

ANALISIS PERBANDINGAN WASTE BESI TULANGAN METODE KONVENSIONAL DENGAN SOFTWARE CUTTING OPTIMAZATION PRO

I Wayan Muka^{1*}, Made Adi Widyatmika², I Made Nova Antara³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia, Denpasar 80238, Bali, Indonesia

*email: wayanmuka@unhi.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine the waste level, waste cost and the method of using pro cutting optimization software whether it can minimize the reinforcement steel waste optimally. The primary data collection method is done by interviews and observations, while secondary data is obtained from the SDN 3 Peguyangan project. From this data, the making of the bar bending schedule is calculated for the waste level and waste cost. The length of the iron requirements on the bending bar schedule is input into the cutting optimization pro software. The results of the analysis show that the waste level of \varnothing 6 mm iron is obtained waste of 9.1%, \varnothing 8 mm iron 5.7%, \varnothing 10 mm iron 3.3%, D13 iron 2.3%, and D16 iron 2.4%. The average waste generated from the five types of iron is 4.5%. Waste cost of \varnothing 6 mm iron obtained cost of Rp. 491,062,00; \varnothing 8 mm iron Rp. 3,313,569,00 ; \varnothing 10 mm iron Rp. 1,505,565,00; D13 iron Rp. 519,652,00 and D16 iron Rp. 2,792,373,00. Total waste cost arising from the five types of iron is Rp. 8,620,222,00. From the analysis of software optimization optimization pro \varnothing 6 mm iron obtained waste of 0%, \varnothing 8 mm iron 0.3%, \varnothing 10 mm iron 0.02%, D13 iron 2.1%, and D16 iron 0.6%. The average waste generated from the five types of iron is 0.5%. The results of comparison with conventional methods obtained by software optimization optimization pro can minimize waste optimally by 4%.

Keywords: waste; reinforcement; software cutting optimization pro.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *waste level*, *waste cost* dan metode menggunakan *software cutting optimization pro* apakah dapat meminimalisir waste besi tulangan secara optimal. Metode pengumpulan data primer dilakukan dengan wawancara dan observasi, sedangkan data skunder didapat dari proyek SDN 3 Peguyangan. Dari data tersebut kemudian pembuatan *bar bending schedule* untuk dihitung *waste level* dan *waste cost*. Panjang kebutuhan besi pada *bar bending schedule* diinput ke dalam *software cutting optimization pro*. Hasil analisis menunjukkan *waste level* besi polos \varnothing 6 mm didapat waste sebesar 9.1%, besi polos \varnothing 8 mm 5.7%, besi polos \varnothing 10 mm 3.3%, besi ulir D13 2.3%, dan besi ulir D16 2.4%. Rata-rata waste yang ditimbulkan dari kelima jenis besi tersebut sebesar 4.5%. *Waste cost* besi polos \varnothing 6 mm didapat cost sebesar Rp. 491,062,00; besi polos \varnothing 8 mm Rp. 3,313,569,00; besi polos \varnothing 10 mm Rp. 1,505,565,00; besi ulir D13 Rp. 519,652,00 dan besi ulir D16 Rp. 2,792,373,00. Total *waste cost* yang ditimbulkan dari kelima jenis besi tersebut sebesar Rp. 8,620,222,00. Dari analisis *software cutting optimization pro* besi polos \varnothing 6 mm didapat waste sebesar 0%, besi polos \varnothing 8 mm 0.3%, besi polos \varnothing 10 mm 0.02%, besi ulir D13 2.1%, dan besi ulir D16 0.6%. Rata-rata waste yang ditimbulkan dari kelima jenis besi tersebut sebesar 0.5%. Hasil perbandingan dengan metode konvensional didapat *software cutting optimization pro* dapat meminimalisir waste secara optimal sebesar 4%.

Kata Kunci: waste; besi tulangan; software cutting optimization pro.

PENDAHULUAN

Dalam pembangunan sebuah infrastruktur material sebagai salah satu komponen yang penting dalam menentukan besarnya biaya dengan kontribusi sebesar 40% - 60% dari biaya proyek, sehingga secara tidak langsung memegang peranan penting dalam menunjang keberhasilan proyek khususnya dalam biaya, dalam pengendalian biaya sering terjadi penyimpangan yang disebabkan oleh tenaga kerja, material, alat, subkontraktor dan *overhead*. Pada proyek konstruksi, penggunaan material oleh pekerja-pekerja di lapangan dapat menimbulkan penyimpangan berupa *waste*. Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan sisa material konstruksi dapat mencapai 2.9% - 12.5% berat dari total material, sisa material konstruksi tidak hanya penting dari sudut pandang efisiensi, tetapi juga berpengaruh pada lingkungan. Sehingga upaya meminimalisir sisa material penting untuk diterapkan oleh para pelaku konstruksi (Khadafi, 2008).

Jika dilihat dari sisi penyebab terjadinya, 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. Pengendalian sisa material besi tulangan pada proyek yang masih tergolong lemah karena sistem pengendalian yang dilakukan masih menggunakan sistem konvensional, yaitu hanya mengandalkan kinerja tukang di lapangan tanpa adanya kontrol, maupun hanya menggunakan sistem kombinasi atau mencocokkan kemungkinan-kemungkinan pola pemotongan *waste* besi tulangan yang tersisa dengan tipe besi tulangan yang akan digunakan berikutnya secara manual. Melihat kondisi tersebut banyak kontraktor yang melakukan inovasi untuk mengurangi *waste* tulangan yang berlebihan yang disebabkan perubahan design atau kesalahan pemotongan. Cara penanggulangan *waste* yang umum dilakukan adalah hanya melalui manajemen material untuk meminimalisasi sisa material yang terjadi, akan tetapi cara ini tidak cukup efektif karena hanya dilakukan terhadap manajemennya saja bukan terhadap metode kerja di lapangan atau metode pola pemotongan dari material tersebut (Khadafi, 2008).

Proyek pembangunan gedung terdapat banyak jenis pekerjaan yang berpotensi menghasilkan *waste*. Penelitian tentang *Waste Management* antara lain dikutip mengenai *waste* yaitu Identifikasi Material *Waste* Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Ruko San Diego Pakuwon City Surabaya), penelitian ini menunjukkan bahwa besi beton ulir D16 memiliki *waste level* terbesar yaitu 5.8% (Wiguna, 2015). Penelitian dengan judul Strategi Minimasi Sisa Material Kontruksi pada Proyek Kontruksi Gedung Bertingkat yang Dilaksanakan Kontraktor BUMN di Indonesia, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi bagaimana strategi meminimalisir *waste* kontruksi diterapkan pada proyek Gedung bertingkat, hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa penerapan strategi minimasi sisa material kontruksi yang dilaksanakan beberapa kontraktor BUMN sudah baik (Agung, 2006). Penelitian dengan judul Identifikasi Sumber Sisa Material pada Proyek Kontruksi Bangunan Perumahan di Jabotabek (Studi Kasus Pekerjaan Proyek Perumahan di Selatan Jakarta), dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses pemotongan material merupakan kegiatan yang paling sering menimbulkan sisa material berupa potongan-potongan, jika dilihat dari sisi penyebabnya perubahan-perubahan desain merupakan faktor yang paling menyebabkan sisa material, sedangkan jika dilihat dari pengaruh faktor penyebab terjadinya sisa material terhadap kegiatan kontruksi, maka faktor manusia merupakan faktor yang paling mempengaruhi terjadinya sisa material (Darmawan, 2003). Penelitian dengan Judul Analisis Penggunaan *Software Optimasi Waste* Besi pada Pekerjaan Struktur Beton Bertulang Proyek

XYZ, hasil penelitian penerapan aplikasi SOWB dapat mengurangi *waste* sebesar 1.59%, juga dapat menghemat total penggunaan besi (Khadafi,2008).

Untuk memaksimalkan pengendalian sisa material pada proyek pembangunan gedung SDN 3 Peguyangan, yang terletak di Jalan Ahmad Ayani Utara Denpasar yang dikerjakan oleh CV. Karya Alam Sentosa, yang masih penggunaan metode konvensional dalam pembuatan potongan besi tulangan yang masih kurang optimal maka perlu diterapkan suatu metode baru dengan cara mengembangkan suatu model dengan bantuan komputer untuk membuat suatu perangkat lunak (*software*) yang dapat menganalisis dan mengkoreksi cara pemotongan besi tulangan untuk membuat pola penyusunan pemotongan besi tulangan yang paling optimal agar penggunaan sisa material besi tulangan yang tersisa dapat digunakan kembali untuk tipe besi tulangan berikutnya. Berdasarkan uraian di atas maka *waste* besi tulangan merupakan salah satu masalah yang serius pada konstruksi bangunan gedung. Usaha meminimalisasi *waste* besi tulangan akan membantu kontraktor untuk mengurangi *waste* yang berlebihan. Salah satu langkah yang dilakukan adalah menggunakan *software cutting optimization pro*, *software* yang dikembangkan oleh *Optimal Programs SRL*, *software* ini memberikan hasil cara pemotongan besi tulangan yang paling optimal, selain cara pemotongan *software* ini juga memberikan data material besi yang tersedia di lapangan sehingga pengontrolan material besi menjadi lebih mudah dan efisien.

METODE PENELITIAN

Studi ini merupakan penelitian kuantitatif dengan design penelitian komparasi yang bertujuan untuk membandingkan perhitungan *waste level* menggunakan metode konvensional dengan perhitungan *waste level* menggunakan *software cutting optimazion pro*. Penelitian ini menggunakan obyek proyek pembangunan SDN 3 Peguyangan yang berlokasi di Desa Peguyangan Kaja, Kecamatan Denpasar Utara, Denpasar, Bali. Proyek ini memiliki luas 252 m² untuk lantai 1 dan 252 m² untuk lantai 2 dengan menggunakan anggaran sebesar Rp. 2.039.998.000,00. pembangunan SDN 3 Peguyangan dikerjakan selama 180 hari kalender sesuai dengan *time schedule* yang sudah direncanakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengambilan data primer di lapangan diperoleh ukuran besi yang digunakan dalam pembangunan SDN 3 Peguyangan, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Besi yang Digunakan pada Objek Penelitian

| No. | Material | Material di lapangan (batang/lonjor) |
|-----|-------------|--------------------------------------|
| 1. | Besi Q6 mm | 150 |
| 2 | Besi Q8 mm | 900 |
| 3 | Besi Q10 mm | 450 |
| 4 | Besi D13 mm | 160 |
| 5 | Besi D16 mm | 450 |

Sumber: Data Primer, 2020

Data skunder berupa gambar *shop drawing*, rencana anggaran biaya (RAB) data dari logistik ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. RAB Pekerjaan Menggunakan Besi

| No | Pekerjaan | Tanggal | Tipe Besi | Jumlah (Kg) | Lonjor /12 |
|-------|---------------------------------|---------------------------|-----------|-------------|------------|
| 1 | | | ∅6 mm | | |
| 2 | Pekerjaan Begel sloof | Jumat, 30 Agustus 2019 | ∅8 mm | 948 | 200 |
| 3 | | | ∅10 mm | | |
| 4 | Pekerjaan pondasi dan sloof | Jumat, 30 Agustus 2019 | D13 mm | 1,068 | 100 |
| 5 | Pekerjaan pondasi dan sloof | Jumat, 30 Agustus 2019 | D16 mm | 1,896 | 100 |
| 1 | Pekerjaan begel sloof s2 | Selasa, 16 September 2019 | ∅6 mm | 396 | 150 |
| 2 | Pekerjaan Plat lantai | Minggu, 22 September 2019 | ∅8 mm | 2,370 | 500 |
| 3 | Pekerjaan begel kolom dan balok | Minggu, 14 September 2019 | ∅10 mm | 2,232 | 300 |
| 4 | Pekerjaan kolom dan balok | Selasa, 16 September 2019 | D13 mm | 589 | 55 |
| 5 | Pekerjaan kolom dan balok | Selasa, 16 September 2019 | D16 mm | 4,740 | 270 |
| 1 | Pekerjaan lantai 2 | | ∅6 mm | | |
| 2 | Kolom, dan ring balok | Kamis, 10 Oktober 2019 | ∅8 mm | 948 | 200 |
| 3 | Kolom, dan ring balok | Kamis, 10 Oktober 2019 | ∅10 mm | 1,116 | 150 |
| 4 | | | D13 mm | | |
| 5 | Kolom, dan ring balok | Kamis, 10 Oktober 2019 | D16 mm | 1,896 | 100 |
| Total | | | | 18,199 | |

Sumber: Data Sekunder, 2020

Hasil rekapitulasi *bar bending schedule* (BBS) tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil *Bar Bending Schedule* (BBS)

| No | Tipe Besi | Panjang (M1) | Kebutuhan | Panjang total | Total Berat (kg) |
|----|-----------|--------------|-----------|---------------|------------------|
| 1 | ∅6 mm | 0.5 | 3278 | 1639 | 360.58 |
| 1 | ∅8 mm | 0.92 | 24 | 22.08 | 8.7216 |
| 2 | ∅8 mm | 1.5 | 24 | 36 | 14.22 |
| 3 | ∅8 mm | 2.2 | 120 | 264 | 104.28 |
| 4 | ∅8 mm | 3.7 | 428 | 1583.6 | 625.522 |
| 5 | ∅8 mm | 1.06 | 365 | 386.9 | 152.8255 |
| 6 | ∅8 mm | 4.2 | 4 | 16.8 | 6.636 |
| 7 | ∅8 mm | 1.6 | 8 | 12.8 | 5.056 |
| 8 | ∅8 mm | 12 | 244 | 2928 | 1156.56 |
| 9 | ∅8 mm | 1.2 | 90 | 108 | 42.66 |
| 10 | ∅8 mm | 5.2 | 92 | 478.4 | 188.968 |
| 11 | ∅8 mm | 9.1 | 252 | 2293.2 | 905.814 |
| 12 | ∅8 mm | 3.5 | 42 | 147 | 58.065 |
| 13 | ∅8 mm | 2.1 | 42 | 88.2 | 34.839 |
| 14 | ∅8 mm | 4.6 | 12 | 55.2 | 21.804 |
| 15 | ∅8 mm | 3.4 | 9 | 30.6 | 12.087 |
| 16 | ∅8 mm | 5.3 | 15 | 79.5 | 31.4025 |
| 17 | ∅8 mm | 9.6 | 63 | 604.8 | 238.896 |
| 18 | ∅8 mm | 2.8 | 11 | 30.8 | 12.166 |
| 19 | ∅8 mm | 2.3 | 11 | 25.3 | 9.9935 |
| 20 | ∅8 mm | 0.61 | 496 | 302.56 | 119.5112 |
| 21 | ∅8 mm | 1.4 | 496 | 694.4 | 274.288 |
| 1 | ∅10 mm | 1.48 | 726 | 1074.48 | 666.1776 |
| 2 | ∅10 mm | 1 | 396 | 396 | 245.52 |
| 3 | ∅10 mm | 1.66 | 671 | 1113.86 | 690.5932 |

| No | Tipe Besi | Panjang (M1) | Kebutuhan | Panjang total | Total Berat (kg) |
|--------------|-----------|--------------|-----------|---------------|------------------|
| 4 | ∅10 mm | 1.16 | 1008 | 1169.28 | 724.9536 |
| 5 | ∅10 mm | 1.06 | 496 | 525.76 | 325.9712 |
| 6 | ∅10 mm | 0.86 | 768 | 660.48 | 409.4976 |
| 7 | ∅10 mm | 1.75 | 20 | 35 | 21.7 |
| 8 | ∅10 mm | 3.1 | 9 | 27.9 | 17.298 |
| 9 | ∅10 mm | 5.6 | 11 | 61.6 | 38.192 |
| 10 | ∅10 mm | 1.6 | 48 | 76.8 | 47.616 |
| 11 | ∅10 mm | 0.6 | 20 | 12 | 7.44 |
| 12 | ∅10 mm | 6.4 | 11 | 70.4 | 43.648 |
| 13 | D13 mm | 2.3 | 154 | 354.2 | 315.9464 |
| 14 | D13 mm | 9.4 | 20 | 188 | 167.696 |
| 15 | D13 mm | 4.4 | 12 | 52.8 | 47.0976 |
| 16 | D13 mm | 12 | 24 | 288 | 256.896 |
| 17 | D13 mm | 1.4 | 363 | 508.2 | 453.3144 |
| 18 | D13 mm | 7.1 | 22 | 156.2 | 139.3304 |
| 19 | D13 mm | 1.6 | 4 | 6.4 | 5.7088 |
| 20 | D13 mm | 3.1 | 13 | 40.3 | 35.9476 |
| 21 | D13 mm | 5.6 | 11 | 61.6 | 54.9472 |
| 22 | D13 mm | 1.6 | 56 | 89.6 | 79.9232 |
| 23 | D13 mm | 6.4 | 11 | 70.4 | 62.7968 |
| 1 | D16 mm | 6 | 360 | 2160 | 3412.8 |
| 2 | D16 mm | 2.3 | 154 | 354.2 | 559.636 |
| 3 | D16 mm | 1.4 | 363 | 508.2 | 802.956 |
| 4 | D16 mm | 7.4 | 66 | 488.4 | 771.672 |
| 5 | D16 mm | 2.7 | 88 | 237.6 | 375.408 |
| 6 | D16 mm | 4.3 | 44 | 189.2 | 298.936 |
| 7 | D16 mm | 8.7 | 25 | 217.5 | 343.65 |
| 8 | D16 mm | 9.1 | 12 | 109.2 | 172.536 |
| 9 | D16 mm | 4.4 | 24 | 105.6 | 166.848 |
| 10 | D16 mm | 12 | 48 | 576 | 910.08 |
| 11 | D16 mm | 4.7 | 12 | 56.4 | 89.112 |
| 12 | D16 mm | 9.4 | 20 | 188 | 297.04 |
| 13 | D16 mm | 4.9 | 5 | 24.5 | 38.71 |
| 14 | D16 mm | 2.9 | 5 | 14.5 | 22.91 |
| 15 | D16 mm | 4.3 | 10 | 43 | 67.94 |
| Jumlah Total | | | | 24,139 | 17,573.34 |

Sumber: Data Sekunder, 2020

1. Perhitungan *Waste Level*

Dengan menggunakan *waste level* dihitung untuk mengetahui volume *waste* dari masing-masing item yang diteliti. *Waste level* ini dihitung menggunakan metode pendekatan dengan rumus (Poon,2001).

$$Waste\ level = \frac{vol.\ waste}{vol.\ kebutuhan} \quad (1)$$

Volume *waste* dari masing-masing item disajikan dalam Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Waste Level*

| No | Jenis Material | Satuan | Vol RAB | % Beli | Vol. Logistik | Vol. Terpasang | Vol. Waste | Waste Level % |
|-----------------|--------------------------------|--------|---------|--------|---------------|----------------|------------|---------------|
| 1 | Besi polos \varnothing 6 mm | m | 2,095 | 86% | 1,800 | 1,637 | 163 | 9.1% |
| 2 | Besi polos \varnothing 8 mm | m | 12,151 | 89% | 10,800 | 10,188 | 612 | 5.7% |
| 3 | Besi polos \varnothing 10 mm | m | 6,030 | 90% | 5,400 | 5,224 | 176 | 3.3% |
| 4 | Besi Ulir D13 mm | m | 2,990 | 62% | 1,860 | 1,817 | 43 | 2.3% |
| 5 | Besi Ulir D16 mm | m | 5,842 | 92% | 5,400 | 5,272 | 128 | 2.4% |
| Rata-rata Waste | | | | | | | | 4.5% |

Sumber: Hasil Analisis, 2020

2. Perhitungan Waste Cost

Untuk perhitungan biaya *waste* tidak dilakukan sampai menghasilkan *true cost waste*, tetapi hanya untuk mengetahui kerugian dari biaya pembelian saja. Menggunakan persamaan metode pendekatan *waste cost* dilakukan dengan rumus (Poon,2001).

$$\text{Waste cost} = \text{waste level} \times \% \text{ bobot pekerjaan} \times \text{total nilai kontrak} \quad (2)$$

Keterangan :

% bobot pekerjaan = jumlah harga material / total nilai kontrak keseluruhan.

Perhitungan *waste cost* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Waste Cost

| No | Jenis Material | Waste Level | Vol. Logistik | Harga Satuan | Jumlah Harga | Bobot Pekerjaan % | Waste Cost kg |
|---------------------|--------------------------------|-------------|---------------|--------------|------------------|-------------------|---------------|
| 1 | Besi polos \varnothing 6 mm | 9.1% | 396 | 13,627.00 | 5,396,292.00 | 0.003 | 491,062.572 |
| 2 | Besi polos \varnothing 8 mm | 5.7% | 4,266 | 13,627.00 | 58,132,782.00 | 0.028 | 3,313,568.574 |
| 3 | Besi polos \varnothing 10 mm | 3.3% | 3,348 | 13,627.00 | 45,623,196.00 | 0.022 | 1,505,565.468 |
| 4 | Besi Ulir D13 mm | 2.3% | 1,658 | 13,627.00 | 22,593,566.00 | 0.011 | 519,652.018 |
| 5 | Besi Ulir D16 mm | 2.4% | 8,532 | 13,627.00 | 116,265,564.00 | 0.057 | 2,790,373.536 |
| Total Nilai Kontrak | | | | | 2,039,998,000.00 | Total waste cost | 8,620,222.17 |

Sumber: Hasil Analisis, 2020

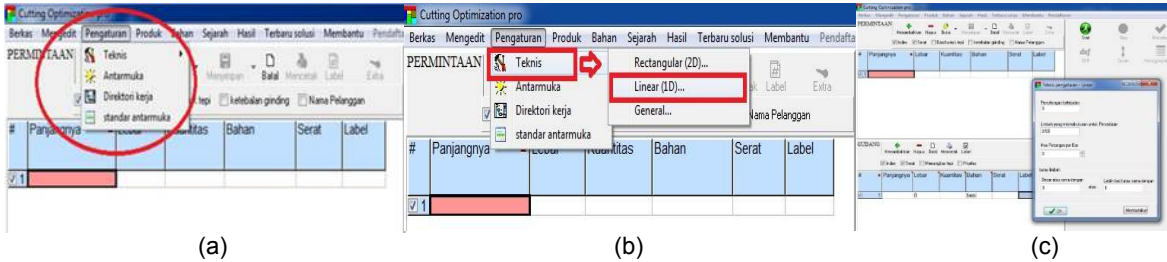
3. Software Cutting Optimazation Pro (SCOP)

Syarat-syarat aplikasi yang dibutuhkan untuk menjalankan *software* ini adalah :

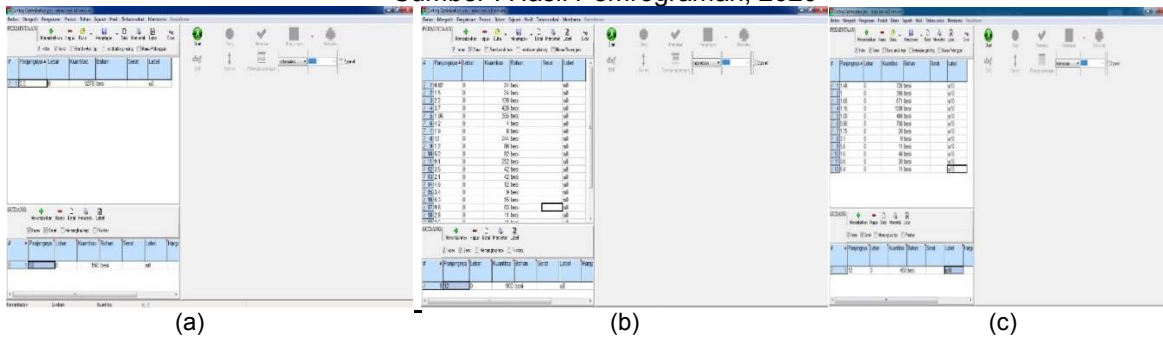
1. Data bestat (BBS).
2. Luas area struktur yang akan dihitung sudah mempertimbangkan ketersediaan lahan untuk stock besi.

3. Pelaksana pembesian harus memahami output data dari *software* dan melaksanakan pemotongan besi sesuai dengan output dari *software*.

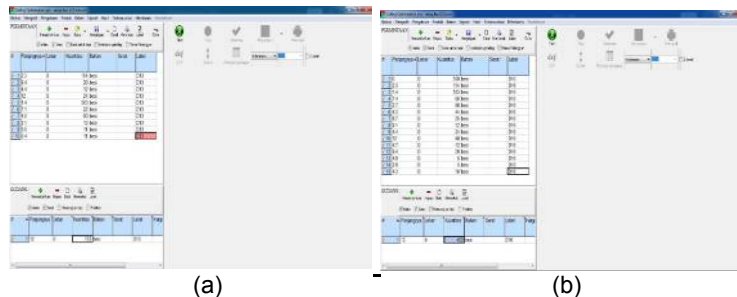
Input data dilakukan sesuai dengan tipe besi tulangan agar memudahkan *input* serta kontrol di lapangan, sebelum *input* data terlebih dahulu diatur minimum sisa material yang dapat dipakai kembali untuk potongan berikutnya, disajikan pada Gambar 1,2 dan 3.



Gambar 1. Pengaturan Waste Minimum Persediaan berdasarkan urutannya (a, b, c)
 Sumber : Hasil Pemrograman, 2020



Gambar 2. Input Kebutuhan Potongan dan Bahan Besi \varnothing 6mm (a), Besi \varnothing 8mm (b), dan Besi \varnothing 10mm (c)
 Sumber : Hasil Pemrograman, 2020



Gambar 3. Input Kebutuhan Potongan dan Bahan Besi D13mm (a) dan Besi D16mm
 Sumber : Hasil Pemrograman, 2020

Output rekapan data statistik diedit menggunakan Ms. Excel karena dalam SCOP data statistik *waste*, kebutuhan besi dan material sisa terpisah. Hasil rata-rata *waste* didapat sebesar 0.5%. Untuk rekap data statistik potongan besi hasil perhitungan SCOP tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekap Data Statistik Potongan Besi Hasil Perhitungan SCOP

| Parameter | \varnothing 6 mm | \varnothing 8 mm | Nilai \varnothing 10 mm | D13mm | D16mm | Satuan |
|------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|-------|-------|--------|
| Total panjang yang digunakan | 1,639 | 10,188 | 5,224 | 1,816 | 5,272 | m |

| | | | | | | |
|-------------------------|------|-------|-------|------|------|--------|
| Material yang digunakan | 137 | 852 | 437 | 154 | 442 | lonjor |
| Sisa material | 5 | 5,39 | 8,34 | 6,2 | 10,6 | m |
| Waste | 0 | 30,47 | 0,1 | 38,1 | 33,1 | m |
| Waste % | 0,00 | 0,3 | 0,002 | 2,1 | 0,6 | % |

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Perbandingan *waste* metode konvensional dengan SCOP disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Perhitungan *Waste* dengan Metode Konvensional dengan Metode SCOP

| No | Material | Software | Konvensional |
|-------------------|----------|----------|--------------|
| | | Waste % | Waste % |
| 1 | ∅6 mm | 0.00% | 9.10% |
| 2 | ∅8 mm | 0.30% | 5.70% |
| 3 | ∅10 mm | 0.02% | 3.30% |
| 4 | D13 mm | 2.10% | 2.30% |
| 5 | D16 mm | 0.60% | 2.40% |
| Rata - Rata Waste | | 0.50% | 4.50% |

Sumber: Hasil Analisis, 2020

KESIMPULAN

Dari analisis *waste level* besi polos ∅6 mm didapat *waste* sebesar 9.1%, besi polos ∅8 mm 5.7%, besi polos ∅10 mm 3.3%, besi ulir D13 2.3%, dan besi ulir D16 2.4%. Rata-rata *waste* yang ditimbulkan dari kelima jenis besi tersebut sebesar 4.5%. Dari analisis *waste cost* besi polos ∅6 mm didapat *cost* sebesar Rp. 491.062,00; besi polos ∅8 mm Rp. 3.313.569,00; besi polos ∅10 mm Rp. 1.505.565,00; besi ulir D13 Rp. 519.652,00 dan besi ulir D16 Rp. 2.792.374,00. Total *waste cost* yang ditimbulkan dari kelima jenis besi tersebut sebesar Rp. 8.620.222.00. Nilai tersebut bukan kerugian langsung ke anggaran proyek melainkan *true cost* untuk mengetahui kerugian akibat pembelian dari material besi tulangan tersebut. Dari analisis *software cutting optimization pro* besi polos ∅6 mm didapat *waste* sebesar 0%, besi polos ∅8 mm 0.3%, besi polos ∅10 mm 0.02%, besi ulir D13 2.1%, dan besi ulir D16 0.6%. Rata-rata *waste* yang ditimbulkan dari kelima jenis besi tersebut sebesar 0.5%. Dari hasil perbandingan didapat *software cutting optimization pro* dapat meminimalkan *waste* secara optimal sebesar 4%.

SARAN

Untuk proyek konstruksi sebaiknya menggunakan *software cutting optimization pro* untuk pekerjaan pemotongan besi tulangan karena sangat efektif dan efisien dalam kontrol, manajemen material dan dapat menekan *waste* yang dihasilkan dari pemotongan di lapangan membutuhkan perencanaan lebih baik sebelum proyek dimulai agar pada saat pelaksanaan tidak ada kesalahan gambar ataupun ketidak sesuaian gambar dengan keadaan di lapangan sehingga dapat menghambat dalam penerapan *software cutting optimization pro*.

Daftar Pustaka

- Ariwibowo, Y.P. (2002). *Organisasi Tukang Puing Dalam Pengelolaan Sisa material Konstruksi dan Perubuhan di Jakarta*, 2002.
- Asiyanto. (2005). *Manajemen Produksi Untuk Jasa Konstruksi*. Jakarta,PT. Kresna Prima Persada.

- Darmawan, A. (2003). *Identifikasi Sumber Sisa material Pada Proyek Konstruksi Bangunan Perumahan di Jabotabek (Studi Kasus : Pekerjaan Proyek Perumahan di Selatan Jakarta, 2003.*
- Daulay, R. (2000). *Minimasi Sisa material Industri Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Asrama Mahasiswa Universitas Indonesia), 2000*
- Wilson, E.J., F.R. McDougall, and Willmore, J. (2001). *Euro-Trash: Searching Europe for a More Sustainable Approach to Waste Management, Resources Conservation & Recycling, Vol. 31, 2001.*
- Farida, R. (2013). *Analisis Sisa Material Kontruksi dan Penanganannya Pada Proyek Gedung Pendidikan Profesi Guru Universitas Negeri Surabaya, 2013.*
- Giusti, A.W. (2017). *Analisa Sisa Material Proyek Pembangunan Hotel Kawasan Marvel City. Surabaya : ITS, 2017.*
- Indra, T.P. (2017). *Analisis dan Identifikasi Sisa Material Kontruksi Dalam Proyek Pembangunan dan Peningkatan Jalan Solo-Gemolong-Geyer, Kab.Sragen, 2017.*
- Khadafi, M. (2008). *Analisis Penggunaan Software Optimasi Waste Besi pada Pekerjaan Struktur Beton Bertulang Proyek XYZ, 2008.*
- Parinda, Y.D. (2012). *Analisa Sisa Material Konstruksi Pada Proyek Gedung KPKNL Sidoarjo. Surabaya: ITS, 2012.*
- Parindra, Y.D. (2012). *Analisis Sisa Material Kontruksi Pada Proyek Gedung Universitas Trunojoyo. Madura, 2012.*
- Poon, C.S., Yu, A.T.W and Ng, L.H. (2001). *On-Site Sorting of Construction and Demolition Waste in Hong Kong, Resource Conservation and Recycling, 32, pp 157-172.*
- Wiguna, I.PA. (2015). *Analisi Penanganan Material Waste Pada Proyek Perumahan. Surabaya, 2015.*
- Yahya, K. and Boussabaine, A.H. (2004). *Eco-Costs of Sustainable Construction Waste Management, Proceedings of the 4th International Postgraduate Research Conference, Salford, pp. 142-50.*
- Yusuf, A.M. (2006). *Strategi Minimasi Sisa Material Kontruksi pada Proyek Kontruksi Gedung Bertingkat yang Dilaksanakan Kontraktor BUMN di Indonesia, 2006.*