

PERHITUNGAN KEBUTUHAN TULANGAN BESI DENGAN MEMPERHITUNGGAN OPTIMASI WASTE BESI PADA PEKERJAAN BALOK DENGAN PROGRAM MICROSOFT EXCEL

MAN Kork¹⁾, Widi Hartono²⁾, Sugiyarto³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutamai 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: mankork@yahoo.com

Abstract

Nowadays the development is conducted vigorously by Indonesia. Buildings are one manifestation of Surakarta government's attempt of improving the society welfare. In a building, material is the important component in determining the cost of project, and reinforcement is one of material governed adequately and very important to bony concrete or concrete beam. For that reason, there should be a research on waste of a construction project. The objective of research was to get the bar bending schedule method that can be used to optimize boning in bony concrete thereby providing as low as possible waste.

The research was taken place in Local Secretariat building of Surakarta City in 2010. The secondary data used was data of reinforcement in the form of Bar Bending Schedule. To process the data, Excel Solver and Linear Programming computer programs were used.

From the result of analysis it could be found that the use of Excel Solver could optimize the waste in boning cutting with the percentage boning saving of 2.07% for the reinforcement with 22 diameter, 0.90% for that with 19 diameter, 3.79% for that with 16 diameter, 3.52 for that with 13, 4.76% for that with 12, and 2.43% for that with 10 diameter.

Keywords: waste, linear program, bar bending schedule, Add-In Solver, concrete beam

Abstrak

Sekarang pembangunan sedang giat dilaksanakan oleh bangsa Indonesia. Gedung-gedung adalah salah satu bentuk wujud dari pemerintah Surakarta untuk meningkatkan kesejahteraan bagi masyarakat. Dalam sebuah gedung, material merupakan komponen yang penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek and besi tulangan adalah salah satu material yang cukup sudah di atur dan sangat penting dalam pekerjaan beton bertulang maupun pekerjaan balok. Sehingga perlu untuk diteliti waste pada sebuah proyek konstruksi. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mendapatkan metode bar bending schedule yang dapat digunakan untuk mengoptimasi penulangan pada balok bertulang sehingga dihasilkan waste yang sekecil mungkin.

Lokasi penelitian ini dilakukan pada gedung Sekretariat Daerah Kota Surakarta, pada tahun 2010. Data sekunder yang digunakan adalah data besi tulangan dalam bentuk Bar Bending Schedule. Untuk pengolahan data ini menggunakan bantuan program komputer Excel Solver dan Programman Linear (PL).

Dari hasil analisis penggunaan Excel Solver dapat mengoptimasi waste pada pemotongan tulangan adapun prosentase penghematan tulangan adalah besi tulangan berdiameter 22 terjadi penghematan 2.07%, besi tulangan berdiameter 19 terjadi penghematan 0.90%, besi tulangan berdiameter 16 terjadi penghematan 3.76%, besi tulangan berdiameter 13 terjadi penghematan 3.52%, besi tulangan berdiameter 12 terjadi penghematan 4.76%, dan besi tulangan berdiameter 10 terjadi penghematan 2.43%.

Kata Kunci : waste ,program linear , bar bending schedule, Add-in Solver, balok beton

PENDAHULUAN

Later Belakang

Dalam proyek konstruksi ada banyak material yang diperlukan, misalnya beton, baja tulangan dan lain-lain. Baja merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan untuk perencanaan struktur bangunan. Sisa baja tulangan merupakan salah satu yang sering dimucul pada konstruksi bangunan. Usaha mengurangi dan memanfaatkan sisa baja yang muncul di lapangan akan membantu kontraktor untuk meningkatkan keuntungan dan mengurangi dampak lingkungan. Untuk menjaga agar tidak terjadi kosongan baja tulangan atau kesalahan besar dalam pemotongan baja tulangan yang ada, kontraktor harus mengetahui data dan persediaan mengenai baja yang sudah ada.

Untuk mengurangi sisa-sisa baja yang berlebih, studi ini mencoba membaut bar bending schedule dengan menggunakan program Microsoft-Excel untuk mempermudah dan akurat dengan tetap mengadu pada peraturan yang ada. Dalam pembuatan bar bending schedule bisa dilakukan secara manual dan biasanya memakan waktu yang cukup lama, terutama jika sering terjadi perubahan (modifikasi) pada saat pelaksanaan pekerjaan dilapangan.

Hasil akhir dari bar bending schedule dengan menggunakan program Microsoft-Excel 2007 yang digunakan untuk mempermudah menyiapkan kebutuhan tulangan pembesian (penulangan) dan kepentingan estimasi biaya pada suatu proyek konstruksi.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan penelitian ini adalah:

Untuk mendapatkan metode *bar bending schedule* yang dapat digunakan untuk mengoptimasi penulangan pada balok bertulang sehingga dihasilkan *waste* yang sekecil mungkin.

Tinjauan Pustaka

Penelitian Katarina Raninda Widjaja (2008) bertujuan untuk mengetahui penanganan kontraktor terhadap *direct wast* material pada proyek konstruksi di Surabaya. Pada penelitian ini dilakukan penyebaran kuesioner pada 15 proyek pembangunan gedung bertingkat di Surabaya untuk mendapatkan data mengenai factor penyebab terjadi sisa material dan penanganan para kontraktor terhadap sisa material tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab sisa material tertinggi adalah *cutting wast* sebesar 35,36%, penanganan terbanyak yang dilakukan oleh para kontraktor adalah usaha mengurangi sisa material (*reduce*) sebesar 35,64%. Berdasarkan skala perbandingan volume, sisa material terbanyak pada proyek-proyek di Surabaya adalah berupa sisa *packaging* sebesar 2,47%.

Suryanto Intan (2004) mengadakan penelitian analisa dan evaluasi sisa material konstruksi pada pembangunan ruko di Surabaya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas sisa material dan faktor penyebab, mengkategorikan sisa material berdasarkan *direct waste* dan *indirect waste*, dan mengusulkan suatu model biaya sisa material pada proyek ruko. Data penelitian diperoleh melalui *survey* penyebaran kuesioner pada para pelaku konstruksi, dan pengamatan di lapangan pada kompleks proyek ruko di Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) volume sisa material batu bata (12,51%) dan pasir (11,39%) adalah yang terbesar, (2) model biaya menunjukkan nilai minimum biaya sisa material (*good waste management practice*) sebesar 3,33%, dan nilai maksimum biaya sisa material (*poor waste management practice*) sebesar 4,67% dari total anggaran biaya satu ruko, sehingga *Potential waste saving cost* menjadi 1,34%.

Syamsul Hadi (2007) Department of Mechanical Engineering Merdeka University Malang. Tujuan penelitian untuk mengetahui besarnya pengaruh sudut pembengkokan dan perubahan diameter terhadap kekuatan luluh spesimen baja konstruksi beton. Metode penelitian yang dilakukan dengan pembengkokan baja konstruksi beton pada sudut 45°, 90°, 135°, 180°, pada f 8 mm, 10 mm dan 12 mm masing-masing 3 buah spesimen dan pelurusan kembali, pembuatan spesimen standar uji tarik, pemberian kode spesimen, pengujian tarik, pembuatan grafik tegangan-regangan, pembahasan hasil kekuatan luluh, dan penarikan simpulan. Hasil penelitian diperoleh kekuatan luluh baja konstruksi beton hasil uji tarik ternyata menunjukkan nilai kekuatan luluh tertinggi dicapai untuk f 10 mm ($\sigma_y = 64,80 \text{ kg/mm}^2$) diikuti oleh f 12 mm ($\sigma_y = 53,78 \text{ kg/mm}^2$) dan f 8 mm ($\sigma_y = 49,40 \text{ kg/mm}^2$) yang dimungkinkan pada permukaan spesimen f 12 mm mengalami kerusakan yang bisa jadi terjadi ke-retakan pada permukaan saat dilakukan pembengkokan pada sudut yang lebih besar dari 45°; dan terdapat perbedaan pengaruh diameter spesimen dan sudut bengkok spesimen terhadap kekuatan luluh baja konstruksi beton.

Bar bending schedule adalah daftar pola pembengkokan tulangan yang meliputi data diameter, bentuk, panjang dan jumlah tulangan (ACI 116R-00). Untuk dapat membuat *Bar Bending Schedule* maka dibutuhkan data-data Gambar Teknis dari pihak konsultan, data-data mengenai jumlah dan ukuran baja tulangan yang digunakan, data-data mengenai jumlah dan dimensi bagian yang dikerjakan dan tabel-tabel yang dibutuhkan.

Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Sisa Material Besi Tulangan

Waste material adalah kelebihan kuantitas material yang digunakan/ didatangkan, tetapi tidak menambah nilai pekerjaan. (Asiyanto, 2005)

1. Yang banyak menghasilkan sisa adalah pemesanan tulangan pada pabrik baja yang tidak akurat dan sesuai dengan konstruksi dan "*bar schedule*" serta tidak memperhatikan tulangan surplus proses konstruksi.
2. Salah satu yang paling sering terjadi adalah kegagalan dari manajemen inventaris dari pemotongan dan pembengkokan tulangan.
3. Kualitas pekerjaan tulangan yang tidak terkontrol.
4. Kesalahan manajemen pada fabrikasi besi tulangan dan lay out dari mesin potong dan mesin pembengkok tulangan.

Linear Programming

Linear Programming adalah suatu alat yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi suatu model linear dengan keterbatasan-keterbatasan sumber daya yang tersedia.

Ada dua macam fungsi dalam pemrograman linear:

1. Fungsi tujuan.
2. Fungsi batasan.

a). Bentuk Umum Pemrograman Linear (PL)

Ketiga hal dapat dirumus secara matematis sebagai berikut :

Fungsi tujuan, $\max / \min Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n$

Fungsi kendala, $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq (=) \geq b_1$

$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \leq (=) \geq b_2$

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n \leq (=) \geq b_m$

syarat nonnegatif $x_i \geq 0, i = 1, 2, 3, \dots, n, a_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$

Simbol x_1, x_2, \dots, x_n (x_i) menunjukkan variabel keputusan. Simbol c_1, c_2, \dots, c_n merupakan kontribusi masing-masing variabel keputusan terhadap tujuan. Simbol $a_{11}, \dots, a_{1n}, \dots, a_{mn}$ merupakan penggunaan per unit variabel keputusan akan sumber daya yang membatasi. Simbol b_1, b_2, \dots, b_m menunjukkan jumlah masing-masing sumber daya yang ada.

b). Install the Solver Add-In

Untuk mengaktifkan agar Add-In solver langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Pilih tools Add-In dan akan keluar jendela
2. Pada daftar akan muncul Add-In yang bisa diaktifkan
3. Pilih solver Add-In dan klik ok untuk mengakhiri perintah mengaktifkan Add-In.

Bar Bending Schedule (BBS) Balok

Bar bending schedule (BBS) adalah kegiatan untuk merencanakan kebutuhan potongan tulangan dan betuk pembekukan tulangan sebelum kegiatan merangka tulang dilakukan.

Pengelompokkan Ukuran

Dari data-data dapat dibuat sket tipe tulangan, panjang potongan, jumlah panjang dan jumlah kebutuhan tulangan dan dapat dibuat tabel seperti di bawah ini.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Barbending Schedule Balok Berdiameter 12

Panjang (m)	Jumlah Pot. (m)	Panjang Total (m)	Kebutuhan Batang (batang)
7.75	4	31	4
5.25	4	21	2
4.75	4	19	2
12	4	48	4
7.48	4	29.92	4
10.9	4	43.6	4
11.2	16	179.2	16
0.7	108	75.6	6
2.2	4	8.8	0
1.6	4	6.4	0

Proses Pemotongan Yang Terjadi Di Lapangan

Dalam pelaksanaannya di lapangan, pembuatan alternative seperti yang dibuat untuk menyelesaikan masalah ini tidak dilakukan. Hal inilah yang mungkin menjadi penyebab mengapa jumlah batangan besi yang dibutuhkan menjadi banyak. Dilapangan besi dipotong berdasarkan ukuran yang terpanjang dahulu. Sisanya disendirikan dan dicari ukuran yang masih sesuai dengan ukuran sisa tersebut. Hal itu dilakukan terus-menerus sampai semua kebutuhannya terpenuhi.

Proses Input Dan Output Data Solver

Berikut ini saya lampirkan contoh alternatif potongan besi dari balok lantai berdiameter 12.

Tabel 2. alternatif potongan besi dari balok lantai berdiameter 12.

Alternarif	Panjang (m)										Sisa (m)
	7.75	5.25	4.75	12	7.48	10.9	11.2	0.7	2.2	1.6	
1	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0.75
2	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0.6

3	0	1	0	0	0	0	0	9	0	0	0.45
4	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0.4
5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0.32
7	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0.4
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.8
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0.1
10	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0.1
11	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0.2
12	0	0	1	0	0	0	0	4	1	1	0.65
Kebutuhan	4	4	4	4	4	4	16	108	4	4	

Persamaan

Pada contoh tabel di atas didapat 12 alternatif pemotongan, hal ini berarti ada 12 fungsi pembatas yang tercipta $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{11}, X_{12}$.

Karena dalam optimasi potongan besi yang diinginkan adalah sisa potongan yang paling pendek jadi kita harus meminimumkan sisa potongan dari tiap tiap item .

Dari tabel diatas kita dapat membuat persamaan matematis optimasi pemotongan besi

$$Z = 0.75 X_1 + 0.6 X_2 + 0.45 X_3 + 0.4 X_4 + 0 X_5 + 0.32 X_6 + 0.4 X_7 + 0.8 X_8 + 0.1 X_9 + 0.1 X_{10} + 0.2 X_{11} + 0.65 X_{12}$$

Dengan pembatas :

$$X_1 \geq 4$$

$$X_2 + X_3 + 2X_{10} \geq 4$$

$$X_1 + 2X_4 + 2X_{11} + X_{12} \geq 4$$

$$X_5 \geq 4$$

$$X_6 \geq 4$$

$$X_7 \geq 4$$

$$X_8 + X_9 \geq 16$$

$$5X_1 + 2X_2 + 9X_3 + 3X_4 + 6X_6 + X_7 + X_9 + 2X_{10} + X_{11} + 4X_{12} \geq 108$$

$$X_{12} \geq 4$$

$$X_{11} + X_{12} \geq 4$$

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_{11}, X_{12} \geq 0$$

Untuk mengoptimasikan potongan besi ini , dipergunakan program bantu Add-In Solver yang ada dalam Ms.Excel.

Analisa Hasil Solver

Setelah di- running solver kita sudah dapat hasilnya dan kemudian akan dianalisa secara lebih detail. Kita akan detailkan jumlah batang yang dihasilkan dan sisa potongan yang terjadi .

Alternatif	Panjang (m)										Sisa (m)	Batang	Jumlah Sisa
	7.8	5.3	4.75	12	7.5	10.9	11	0.7	2	1.6			
1	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0.75	4	3.00
2	0	1	0	0	0	0	0	9	0	0	0.45	3	1.35
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0.00
4	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0.32	4	1.28
5	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0.4	4	1.60
6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0.1	16	1.60
7	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0.1	1	0.05
8	0	0	1	0	0	0	0	4	1	1	0.65	4	2.60
Kebutuhan	4	4	4	4	4	4	16	108	4	4	Total sisa (m)	11.48	
Potongan	4	4	4	4	4	4	16	108	4	4			

Gambar 1. Tampilan Excel Setelah Disolver

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Sisa Potongan

Sisa Potongan adalah total sisa buangan dari masing –masing ukuran. Berikut ini adalah hasil sisa potongan masing-masing ukuran.

- Balok lantai berdiameter 22 didapatkan total sisa potongan 282.9 m
- Balok lantai berdiameter 19 didapatkan total sisa potongan 127.2 m
- Balok lantai berdiameter 16 didapatkan total sisa potongan 64.47 m
- Balok lantai berdiameter 13 didapatkan total sisa potongan 564.92 m
- Balok lantai berdiameter 12 didapatkan total sisa potongan 11.48 m
- Balok lantai berdiameter 10 didapatkan total sisa potongan 38.57 m

Jumlah Batang Yang Dihasilkan

Dari hasil solver , tampilan angka jumlah batang harus angka bulat, tidak boleh ada tampilan angka yang tidak bulat karena itu berarti solver tidak didapatkan solusi yang *feasible* . Munculnya angka jumlah batang berarti alternatif potongan pada baris tersebut yang digunakan untuk menghasilkan sisa potongan yang minimum.

Berikut ini adalah berbandingkan Jumlah batang di lapangan dan hasil solver

- Balok lantai berdiameter 22
 - ✓ Total Batang oleh Solver 708 batang
 - ✓ Total batang di lapangan 723 batang
- Balok lantai berdiameter 19
 - ✓ Total Batang oleh Solver 767 batang
 - ✓ Total batang di lapangan 774 batang
- Balok lantai berdiameter 16
 - ✓ Total Batang oleh Solver 435 batang
 - ✓ Total batang di lapangan 452 batang
- Balok lantai berdiameter 13
 - ✓ Total Batang oleh Solver 3729 batang
 - ✓ Total batang di lapangan 3865 batang
- Balok lantai berdiameter 12
 - ✓ Total Batang oleh Solver 40 batang
 - ✓ Total batang di lapangan 42 batang
- Balok lantai berdiameter 10
 - ✓ Total Batang oleh Solver 402 batang
 - ✓ Total batang di lapangan 412 batang

Untuk memperoleh kepastian mengenai penghematan yang terjadi harus dibandingkan dengan penggunaan besi batangan dilapangan. Untuk dibandingkan digunakan rasio sisa dibutuhkan.

Berikut ini ditampilkan rasio perbandingan sisa potongan dengan jumlah potongan besi dari hasil solver pada batang berdiameter 12:

$$\text{sisa} = \frac{11.48}{(40 \times 12)} \times 100\% = 2.39\%$$

Batang Berdiameter 12			
kebutuhan batang			
batang	Total batang	Sisa(m)	%
40	12	11.48	2.39

Sebagai pembandingan untuk mengetahui penghematan yang terjadi perlu dibandingkan pula dengan kebutuhan yang terjadi dilapangan. Berikut ini adalah tabel bandingkan hasil solver dengan dilapangan

Tabel 3. Rasia Penghematan Tiap Besi

Rasia penghematan tiap besi				
Berdiameter	Kebutuhan besi		Penghematan	
	Lapangan	Solver	Batang	%

D22	723	708	15	2.07
D19	774	767	7	0.90
D16	452	435	17	3.76
D13	3865	3729	136	3.52
D12	42	40	2	4.762
D10	412	402	10	2.427

Secara seluruhan solver telah berhasil meminimalisasi pemakaian material besi.

SIMPULAN

Dari analisis diperoleh bahwa penggunaan metode *bar bending schedule* dengan program bantu solver dalam Ms. Excel dapat mengoptimasi waste pada pemotongan tulangan adapun prosentase penghematan tulangan adalah sebagai berikut :

- Besi tulangan berdiameter 22 terjadi penghematan 2.07 %
- Besi tulangan berdiameter 19 terjadi penghematan 0.90 %
- Besi tulangan berdiameter 16 terjadi penghematan 3.76 %
- Besi tulangan berdiameter 13 terjadi penghematan 3.52 %
- Besi tulangan berdiameter 12 terjadi penghematan 4.76 %
- Besi tulangan berdiameter 10 terjadi penghematan 2.43 %

REKOMENDASI

Penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dibutuhkan pembuatan kombinasi yang lebih teliti lagi.
2. Penggunaan Excel solver sebagai program bantu cukup berhasil, data input dan output masih sederhana. Bila ingin lebih baik hasil yang ingin dicapai dapat digunakan program yang lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Atas bantuan dan kerjasama yang baik dari semua pihak hingga selesainya skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada: Segenap Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Segenap Pimpinan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Bapak Widi Hartono, ST,MT dan Ir. Sugiyarto, MT , selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dalam menyusun laporan ini dan rekan-rekan mahasiswa teknik sipil angkatan 2008 atas kerjasama dan bantuannya.

REFERENSI

- RSNI3, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. September 2002. Pp 37-38.
- Rahim, Irwan Ridwan. 2001. *Penilaian Sisa Material pada Pelaksanaan Proyek Perumahan (Studi Kasus: Pembangunan Rumah Di Kawasan Tanjung Bunga, Makassar)*. Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Stuckhart, George., *Construction Materials Management*, Marcel Dekker, Inc., 1995.
- Syamsul Hadi .2007.*Journal from JIPTUNMERPP* , Department of Mechanical Engineering Merdeka University Malang.
- Sulaiman, 2010. *Pengaruh Proses Pelengkungan dan Pemanasan Garis Pelat Baja Kapal AisiE 2512 Terhadap Nilai Kekerasan dan Laju Korosi*. Tesis. Program Studi Magister Teknik Mesin Semarang.
- Sun , Kuk Kim .2004. *Algorithms for Reducing the wast rate of Reinforcement bars* . College Of Architectural And Civil Engineering , Kyung Hee University . Korea.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., and Vigil, S.A., *Integrated solid management*, McGraw-Hill. Inc., New Jersey. 1993.
- Valentino Arya Kusuma . 2010. *Evaluasi Sisa Material Pada Proyek Gedung Pendidikan Dan Laboratorium 8 Lantai Fakultas Kedokteran Uns Tabap 1*. Skripsi. Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta .
- Widjaja, Katarina Raninda. 2008. *Penanganan Kontraktor terhadap Direct Waste Material pada Proyek Konstruksi di Surabaya*. Skripsi, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Won, Kee Hong .2004. *Algorithms for Reducing the wast rate of Reinforcement bars* . College Of Architectural And Civil Engineering , Kyung Hee University . Korea.