

PERHITUNGAN WASTE TULANGAN PADA STRUKTUR ATAS PEMBANGUNAN PAJAK TAVIP KOTA BINJAI

Fadilla Najwa¹, Alaya Miranty², Rhini Wulan Dary³
Teknik Sipil^{1,2,3}, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan
fadillanajwa@students.polmed.ac.id¹, alayamiranty@students.polmed.ac.id²,
rhiniwulandary@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Pembuatan *bar bending schedule* merupakan salah satu upaya pengendalian sisa material besi tulangan, namun dalam menghitung sisa material secara manual kurang maksimal. Dalam rangka untuk mengurangi sisa material, maka diupayakan menggunakan perangkat lunak atau *Software Cutting Optimization Program* (SCOP) yang menghasilkan luaran berupa pola pemotongan besi tulangan yang optimal. Objek penelitian Proyek Pembangunan Pajak Tavip Kota Binjai dipilih karena pada proses pekerjaan struktur beton terdapat sisa material besi yang cukup banyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan dan perbandingan biaya material dengan menggunakan metode konvensional dan menggunakan *Software Cutting Optimization Pro*. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah dengan membuat *Bar Bending Schedule* dari *Shopdrawing* yang kemudian akan menghasilkan output berupa kebutuhan tulangan yang kemudian hasilnya digunakan sebagai data input pada *Software Cutting Optimization Pro*. Hasil analisis menggunakan *Software Cutting Optimization Pro* didapat bahwa kebutuhan besi tulangan pada Proyek Pembangunan Pajak Tavip Kota Binjai yaitu sebesar 470.742,894 kg dan total Waste sebesar 42.812,4875 kg. Maka persen sisa yang diperoleh yaitu sebesar 9,094% dan perbandingan biaya material menggunakan Metode Bar Bending Schedule (MBBS) dengan *Software Cutting Optimization Pro* yaitu sebesar Rp. 1.078.654.900,00 atau sebesar 13,88%.

Kata Kunci : *Bar Bending Schedule* (BBS), *Cutting Optimization Pro*, WASTE

PENDAHULUAN

Material Konstruksi merupakan komponen yang sangat penting dalam pelaksanaan proyek dan menentukan besarnya biaya suatu proyek. Soeharto (1999) menjelaskan mengenai batasan dan sasaran proyek bahwa setiap proyek memiliki tujuan khusus, misalnya membangun rumah tinggal, jembatan, atau instalasi pabrik. Dapat pula berupa berupa produk hasil kerja penelitian dan pengembangan. Didalam proses mencapai tujuan tersebut telah ditentukan batasan yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal dan mutu yang harus dipenuhi. Pada pelaksanaan proyek di lapangan tidak dapat dihindari munculnya sisa material konstruksi. Pelaku konstruksi sering tidak menyadari bahwa sisa material ini telah membuat biaya proyek menjadi tidak terkendali sehingga terjadi pembengkakan biaya. Jika dilihat dari pengaruh faktor penyebab terjadinya sisa material terhadap kegiatan konstruksi, maka metode pemotongan material yang tidak optimal merupakan faktor yang paling mempengaruhi terjadinya sisa material (*Waste Material*).

Penyebab terjadinya waste dalam konstruksi yang paling sering dijumpai yaitu perubahan desain yang mengakibatkan pola pemotongan pada besi tulangan tidak dapat optimal. Untuk mencegah terjadinya kerugian dari sisa-sisa potongan besi maka dilakukan perhitungan kebutuhan besi tulangan menggunakan metode konvensional dan *software cutting optimization*.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada proyek maka diangkat judul ini dengan menggunakan program *Cutting Pro Optimization* (COP). Pada *Cutting Pro Optimization* Perhitungan persen sisa tulangan pada kolom, balok dan plat lantai yang ada di Proyek Pembangunan Pajak Tavip Kota Binjai merupakan suatu cara ataupun alternatif perhitungan yang digunakan untuk menghitung persen sisa bahan yang telah dipakai dengan cara yang sistematis dan terstruktur melalui aplikasi yang digunakan berupa aplikasi *Cutting Optimization Pro* (COP). Jika ditinjau dari segi fungsional dan sistem yang ada, perhitungan persen sisa ini sangat berpengaruh ke berbagai aspek dalam kelangsungan proyek, karena dapat dilihat bahwa tingginya nilai sisa (*waste*) besi tulangan dari

perhitungan kebutuhan tulangan kemudian jika menggunakan cara konvensional ataupun manual maka akan membutuhkan waktu yang cukup lama dan mempunyai kemungkinan kesalahan yang cukup tinggi pada sistem pengendalian yang dilakukan. Selain itu Perhitungan persen sisa tersebut dilakukan karena adanya pola potongan yang tidak optimal maupun tidak tepat sasaran di fabrikasi. Dalam hal pengendalian sisa material kerap kali suatu proyek abai terhadap sisa material oleh karena tidak adanya perhitungan yang pasti terhadap persen sisa bahan yang telah digunakan, sehingga dengan adanya perhitungan persen sisa maka terdapat angka persen yang jelas terhadap persen sisa bahan yang telah digunakan Selain itu sisa bahan sangat berpengaruh kepada pembiayaan karena nilai waste besitulangan yang besar menjadi hidden cost.

TINJAUAN PUSTAKA

Kajian Pustaka ini akan menjadi salah satu acuan bagi penulis dalam melakukan penelitian, sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam kajian tersebut. Penulis mengangkat beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi untuk memperkaya bahan kajian dalam penelitian ini.

Pada penelitian terdahulu yang berkaitan yaitu, Pada penelitian Ida Ayu Putu Sri Mahapatni dan I Kadek Iwan Juliana (2022), melakukan studi kasus yang berjudul “ANALISIS WASTE LEVEL DAN WASTE COST BEKISTING DAN PEMBESIAN PADA PEKERJAAN STRUKTUR PROYEK KONSTRUKSI” pada pembangunan gedung SMPN 4 Sukawati dengan menggunakan *software Cutting Optimization Pro* (COP) Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan penulis yaitu perhitungan menggunakan program *software Cutting Optimization Pro* COP. untuk mengetahui besar kecilnya sisa waste tulangan struktur atas. Pada penelitian sebelumnya menghitung waste level material yang nantinya di bandingkan dengan program *software Cutting Optimization Pro* sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menghitung waste tulangan balok, kolom, dan plat lantai dengan *software Cutting Optimization Pro*, untuk mengetahui persen sisa kebutuhan tulangan.

Pada penelitian berikutnya yaitu Samuel Stefanus Nasautama dan Mizanuddin Sitompul (2022), melakukan penelitian yang berjudul “ANALISIS KEBUTUHAN TULANGAN DAN TULANGAN SISA (WASTE) PEKERJAAN STRUKTUR KOLOM, BALOK DAN PELAT LANTAI PROYEK PEMBANGUNAN PASAR BARU KABUPATEN MANDAILING NATAL” dengan menggunakan metode *Bar Bending Schedule* (BBS). Pada penelitian sebelumnya, peneliti menggunakan metode *Bar Bending Schedule* (BBS) dengan program *Microsoft Excel*. Sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan *software Cutting Optimization Pro* COP yang perhitungannya lebih akurat di banding menggunakan *Microsoft Excel*.

Penelitian lainnya juga yang berkaitan yaitu Pada penelitian Alfrhena Korliata Sagala dan Lady Aisyiyah Dayu Selani (2023), melakukan penelitian yang berjudul “PERHITUNGAN WASTE TULANGAN DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA PADA PEMBANGUNAN GEDUNG SD YAYASAN ADHYAKSA KEJATISU MEDAN” dengan menggunakan metode *software Cutting Optimization Pro* (COP). Perbedaan penelitian ini dengan yang sebelumnya yaitu penelitian sebelumnya menghitung detail rencana anggaran biaya RAB sedangkan penelitian yang dilakukan penulis berfokus pada perhitungan waste tulangan balok, kolom dan plat lantai dengan program metode *software Cutting Optimization Pro* (COP). dan sedikit membandingkan harga bahan.

Dan penelitian Ega Louis Bagus Saputra, I Gusti Ngurah Eka Partama, dan I Gusti Made Sudika (2023), melakukan penelitian yang berjudul “ANALISIS SISA BESI TULANGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK CUTTING OPTIMIZATION PRO PADA KONSTRUKSI GEDUNG Studi Kasus : Proyek Pembangunan Villa Stilo, Tibubeneng, Kec. Kuta Utara, Kab. Badung“. Hasil analisis didapat bahwa kebutuhan besi tulangan pada Proyek Pembangunan Villa Stilo yaitu, besi Ø8 sebanyak 1.205 batang, Ø10 sebanyak 103 batang, besi D10 sebanyak 75 batang, besi D13 sebanyak 882 batang, *wiremesh* M7 sebanyak 21 lembar dan sebanyak *wiremesh* M10 sebanyak 18 lembar. Dengan biaya total kebutuhan besi sebesar Rp. 225.937.460,00. Persentase Waste dengan menggunakan metode konvensional sebesar 9,43%, dan dengan SCOP sebesar 4,36%. Biaya sisa besi menggunakan metode konvensional sebesar Rp. 19.

937.700,00 dan dengan SCOP sebesar Rp. 9. 693. 760,00 atau nominal sisa dengan metode konvensional lebih besar 105,68% dibandingkan menggunakan SCOP.

Berdasarkan penelitian di atas, penelitian ini juga akan menggunakan metode *cutting optimization pro* dan menghitung kebutuhan *waste* tulangan struktur atas kolom, balok dan plat lantai dengan perhitungan *bar banding schedule*.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan program *Cutting Optimization Pro (COP)*, perhitungan *Bar Bending Schedule (BBS)* dimana diperlukan data – data gambar teknis dari pihak konsultan mengenai jumlah dan ukuran besi tulangan yang digunakan lalu menggunakan metode konvensional perhitungan berdasarkan pada *shopdrawing* dan dibantu perhitungan dengan menggunakan *Microsoft Excel*.

Subjek Penelitian

Penelitian ini berfokus pada perhitungan *Waste* tulangan struktur atas pembangunan Pajak Tavip yang terdiri dari kolom, balok dan plat lantai. Semua komponen tersebut dirancang sesuai peraturan yang berlaku dengan memperhatikan aspek keamanan dan ke-ekonomisan sehingga dihasilkan Pembangunan Pajak yang kokoh dan efisien dalam penggunaan material.

Rancangan Penelitian

Kebutuhan sisa (*waste*) merupakan suatu kebutuhan material dalam pekerjaan konstruksi yang telah dipakai dan menimbulkan sisa akibat dari pemakaian bahan tersebut. Sisa bahan yang telah dipakai tersebut perlu dilakukan analisis dan perhitungan untuk dapat memperkirakan dan meninjau data hasil penggunaan bahan yang telah dipakai di lapangan pada masing-masing pekerjaan konstruksi yang berlangsung.

Adapun metode yang akan digunakan dalam penelitian:

1. Konsultasi: Berdiskusi dengan dosen pembimbing mengenai perancangan sistem yang akan dibuat.
2. Menghitung kebutuhan tulangan Balok, kolom, dan plat lantai dengan program *Microsoft Excel*.
3. Membaca Gambar untuk mengetahui detail jenis, ukuran, spesifikasi material, detail desain dan informasi teknis tambahan.
4. Pengembangan yang dilakukan untuk meminimalkan limbah material saat memotong bahan mentah menjadi bagian yang lebih kecil dengan cara menghitung daftar bahan mentah yang akan dipotong, dimensi bahan mentah, dan daftar potongan yang diperlukan beserta dimensi bahan.
5. Analisis Data dan input data Melibatkan analisis data menggunakan *Cutting Optimization Pro (COP)* dan Masukkan data yang telah disiapkan ke dalam perangkat lunak. Yang melibatkan nilai dimensi bahan mentah, daftar potongan, dan kuantitas potongan yang diperlukan.
6. Verifikasi dan Koreksi: Melakukan verifikasi dan koreksi terhadap kinerja program dan data nilai yang sudah di hitung dan melakukan perbaikan apabila perhitungan mengalami ketidaksesuaian dan kekurangan.

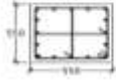
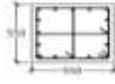
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan data kebutuhan material besi tulangan, hasil data tulangan sisa pada program *Cutting Optimization Pro (COP)*, perhitungan persentase sisa dapat dilakukan. Perhitungan persentase sisa material besi ini dilakukan menggunakan *Microsoft Excel*.

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung kebutuhan material besi tulangan dan mengelompokkan berdasarkan panjang, diameter dan jumlah tulangan yang dipakai. Penulis menghitung kebutuhan material besi tulangan menggunakan *software Microsoft Excel* berdasarkan data gambar detail yang telah disebut di atas.berikut Rekapitulasi hasil perhitungan menggunakan *software Microsoft Excel* pada.

Perhitungan kebutuhan material besi tulangan adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan kolom lantai 1 (Tipe K1) = 0,55 × 0,55 meter

DETAIL KOLOM (K1)		
KET	TUMPUHAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	55 x 55 cm	
TUL. UTAMA ATAS	16 S22	16 S22
TUL. UTAMA BAWAH	16 S22	16 S22
SENGKANG	S10-100,4L	S10-150,4L
MULU BETON	f'c = 20,4 mpa	

Gambar 1. Detail Kolom (K1)

Diketahui : Tinggi kolom = 4 meter

Jumlah kolom = 104 buah

Jumlah tulangan

- Utama = 16 buah
- Sengkang = $\frac{\text{tinggi kolom}}{\text{jarak antar sengkang}} + 1$
 $= \frac{4 \text{ meter}}{0,15 \text{ meter}} + 1$
 = 28 buah

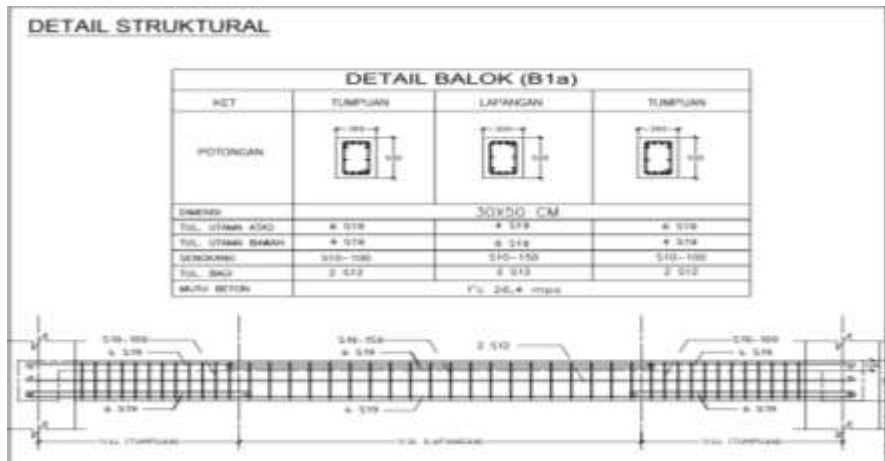
Diameter tulangan

- Utama = 22 mm
- Sengkang = 10 mm

Total tulangan

- Utama = Jumlah tulangan × Jumlah kolom
 = 16 buah × 104 buah
 = 1664 buah
- Sengkang = Jumlah tulangan × Jumlah kolom
 = 27 buah × 104 buah
 = 2808 buah

2. Perhitungan Balok Lantai 2 Type B1a



Gambar 2. Detail Struktural Balok Type B1a

Diketahui : Panjang Balok = 6 meter

Jumlah Grid Balok = 94 buah

Jumlah Tulangan

- Utama Atas = 4 buah
- Bagi = 2 buah
- Senggang tumpuan = $2 \times \frac{\text{panjang balok di daerah tumpuan}}{\text{jarak antar senggang}}$
 $= 2 \times \frac{1,5 \text{ meter}}{0,1 \text{ meter}}$
 = 30 buah

Diameter Tulangan

- Utama Atas = 19 mm
- Bagi = 12 mm
- Senggang tumpuan = 10 mm

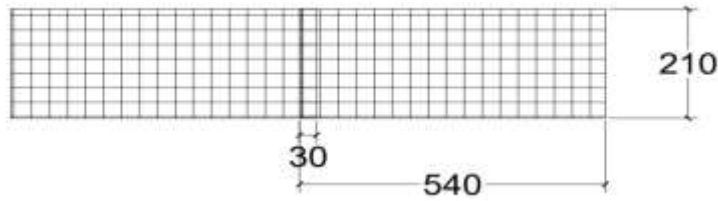
Berat nominal (Tabel 2. 4 Ukuran Besi Tulangan Ulir/Sirip Bab 2)

- Utama Atas = 2,23 Kg/m
- Bagi = 0,89 Kg/m
- Senggang tumpuan = 0,62 Kg/m

Menghitung Total Tulangan

- Utama Atas = Jumlah tulangan × Jumlah grid balok
 = 4 buah × 94 buah
 = 376 buah
- Bagi = Jumlah tulangan × Jumlah grid balok
 = 2 buah × 94 buah
 = 188 buah
- Senggang tumpuan = Jumlah tulangan × Jumlah grid balok
 = 30 buah × 94 buah
 = 2820 buah

3. Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Plat Lantai 2 Wiremesh M10



Gambar 3. Detail Wiremesh

Diketahui : Panjang = 5,4 meter
 Lebar = 2,1 meter
 Berat material/m² = 8,513 kg
 Luas bahan = 11,34 m²
 Quantity = 486 buah

Menghitung berat total

$$= \text{Luas bahan} \times \text{Berat material} \times \text{Quantity}$$

$$= 11,34 \text{ m}^2 \times 8,513 \text{ kg} \times 486 \text{ buah}$$

$$= 46917,186 \text{ kg}$$

Adapun total kebutuhan besi tulangan tiap diameternya adalah sebagai berikut:

Tabel 1.Total Kebutuhan Tulangan Metode Konvensional

Material Tulangan	Jumlah Lonjor (pcs)	Jumlah Berat (Kg)
Ø8	3582	16.977,05
D10	7356	54.434,61
Ø12	4179	44.714,74
D13	33	414,48
D16	1494	28.377,03
D19	4213	112.907,07
D22	2893	103.593,46
M10	1.378	133.032,12
Total		494.450,56

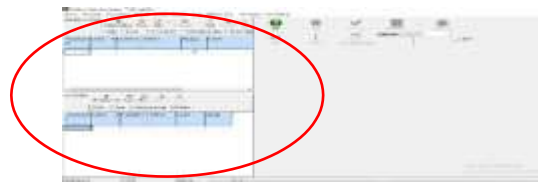
Adapun metode dan langkah penggunaan dari program *Cutting Optimization Pro (COP)* dalam menghitung persentase sisa kebutuhan material besi tulangan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kebutuhan material besi tulangan setiap *item* pekerjaan berdasarkan gambar *shop drawing* dengan menggunakan *Microsoft Excel* yang berisikan format gambar bengkokan tulangan, label, jumlah tulangan, diameter tulangan, panjang potongan batang, total panjang, dan total berat potongan besi tulangan. Contohnya seperti yang terlihat pada gambar 4.

Material	Unit	Volume	Volume	Volume	Volume	Volume	Volume	Volume	Volume	Volume
...

Gambar 4. Format data kebutuhan material besi tulangan

Langkah selanjutnya adalah membuka program *Cutting Optimization Pro* (COP), setelah program terbuka maka akan muncul tampilan seperti Gambar 5.



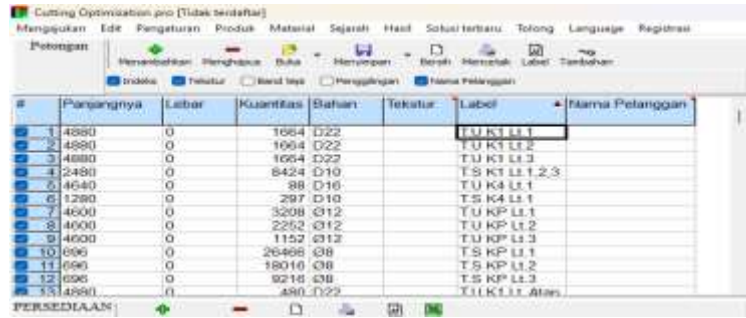
Gambar 5. Tampilan awal program COP

Langkah pertama untuk memulai penggunaan aplikasi COP (*Cutting Optimizatio Pro*) adalah mengisi data pada bagian-bagian yang tertera pada aplikasi tersebut dengan diawali mengisi data kebutuhan material besi tulangan yang telah dihitung di bagian Permintaan pada program *Cutting Optimization Pro* (COP), isilah data yang tersedia dengan kolom yang ada pada aplikasi tersebut yaitu panjang, sedangkan untuk lebar dibuat 0 dikarenakan pada besi tidak memiliki ukuran lebar melainkan memiliki ukuran diameter. Namun pada saat mengisi kebutuhan material besi wiremesh, ukuran panjang dan lebar disesuaikan. Dilanjutkan dengan mengisi data kebutuhan jumlah (kuantitas) bahan sesuai dengan jenis besi yang dipakai, kemudian ialah mengisi data pada bagian tabel atau penamaan bahan yang akan dioptimisasikan. Pada Gambar 6 dapat dilihat format data yang akan diisi.

#	Panjangnya	Lebar	Kuantitas	Bahan	Seriat	Label	Nama Pelanggan
---	------------	-------	-----------	-------	--------	-------	----------------

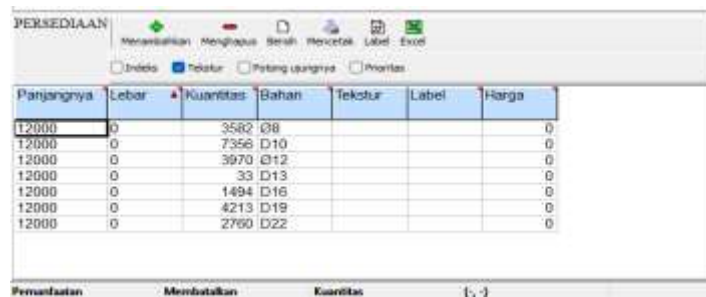
Gambar 6. Format data pada bagian permintaan

- a) Pengisian data lapangan pada aplikasi dapat dimulai dari keterangan panjang dari tulangan, tetapi lebar tulangan diisi sesuai dengan material tulangan yang digunakan. Selanjutnya ialah mengisi data kuantitas yaitu berupa banyak potongan yang dipakai dimana telah melalui perhitungan sebelumnya, selanjutnya adalah bahan apa yang kita pakai, yaitu tulangan dengan diameter berapa yang ada pada data lapangan. Terakhir ialah mengisi label ataupun keterangan nama sesuai yang tercatat. Pengisian data kebutuhan material besi tulangan ke program *Cutting Optimization Pro* (COP) dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengisian data kebutuhan material di bagian Permintaan

- b) Setelah data permintaan yang ada pada program *Cutting Optimization Pro* (COP) telah diisi sesuai dengan data, maka langkah selanjutnya adalah mengisi data pada bagian stok/gudang yang akan disediakan untuk memenuhi kebutuhan permintaan. Tampilan data stok atau gudang sama seperti tampilan format pada kebutuhan di permintaan, hanya saja perlu mengisi stok lebih banyak dari jumlah yang dibutuhkan sehingga perbandingan antara permintaan dengan gudang dapat menyesuaikan, Pengisian data gudang dapat dilihat seperti pada Gambar 8.



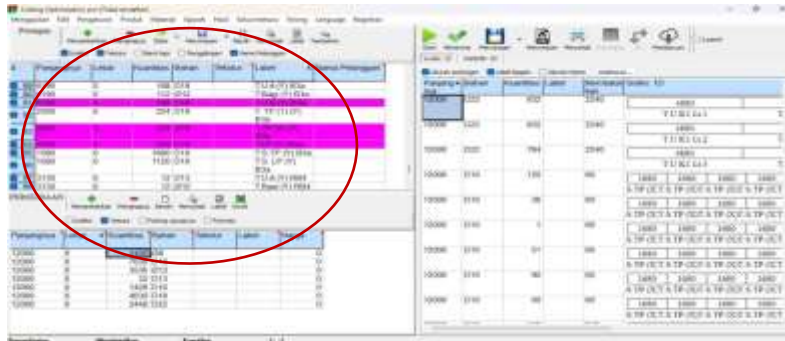
Gambar 8. Pengisian data stok di bagian Gudang

Untuk dapat memulai proses optimisasi maka dapat meng-klik option “start” yang berwarna hijau untuk mendapatkan hasil kebutuhan sisa, setelah diklik *start* maka akan muncul hasil optimisasi berupa gambar potongan tulangan yang telah dioptimisasi sesuai dengan data yang telah diisi pada tahapan sebelumnya, tampilannya seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil optimisasi potongan batang besi tulangan

- c) Jika setelah meng-klik opsi *start* muncul berwarna ungu di bagian permintaan seperti pada Gambar 10, maka stok pada Gudang tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan material. Hal ini dapat diatasi dengan mengisi ulang data Gudang sampai tidak ada lagi muncul warna ungu.



Gambar 10. Tampilan jika stok Gudang tidak mencukupi

d) Langkah berikutnya adalah meng-klik opsi “menerima” seperti yang dapat dilihat pada Gambar 11 yang artinya kebutuhan pada bagian permintaan telah terpenuhi pada stok yang ada pada bagian Gudang. Setelah meng-klik opsi menerima maka data pada bagian permintaan otomatis hilang dan akan muncul data pada bagian gudang yaitu sisa penggunaan yang telah terpenuhi dari bagian permintaan.



Gambar 11. Opsi Menerima

e) Selanjutnya adalah menyimpan gambar potongan-potongan tulangan yang dihasilkan dari pengolahan data kebutuhan oleh program *Cutting Optimization Pro (COP)* dengan meng-klik opsi Menyimpan, seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Menyimpan gambar potongan batang tulangan

Setelah menentukan lokasi penyimpanan maka dapat dilihat hasil potongan-potongan tulangan melalui gambar (image.jpg).

Tabel 2. Data Total Kebutuhan Tulangan

Total Kebutuhan					
Panjang (mm)	Quantity	Diameter (mm)	Panjang Total (m)	Berat Besi (kg/m)	Berat Total (kg)
12000	3159	8	37908	0,39456	14956,98048
12000	6433	10	77196	0,6165	47591,334
12000	3966	12	47592	0,88776	42250,27392
12000	30	13	360	1,041885	375,0786
12000	1432	16	17184	1,57824	27120,47616
12000	4103	19	49236	2,225565	109577,9183
12000	2736	22	32832	2,98386	97966,09152
Total					339838,153

Total Kebutuhan							
Length	Width	Length (m)	Width (m)	Quantity	Material	Berat (kg/m2)	Berat (kg)
5400	2100	5,4	2,1	1356	M10	8,513	130904,7415
total							130904,7415

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan tulangan} &= 339.838,153 + 130.904,7415 \\ &= 470.742,894 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Tabel 3. Data Total Waste Tulangan

Total Waste					
Panjang (mm)	Quantity	Diameter (mm)	Panjang Total (m)	Berat Besi (kg/m)	Berat Total (kg)
2240	2736	22	6128,64	2,98386	18287,00375
60	120	10	7,2	0,6165	4,4388
60	28	10	1,68	0,6165	1,03572
60	1	10	0,06	0,6165	0,03699
60	51	10	3,06	0,6165	1,88649
60	90	10	5,4	0,6165	3,3291
60	60	10	3,6	0,6165	2,2194
240	152	10	36,48	0,6165	22,48992
240	1	10	0,24	0,6165	0,14796
240	268	10	64,32	0,6165	39,65328
240	1	10	0,24	0,6165	0,14796
240	380	10	91,2	0,6165	56,2248
240	1	10	0,24	0,6165	0,14796
240	254	10	60,96	0,6165	37,58184
240	1	10	0,24	0,6165	0,14796
240	241	10	57,84	0,6165	35,65836
40	22	10	0,88	0,6165	0,54252
40	1	10	0,04	0,6165	0,02466
40	626	10	25,04	0,6165	15,43716
40	56	10	2,24	0,6165	1,38096
40	4	10	0,16	0,6165	0,09864
40	466	10	18,64	0,6165	11,49156
40	68	10	2,72	0,6165	1,67688
20	888	10	17,76	0,6165	10,94904
20	78	10	1,56	0,6165	0,96174
20	578	10	11,56	0,6165	7,12674

Tabel 4. Data Total Waste Tulangan

Total Waste							
Length	Width	Length (m)	Width (m)	Material	Quantity	Berat (kg/m2)	Berat (kg)
100	2100	0,1	2,1	M10	8	8,513	14,30184
320	2100	0,32	2,1	M10	10	8,513	57,20736
5400	160	5,4	0,16	M10	4	8,513	29,420928
5400	240	5,4	0,24	M10	4	8,513	44,131392
5400	280	5,4	0,28	M10	4	8,513	51,486624
5400	310	5,4	0,31	M10	4	8,513	57,003048
5400	10	5,4	0,01	M10	4	8,513	1,838808
5400	70	5,4	0,07	M10	2	8,513	6,435828
5400	420	5,4	0,42	M10	2	8,513	38,614968
5400	470	5,4	0,47	M10	6	8,513	129,635964
5400	475	5,4	0,475	M10	16	8,513	349,37352
5400	580	5,4	0,58	M10	4	8,513	106,650864
5400	710	5,4	0,71	M10	4	8,513	130,555368
5400	720	5,4	0,72	M10	2	8,513	66,197088
5400	725	5,4	0,725	M10	16	8,513	533,25432
5400	750	5,4	0,75	M10	4	8,513	137,9106
110	2100	0,11	2,1	M10	4	8,513	7,866012
total							1761,884532

$$\begin{aligned} \text{Total Waste} &= 41050,60307 + 1761,884532 \\ &= 42.812,4875 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Perhitungan manual persentase sisa material besi tulangan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waste}(\%) &= \frac{\sum \text{Vol. Waste Material (kg)}}{\sum \text{Vol. Kebutuhan Material (kg)}} \times 100\% \\ &= \frac{42.812,4875}{470.742,89} \times 100\% = 9,094\% \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan persentase sisa tulangan, maka didapat kesimpulan hasil yang diperoleh dari perhitungan persentase sisa material besi tulangan pada bagian struktur atas proyek Pembangunan Pajak Tavip Kota Binjai adalah sebesar 9,094 %. Jika ditinjau dari SNI -7394-2008-HSP-Beton maka hasil tersebut telah memenuhi standar yaitu dengan perkiraan toleransi sebesar 5% - 20%.

Hasil akhir dari perhitungan dengan Program *Cutting Optimization Pro* gedung Pajak Tavip Kota Binjai ini adalah diperolehnya persentase sisa (*Waste*) tulangan struktur bangunan dan perkiraan jumlah biaya total (*total cost*) yang dibutuhkan dari pembangunan gedung Pajak Tavip Kota Binjai. Adapun hasil tersebut adalah hasil yang akan dipakai sebagai hasil akhir dari seluruh bagian di laporan penelitian.

Setelah melakukan perhitungan kebutuhan dan sisa (*Waste*) besi tulangan, selanjutnya yaitu perhitungan biaya besi tulangan. Adapun biaya yang dihitung adalah biaya kebutuhan besi tulangan dalam satuan kg. Biaya yang dihitung merupakan biaya kebutuhan material besi dengan harga satuan berdasarkan Permen PUPR No. 8 Tahun 2023, Tabel 5 menunjukkan biaya kebutuhan besi dengan menggunakan metode konvensional dan *software cutting optimization pro* sebagai berikut.

Tabel 5. Biaya Kebutuhan Besi

Material Tulangan	Jumlah Berat (Kg)	Harga Satuan	Jumlah Harga
Metode Konvensional			
Ø8	16.977,05	Rp 15.886,20	Rp 269.700.847,99
D10	54.434,61	Rp 16.814,09	Rp 915.268.685,26
Ø12	44.714,74	Rp 15.886,20	Rp 710.347.274,79
D13	414,48	Rp 16.814,09	Rp 6.969.091,67
D16	28.377,03	Rp 16.814,09	Rp 477.134.083,49
D19	112.907,07	Rp 16.814,09	Rp 1.898.430.032,76
D22	103.593,46	Rp 16.814,09	Rp 1.741.830.171,53
M10	133.028,56	Rp 13.147,20	Rp 1.748.953.146,61
Total			Rp 7.768.633.334,11
Total (dibulatkan)			Rp 7.768.633.330,00
Cutting Optimization Pro			
Ø8	14.956,98	Rp 15.886,20	Rp 237.609.575,68
D10	6.433,00	Rp 16.814,09	Rp 108.165.066,70
Ø12	42.250,27	Rp 15.886,20	Rp 671.196.286,93
D13	375,08	Rp 16.814,09	Rp 6.306.596,75
D16	27.120,47	Rp 16.814,09	Rp 456.006.148,72
D19	109.577,92	Rp 16.814,09	Rp 1.842.453.418,62
D22	97.966,09	Rp 16.814,09	Rp 1.647.211.071,29
M10	130.904,70	Rp 13.147,20	Rp 1.721.030.271,84
Total			Rp 6.689.978.436,53
Total (dibulatkan)			Rp 6.689.978.430,00

Berdasarkan Tabel 5 Untuk biaya kebutuhan besi berdasarkan perhitungan *bar bending schedule* dengan menggunakan metode konvensional didapat biaya total sebesar Rp. 7.768.633.330,00 (Tujuh Miliar Tujuh Ratus Enam Puluh Delapan Juta Enam Ratus Tiga Puluh Tiga Ribu Tiga Ratus Tiga Puluh Rupiah) , sedangkan biaya total yang didapat menggunakan *software cutting optimization pro* sebesar Rp. 6.689.978.430,00 (Enam Miliar Enam Ratus Delapan Puluh Sembilan Juta Sembilan Ratus Tujuh Puluh Delapan Ribu Empat Ratus Tiga Puluh Rupiah). Dari kedua total biaya tersebut terdapat selisih, dimana total biaya yang dihasilkan dengan menggunakan *software cutting*

optimization pro lebih kecil Rp. 1.078.654.900,00 (Satu Miliar Tujuh Puluh Delapan Juta Enam Ratus Lima Puluh Empat Ribu Sembilan Ratus Rupiah) atau sebesar 13,88%.

SIMPULAN

Berdasarkan seluruh tahapan perhitungan tentang sisa tulangan dan rencana anggaran biaya pada Proyek Pembangunan Pajak Tavip Kota Binjai , yang telah dilaksanakan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Persentase *Waste* tulangan pada pekerjaan struktur atas : kolom, balok dan plat lantai pada Proyek Pembangunan Pajak Tavip Kota Binjai yang didapat berdasarkan program *Cutting Optimization Pro* (COP) yaitu sebesar 9,094 % dimana telah memenuhi standar SNI-7394-2008-HSP-Beton dengan perkiraan toleransi sebesar 5% - 20%.
2. Perbandingan biaya besi material tulangan balok, kolom dan plat lantai dengan menggunakan metode konvensional dan menggunakan *software cutting optimization pro* (COP) pada Proyek Pembangunan Pajak Tavip Kota Binjai adalah sebesar Rp. 1.078.654.900,00 atau sebesar 13,88%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

a.l, M. e. (2020). *ANALISIS PERBANDINGAN WASTE BESI TULANGAN METODE KONVENSIONAL DENGAN SOFTWARE CUTTING OPTIMIZATION PRO*.

Institute, A. C. (1995). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. 69.

Kristiano, A. (2019). *ANALISIS WASTE MATERIAL KONSTRUKSI PADA PEKERJAAN STRUKTUR ATAS BETON BERTULANG BANGUNAN TINGKAT TINGGI*.

Mahapatni, I. A. (2022). *ANALISIS WASTE LEVEL DAN WASTE COST BEKISTING DAN PEMBESIAN PADA PEKERJAAN STRUKTUR PROYEK KONSTRUKSI pada pembangunan gedung SMPN 4 Sukawati dengan menggunakan software Cutting Optimization Pro (COP)*.

Standar Nasional Indonesia (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia (2008). *Harga Satuan Pekerjaan Beton (SNI-7349-2008)*. www.bsn.go.id.

Nasional, B. S. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)* . www.bsn.go.id.

Rakyat, K. P. (2008). PERMEN PUPR NO.8 TAHUN 2008.

Saputra, E. L. (2023). *ANALISIS SISA BESI TULANGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK CUTTING OPTIMIZATION PRO PADA KONSTRUKSI GEDUNG (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Villa Stilo, Tibubeneng, Kec. Kuta Utara, Kab. Badung)*.

Selani, A. K. (2023). *PERHITUNGAN WASTE TULANGAN DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA PADA PEMBANGUNAN GEDUNG SD YAYASAN ADHYAKSA KEJATISU MEDAN dengan menggunakan metode software Cutting Optimization Pro (COP)*.

Sitompul, S. S. (2022). *ANALISIS KEBUTUHAN TULANGAN DAN TULANGAN SISA (WASTE) PEKERJAAN STRUKTUR KOLOM, BALOK DAN PELAT LANTAI PROYEK PEMBANGUNAN PASAR BARU KABUPATEN MANDAILING NATAL dengan menggunakan metode Bar Bending Schedule (BBS)*.