34552
	D16	0	0	1,578	0
	D10	0	0	0,617	0
K1a6	D16	16	1,35	1,578	34,0848
	D16	32	0,01	0,617	0,19744
	D16	1	0,02	0,617	0,01234
	D16	3	0,04	0,617	0,07404
	D16	16	0,05	0,617	0,4936
	D16	3	0,06	0,617	0,11106
	D16	1	0,07	0,617	0,04319
	D16	2	0,08	0,617	0,09872
	D10	1	0,1	0,617	0,0617
	D10	1	0,11	0,617	0,06787
K1b6	D10	1	0,13	0,617	0,08021
	D10	1	0,14	0,617	0,08638
	D10	8	0,15	0,617	0,7404
	D10	1	0,17	0,617	0,10489
	D16	16	0,18	0,617	1,77696
	D16	1	0,2	0,617	0,1234
	D16	30	0,05	1,578	2,367
	D10	0	0	0,617	0
	D16	0	0	1,578	0
	K26	D10	10	0,02	0,617
D10		6	0,04	0,617	0,14808
K2a6	D16	4	1,35	1,578	8,5212
	D10	6	0,12	0,617	0,44424
	D10	5	0,24	0,617	0,7404
K2a7	D16	40	0,05	1,578	3,156
	D16	7	0,04	0,617	0,17276
	D10	24	0,05	0,617	0,7404
K27	D10	2	0,07	0,617	0,08638
	D16	1	0,11	0,617	0,06787
	D16	10	0,12	0,617	0,7404
	D16	3	0,18	0,617	0,33318
	D16	3	0,05	1,578	0,2367
K1a7	D16	18	1,35	1,578	38,3454
	D10	40	0,04	0,617	0,9872
	D10	1	0,08	0,617	0,04936
K1a3	D16	0	0	1,578	0
	D16	10	0,01	0,617	0,0617
	D10	1	0,02	0,617	0,01234
	D10	2	0,13	0,617	0,16042
	D10	3	0,15	0,617	0,27765
K1a3	D16	1	0,63	0,617	0,38871
	D16	3	0,55	1,578	2,6037
	D10	1	3,3	1,578	5,2074
K1a3	D16	1	7,65	1,578	12,0717
	D10	67	0,04	0,617	1,65356
BERAT TOTAL SISA (KG)					163,24671

Untuk menghitung *waste* tulangan (%) dari perhitungan sisa tulangan pada kolom diatas diperoleh berat total sisa pada Lantai Satu dan Lantai Dua yaitu 11,865 kg + 163,24671 kg = 175,112 kg. Jumlah batang utuh yang digunakan pada kolom dalam satuan kg adalah 7939,212 Kg.



$$\begin{aligned} \text{Waste (\%)} &= \frac{\text{waste material (kg)}}{\text{Batang dibutuhkan (kg)}} \times 100\% \\ &= \frac{175,112 \text{ Kg}}{7939,212 \text{ Kg}} \times 100\% \\ &= 2,21\% \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Adapun simpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi penggunaan tulangan kolom Pada Lantai Satu dan Lantai Dua Pada Kantor Pembangunan Gudang Polytron Tanjung Morawa menurut *Shop Drawing* adalah 97,79%.
2. Total *Waste* tulangan kolom Pada Lantai Satu dan Lantai Dua Pada Kantor Pembangunan Gudang Polytron Tanjung Morawa menurut *Shop Drawing* sebanyak 175,112 kg atau 2,21%.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Perlunya pengaplikasian komputer khususnya *Microsoft Excel* pada perhitungan efisiensi penggunaan tulangan dalam bentuk *Bar Bending Schedule* atau pembuatan software aplikasi *Bar Bending Schedule* untuk meminimalisasi *waste* besi tulangan.
2. Perlu dilakukan pelatihan tenaga kerja untuk pekerjaan penulangan agar pihak pelaksana di lapangan dapat memahami pola pemotongan besi tulangan dengan baik, sehingga dapat meminimalisasi *waste* tulangan pada proyek.

5. DAFTAR PUSTAKA

Dewi, P. W. E. C., Kader, I. M. S., & Andayani, K. W. (2022). Analisis *Waste* Material Besi Tulangan Pada Struktur Beton Bertulang Dengan Metode *Bar Bending Schedule* Pada Proyek Pembangunan Villa-Q Canggu Di Kabupaten Badung.

Ginting, BS. 2019. Pengertian Umum Besi Beton (*rebar*). *Article Universitas Quality*, 5-9.

Lestari, P. O., Uda, S. A. K. A., & Nuswantoro, W. (n.d.). Identifikasi Penanganan *Waste* Material Berdasarkan Pandangan Kontraktor dan Konsultan di Kota Palangka Raya.

SNI 2052:2017. Baja Tulangan Beton. Badan Standarisasi Nasional.

SNI.2847:2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional.