

# Analisis Kebutuhan Tulangan dan Tulangan Sisa (*Waste*) Pekerjaan Struktur Kolom, Balok dan Pelat Lantai Proyek Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mandailing Natal

Samuel Stefanus Nasautama<sup>1</sup>, Mizanuddin Sitompul<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung, Politeknik Negeri Medan

<sup>2</sup> Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Medan

Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater No.1, Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara

E-mail : [samuelpardosi8@gmail.com](mailto:samuelpardosi8@gmail.com), [mizanuddinsitompul@polmed.ac.id](mailto:mizanuddinsitompul@polmed.ac.id)

**Abstrak** — Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung kebutuhan tulangan kolom, balok dan pelat lantai serta untuk menentukan sisa tulangan kolom dan balok yang tidak digunakan pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mandailing Natal berdasarkan gambar detail engineering design. Aturan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 2847:2013 dan SNI 2052:2017. Hasil penelitian menunjukkan kebutuhan tulangan balok, kolom dan pelat lantai pada Proyek Pasar Baru Kab. Mandailing Natal, Sumatera Utara menurut gambar DED sebesar 467.927,46 kg dan didapatkan waste tulangan berdasarkan perhitungan menggunakan metode Bar Bending Schedule adalah 51.135,53 kg. Waste tulangan sebesar 10,92 %, memenuhi syarat toleransi dengan rentang 5% - 20%.

**Kata Kunci** : bar bending schedule, sisa tulangan

**Abstract** — The purpose of this study is to calculate the need for reinforcement for columns, beams, and slab and to determine the remaining reinforcement for columns and beams that are not used in the Pasar Baru Development Project of Mandailing Natal Regency based on Detailed Engineering Design drawings. The rules used in this study refer to SNI 2847:2013 and SNI 2052:2017. The results of the study that the need for reinforcement beams, columns, and floor slabs in the Pasar Baru Project, Kab. Mandailing Natal, North Sumatra according to the Detailed Engineering Design drawings is 467,927.46 kg, and the obtained waste reinforcement based on calculations using the Bar Bending Schedule method is 51,135.53 kg. Then obtained waste reinforcement 10.92%, eligible tolerance with a range of 5% - 20%.

**Kata Kunci** : bar bending schedule, remaining reinforcement

## I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, hampir 60% material yang digunakan adalah beton (*concrete*), yang pada umumnya dipadukan dengan baja (*composite*) atau jenis lainnya (Mulyono, 2004). Ditinjau dari segi kekuatan, beton memiliki keunggulan yaitu memiliki kuat tekan yang tinggi namun beton lemah dalam menahan gaya tarik. Kuat tarik beton yang sangat rendah berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton (Tjokrodinuljo, 1996). Untuk menahan gaya tarik tersebut beton diberikan baja tulangan sehingga struktur beton merupakan kombinasi dari beton dan baja (beton bertulang). Material Baja tulangan adalah salah satu komponen yang paling banyak memakan biaya dan waktu, dan material Baja tulangan juga merupakan salah satu komponen yang menyisahkan sisa yang cukup banyak, memahami bentuk besi dan pemotongan yang tepat sangat penting untuk menghindari kerugian yang terjadi karena salah dalam manajemen dan juga dalam memotong akan mengakibatkan kerugian. Munculnya material sisa pada besi tulangan dapat digolongkan

atas 2 jenis. Pertama, *waste* besi tulangan terjadi secara alamiah karena karakteristik desain penulangan. Kedua, besi tulangan terjadi karena kelebihan jumlah pembelian dibandingkan dengan kebutuhan.

Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan dengan teliti dan tepat dalam menentukan jumlah kebutuhan material tulangan yang akan digunakan dalam proyek disertai dengan evaluasi terhadap penggunaan material tersebut. Guna mengurangi sisa-sisa tulangan yang berlebih dapat dilakukan dengan membuat *Bar Bending Schedule* menggunakan program *Microsoft Excel* untuk mempermudah perhitungan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, penulis tertarik menganalisis kebutuhan dan *waste* tulangan menurut *shop drawing*, serta efisiensi penggunaan tulangan dengan metode *Bar Bending Schedule* yang berpedoman pada SNI 2847:2013. Menghitung berat besi berpedoman pada SNI 2052:2017 untuk pembangunan Pasar Baru di Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara. Dari nilai indeks kebutuhan tulangan pada analisis pekerjaan beton, SNI-7394-2008-HSP-Beton telah

memperkirakan nilai *waste* besi tulangan ini sebesar 5% - 20%.

Permasalahan yang dieliti pada penelitian berikut ini adalah kebutuhan tulangan dan total *waste* serta persentase *waste* agar memenuhi SNI 7394:2008 untuk pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mandailing Natal.

Agar pembahasan tidak terlalu luas dan mengakibatkan penelitian yang tidak terpusat maka diberikan batasan-batasan berikut :

- Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mandailing Natal.
- Perhitungan pekerjaan penulangan hanya dihitung pada struktur kolom, balok dan pelat lantai.
- Hanya menghitung kebutuhan tulangan dan *waste* tulangan yang tidak dapat digunakan lagi karena karakteristik desain penulangan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### II.1. Teori Pembesian/Penulangan

Setiap elemen struktur mempunyai pola penulangan yang berbeda-beda. Tergantung bentuk dan jenis dari elemen struktur, yaitu balok, kolom, *slab*, dinding, tangga, pondasi, dll. Dalam mendesain tulangan, perencana struktur harus mengikuti persyaratan yang ada, yaitu mutu beton dan mutu tulangan baja, jarak minimum antar tulangan, persyaratan selimut beton, panjang penyaluran, sambungan lewatan, kait dan bengkokan (Murdock dan Brook, 1997).

Agar bangunan tersebut kuat dan aman, perencana struktur harus mendesain bangunan tersebut dengan teliti dan dapat dipertanggungjawabkan. Selain itu dalam pelaksanaan di lapangan harus ada seorang pengawas untuk mendukung pelaksanaan proyek pada tingkat teknis operasional. Untuk pekerjaan pembesian (penulangan) dibutuhkan seorang konsultan pengawas untuk memeriksa panjang, bentuk (pola), penempatan, jumlah dan diameter tulangan yang terpasang harus sesuai dengan yang ada pada gambar desain yang direncanakan.

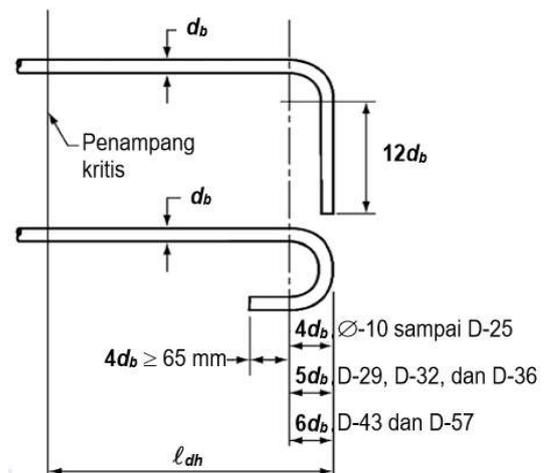
Dalam perhitungan pola penulangan pada penelitian ini, peneliti menggunakan peraturan yang digunakan adalah SNI 2847-2013. Kait dan bengkokan untuk kolom terjadi pada tulangan sengkang dan tulangan kait. Sedangkan untuk balok, bengkokan tidak hanya terjadi pada sengkang saja, tetapi juga pada ujung tulangan utama, tulangan tumpuan dan tulangan lapangan, dimana diameter dan besarnya bengkokan sudah ditentukan dalam peraturan SNI 2847-2013. Diameter bengkokan tergantung dari radius kait dan diameter tulangan. Kait dan bengkokan berdasarkan peraturan SNI 2847-2013 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.

### II.2. Kait Standar

Pembengkokan tulangan pada peraturan SNI 2847-2013 harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Bengkokan 180° ditambah perpanjangan  $4d_b$ , tapi tidak kurang dari 60 mm, pada ujung bebas kait.
- Bengkokan 90° ditambah perpanjangan  $12d_b$  pada ujung bebas kait.
- Untuk sengkang dan kait pengikat:
  - Batang D-16 dan yang lebih kecil, bengkokan 90° ditambah perpanjangan  $12d_b$  pada ujung bebas kait,
  - Batang D-19, D-22, dan D-25, bengkokan 90° ditambah perpanjangan  $12d_b$  pada ujung bebas kait,
  - Batang D-25 dan yang lebih kecil, bengkokan 135° ditambah perpanjangan  $6d_b$  pada ujung bebas kait.
- Panjang penyaluran ( $l_{dh}$ ) yaitu panjang tulangan yang diperlukan untuk mengembangkan kuat rencana tulangan pada suatu penampang kritis. Agar beton bertulang yang bersifat komposit dapat berfungsi dengan baik, maka diperlukan kerja sama antar tulangan seutuhnya dengan beton supaya terjadi penyaluran gaya yang baik dari suatu bahan ke bahan yang lain. Contohnya pada penyaluran tulangan ke kolom. Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar. Berikut adalah detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar seperti pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar (SNI 2847:2013)

II.3. Panjang Bengkokan Minimum

Panjang bengkokan minimum tulangan pada peraturan SNI 2847-2013 harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Panjang bengkokan yang diukur pada bagian dalam batang tulangan tidak boleh kurang dari nilai dalam tabel dibawah ini. Ketentuan ini tidak berlaku untuk sengkang dan sengkang ikat ukuran dengan ukuran D-10 hingga D16.
- b. Panjang dalam dari bengkokan untuk sengkang dan sengkang ikat tidak boleh kurang dari 4db untuk batang D-16 dan yang lebih kecil. Untuk batang yang lebih besar daripada D-16, diameter bengkokan harus memenuhi Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Diameter Minimum Bengkokan

Ukuran Tulangan	Diameter Minimum
D-10 sampai dengan D-25	$6d_b$
D-29, D-32 dan D-36	$8d_b$
D-44 dan D-56	$10d_b$

II.4. Sambungan Lewatan

Sambungan lewatan tulangan pada peraturan SNI 2847-2013 harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- A. Sambungan Lewatan pada Kondisi Tarik SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1 memberikan dua alternatif untuk sambungan lewatan pada kondisi tarik, Ist, yaitu sambungan lewatan kelas A dan kelas B (yang tidak boleh kurang dari 300 mm) dan besarnya adalah:
  - a) Sambungan lewatan kelas A..... $1,0l_d$
  - b) Sambungan lewatan kelas B..... $1,3l_d$

Namun tanpa ada pembatasan panjang minimal sebesar 300 mm, dan tanpa mempertimbangkan faktor modifikasi tulangan lebih. Pada dasarnya sambungan lewatan tulangan ulir dalam kondisi tarik harus menggunakan sambungan lewatan kelas B, namun sambungan lewatan kelas A diperbolehkan jika:

- a. Luas tulangan terpasang paling sedikit dua kali dari yang dibutuhkan berdasarkan analisis pada keseluruhan panjang sambungan.
- b. Paling banyak hanya setengah dari keseluruhan tulangan disambung di dalam daerah panjang lewatan perlu.

B. Sambungan Lewatan pada Kondisi Tekan Panjang sambungan lewatan pada kondisi tekan,  $l_{sc}$ , harus sama atau lebih besar daripada panjang penyaluran tulangan pada kondisi tekan (termasuk faktor modifikasinya). Panjang sambungan lewatan pada kondisi tekan ditentukan dalam SNI 2847:2013

Pasal 12.16, sesuai persamaan 2.1 dan 2.2 sebagai berikut:

$$l_{sc} > 0,071f_y d_b \quad (\text{untuk } f_y \leq 420 \text{ MPa}) \quad (2.1)$$

$$l_{sc} = (0,13f_y - 24)d_b \quad (\text{untuk } f_y > 420 \text{ MPa}) \quad (2.2)$$

II.5. Berat per Meter Baja Tulangan Beton Polos

Berat per meter baja tulangan beton polos ada peraturan SNI 2052-2017 dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Ukuran baja tulangan beton polos

No	Penamaan	Diameter Nominal (d)	Luas Penampang Nominal (A)	Berat Nominal per Meter*
		Mm	mm <sup>2</sup>	Kg/m
1	P 6	6	28	0,222
2	P 8	8	50	0,395
3	P 10	10	79	0,617
4	P 12	12	113	0,888
5	P14	14	154	1,208
6	P 16	16	201	1,578
7	P 19	19	284	2,226
8	P 22	22	380	2,984
9	P 25	25	491	3,853
10	P 28	28	616	4,834
11	P 32	32	804	6,313
12	P 36	36	1018	7,990
13	P 40	40	1257	9,865
14	P 50	50	1964	15,413

**CATATAN :**

- \*sebagai referensi
- Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran adalah sbb :
  - a) Luas penampang nominal (A)  
 $A = 0,7854 \times d^2 \text{ (mm}^2\text{)}$   
 D = diameter nominal (mm)
  - b) Berat nominal =  $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100} \text{ (kg/m)}$

II.6. Berat per Meter Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir

Berat per meter baja tulangan beton sirip/ulir pada peraturan SNI 2052-2017 dapat dilihat pada Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2. 3 Ukuran baja tulangan beton sirip/ulir

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Tinggi sirip (H)		Jarak sirip melintang (P) maks	Lebar sirip membujur (T) maks	Berat nominal per meter *
				min	Maks			
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	1,0	7,0	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	1,0	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	7,990
12	S 40	40	1257	2,0	4,0	28,0	31,4	9,865
13	S 50	50	1964	2,5	5,0	35,0	29,2	15,41 3
14	S 54	54	2290	2,7	5,4	37,8	42,3	17,97 8
15	S 57	57	2552	2,9	5,7	39,9	44,6	20,03 1
CATATAN :								
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diameter nominal hanya dipergunakan untuk perhitungan parameter nominal lainnya dan tidak perlu diukur</li> <li>2. Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran adalah sbb : <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Luas penampang nominal (A)  <math>A = 0,7854 \times d^2</math> (mm<sup>2</sup>)  D = diameter nominal (mm)</li> <li>b) Berat nominal = <math>\frac{0,7854 \times 0,7854 \times d^2}{100}</math> (kg/m)</li> <li>c) Tinggi sirip minimum = 0,05d</li> <li>d) Tinggi sirip maksimum = 0,1 d</li> <li>e) Jumlah 2 (dua) sirip membujur maksimum = 0,25 K  K = 0,3142 x d</li> </ol> </li> </ol>								

## II.7. Teori Buigstaat dan Knipstaat

*Buigstaat* (kondisi lentur) dan *Knipstaat* (kondisi potong) berasal dari bahasa Belanda yang dalam bahasa Inggris disebut *Bar Bending Schedule*. *Bar Bending Schedule* merupakan daftar pola pembengkokan tulangan yang meliputi data diameter, bentuk, panjang dan jumlah tulangan (ACI 116R-00). Untuk membuat *Bar Bending Schedule* diperlukan data-data gambar teknis dari pihak konsultan, data mengenai jumlah dan ukuran baja tulangan yang digunakan, data mengenai jumlah dan dimensi bagian yang dikerjakan serta tabel-tabel yang dibutuhkan.

Daftar bengkokan batang tulangan umumnya berisi batang tulangan maupun yang dibengkok dan menyajikan semua dimensi detail batang tulangan termasuk bengkokannya, serta informasi mengenai mutu baja tulangan dan jumlah yang digunakan. Daftar batang tulangan jenis yang demikian dapat pula digunakan untuk tambahan keterangan pada daftar detail bengkokan, dan gambar pemasangan (I Putu Artama W., 2007). Daftar pembengkokan tulangan selain untuk pabrikasi, juga digunakan sebagai pedoman pengadaan material baja tulangan.

Man Kork (2013) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mendapatkan metode *Bar Bending Schedule* yang dapat digunakan untuk mengoptimasi penulangan pada balok bertulang sehingga menghasilkan *waste* sekecil mungkin. *Buigstaat* dan *Knipstaat* digunakan untuk memudahkan proses persiapan kebutuhan pembesian dan biasa diperlukan untuk konstruksi bangunan gedung karena memerlukan tulangan yang cukup banyak dengan diameter yang berbeda-beda. Dengan adanya *Buigstaat* maka akan teridentifikasi daftar potongan besi yang tersisa agar dapat digunakan kembali pada tipe besi tulangan berikutnya, sehingga menjadi lebih efisien.

## II.8. Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan kebutuhan tulangan dapat dilakukan dengan dua metode yang masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan sendiri. Kedua metode tersebut adalah:

1. Menghitung kebutuhan tulangan dengan metode SNI 7394:2008 (berdasarkan volume dari struktur beton bertulang)
2. Menghitung kebutuhan tulangan dengan metode Tabel *Buigstaat* dan *Knipstaat* (berdasarkan gambar *detail engineering design*)

## III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan terhadap Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mandailing Natal yang berlokasi Jl. Wiliem Iskandar, Kota Penyabungan Kabupaten Mandailing Natal Sumatera Utara. Berikut ini jenis dan sumber data:

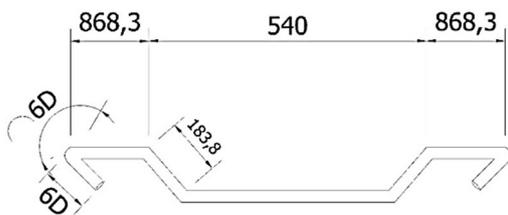
1. Jenis Data
  - Data Kualitatif  
Merupakan perolehan data berupa informasi dari pihak instansi yang bersangkutan.
  - Data kuantitatif  
Merupakan jenis data yang dapat diukur atau dihitung secara langsung, yang berupa informasi atau penjelasan yang dinyatakan dengan bilangan atau berbentuk angka.
2. Sumber Data
  - Data Primer  
Merupakan data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti dengan mendapatkan data *shop drawing* dari pihak konsultan perencana.
  - Data Sekunder  
Merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung dalam penelitian atau dari pihak lain yang terkait dengan objek yang diteliti. Data ini diperoleh dari studi pustaka berupa buku, referensi, dokumen dan sebagainya.  
Berikut ini merupakan metode pengumpulan data yang diterapkan dalam penelitian ini atau metode pengumpulan data yang akan dilakukan dengan cara:
    - a. Mendapatkan gambar DED (*Detail Engineering Design*)
    - b. Metode Dokumentasi/Studi Kepustakaan  
Metode pengolahan data dalam penyusunan penelitian ini memerlukan tahapan perhitungan dengan langkah – langkah pekerjaan:
      - 1) Mempelajari Gambar *DED* (*Detail Engineering Design*).
      - 2) Mengidentifikasi Tulangan berdasarkan Gambar *DED*.
      - 3) Menghitung kebutuhan tulangan berdasarkan *shop drawing* dengan acuan SNI.
      - 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 SNI.
- 7) Membandingkan berat tulangan berdasarkan perhitungan gambar kerja dengan metode *Bar Bending Schedule* dan perhitungan kontrak.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas tentang analisis perhitungan kebutuhan tulangan pada balok, kolom dan pelat lantai, perhitungan *waste* tulangan pada balok, kolom dan pelat lantai, rekapitulasi pemakaian batang utuh pada kolom, balok dan pelat lantai dan rekapitulasi *waste* tulangan pada kolom, balok dan pelat lantai dengan metode *Bar Bending Schedule* pada Proyek Pasar Baru Kab. Mandailing Natal, Sumatera Utara.

Berikut merupakan contoh perhitungan pada tulangan utama tumpuan dan lapangan D10-150. Gambar 4.14 berikut adalah detail tulangan utama tumpuan dan lapangan D10-150



Gambar 4.14 Tulangan utama bawah pelat lantai uk. 1,6 m x 2,4 m arah x

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter tulangan} &= D10 \\
 \text{Ukuran pelat} &= 1,6 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \\
 \text{Jumlah tulangan 1 pelat} &= n = \frac{2650}{150} + 1 \\
 &= n = 17 \approx 17 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah pelat} &= 86 \text{ buah} \\
 \text{Banyak batang} &= \text{Jlh tulangan 1 pelat} \times \text{Jlh pelat} \\
 &= 17 \times 86 = 1.462 \text{ batang} \\
 \text{Panjang batang} &= (0,5 L - 2 \times 13) \text{ m} + (18,38 \text{ m}) \\
 &\quad + (0,75B + 6D + 0,075 \text{ m}) \\
 &= 2,64 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= \text{Banyak batang} \times \text{Panjang} \\
 &\quad \text{batang} \\
 &= 1.462 \times 2,64 \text{ m} = 3859,68 \text{ m} \\
 \text{Berat Nominal D10} &= 0,617 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat Total} &= \text{Panjang total} \times \text{Berat} \\
 &\quad \text{nominal D10} \\
 &= 3859,68 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg/m} \\
 &= 2381,42 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tahap selanjutnya adalah untuk mengetahui pemakaian bahan pada tulangan utama bawah pelat lantai uk. 1,6 m x 2,4 m (terlampir pada Lampiran). Pemakaian bahan diambil dari:

$$\text{Jumlah pemakaian BU} = \frac{1462}{4} = 366 \text{ batang}$$

- i. Batang Utuh (BU) dengan panjang 12 m. 38 batang untuk panjang 6,39 m dengan panjang sisa = 12 m - (10,56 m x 1) = 1,42 m (sisa 365 batang @ 1,42 meter dan sisa 1 batang @ 6,71 meter)

#### 1. Rekapitulasi Total Kebutuhan Tulangan Batang Utuh Pada Kolom, Balok dan Pelat Lantai

Setelah menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan pada kolom, maka hasil perhitungan tersebut direkapitulasi secara keseluruhan. Perhitungan ini didapat dari jumlah batang utuh (BU) pada daftar potongan tulangan yang telah diperhitungkan sebelumnya menggunakan aplikasi *Microsoft Excel Macro*. Berikut ini adalah hasil rekapitulasi jumlah batang utuh (BU) yang dibutuhkan dan total kebutuhan kotor tulangan pada pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Kebutuhan Batang Utuh dan Total Kebutuhan Kotor Tulangan pada Kolom, Balok dan Pelat Lantai

Nama	Ø/D (mm)	Jumlah	Panjang Batang Utuh	Berat Nominal	Berat Total (Kg)
Kolo m	10	9644	12	0,617	71404,176
	13	2416	12	1,042	30209,664
	16	160	12	1,578	3029,76
	19	3198	12	2,23	85578,48
Balok	10	4427	12	0,617	32777,508
	13	707	12	1,042	8840,328
	19	4529	12	2,23	121196,04
Pelat	10	13118	12	0,617	97125,672

#### 2. Rekapitulasi Total Sisa Tulangan (*Waste*) Pada Kolom, Balok dan Pelat Lantai

Sisa tulangan adalah sisa hasil perhitungan batang utuh yang digunakan dalam *Bar Bending Schedule* (BBS) pada perhitungan sebelumnya. Hasil sisa tulangan dari setiap pekerjaan kolom, balok, dan pelat lantai dapat dilihat dari *Bar Bending Schedule* (BBS) yang tertera pada Lampiran. Untuk mencari sisa berat tulangan adalah penjumlahan dari semua sisa potongan panjang tulangan yang dibutuhkan dikali dengan berat besi tulangan sesuai diameternya. Berikut ini pada Tabel 4.2, tabel 4.3 dan tabel 4.4 merupakan rekapitulasi sisa tulangan (*waste*) yang didapatkan dari perhitungan

pekerjaan penulangan kolom, balok dan pelat lantai menggunakan *Bar Bending Schedule*.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Sisa Tulangan pada Pekerjaan Balok

Nama Balok	Ø/D (mm)	Jumlah	Panjang Batang Utuh	Berat Nominal	Berat Total (Kg)
B1	19	116	1,550	2,230	400,954
		200	1,240	2,230	553,040
		50	0,700	2,230	78,050
		72	0,240	2,230	38,534
		1012	0,050	2,230	112,838
		17	0,060	2,230	2,275
		541	0,200	2,230	241,286
		21	1,080	2,230	50,576
		24	0,740	2,230	39,605
		6	0,180	2,230	2,408
	84	5,790	2,230	1084,583	
	48	1,110	2,230	118,814	
	4	0,690	2,230	6,155	
	D13	19	1	0,930	1,042
33			1,550	1,042	53,298
24			0,240	1,042	6,002
529			3,030	1,042	1670,191
12			0,330	1,042	4,126
12			1,440	1,042	18,006
B2	19	5	0,650	2,230	7,248
		76	1,830	2,230	310,148
		1	4,370	2,230	9,745
		228	0,150	2,230	76,266
		1731	3,570	2,230	13780,664
		1	0,090	2,230	0,201
	10	17	0,120	2,230	4,549
		3726	0,490	0,617	1126,482
		1353	0,100	0,617	83,480
		1	3,240	2,230	7,225
B3	19	167	3,300	2,230	1228,953
		1	7,650	2,230	17,060
		56	0,180	2,230	22,478
		56	0,120	2,230	14,986
	13	12	1,440	1,042	18,006
	10	92	0,460	0,617	26,111
B4	19	168	0,880	0,617	91,217
		140	0,650	2,230	202,930
		1	0,150	2,230	0,335
		70	1,050	2,230	163,905
		70	0,370	2,230	57,757
		24	0,890	2,230	47,633
	13	1	0,620	2,230	1,383
		46	0,650	1,042	31,156
		1	4,430	1,042	4,616
		10	805	0,290	0,617

Tabel 4.3 Rekapitulasi Sisa Tulangan pada Pekerjaan Kolom

Nama Kolom	Ø/D (mm)	Jumlah	Panjang Batang Utuh	Berat Nominal	Berat Total (Kg)
K1	19	2706	2,480	2,230	14965,262
	10	3150	0,450	0,617	874,598
K2	19	2,48	42,000	2,230	232,277
	10	1	0,990	0,617	0,611

		1	0,800	0,617	0,494	
		143	0,050	0,617	4,412	
		73	0,430	0,617	19,368	
		1,65	1,000	0,617	1,018	
		1	0,010	0,617	0,006	
		49	0,230	0,617	6,954	
		1	2,390	0,617	1,475	
K3	19	48	2,480	2,230	265,459	
	10	95	0,220	0,617	12,895	
K4	19	1	1,650	2,230	3,680	
K5	10	16	160	2,600	1,578	656,448
		50	0,190	0,617	5,862	
		1	0,550	0,617	0,339	
		17	0,640	0,617	6,713	
Kp	10	13	2416	2,600	1,042	6545,427
		75	0,390	0,617	18,047	
		1	0,240	0,617	0,148	
		1099	0,270	0,617	183,082	

Tabel 4.4 Rekapitulasi Sisa Tulangan pada Pekerjaan Pelat Lantai

Nama Pelat	Ø/D (mm)	Jumlah	Panjang Batang Utuh	Berat Nominal	Berat Total (Kg)
PL1		95	0,380	0,617	22,274
		168	0,630	0,617	65,303
		258	0,250	0,617	39,797
		243	0,760	0,617	113,948
		98	0,670	0,617	40,512
PL2		27	0,130	0,617	2,166
		1	0,390	0,617	0,241
		1	0,580	0,617	0,358
		49	0,720	0,617	21,768
		34	0,230	0,617	4,825
		1	1,000	0,617	0,617
		1	0,010	0,617	0,006
		216	0,010	0,617	1,333
		94	0,010	0,617	0,580
		1	0,940	0,617	0,580
PL3		31	0,610	0,617	11,667
		17	1,100	0,617	11,538
		46	0,400	0,617	11,353
		8	0,100	0,617	0,494
		1	0,400	0,617	0,247
		51	0,270	0,617	8,496
		6	0,960	0,617	3,554
		26	0,050	0,617	0,802
		1	0,160	0,617	0,099
		8	0,270	0,617	1,333
PL4		1	1,010	0,617	0,623
		73	1,000	0,617	45,041
		10	1,100	0,617	6,787
		50	4,730	0,617	145,921
		1	0,220	0,617	0,136
		10	0,130	0,617	0,802
		1	0,290	0,617	0,179
		1	0,480	0,617	0,296
		8	0,390	0,617	1,925
		100	1,000	0,617	61,700
PL5		23	9,000	0,617	127,719
		50	1,280	0,617	39,488
		1	0,510	0,617	0,315
		6	0,680	0,617	2,517
		5250	0,300	0,617	971,775
		2147	0,630	0,617	834,560
		3340	0,250	0,617	515,195
		2903	0,120	0,617	214,938
		4454	0,004	0,617	11,450
		1491	0,630	0,617	579,567
PL6		3340	0,250	0,617	515,195
		1	0,450	0,617	0,278
		18	0,630	0,617	6,997
		1	6,320	0,617	3,899
		28	0,250	0,617	4,319

	80	0,080	0,617	3,949
	20	0,080	0,617	0,987
	12	0,080	0,617	0,592
	34	0,100	0,617	2,098
	1	0,470	0,617	0,290
	21	0,870	0,617	11,273
	12	0,330	0,617	2,443
	1	0,410	0,617	0,253
	23	0,040	0,617	0,568
	4	0,040	0,617	0,099
	3	0,090	0,617	0,167
	1	0,450	0,617	0,278
	1	0,670	0,617	0,413
	4	0,510	0,617	1,259
	1	0,210	0,617	0,130
	3	0,650	0,617	1,203
	42	0,050	0,617	1,296
	4	0,120	0,617	0,296
	4	0,550	0,617	1,357
	57	0,111	0,617	3,904
	1	0,900	0,617	0,555
	47	0,630	0,617	18,269
	60	0,250	0,617	9,255
	1	0,640	0,617	0,395
	1	0,560	0,617	0,346
	10	0,630	0,617	3,887
	1	1,770	0,617	1,092
	15	0,250	0,617	2,314
	37	0,350	0,617	7,990
	1	0,510	0,617	0,315
	15	0,510	0,617	4,720
	52	3,390	0,617	108,765
	1	1,150	0,617	0,710
	1	0,300	0,617	0,185
	17	0,650	0,617	6,818
	20	3,170	0,617	39,118
	46	0,100	0,617	2,838
	68	0,180	0,617	7,552
	68	0,080	0,617	3,356
	9	0,470	0,617	2,610
	1	3,770	0,617	2,326
	1	0,320	0,617	0,197
	1	0,520	0,617	0,321
	19	1,070	0,617	12,544
	1	6,540	0,617	4,035
	1	0,120	0,617	0,074
	17	0,040	0,617	0,420
	1	0,930	0,617	0,574
	18	0,440	0,617	4,887
	10	0,390	0,617	2,406
	1	9,100	0,617	5,615
	18	0,930	0,617	10,329
	180	1,410	0,617	156,595
	95	4,930	0,617	288,972

Setelah didapatkan besar nilai sisa tulangan pada pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai, pada Tabel 4.5 merupakan rekapitulasi total sisa tulangan (*waste*) pada pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai Proyek Pasar Baru Kab. Mandailing Natal.

Tabel 4.5 Rekapitulasi total sisa tulangan pada pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai

Sisa Tulangan	D10	D13	D16	D19
Kolom	1136,020	6545,427	656,448	15466,678
Balok	1471,329	1978,300	-	18682,583
Pelat Lantai	5198,747	-	-	-
Total (Kg)	7809,215	8506,491	656,448	34656,263

### 3. Rekapitulasi Total Kebutuhan Tulangan Bersih Pada Kolom, Balok dan Pelat Lantai

Tulangan bersih adalah tulangan yang digunakan sesuai dengan panjang tulangan yang dibutuhkan. Hasil tulangan bersih dari setiap pekerjaan kolom, balok, dan pelat lantai dapat dilihat dari *Bar Bending Schedule (BBS)* yang terdapat pada lampiran. Untuk mencari berat tulangan bersih adalah penjumlahan dari semua potongan panjang tulangan yang dibutuhkan dikali dengan berat besi tulangan sesuai diameternya. Berikut pada Tabel 4.6 merupakan rekapitulasi kebutuhan tulangan bersih yang didapatkan dari perhitungan pekerjaan penulangan kolom, balok dan pelat lantai menggunakan *Bar Bending Schedule*.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Total Kebutuhan Tulangan Bersih pada Pekerjaan Kolom, Balok dan Pelat Lantai

Nama Tulangan	D10	D13	D16	D19
Kolom	66813,549	23664,237	2373,312	67770,481
Balok	37322,330	6883,934	-	105127,858
Pelat Lantai	157971,764	-	-	-
Total (Kg)	262107,643	30548,171	2373,312	172898,339

Berikut merupakan kontrol kebutuhan tulangan pada kolom, balok dan pelat lantai pada Proyek Pasar Baru Kab. Mandailing Natal, Sumatera Utara yang ditunjukkan pada Tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 Kontrol Kebutuhan Tulangan Berdasarkan *Bar Bending Schedule*

Nama Tulangan	Total Kebutuhan Kotor Tulangan (kg)	Total Kebutuhan Bersih Tulangan (kg)	Total Sisa Tulangan ( <i>Waste</i> ) (kg)
Kolom	184426,152	160621,579	23804,574
Balok	171466,334	149334,122	22132,212
Pelat Lantai	163170,511	157971,764	5198,747
Total (Kg)	519062,997	467927,465	51135,532

Berdasarkan analisis perhitungan kebutuhan tulangan kolom dan balok dengan menggunakan *Bar Bending Schedule*, maka dapat dihitung persentase sisa (*waste*) tulangan. Berikut adalah persentase sisa tulangan pada kolom, balok dan pelat lantai Proyek Pasar Baru Kab. Mandailing Natal.

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Waste (\%)} &= \frac{\sum \text{Waste material (kg)}}{\sum \text{Batang dibutuhkan (kg)}} \times 100\% \\
 &= \frac{51135,532}{467927,465} \times 100\% \\
 &= 10,92\%
 \end{aligned}$$

Jadi, persentase *waste* tulangan (%) dari pemakaian tulangan pada kolom, balok dan pelat lantai Proyek Pasar Baru Kab. Mandailing Natal. sebesar 10,92 %.

## V. KESIMPULAN

Simpulan pada penelitian ini adalah:

- a. Penggunaan tulangan kolom, balok dan pelat lantai yang diperlukan pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Kab Mandailing Natal, Sumatera Utara berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Bar Bending Schedule* adalah 467.927,46 kg.
- b. Total *waste* tulangan kolom, balok dan pelat lantai yang diperlukan pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Kab Mandailing Natal, Sumatera Utara berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Bar Bending Schedule* adalah 51.135,53 kg.
- c. Berdasarkan SNI-7394-2008-HSP-Beton, maka persentase *waste* tulangan sebesar 10,92 % memenuhi syarat toleransi dengan rentang 5% - 20%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kork. Man, Widi Hartono dan Surgiyanto. 2013. *Perhitungan Kebutuhan Tulangan Besi dengan Memperhitungkan Optimasi Waste Besi pada Pekerjaan Balok dengan Program Microsoft Excel*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Setiawan, Agus. 2016. *Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*, Erlangga: Jakarta.
- Standard Nasional Indonesia. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standard Nasional Indonesia. 2017. *Baja tulangan beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- Tambunan, Anggie Rahmadani. 2019. *Analisis Perhitungan Sisa Material (Waste) Tulangan pada Ballroom Proyek Kantor INALUM dengan Menggunakan Aplikasi Software Optimalisasi Waste Besi (SOWB)*. Tugas Akhir: Politeknik Negeri Medan.
- Zakiah, Salma. 2014. *Perhitungan Kebutuhan Tulangan-BBS (Bar Bending Schedule)*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.