

Perbandingan *waste* besi tulangan pelaksanaan proyek konstruksi dengan perhitungan *bar bending schedule* (studi kasus: proyek pembangunan M&G Villa, Jalan Pantai Berawa, Canggu, Kecamatan Kuta Utara, Kabupaten Badung – Bali)

Ida Ayu Putu Sri Mahapatni¹, I Wayan Artana¹, Made Novia Indriani^{1,*}, Ni Made Yuyun Praptaningsih¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia, Denpasar, Bali, Indonesia

*Corresponding authors: novia@unhi.ac.id

Submitted: 9 October 2024, Revised: 21 December 2024, Accepted: 23 December 2024

ABSTRACT: Excess construction materials or waste is a waste that has an impact on the construction project budget. Planning is needed in the use of construction materials, especially reinforcing steel materials, to minimize this waste material that occurs. The aim of this research is to obtain a comparison waste reinforcing iron in project implementation with planned calculations using bar bending schedule. This research was carried out on the M&G Villa structure which has a first floor area of 187 m² and a second floor of 218 m² located on Pantai Berawa Road, Canggu. The type of research used is quantitative research. Data processing using bar bending schedule calculations. Based on the results of the calculations that have been carried out, it is obtained waste material using calculation planning bar bending schedule amounting to 9.72% or weighing 1,331.39 kg of the total iron requirements, meanwhile waste The material that has been implemented in construction projects amounts to 13.41% or weighing 2,215.43 kg of the total requirement for reinforcing iron. The results of this calculation show waste with planning bar bending schedule can minimize waste reinforcing iron is 3.69% of waste implementation of the M&G Villa construction project.

KEYWORDS: bar bending schedule; construction projects; material; villa; waste.

ABSTRAK: Kelebihan material konstruksi atau waste merupakan pemborosan yang berdampak pada anggaran biaya proyek konstruksi. Diperlukan perencanaan dalam penggunaan material konstruksi terutama material besi tulangan untuk meminimalisir waste material yang terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan perbandingan waste besi tulangan pada pelaksanaan proyek dengan perhitungan yang direncanakan menggunakan bar bending schedule. Penelitian ini dilakukan pada struktur M&G Villa yang memiliki luas lantai 1 sebesar 187 m² dan lantai 2 sebesar 218 m² berlokasi di Jalan Pantai Berawa, Canggu. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Pengolahan data dengan menggunakan perhitungan bar bending schedule. Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan, didapatkan waste material menggunakan perencanaan perhitungan bar bending schedule sebesar 9.72% atau seberat 1,331.39 kg dari total keperluan besi sedangkan waste material yang sudah dilaksanakan pada proyek konstruksi sebesar 13.41% atau seberat 2,215.43 kg dari total keperluan besi tulangan. Hasil perhitungan ini menunjukkan waste dengan perencanaan bar bending schedule bisa meminimalisir waste besi tulangan sebesar 3.69% dari waste pelaksanaan proyek konstruksi M&G Villa.

KATA KUNCI: bar bending schedule; proyek konstruksi; material; villa; waste.

© The Author(s) 2024. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan di Indonesia sebagai negara berkembang saat ini gencar dilaksanakan. Kontribusi konstruksi pada perekonomian di Indonesia berada dalam urutan kelima dan mengalami pertumbuhan sebesar 9.45% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia Triwulan III tahun 2022 (BPS Statistics Indonesia, 2022). Pada pelaksanaan proyek konstruksi selalu memerlukan sumber daya proyek yaitu pekerja, metode, alat, biaya dan material. Dari kelima sumber tersebut, material merupakan komponen penting untuk

terlaksananya proyek dengan baik (Sinipat & Beatrix, 2023). Material konstruksi bersifat permanen tercantum dalam dokumen kontrak kerja sehingga sangat menentukan besarnya biaya dalam sebuah proyek contohnya seperti besi tulangan, beton, semen yang mana spesifikasinya harus bisa memenuhi syarat yang berlaku. Sedangkan untuk material sementara, pelaksana bisa bebas menentukan jenis material yang akan digunakan sesuai dengan keperluan dari proyek konstruksi tersebut, contohnya seperti bekisting untuk pekerjaan struktur bangunan (Permana, 2021).

Pada proyek konstruksi material memiliki peran penting dalam penentuan biaya proyek konstruksi dengan kontribusi 40% - 50% dari total biaya proyek dan memegang peranan penting dalam keberhasilan proyek (Riyanto, 2023). Kelebihan material pada proyek konstruksi/ *waste* memiliki dampak yang serius terhadap anggaran biaya proyek konstruksi (Yuni et al., 2023). Timbulnya sisa material pada proyek konstruksi tidak dapat dihindarkan. Sisa material tersebut timbul karena berbagai hal, seperti pembongkaran, pembangunan dan proses perencanaan pada pekerjaan konstruksi (Perdana et al., 2020). Pekerjaan konstruksi merupakan kegiatan kompleks yang terdapat berbagai sumber daya yang memiliki hubungan dalam pemanfaatannya (Sulistio & Wati, 2021). *Waste* dapat diartikan sebagai kerugian atau kehilangan sumber daya yaitu material, tenaga, waktu dan modal yang diakibatkan oleh kegiatan yang memerlukan biaya langsung ataupun tidak langsung namun tidak menambah nilai terhadap produk akhir bagi kontraktor pelaksana proyek (Benidikta, 2018). Salah satu material yang memiliki potensi *waste* yang tinggi yaitu besi tulangan. Besi tulangan adalah baja berbentuk batang dengan penampang bundar yang permukaannya ada yang polos dan sirip biasanya digunakan untuk penulangan beton (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Perkembangan proyek konstruksi berdampak positif terhadap kemajuan pembangunan namun disisi lain berdampak negatif terhadap lingkungan karena kecenderungan meningkatnya limbah/ *waste* material yang dihasilkan dalam proyek konstruksi bangunan (Abidah, 2023). Perencanaan yang dilakukan dengan baik sebelum penggunaan material dapat mengurangi *waste* yang terjadi (Hartono et al., 2015). Salah satunya dapat digunakan perencanaan dengan menggunakan *bar bending schedule* yang merupakan tabel berisi rincian spesifikasi dan jumlah material besi tulangan, dengan penerapan metode ini dapat mempermudah dalam pemesanan material besi secara akurat (Larasaty, 2023).

Waste merupakan material yang ada pada proyek konstruksi yang sudah tidak dapat digunakan kembali yang merupakan hasil dari konstruksi, perbaikan atau perubahan (Wiguna, 2009). Sisa material digolongkan menjadi 2 yaitu sisa tulangan yang disebabkan oleh karakteristik dari desain penulangan dan yang kedua disebabkan oleh pembelian besi yang lebih banyak daripada jumlah kebutuhan, maka penentuan kebutuhan material tulangan sangat penting dilakukan dengan teliti dan akurat (Kurniawan, 2023). Untuk dapat mencari *waste* besi tulangan lebih sedikit dilakukan perbandingan terhadap hitungan perencanaan *bar bending schedule* dan *waste* pelaksanaan proyek konstruksi M&G Villa (Ebtha Yuni et al., 2023).

Pada proyek pembangunan M&G Villa lantai 2 yang terletak di Jalan Pantai Brawa, Canggu,

Kabupaten Badung – Bali dikerjakan oleh PT Tedja Jaya Kreasi dalam metode pengerjaan pembesian struktur sloof, kolom, balok dan plat lantai masih menggunakan perhitungan dan pemotongan besi tulangan secara konvensional. Pemotongan besi yang masih konvensional, kurang optimal sehingga diperlukan metode baru untuk menganalisis *waste*. Adanya metode baru tujuannya untuk mengoreksi cara pemotongan besi tulangan yang paling efisien agar penggunaan material besi bisa dimanfaatkan secara optimal sehingga dapat meminimalisasi adanya *waste* (Mahapatni & Juliana, 2022). Untuk itulah diperlukan cara yang tepat yaitu dengan menggunakan perhitungan *bar bending schedule*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan perhitungan dari hasil perhitungan logistik dengan perhitungan *bar bending schedule*. Hasil penelitian ini sangat diharapkan bermanfaat dalam pelaksanaan konstruksi khususnya dalam metode pemotongan pembesian di lapangan, sehingga dapat mengurangi *waste*.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan mengolah data sekunder dari proyek M&G Villa yang didapatkan dari perusahaan PT Tedja Jaya Kreasi. Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis data struktur *shop drawing* yang dibuat dalam bentuk tabel *bar bending schedule* secara manual dan menganalisis distribusi pembesiannya kemudian dihitung *waste* yang terjadi dengan rumus *waste level*. Untuk menghitung *waste* pada pelaksanaan proyek M&G Villa, digunakan data dari laporan logistik untuk menghitung *waste* dengan rumus *waste level* yang kemudian dibandingkan dengan perhitungan manual *bar bending schedule*. Perhitungan volume pembesian yang dilakukan secara manual dengan melihat lekukan dan ketentuan yang telah ada menggunakan bantuan aplikasi *Microsoft Excel* untuk rekapitulasi perhitungannya. Konsep perhitungannya adalah dengan mendata dan menghitung berdasarkan diameter tulangan, kode bentuk pola tulangan, banyak tulangan yang polanya sama dan berat yang dihasilkan dari pembesian tersebut. Setelah mendapatkan hasil panjang besi tulangan kemudian dihitung *waste* material besi dengan menggunakan perhitungan manual *waste level* dan didapatkan hasil *waste* untuk perhitungan dengan metode manual. Sehingga hasil dari penelitian ini didapatkan perbandingan *waste* paling minim pada pelaksanaan konstruksi M&G Villa dengan *perhitungan bar bending schedule*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan pada penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap yaitu perhitungan *waste* pada pelaksanaan proyek konstruksi yang terjadi di lapangan dan kedua

perhitungan dengan perencanaan *bar bending schedule*, berikut perhitungan dari penelitian ini.

3.1 Perhitungan Pelaksanaan Proyek Konstruksi

Waste pelaksanaan proyek konstruksi terjadi karena pada pelaksanaannya tidak dilakukan perencanaan yang mendetail terhadap distribusi besi tulangan yang mengakibatkan terjadinya banyak *waste* pada material besi. Untuk mengetahui *waste* yang terjadi dilakukan perhitungan data sekunder dari laporan logistik dengan rumus *waste level*.

Table 1. Data sekunder laporan logistik M&G Villa 2024

Diameter Tulangan	Jumlah (Btng)	Panjang Total (m)	Berat Besi (kg)
Ø 8	650	7,800	3,077.76
Ø 10	320	3,840	2,367.50
D 13	350	4,200	4,376.18
D 16	250	3,000	4,735.01
D 19	8	96	213.67

Tabel 1 merupakan tabel data sekunder dari laporan logistik M&G Villa yang didapatkan dari kontraktor pelaksana pekerjaan. Data ini dapat digunakan untuk mendapatkan hasil *waste* pelaksanaan dilapangan dengan lebih baik.

Table 2. Volume kebutuhan material besi *shop drawing* M&G Villa 2024

Diameter Tulangan	Panjang Total (m)	Berat Besi (kg)
Ø 8	7,147.60	2,820.33
Ø 10	3,726.62	2,297.60
D 13	3,785.60	3,944.40
D 16	2,098.74	3,312.52
D 19	80.80	179.84

Tabel 2 merupakan data kebutuhan besi tulangan yang didapatkan dari perhitungan gambar *shop drawing* data sekunder yang akan digunakan untuk perhitungan *waste* pelaksanaan proyek konstruksi M&G Villa. Rumus *waste level* yang digunakan untuk perhitungan *waste* pada Persamaan 1.

$$Waste\ level = \frac{volume\ waste}{volume\ keperluan\ material} \times 100\% \quad (1)$$

dimana volume *waste* adalah volume keperluan total besi – volume besi digunakan, volume keperluan adalah volume keperluan total besi.

Data yang diperlukan untuk perhitungan *waste level* yaitu:

- Volume besi yang digunakan D13 adalah 3,944.40 kg (didapatkan dari keperluan besi tulangan pada gambar).

- Panjang total besi tulangan yang diperlukan D13 adalah 4,376.18 kg (total distribusi besi tulangan).

Perhitungan *waste level* besi D13:

$$Waste\ level = \frac{(4,376.18 - 3,944.40)}{4,376.18} \times 100\%$$

$$Waste\ level = \frac{(431.78)}{4,376.18} \times 100\%$$

$$Waste\ level = 9.87\%$$

Jadi hasil *waste level* dari besi tulangan D13 adalah 9.87%. Untuk total *waste level* besi tulangan dengan perhitungan pelaksanaan proyek konstruksi M&G Villa dilihat pada Tabel 3.

Table 3. Hasil perhitungan *waste* pelaksanaan proyek M&G Villa

Diameter Tulangan	Volume waste (kg)	Waste Level (%)
Ø 8	257.43	8.36%
Ø 10	69.90	2.95%
D 13	431.78	9.87%
D 16	1,422.49	30.04%
D 19	33.83	15.83%
Total Waste	2,215.43	13.41%

3.2 Perhitungan Manual Bar Bending Schedule

Pada perhitungan ini volume pembesian dihitung secara manual dengan melihat lekukan dan ketentuan yang telah ada menggunakan bantuan aplikasi *microsoft excel* untuk rekapitulasi perhitungannya. Konsep perhitungannya adalah dengan mendata dan menghitung berdasarkan diameter tulangan, kode bentuk pola tulangan, banyak tulangan yang polanya sama dan berat yang dihasilkan dari pembesian tersebut (Arifin et al., 2022).

Setelah mendapatkan hasil panjang besi tulangan kemudian dihitung distribusi besi tulangan untuk pemotongan dengan bahan baku besi tulangan panjang 12 meter. Perhitungan distribusi besi tulangan ini dihitung secara manual menggunakan tabel *bar bending schedule* dilihat pada Tabel 4.

Table 4. Hasil panjang pembesian perhitungan manual

Diameter tulangan	Jumlah Batang (batang)	Berat (kg)
Ø8	623	2,949.91
Ø10	314	2,323.11
D13	337	4,213.64
D16	221	4,185.75
D19	8	213.67

Hasil distribusi pembesian pada Tabel 4 kemudian akan dihitung *waste* yang dihasilkan secara manual dengan menggunakan rumus Persamaan 1.

Tabel 5. Hasil *waste* perhitungan manual *bar bending schedule*

Diameter tulangan	Waste (%)	Waste (kg)
Ø8	4.39%	128.58
Ø10	1.10%	25.51
D13	6.39%	269.24
D16	20.86%	873.23
D19	15.83%	33.83

Hasil Tabel 5 menunjukkan persentase *waste* dan berat *waste* yang dihasilkan dari setiap jenis besi tulangan. Jika ditotalkan perhitungan manual *bar bending schedule* menghasilkan *waste* sebesar 9.72% atau dalam hitungan berat sebesar 1,331.39 kg dari total keperluan besi tulangan M&G Villa.

4. KESIMPULAN

Perhitungan pada penelitian ini menghasilkan *waste* material pada proyek konstruksi M&G Villa dengan kesimpulan *waste* pada pelaksanaan proyek yang terjadi di lapangan menghasilkan *waste* besi tulangan Ø8 bernilai 8.36% / 257.43 kg, besi tulangan Ø10 bernilai 2.95% / 69.90 kg, besi tulangan D13 bernilai 9.87% / 431.78 kg, besi tulangan D16 bernilai 30.04% / 1,422.49 kg, besi tulangan D19 bernilai 15.83% / 33.83kg. Total *waste* yang dihasilkan adalah 13.41% dengan berat besi tulangan 2,215.43 kg dari berat total besi tulangan. Perhitungan *bar bending schedule* menghasilkan *waste* besi tulangan Ø8 bernilai 4.39%/129.58 kg, besi tulangan Ø10 bernilai 1.10% / 25.51 kg, besi tulangan D13 bernilai 6.39% / 269.24kg, besi tulangan D16 bernilai 20.86% / 873.23kg, besi tulangan D19 bernilai 18.83% / 33.83kg. Total *waste* yang dihasilkan adalah 9.72% dengan berat besi tulangan 1,331.39 kg dari berat total besi tulangan. Dari hasil kedua perhitungan tersebut didapatkan kesimpulan *waste* yang paling minimal bisa didapatkan dengan melakukan perencanaan tabel *bar bending schedule* sebagai acuan perhitungan dan pelaksanaan proyek yang bisa meminimalisir *waste* besi tulangan sebesar 3.9% dari *waste* material yang terjadi pada proyek konstruksi M&G Villa. Perencanaan *bar bending schedule* yang detail dan akurat terbukti dapat mengurangi *waste* besi tulangan hingga 3.9%, oleh karena itu disarankan perlu dilakukan optimalisasi proses perencanaan dengan menggunakan perangkat lunak atau teknologi yang mendukung presisi dan efisiensi seperti *software Revit*, dsb.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, G. (2023). Perbandingan Kombinasi Pemotongan Pembesian dengan Metode Manual Bar Bending Schedule dan Tekla Structures. *Jurnal Teknik ITS*, 12, D90–D95.
<http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v12i2.112943>
- Arifin, D., Saputra, A. J., & Savitri, A. (2022). Efektifitas Pembesian pada Proyek Panbill Mall menggunakan Bar Bending Schedule SNI-2847-2019, BS-8666-2005, dan Linear Programming. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 5(1).
<https://doi.org/10.30737/jurmateks.v5i1.2588>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung 1*.
- Benidikta, P. (2018). *Kajian Terhadap Limbah Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Hotel @Hom Di Yogyakarta*.
- BPS Statistics Indonesia. (2022). *Indikator Konstruksi Triwulanan III 2022*.
- Ebtha Yuni, N. K. S., Yuliana, N. P. I., & Sudiarta, I. K. (2023). Analisa waste material besi dalam upaya pengendalian sisa material konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 5(1). <https://doi.org/10.47600/jtst.v5i1.561>
- Hartono, W., Utami, H., & Sunarmasto. (2015). Rancangan Program Pengerjaan Bar Bending Schedule Penulangan Pile Cap Dan Kolom Bawah Dengan Visual Basic 6.0. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 3(2).
<https://doi.org/10.20961/mateksi.v3i2.37193>
- Kurniawan, D. (2023). *Optimasi Perhitungan Kebutuhan Tulangan Dan Tulangan Sisa (Waste) Shear Wall Menggunakan Software Cutting Optimization Pro Pada Proyek Pembangunan Gedung Mrt Jakarta*. 610–617.
- Larasaty, E. (2023). Perhitungan Kebutuhan, Sisa, Dan Biaya Tulangan Pekerjaan Struktur Asrama Siswa Terpadu Mtsn 2 Medan. *Majalah Iptek Politeknik Negeri Medan Polimedia*, 25(1).
<https://doi.org/10.51510/polimedia.v25i1.1372>
- Mahapatni, I. A. P. S., & Juliana, I. K. I. (2022). Analisis Waste Level Dan Waste Cost Bekisting Dan Pembesian Pada Pekerjaan Struktur Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Smpn 4 Sukawati). *Jurnal Teknik Gradien*, 17(1).
<https://doi.org/10.32795/widyateknik.v17i01.2977>
- Perdana, A. S., Indrayadi, M., & Pratiwi, R. (2020). *Identifikasi Construction Material Waste Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Rumah Jabatan Rektor Untan Pontianak)*.
- Permana, I. (2021). *Optimasi Kebutuhan Tulangan Pada Balok Menggunakan Program Linier Metode Simplex Dan Building Information Modeling (Bim) (Optimization Beam Reinforcement Using Linear Program Simplex Method And Building Information Modeling)*.
- Riyanto, M. S. D. (2023). *Analisis Perbandingan Waste Metode Distribusi Dengan Software Cutting Optimization Pro Pada Pekerjaan Penulangan Pilecap (Studi Kasus :Proyek Xyz Semarang)*. 74–81.
- Sinipat, L., & Beatrix, M. (2023). Analisis Kebutuhan Material Besi Tulangan Pada Struktur Beton Bertulang Dengan Metode Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 3(1), 668–701.
<https://doi.org/10.46306/tgc.v3i1>
- Sulistio, H., & Wati, M. (2021). Analisis Faktor Kerugian Waste Material Besi Beton Gedung Bertingkat. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 5(1).
<https://doi.org/10.24912/jmsttk.v5i1.10120>
- Wiguna, I. P. A. (2009). Analisis Penanganan Material Waste Pada Proyek Perumahan Di Surabaya. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah*.

Yuni, N. K. S. E., Yuliana, N. P. I., Sudiarta, I. K., Proyek Konstruksi, M., Sipil, T., & Negeri Bali, P. (2023). Analisis Waste Material Besi dalam Upaya Pengendalian Sisa Material Konstruksi. In *JTST* (Vol. 5, Issue 1). <http://jurnal.polimdo.ac.id/>