

ANALISIS KEBUTUHAN MATERIAL BESI TULANGAN PADA STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN METODE BAR BENDING SCHEDULE PADA PROYEK PEMBANGUNAN SEKOLAH CITA HATI SURABAYA

Lintang Sinipat¹⁾, Michella Beatrix¹⁾

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Menur Pumpungan, Sukolilo, Surabaya
Email: lsinipat1@gmail.com

² Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Email: michella@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Dalam suatu proyek konstruksi selalu membutuhkan sumber daya proyek sebagai komponen dalam proses konstruksinya. Terdapat lima sumber daya proyek, yaitu pekerja, metode, alat, biaya dan material. Dari kelima komponen tersebut, material merupakan salah satu bahan baku utama yang memiliki pengaruh yang cukup besar dalam menentukan besarnya biaya dalam proyek tersebut. Terdapat berbagai macam material salah satunya yaitu besi tulangan. Besi tulangan memiliki nilai yang cukup tinggi sehingga material ini harus diperhitungkan dengan sangat teliti agar mendapatkan nilai besi yang optimal. Karena memiliki nilai yang cukup tinggi dalam pengerjaannya maka diperlukan perencanaan perhitungan pembesian. Dimulai dari perhitungan kebutuhan besi tulangan. Menghitung kebutuhan besi tulangan terdapat beberapa metode yaitu metode pendekatan (manual) dan metode Bar Bending Schedule (BBS). Bar bending schedule (BBS) adalah metode perencanaan pada pekerjaan pembesian yang berisikan informasi mengenai detail berupa bentuk besi tulangan, Panjang besi tulangan, dimensi serta jumlah besi tulangan yang akan digunakan pada pekerjaan struktur. Pada BBS menghasilkan kebutuhan besi dalam satuan batang yang kemudian menghasilkan satuan berat. Dimana pada proyek ini pengerjaannya belum menggunakan perhitungan besi metode BBS. Dimana dalam perhitungan manual tidak memperhatikan pola potongan besi, sehingga pemotongan besi dilapangan belum memanfaatkan sisa potongan atau waste material dengan optimal. Dalam penelitian ini, peneliti akan membuat perhitungan pembesian dengan menggunakan metode bar bending schedule dan membuat pola pemotongan besi digambar per lantai pada gambar denah dengan detail panjang dan jumlah besi yang akan digunakan dengan memperhatikan sisa atau waste material yang mengacu pada RKS dan Shop Drawing yang digunakan pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Cita Hati agar mendapatkan hasil kebutuhan material besi tulangan serta sisa material besi secara akurat. Dengan penerapan metode bar bending schedule dapat mempermudah dalam memasok material pembesian agar sesuai dengan perencanaan. Sehingga dengan menggunakan bar bending schedule dalam perhitungan besi tulangan termasuk dalam upaya untuk mengoptimalkan pembesian pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Cita Hati.

Kata Kunci : Proyek, Material, Bar bending schedule, Waste

ABSTRACT

A construction project always requires project resources as a component in the construction process. There are five project resources, namely workers, methods, tools, costs and materials. Of the five components, material is one of the main raw materials that has a considerable influence in determining the cost of the project. There are various kinds of materials, one of which is reinforcing steel. Reinforcing iron has a high enough value so that this material must be calculated very carefully in order to get the optimal iron value. Because it has a high enough value in the process, it is necessary to plan the calculation of the iron. Starting from the calculation of the need for reinforcing steel. There are several methods to calculate the need for reinforcing steel, namely the (manual) approach method and the Bar Bending Schedule (BBS) method. Bar bending schedule (BBS) is a planning method for steel work which contains detailed information in the form of the shape of the bar, the length of the bar, dimensions and the amount of bar to be used in structural work. BBS produces iron requirements in units of rods which then produce units of weight. Where in this project the process has not used the BBS iron calculation method. Where in manual calculations it does not pay attention to the pattern of iron pieces, so iron cutting in the field has not optimally utilized the remaining pieces or waste material. In this study,

researchers will make iron calculations using the bar bending schedule method and make iron cutting patterns drawn per floor on a floor plan with detailed lengths and the amount of iron to be used, taking into account the remaining or waste material referring to the RKS and Shop Drawings. used in the Cita Hati School Building Development Project in order to accurately obtain the results of the material requirements for reinforcing steel and the remaining iron material. By applying the bar bending schedule method, it can make it easier to supply steel materials to suit the plan. So by using the bar bending schedule in the calculation of reinforcing steel it is included in an effort to optimize reinforcement in the Cita Hati School Building Development Project.

Keywords: *Project, Materials, Bar bending schedule, Waste*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dalam suatu proyek konstruksi selalu membutuhkan sumber daya proyek sebagai komponen dalam proses konstruksinya. Terdapat lima sumber daya proyek, yaitu pekerja (man), metode (methode), alat (machine), biaya (money) dan material (materials)(Meidiana, 2021). Dari kelima komponen tersebut, material merupakan salah satu bahan baku utama yang memiliki pengaruh yang cukup besar dalam menentukan besarnya biaya dalam proyek tersebut. Terdapat berbagai macam material salah satunya yaitu besi tulangan. Besi tulangan memiliki nilai yang cukup tinggi sehingga material ini harus diperhitungkan dengan sangat teliti agar mendapatkan nilai besi yang optimal. Material besi tulangan merupakan salah satu komponen dalam struktur beton bertulang yang berfungsi untuk menahan gaya tarik dalam struktur beton. Besi tulangan yang digunakan dalam suatu proyek memiliki spesifikasi dan dimensi yang berbeda-beda sesuai dengan shop drawing dan standar teknis yang digunakan (Ismail, 2020)

Karena memiliki nilai yang cukup tinggi dalam pengerjaannya maka diperlukan perencanaan perhitungan pembesian. Dimulai dari perhitungan kebutuhan besi tulangan. perhitungan harus dilakukan dengan teliti agar mendapatkan nilai optimal dari besi tersebut dan mencegah terjadinya kerugian dari sisa-sisa potongan besi. Menghitung kebutuhan besi tulangan terdapat beberapa metode yaitu metode pendekatan (manual) dan metode Bar Bending Schedule (BBS). Metode pendekatan (manual) adalah perhitungan kebutuhan besi tulangan dengan cara memotong bagian komponen besi kemudian mencari kuantitas besi per meter bagian dengan mengalikan panjang dan jumlah tulangan serta berat jenisnya. Sedangkan bar bending schedule (BBS) adalah metode perencanaan pada pekerjaan pembesian yang berisikan informasi mengenai detail berupa bentuk besi tulangan, Panjang besi tulangan, dimensi serta jumlah besi tulangan yang akan digunakan pada pekerjaan struktur. Pada bar bending schedule menghasilkan kebutuhan besi dalam satuan batang yang kemudian menghasilkan satuan berat. Dalam bar bending schedule juga terdapat bentuk atau pola pemotongan yang dapat memudahkan dalam mendapatkan pola yang optimal dengan meminimalisir sisa material dari hasil pemotongan tersebut. Semakin beragam bentuk potongan besi maka semakin lama waktu yang dibutuhkan dan juga semakin tinggi tingkat ketelitian dalam mengerjakannya(Nova Adi Wijaya, 2020).

Material Sisa/Waste dalam Bahasa Indonesia adalah pemborosan, pembuangan sesuatu yang dibuang-buang dan disia-siakan menyatakan waste yang dihasilkan dari proyek konstruksi didefinisikan sebagai material yang sudah tidak digunakan yang dihasilkan dari proses konstruksi, perbaikan atau perubahan, pekerjaan maupun material konstruksi yang tersisa/tercecer/rusak sehingga tidak dapat digunakan lagi sesuai fungsinya. Selain pengaruhnya terhadap biaya, sisa material konstruksi ini juga berdampak terhadap lingkungan.

Tujuan dari pengalokasian sumber daya proyek adalah dalam rangka menekan/mengendalikan biaya proyek, yang pada intinya adalah pengendalian produktivitas dari sumber daya alat, tenaga dan pengendalian tingkat waste bagi material, serta pengendalian cost of money dari sumber daya uang (Julsena et al., 2018).

Pada sebuah proyek material konstruksi yang tidak direncanakan dengan baik akan menimbulkan pemborosan material dalam proyek konstruksi sehingga memberikan dampak yang sangat besar berupa besarnya pengeluaran biaya proyek untuk pembangunan yang mana hal ini menyebabkan adanya waste atau material waste konstruksi yang tidak terpakai (Nova Adi Wijaya, 2020).

Waste ini perlu untuk dikelola dan dampaknya perlu diperhatikan mengelola waste berarti menghilangkan Waste, meminimalkan Waste, dan menggunakan kembali material yang bisa menjadi Waste. Salah satu manfaat ekonomis dari minimalisasi dan daur ulang Waste dapat dicapai melalui kemungkinan penggunaan dari bahan Waste khusus dan membuang sisanya tanpa biaya atau mengurangi biaya. Mengelola Waste bahan konstruksi sebenarnya dapat mencapai Waste Material konstruksi yang lebih tinggi dan menghemat waktu yang lebih baik. Sementara, pembuangan Waste tambahan mungkin membutuhkan waktu dan sumber daya tambahan yang dapat memperlambat progres konstruksi dan menambah biaya operasional.

Permasalahan mengenai perhitungan pembesian dan waste material besi juga terjadi pada proyek pembangunan Gedung Sekolah Cita Hati. Dimana pada proyek ini pengerjaannya belum menggunakan perhitungan besi metode Bar Bending Schedule dan penanganan waste material besi dengan baik. Pada penelitian ini, peneliti melakukan Magang Industri di Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Cita Hati. Proyek tersebut merupakan proyek yang memiliki dua bagian yaitu bangunan existing terdiri dari 4 lantai dan 1 rooftop, yang direkonstruksi di lantai satu dan lantai empat, dan bangunan baru yang memiliki 4 lantai, 1 dak talang dan 1 rooftop, kedua bangunan tersebut memiliki bentuk bangunan persegi dengan menggunakan struktur beton bertulang 4 lantai dan 1 rooftop. Untuk menghitung kebutuhan material besi tulangan pada proyek tersebut menggunakan metode perhitungan manual. Dimana dalam perhitungan manual tidak memperhatikan pola potongan besi, sehingga pemotongan besi dilapangan belum memanfaatkan sisa potongan atau waste material dengan optimal.

Dalam penelitian ini, peneliti akan membuat perhitungan pembesian dengan menggunakan metode bar bending schedule dan membuat pola pemotongan besi digambar per lantai pada gambar denah dengan detail panjang dan jumlah besi yang akan digunakan dengan memperhatikan sisa atau waste material yang mengacu pada RKS dan Shop Drawing yang digunakan pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Cita Hati agar mendapatkan hasil kebutuhan material besi tulangan serta sisa material besi secara akurat. Dengan penerapan metode bar bending schedule tidak hanya mengetahui jumlah kebutuhan dan sisa materialnya saja tetapi dapat memudahkan dalam pembuatan perencanaan yang lebih teliti dan akurat serta dapat mempermudah dalam memasok material pembesian agar sesuai dengan perencanaan. Sehingga dengan menggunakan bar bending schedule dalam perhitungan besi tulangan termasuk dalam upaya untuk mengoptimalkan pembesian pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Cita Hati.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis merasa perlu melakukan penelitian untuk mengetahui cara meminimalisasi pemakaian besi tulangan pada proyek Sekolah Cita Hati

Surabaya “Analisis Kebutuhan Material Besi Tulangan Pada Struktur Beton Bertulang Dengan Metode Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya”.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

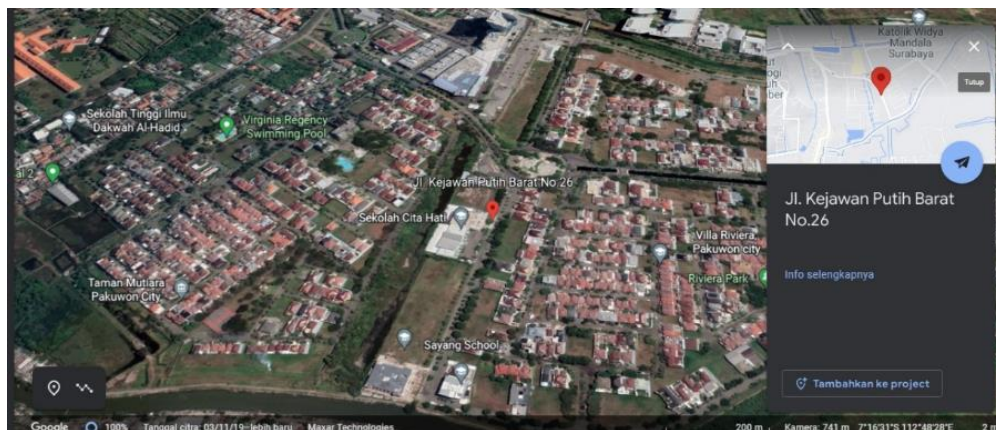
Gedung Sekolah Cita Hati Surabaya merupakan Sekolah yang dibangun untuk menjadi wadah pendidikan untuk Masyarakat Kota Surabaya terutama daerah Pakuwon City. Gedung Sekolah Cita Hati tepatnya berlokasi di Jln. Raya Laguna KJW, Tambak Putih, No.26-30 Surabaya-Indonesia

PT. Surya Andalan Bina Perkasa merupakan perusahaan di Kota Surabaya yang menjadi kontraktor utama dalam membangun Gedung Sekolah Cita Hati ini.

Data Umum Proyek :

Nama Proyek : Gedung Sekolah Cita Hati Surabaya

Lokasi Proyek : Jln. Raya Laguna KJW, Tambak Putih, No.26-30 Surabaya-Indonesia



Gambar 3. 2 Peta lokasi Proyek Gedung Sekolah Cita Hati

(Sumber: Google Earth, 2023)

Waktu Pelaksanaan : 01 Maret 2022 – 01 November 2022

Waktu Pemeliharaan : 90 Hari

Pemberi Tugas : Cita Hati Christian School

Konsultan Perencana : BGNR Architects (Benny Gunawan & Rekan)

Kontraktor : PT. Surya Andalan Bina Perkasa

Sistem Pelelangan : Tender Terpilih

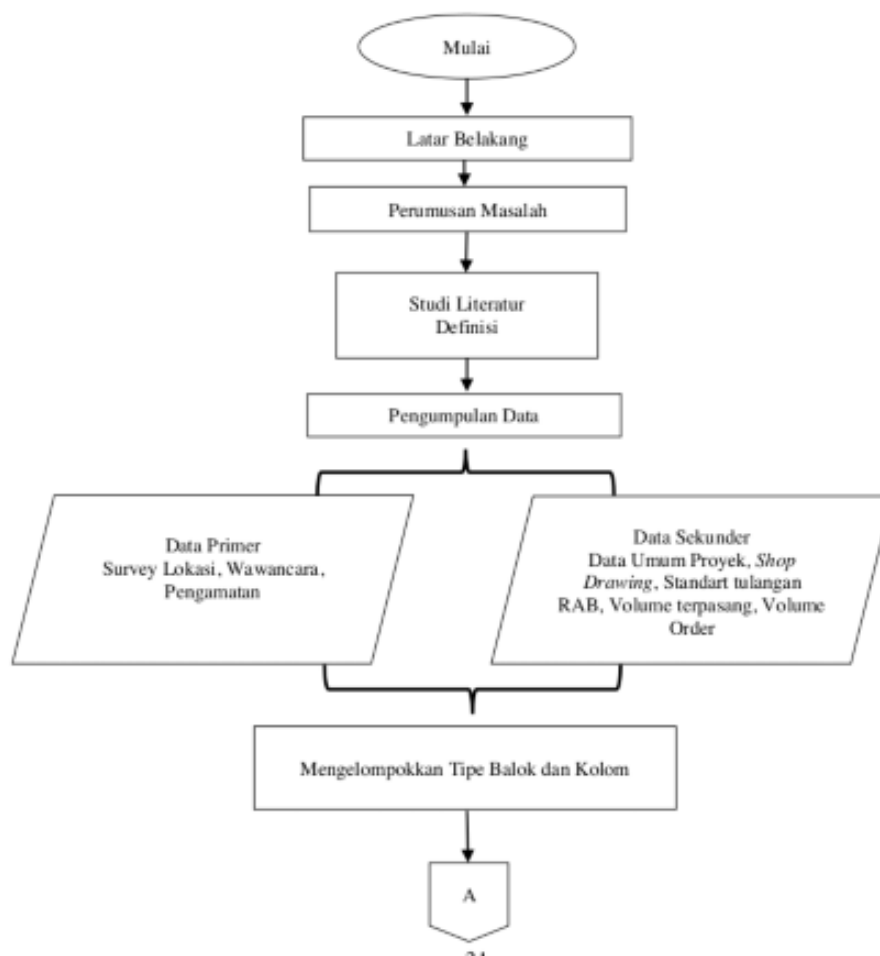
Jenis Kontrak : Lump Sum

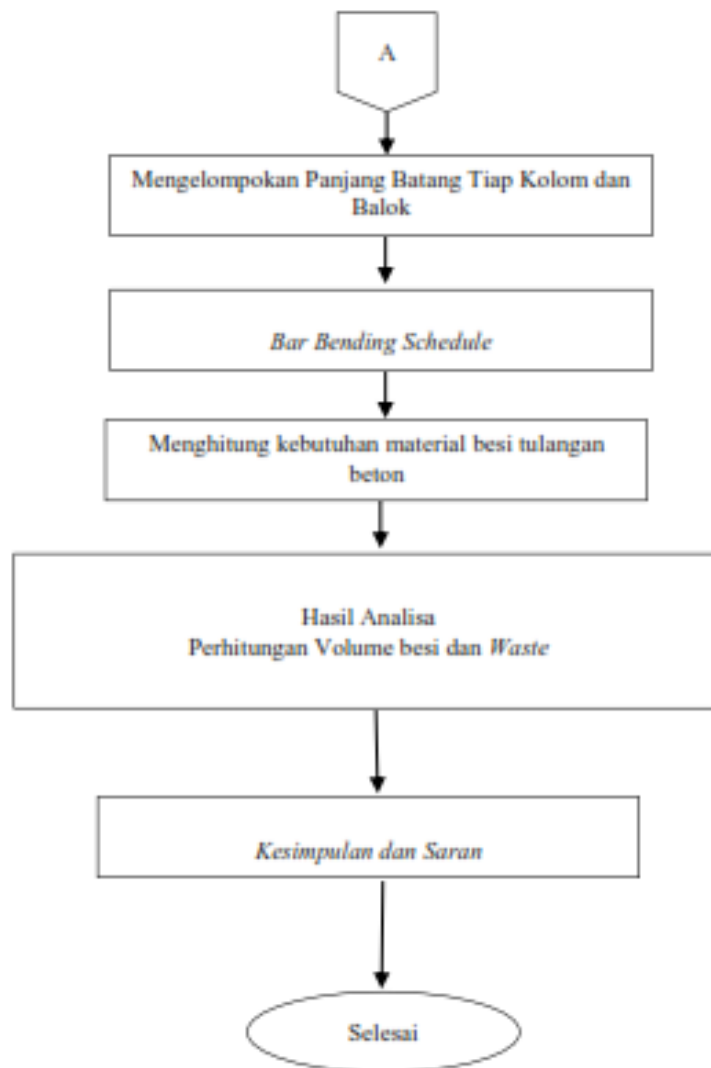
Mulai Pelaksanaan : 01 Maret 2022

Sumber Dana : Cita Hati Christian School

Sistem Pembayaran : Monthly Progress (Min 5% Progress)
Owner : Cita Hati Christian School
Lantai : 5 Lantai, 1 atap

2.1 Diagram Alir





Gambar 3. 1 Bagan Alur Penelitian
(Sumber: Hasil Olah Pribadi, 2023)

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik atau metode pengumpulan data yang akan dilakukan dengan cara:

1. Mendapatkan Gambar Kerja (Shop drawing)

Mendapatkan Gambar Kerja penulangan balok dan kolom dari proyek pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya.

2. Mendapatkan Rencana Anggaran biaya (RAB)

Mendapatkan Rencana Anggaran biaya (RAB) penulangan balok dan kolom dari proyek pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya.

3. Mendapatkan Standart Tulangan

Mendapatkan Standart Tulangan penulangan balok dan kolom dari proyek pembangunan

Sekolah Cita Hati Surabaya.

4. Mendapatkan Volume Besi Tulangan Terpasang

Mendapatkan Volume besi tulangan terpasang penulangan balok dan kolom dari proyek pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya.

5. Mendapatkan Volume Besi Tulangan Order

Volume Besi Tulangan Order penulangan balok dan kolom dari proyek pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya.

6. Metode Dokumentasi/Studi Kepustakaan

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh teori-teori, konsep-konsep dari textbook, jurnal, serta situs-situs internet tertentu dan sebagainya guna mendukung dan memperkuat penelitian ini.

2.4 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data dalam penyusunan penelitian ini memerlukan tahapan perhitungan dengan langkah-langkah pekerjaan sebagai berikut:

1. Gambar Kerja Denah Balok dan Kolom Proyek pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya.
2. Mengelompokkan Tipe Balok dan Kolom
3. Mengelompokkan Panjang Batang Tiap Balok dan Kolom
4. Bar Bending Schedule
5. Menghitung Kebutuhan Tulangan
6. Konversi Kebutuhan Tulangan (kg)
7. Menghitung Sisa (Waste) Tulangan
8. Menghitung perbandingan volume existing dengan Bar Bending Schedule

3. Analisis Dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Kebutuhan dan Waste Tulangan Pada Kolom

Untuk memudahkan perhitungan jumlah dan panjang setiap bentang tulangan yang digunakan, maka Kolom dikelompokkan berdasarkan tipe pembalokan. Adapun tipe pembalokan pada pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya dapat dilihat pada Lampiran dibawah. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan tulangan pada balok yang digunakan di dalam Bar Bending Schedule.

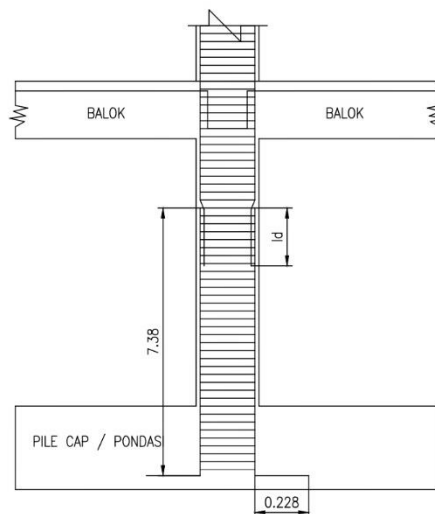
Kolom K2-1 pada Lantai 1

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel , maka detail tulangan untuk kolom K2-1 ditunjukkan pada Gambar dibawah ini.

LEVEL	KOLOM K2-1	
	SUPPORT	MIDDLE
ATAP +18.50 LANTAI 1		
DIMENSI	700 X 700	700 X 700
TULANGAN UTAMA	20 D 19	20 D 19
SENGKANG	D13-100 + 2 KAIT D13-100	D10-100 + 2 KAIT D10-100
MUTU	fc' 25 MPa	fc' 25 MPa

Gambar 4.1 Detail Tulangan Kolom K2-1
(Sumber: Olah Pribadi, 2023)

Gambar 4.2 Detail Tulangan Kolom K2-1



KETERANGAN : SENGGANG KOLOM HARUS DITERUSKAN KE DALAM PILE CAP ATAU PONDASI

(Sumber: Olah Pribadi, 2023)

a. Sengkang Support

- a. Diameter yang digunakan = D13
- b. Jumlah Tulangan = 39 Batang
- c. Total Tulangan = Jumlah Kolom x Jumlah Tulangan

- d. Jumlah Bengkokan $= 2 \times 39 = 78$
 $= 5$
- e. Panjang bengkokan $= 80 \text{ mm} \times 2 = 160 \text{ mm}$
- f. Panjang Batang $= 0.16 + (0.62 \times 4) = 2.64 \text{ m}$
- g. Total Panjang Seluruh Batang $= \text{Total Tulangan} \times \text{Panjang Batang}$
 $= 78 \times 2.64 = 205 \text{ m}$
- h. Berat Total Tulangan $= \text{Total Panjang Seluruh Batang} \times$
 Berat Tulangan D13
 $= 205 \text{ m} \times 1.042 \text{ kg/m}'$
 $= 213.86 \text{ kg}$
- i. Pemakaian Bahan dalam 1 batang Utuh $= 4$
- j. Sisa Tulangan $= 1.44 \text{ m}$
- b. Sengkang *Middle*
- a. Diameter yang digunakan $= \text{D10}$
- b. Jumlah Tulangan $= 38 \text{ Batang}$
- c. Total Tulangan $= \text{Jumlah Kolom} \times \text{Jumlah Tulangan}$
 $= 2 \times 38 = 76$
- d. Jumlah Bengkokan $= 5$
- e. Panjang bengkokan $= 80 \text{ mm} \times 2 = 160 \text{ mm}$
- f. Panjang Batang $= 0.16 + (0.62 \times 4) = 2.64 \text{ m}$
- g. Total Panjang Seluruh Batang $= \text{Total Tulangan} \times \text{Panjang Batang}$
 $= 76 \times 2.64 = 200 \text{ m}$
- h. Berat Total Tulangan $= \text{Total Panjang Seluruh Batang} \times$
 Berat Tulangan D10
 $= 200 \text{ m} \times 0.617 \text{ kg/m}'$
 $= 123.29 \text{ kg}$
- i. Pemakaian Bahan dalam 1 batang Utuh $= 4$
- j. Sisa Tulangan $= 1.44 \text{ m}$
- c. Tulangan Kait *Support*
- a. Diameter yang digunakan $= \text{D13}$
- b. Jumlah Tulangan $= 78 \text{ Batang}$

- c. Total Tulangan = Jumlah Kolom x Jumlah Tulangan
 $= 2 \times 78 = 156$
- d. Jumlah Bengkokan = 2
- e. Panjang bengkokan = $80 \text{ mm} \times 2 = 160 \text{ mm}$
- f. Panjang Batang = $0.16 + 0.62 = 0.78 \text{ m}$
- g. Total Panjang Seluruh Batang = Total Tulangan x Panjang Batang
 $= 156 \times 0.78 = 121 \text{ m}$
- h. Berat Total Tulangan = Total Panjang Seluruh Batang x Berat Tulangan D13
 $= 121 \text{ m} \times 1.042 \text{ kg/m}' = 126.37 \text{ kg}$
- i. Pemakaian Bahan dalam 1 batang Utuh = 15
- j. Sisa Tulangan = 0.3 m
- d. Tulangan Kait *Middle*
- a. Diameter yang digunakan = D10
- b. Jumlah Tulangan = 76 Batang
- c. Total Tulangan = Jumlah Kolom x Jumlah Tulangan
 $= 2 \times 76 = 152$
- d. Jumlah Bengkokan = 1
- e. Panjang bengkokan = $80 \text{ mm} \times 2 = 160 \text{ mm}$
- f. Panjang Batang = $0.16 + 0.62 = 0.78 \text{ m}$
- g. Total Panjang Seluruh Batang = Total Tulangan x Panjang Batang
 $= 152 \times 0.78 = 118 \text{ m}$
- h. Berat Total Tulangan = Total Panjang Seluruh Batang x Berat Tulangan D10
 $= 118 \text{ m} \times 0.617 \text{ kg/m}' = 72.85 \text{ kg}$
- i. Pemakaian Bahan dalam 1 batang Utuh = 15
- j. Sisa Tulangan = 0.3 m
- e. Tulangan Utama

- a. Diameter yang digunakan = D19
- b. Jumlah Tulangan = 20 Batang
- c. Total Tulangan = Jumlah Kolom x Jumlah Tulangan
= 2 x 20 = 40
- d. Jumlah Bengkokan = 1
- e. Panjang bengkokan = $12db = 12 \times D19 = 228 \text{ mm}$
- f. Panjang Batang = $0.228 + 7.38 = 7.60 \text{ m}$
- g. Total Panjang Seluruh Batang = Total Tulangan x Panjang Batang
= 40 X 7.60 = 304.12 m
- h. Berat Total Tulangan = Total Panjang Seluruh Batang x Berat Tulangan D19
= 304.12 m x 2.226 kg/m'
= 676.84 kg
- i. Pemakaian Bahan dalam 1 batang Utuh = 1
- j. Sisa Tulangan = 4.4 m

3.2 Perhitungan Kebutuhan dan *Waste* Tulangan Pada Balok

Setelah Untuk memudahkan perhitungan jumlah dan panjang setiap bentang tulangan yang digunakan, maka balok dikelompokkan berdasarkan tipe pembalokan. Adapun tipe pembalokan pada pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya dapat dilihat pada Lampiran dibawah ini. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan tulangan pada balok yang digunakan di dalam Bar Bending Schedule.

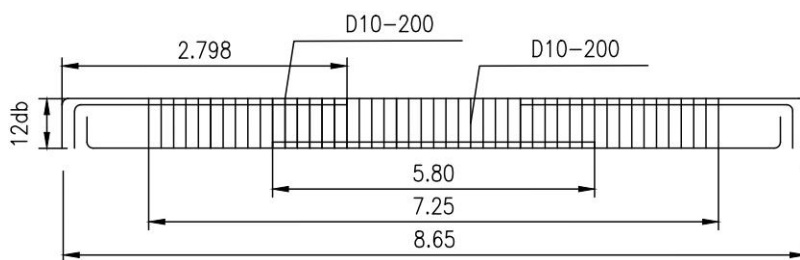
Tie Beam TB47-2 pada Lantai 1

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel dibawah ini, maka detail tulangan untuk Tie Beam TB47-3 ditunjukkan pada Gambar dibawah ini.

LEVEL	TB47-2	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	400 X 700	400 X 700
TULANGAN ATAS	5 D16	3 D16
TULANGAN TENGAH	2 D10	2 D10
TULANGAN BAWAH	5 D16	4 D16
SENGKANG	D10-200	D10-200
MUTU	$f_c' 25 \text{ MPa}$	$f_c' 25 \text{ MPa}$

Gambar 4.3 Detail Tulangan Tie Beam TB47-2

(Sumber: Olah Pribadi, 2023)



Gambar 4.4 Detail Tulangan Tie Beam TB47-2

(Sumber: Olah Pribadi, 2023)

1. Sengkang
 - a. Diameter yang digunakan = D10
 - b. Jumlah Tulangan = 47 Batang
 - c. Total Tulangan = Jumlah Balok x Jumlah

Tulangan

$$= 1 \times 47 = 47$$

d. Jumlah Bengkokan = 5

e. Panjang bengkokan = $75 \text{ mm} \times 2 = 150 \text{ mm}$

f. Panjang Batang = $(0.075 + 0.62 + 0.32) \times 2$
 $= 2.03 \text{ m}$

g. Total Panjang Seluruh Batang = Total Tulangan x Panjang Batang
 $= 47 \times 2.03 = 94.90 \text{ m}$

h. Berat Total Tulangan = Total Panjang Seluruh Batang x

Berat Tulangan D13

$$= 94.90 \text{ m} \times 0.617 \text{ kg/m}'$$

$$= 58.51 \text{ kg}$$

i. Pemakaian Bahan dalam 1 batang Utuh = 5

j. Sisa Tulangan = 1.85 m

2. Tulangan Utama

a. Diameter yang digunakan = D16

b. Jumlah Tulangan = 4 Batang

c. Total Tulangan = Jumlah Kolom x Jumlah Tulangan
 $= 1 \times 4 = 4$

d. Jumlah Bengkokan = 2

e. Panjang bengkokan = $12 \text{ db} \times 2 = 12 \times 16 \times 2$
 $= 384 \text{ mm}$

f. Panjang Batang = $8.75 \text{ m} + 0.384 \text{ m} = 9.13 \text{ m}$

g. Total Panjang Seluruh Batang = Total Tulangan x Panjang Batang
 $= 4 \times 9.13 = 36.52 \text{ m}$

h. Berat Total Tulangan = Total Panjang Seluruh Batang x

Berat Tulangan D16

$$= 36.52 \text{ m} \times 1.578 \text{ kg/m}'$$

$$= 57.63 \text{ kg}$$

- i. Pemakaian Bahan dalam 1 batang Utuh = 1
- j. Sisa Tulangan = 2.87 m

3. Tulangan Tumpuan

- a. Diameter yang digunakan = D16
- b. Jumlah Tulangan = 6 Batang
- c. Total Tulangan = Jumlah Kolom x Jumlah Tulangan
 $= 1 \times 6 = 6$
- a. Jumlah Bengkokan = 1
- b. Panjang bengkokan = $12d_b = 12 \times 16 = 192 \text{ mm}$
- c. Panjang Batang = $0.192 + 2.798 = 2.99 \text{ m}$
- d. Total Panjang Seluruh Batang = Total Tulangan x Panjang Batang
 $= 6 \times 2.99 = 17.97 \text{ m}$
- e. Berat Total Tulangan = Total Panjang Seluruh Batang x Berat Tulangan D16
 $= 17.97 \text{ m} \times 1.578 \text{ kg/m}'$
 $= 28.36 \text{ kg}$
- f. Pemakaian Bahan dalam 1 batang Utuh = 4
- g. Sisa Tulangan = 0.02 m

4. Tulangan peminggang

- a. Diameter yang digunakan = D10
- b. Jumlah Tulangan = 2 Batang
- c. Total Tulangan = Jumlah Kolom x Jumlah Tulangan
 $= 1 \times 2 = 40$
- d. Jumlah Bengkokan = 2
- e. Panjang bengkokan = $12d_b = 12 \times D10 \times 2 = 240 \text{ mm}$
- f. Panjang Batang = $0.240 + 8.75 = 8.99 \text{ m}$
- g. Total Panjang Seluruh Batang = Total Tulangan x Panjang

Batang

$$= 2 \times 8.99 = 17.98 \text{ m}$$

h. Berat Total Tulangan = Total Panjang Seluruh Batang x

Berat Tulangan D10

$$= 17.98 \text{ m} \times 0.617 \text{ kg/m'}$$

$$= 11.08 \text{ kg}$$

i. Pemakaian Bahan dalam 1 batang Utuh = 1

j. Sisa Tulangan = 3.01

3.3 Analisis Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan pada Kolom dan Balok

Berikut adalah hasil rekapitulasi kebutuhan tulangan pada kolom dan balok pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya berdasarkan Lampiran dibawah ini. Adapun cara perhitungan rekapitulasi kebutuhan tulangan yaitu dengan cara mengkategorikan sesuai dengan ukuran diameter besi tulangan perlantai.

Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan pada Kolom dan Balok Lantai 1

a. Besi D10

Tabel 4.1 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	587	D10	LT 1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.2 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.01	D10	4	0.04	0.025
0.16	D10	1	0.16	0.099
0.18	D10	2	0.36	0.222
0.07	D10	1	0.07	0.043
0.14	D10	1	0.14	0.086
0.15	D10	1	0.15	0.092
0.3	D10	1	0.3	0.185
Total			1.22	0.752

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.3 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
5,19	D10	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

b. Besi D13

Tabel 4.4 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	350	D13	LT 1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.5 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.001	D13	12	0.012	0.013
0.005	D13	24	0.12	0.125
0.4	D13	1	0.4	0.417
0.04	D13	1	0.04	0.042
Total			0.572	0.596

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.6 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
1,86	D13	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

c. Besi D16

Tabel 4.7 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	288	D16	LT 1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.8 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.1	D16	8	0.8	1.263
0.31	D16	6	1.86	2.936
0.18	D16	18	3.24	5.113
0.03	D16	13	0.39	0.616
0.33	D16	6	1.98	3.125
0.08	D16	8	0.64	1.010
0.02	D16	3	0.06	0.095
0.25	D16	4	1	1.578
0.26	D16	2	0.52	0.821
0.04	D16	15	0.6	0.947
0.23	D16	1	0.23	0.363
0.19	D16	37	7.03	11.095
0.15	D16	13	1.95	3.078
0.39	D16	2	0.78	1.231
0.36	D16	2	0.72	1.136
0.21	D16	4	0.84	1.326
0.38	D16	8	3.04	4.798
Total			14.59	23.027

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.8 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
0,48	D16	2
0,75	D16	51

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

d. Besi D19

Tabel 4.9 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	479	D19	LT 1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.10 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.98	D19	10	9.8	21.811
0.4	D19	1	0.4	0.890
Total			10.2	22.701

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.11 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
3,016	D19	8
4,06	D19	50
4,4	D19	128
4,5	D19	142
4,6	D19	140

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan pada Kolom dan Balok Lantai 2

a. Besi D10

Tabel 4.12 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	922	D10	LT 2
5,19	1	D10	LT 1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.13 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.01	D10	28	0.28	0.173
0.1	D10	1	0.1	0.062
0.03	D10	1	0.03	0.018
0.04	D10	4	0.16	0.099
0.18	D10	2	0.36	0.222
0.2	D10	1	0.2	0.123
0.44	D10	1	0.44	0.271
0.16	D10	1	0.16	0.099
Total			1.45	0.894

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.14 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
8,82	D10	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

b. Besi D13

Tabel 4.15 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	185	D13	LT 2

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.16 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.13	D13	2	0.26	0.271
0.14	D13	6	0.84	0.875
0.42	D13	1	0.42	0.438
Total			1.52	1.584

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.17 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
6,72	D13	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

c. Besi D16

Tabel 4.18 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	318	D16	LT 2

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.19 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.03	D16	26	0.78	1.231
0.11	D16	4	0.44	0.694
0.36	D16	8	2.88	4.545
0.01	D16	11	0.11	0.174
0.12	D16	4	0.48	0.758
0.06	D16	9	0.54	0.852
0.2	D16	4	0.8	1.263
0.28	D16	7	1.96	3.093
0.38	D16	7	2.66	4.198
0.4	D16	11	4.4	6.944
0.09	D16	8	0.72	1.136
0.04	D16	35	1.4	2.210

Tabel 4.19 Sisa Tulangan Tidak Terpakai (lanjutan)

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.45	D16	1	0.45	0.710
0.43	D16	1	0.43	0.679
0.25	D16	5	1.25	1.973
0.13	D16	2	0.26	0.410
0.19	D16	2	0.38	0.600
0.24	D16	4	0.96	1.515
0.16	D16	1	0.16	0.253
0.1	D16	2	0.2	0.316
0.05	D16	2	0.1	0.158
0.07	D16	1	0.07	0.110
Total			2.13	3.362

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.21 Sisa Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
0,82	D16	5
0,58	D16	2
0,89	D16	5
1,18	D16	11
1,08	D16	4
1,03	D16	1
4,01	D16	1
1,06	D16	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

d. Besi D19

Tabel 4.21 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
4,5	40	D19	LT 1
12	489	D19	LT 2

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.22 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.02	D19	40	0.8	1.780
0.43	D19	32	13.76	30.624
0.36	D19	40	14.4	32.048
0.03	D19	36	1.08	2.404
0.4	D19	3	1.2	2.671
0.12	D19	7	0.84	1.869
0.11	D19	25	2.75	6.120
0.88	D19	7	6.16	13.709
0.09	D19	12	1.08	2.404
0.61	D19	26	15.86	35.297
0.58	D19	2	1.16	2.582
Total			29.05	64.653

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.23 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
1,19	D19	32
1,01	D19	32
1,37	D19	4
1,82	D19	6
2,7	D19	134
1,08	D19	2
2,48	D19	16
2,41	D19	1
2,94	D19	49
7,35	D19	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan pada Kolom dan Balok Lantai 3

a. Besi 8 Polos

Tabel 4.24 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	25	8POLOS	LT 3

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.25 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.2	8POLOS	1	0.2	0.079
0.84	8POLOS	23	19.32	7.623
Total			19.52	7.702

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.26 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
8,28	8POLOS	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

b. Besi D10

Tabel 4.27 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	937	D10	LT 3
8,82	1	D10	LT 2

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.28 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.01	D10	23	0.23	0.142
0.37	D10	1	0.37	0.228
0.4	D10	1	0.4	0.247
0.46	D10	1	0.46	0.284
Total			1.46	0.900

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.29 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
1,14	D10	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

c. Besi D13

Tabel 4.30 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	265	D13	LT 3
1,86	1	D13	LT 1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.31 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.02	D13	1	0.02	0.021
0.04	D13	1	0.04	0.042
0.28	D13	1	0.28	0.292
0.42	D13	1	0.42	0.438
Total			0.76	0.792

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.32 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
-	-	-

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

d. Besi D16

Tabel 4.33 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	308	D16	LT 3
4,01	1	D16	LT 2

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.34 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.04	D16	23	0.92	1.452
0.42	D16	1	0.42	0.663
0.12	D16	8	0.96	1.515
0.05	D16	5	0.25	0.395
0.17	D16	6	1.02	1.610
0.16	D16	1	0.16	0.253
0.07	D16	2	0.14	0.221
0.03	D16	17	0.51	0.805
0.13	D16	17	2.21	3.488
0.06	D16	7	0.42	0.663
0.11	D16	4	0.44	0.694
0.02	D16	21	0.42	0.663
0.01	D16	16	0.16	0.253
0.36	D16	4	1.44	2.273
0.18	D16	16	2.88	4.545
0.4	D16	1	0.4	0.631
Total			6.16	9.722

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.35 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
0,62	D16	5
1,9	D16	4
0,82	D16	5
2,4	D16	1
1,09	D16	1
3,99	D16	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

e. Besi D19

Tabel 4.36 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
4,5	2	D19	LT 1
7,35	1	D19	LT 2
12	438	D19	LT 3

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.37 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.28	D19	1	0.28	0.623
0.47	D19	60	28.2	62.761
0.07	D19	4	0.28	0.623
0.4	D19	9	3.6	8.012
0.02	D19	5	0.1	0.223
0.54	D19	57	30.78	68.503
0.52	D19	7	3.64	8.101
0.17	D19	14	2.38	5.297
0.61	D19	16	9.76	21.722
0.58	D19	14	8.12	18.072
0.11	D19	5	0.55	1.224

Tabel 4.37 Sisa Tulangan Tidak Terpakai (lanjutan)

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.01	D19	6	0.06	0.134
0.27	D19	35	9.45	21.032
0.18	D19	5	0.9	2.003
0.83	D19	1	0.83	1.847
0.64	D19	1	0.64	1.424
0.29	D19	1	0.29	0.645
Total			12.72	28.309

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.38 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
1,26	D19	119
1,05	D19	15
1,74	D19	7
1,77	D19	1
4,93	D19	3
4,85	D19	17
2,94	D19	5

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

1.1.1 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan pada Kolom dan Balok Lantai 4
a. Besi D10

Tabel 4.49 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	1013	D10	LT 4
1,14	1	D10	LT 3

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.40 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.41	D10	1	0.41	0.253
0.04	D10	2	0.08	0.049
0.16	D10	2	0.32	0.197
0.06	D10	1	0.06	0.037
0.22	D10	1	0.22	0.136
0.02	D10	1	0.02	0.012
0.18	D10	1	0.18	0.111
Total			1.29	0.795

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.41 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
7,65	D10	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

b. Besi D13

Tabel 4.42 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	156	D13	LT 4
6,72	1	D13	LT 2

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.43 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.04	D13	1	0.04	0.042
0.33	D13	1	0.33	0.344
0.35	D13	1	0.35	0.365
Total			0.72	0.750

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.44 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
1,69	D13	1
1,89	D13	7

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

c. Besi D16

Tabel 4.45 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	252	D16	LT 4
1,9	1	D16	LT 3
3,99	1	D16	LT 3

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.46 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.03	D16	5	0.15	0.237
0.01	D16	19	0.19	0.300
0.36	D16	5	1.8	2.841
0.25	D16	4	1	1.578
0.4	D16	13	5.2	8.207
0.58	D16	2	1.16	1.831
0.68	D16	2	1.36	2.146
0.08	D16	17	1.36	2.146
0.29	D16	5	1.45	2.288
0.18	D16	1	0.18	0.284
0.04	D16	47	1.88	2.967
0.74	D16	5	3.7	5.839
0.06	D16	7	0.42	0.663
0.49	D16	1	0.49	0.773
0.32	D16	1	0.32	0.505

Tabel 4.46 Sisa Tulangan Tidak Terpakai (lanjutan)

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.15	D16	3	0.45	0.710
0.23	D16	1	0.23	0.363
0.02	D16	1	0.02	0.032
0.79	D16	1	0.79	1.247
Total			2.72	4.293

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.47 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
1,04	D16	5
1,01	D16	4
1	D16	1
1,88	D16	1
6,05	D16	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

d. Besi D19

Tabel 4.48 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	593	D19	LT 4

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.49 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.21	D19	4	0.84	1.869
0.12	D19	40	4.8	10.683
0.29	D19	13	3.77	8.390
0.35	D19	64	22.4	49.853
0.45	D19	2	0.9	2.003
0.09	D19	7	0.63	1.402
0.02	D19	5	0.1	0.223
0.08	D19	5	0.4	0.890
0.22	D19	4	0.88	1.958
0.04	D19	13	0.52	1.157
0.61	D19	90	54.9	122.184
0.39	D19	4	1.56	3.472
0.27	D19	47	12.69	28.242
0.26	D19	1	0.26	0.579
0.24	D19	8	1.92	4.273
0.53	D19	8	4.24	9.436
0.42	D19	2	0.84	1.869
0.72	D19	107	77.04	171.458
Total			98.55	219.329

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.50 Sisa Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
1,74	D19	7
2,36	D19	77
1,85	D19	4
1,77	D19	12
2,21	D19	19
1,98	D19	1
2,44	D19	1

Tabel 4.51 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
2,94	D19	2
2,15	D19	1
2,16	D19	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan pada Kolom dan Balok Lantai 5

a. Besi D10

Tabel 4.52 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	799	D10	LT 5
7,65	1	D10	LT 4

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.53 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.01	D10	3	0.03	0.018
0.03	D10	5	0.15	0.092
0.04	D10	35	1.4	0.863
0.06	D10	1	0.06	0.037
0.08	D10	1	0.08	0.049
0.1	D10	5	0.5	0.308
0.13	D10	2	0.26	0.160
0.14	D10	19	2.66	1.640
0.19	D10	2	0.38	0.234
0.26	D10	4	1.04	0.641
0.32	D10	2	0.64	0.395
Total			5.56	3.428

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.54 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
0,61	D10	2
0,68	D10	5
0,84	D10	3
1,08	D10	2
1,1	D10	4
4,89	D10	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

b. Besi D13

Tabel 4.55 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	4	D13	LT 5

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.56 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
-	-	-	-	-
Total			-	-

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.57 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
0,52	D13	2
0,99	D13	1
8,33	D13	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

c. Besi D16

Tabel 4.58 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	190	D16	LT 5

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.59 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.47	D16	4	1.88	2.967
0.09	D16	2	0.18	0.284
0.25	D16	4	1	1.578
0.01	D16	5	0.05	0.079
0.3	D16	5	1.5	2.367
0.46	D16	9	4.14	6.534
0.77	D16	3	2.31	3.646
0.02	D16	18	0.36	0.568
0.73	D16	36	26.28	41.476
0.06	D16	4	0.24	0.379
0.04	D16	1	0.04	0.063
0.43	D16	4	1.72	2.715
0.1	D16	6	0.6	0.947
0.19	D16	2	0.38	0.600
0.18	D16	4	0.72	1.136
0.31	D16	1	0.31	0.489
0.58	D16	2	1.16	1.831
0.66	D16	1	0.66	1.042
0.78	D16	1	0.78	1.231
0.12	D16	5	0.6	0.947
0.22	D16	17	3.74	5.903
0.21	D16	4	0.84	1.326
0.14	D16	6	0.84	1.326
0.53	D16	1	0.53	0.836

Tabel 4.59 Sisa Tulangan Tidak Terpakai (lanjutan)

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.38	D16	1	0.38	0.600
0.61	D16	1	0.61	0.963
Total			7.54	11.900

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.61 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
1,49	D16	1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

d. Besi D19

Tabel 4.62 Kebutuhan Tulangan

Bar yang digunakan			
Panjangnya (m)	Kuantitas (btg)	Bahan	Label
12	266	D19	LT 5
4,06	1	D19	LT 1

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.63 Sisa Tulangan Tidak Terpakai

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.89	D19	41	36.49	81.211
0.03	D19	13	0.39	0.868
0.08	D19	2	0.16	0.356
0.24	D19	4	0.96	2.137
0.45	D19	6	2.7	6.009
0.12	D19	3	0.36	0.801
0.2	D19	2	0.4	0.890
0.27	D19	16	4.32	9.614
0.06	D19	5	0.3	0.668

Tabel 4.63 Sisa Tulangan Tidak Terpakai (lanjutan)

Memo bekas/waste				
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)	Jumlah Panjang (m)	Jumlah Berat (kg)
0.38	D19	1	0.38	0.846
0.17	D19	4	0.68	1.513
0.09	D19	27	2.43	5.408
0.78	D19	3	2.34	5.208
0.8	D19	3	2.4	5.341
0.44	D19	3	1.32	2.938
0.68	D19	4	2.72	6.054
0.35	D19	5	1.75	3.895
0.98	D19	1	0.98	2.181
Total			13.94	31.024

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel 4.65 Waste Tulangan Terpakai

Limbah yang digunakan kembali		
Panjang (m)	Bahan	Kuantitas (pcs)
1,04	D19	4
1,12	D19	4
1,18	D19	1
2,54	D19	1
2,76	D19	4
2,84	D19	4

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Perbandingan Pemakaian Existing/Volume Order dengan Analisa Kebutuhan Besi Beton Menggunakan Metode BBS

Adapun langkah-langkah atau cara penghitungan perbandingan yang dilakukan adalah:

1. Mengkonversi nilai Volume Order/*Existing* dan kebutuhan tulangan yang awalnya dalam satuan panjang (btg) kedalam bentuk satuan berat (kg).
2. Rumus yang digunakan dalam mencari perbandingan Total dari Volume Order/Terpasang terhadap Hitungan BBS yaitu:

$$\text{Perbandingan (\%)} = \frac{(\Sigma \text{Material Order (kg)} - \Sigma \text{Kebutuhan Material BBS (kg)})}{\Sigma \text{Material Order (kg)}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Perbandingan (\%)} = \frac{139824.109 \text{ (kg)} - 129793.545 \text{ (kg)}}{139824.109 \text{ (kg)}} \times 100\% = 7.17\%$$

Jadi untuk hasil perbandingan kebutuhan material besi tulangan menggunakan metode BBS + Optimalisasi Potongan dibandingkan dengan Volume Order/*Existing* lebih efisien sebesar 7.17%

Tabel 4.4.1 Presentase Waste Tulangan Terpakai

Tabel Perbandingan						
Waste Material Besi Tulangan					Volume Order/Existing	Selisih
Bahan	Lantai	Waste Material (Kg)	Material Yang Dibutuhkan (Kg)	Waste (%)	(Kg)	(Kg)
Ø8	3	7.702	118.368	6.51%	0.000	-118.368
D10	1	0.752	4342.626	0.02%	6145.963	1803.337
D10	2	0.894	6820.956	0.01%	7328.978	508.022
D10	3	0.900	6931.926	0.01%	7057.291	125.365
D10	4	0.795	7494.174	0.01%	7960.091	465.917
D10	5	3.428	5911.002	0.06%	5938.920	27.918
D13	1	0.596	4375.917	0.01%	4510.315	134.398
D13	2	1.584	2312.985	0.07%	2642.845	329.861
D13	3	0.792	3313.194	0.02%	3435.178	121.984
D13	4	0.750	1950.409	0.04%	2507.609	557.200

Tabel 4.4.1 Presentase Waste Tulangan Terpakai (lanjutan)

Tabel Perbandingan					Volume Order/Existensi	Selisih
Waste Material Besi Tulangan					(Kg)	(Kg)
Bahan	Lantai	Waste Material (Kg)	Material Yang Dibutuhkan (Kg)	Waste (%)		
D13	5	0.000	50.010	0.00%	2734.406	2684.396
D16	1	23.027	5454.397	0.42%	5548.330	93.932
D16	2	3.362	6022.564	0.06%	6102.064	79.500
D16	3	9.722	5833.175	0.17%	5981.116	147.941
D16	4	4.293	4772.598	0.09%	4876.496	103.899
D16	5	11.900	3598.387	0.33%	5151.572	1553.185
D19	1	22.701	12792.548	0.18%	9211.168	-3581.379
D19	2	64.653	13059.615	0.50%	13640.260	580.644
D19	3	28.309	11697.570	0.24%	12095.232	397.662
D19	4	219.329	15837.121	1.38%	16761.076	923.956
D19	5	31.024	7104.003	0.44%	10195.198	3091.194
Total		436.512	129793.545	0.34%	139824.109	10030.564
Presentase Perbandingan Total dari Volume Oeder/Terpasang terhadap Hitungan BBS						7.17%

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Perhitungan Persen Waste Tulangan (%) Kolom dan Balok

Adapun langkah-langkah atau cara penghitungan waste yang dilakukan adalah:

1. Mengkonversi nilai waste dan kebutuhan tulangan yang awalnya dalam satuan panjang (m) kedalam bentuk satuan berat (kg). Hal ini dilakukan karena hasil waste (%) yang dihasilkan dari satuan panjang (m) berbeda dengan hasil dari satuan berat (kg).
2. Rumus yang digunakan dalam mencari waste akibat karakteristik desain penulangan yaitu:

$$Waste (\%) = \frac{\Sigma Waste Material (kg)}{\Sigma Batang dibutuhkan(kg)} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Contoh Perhitungan Waste Tulangan Ø8 lantai 3 :

$$Waste (\%) = \frac{7.702 (kg)}{118.368(kg)} \times 100\% = 6.51\%$$

Jadi untuk hasil perhitungan waste material besi tulangan diameter 8 polos pada lantai 3 sebesar 6.51%

Tabel 4.5.1 Presentase Waste Tulangan Terpakai

Waste Material Besi Tulangan				
Bahan	Lantai	Waste Material (Kg)	Material Yang Dibutuhkan (Kg)	Waste (%)
Ø8	3	7.702	118.368	6.51%
D10	1	0.752	4342.626	0.02%
D10	2	0.894	6820.956	0.01%
D10	3	0.900	6931.926	0.01%
D10	4	0.795	7494.174	0.01%
D10	5	3.428	5911.002	0.06%
D13	1	0.596	4375.917	0.01%
D13	2	1.584	2312.985	0.07%
D13	3	0.792	3313.194	0.02%
D13	4	0.750	1950.409	0.04%
D13	5	0.000	50.010	0.00%
D16	1	23.027	5454.397	0.42%
D16	2	3.362	6022.564	0.06%
D16	3	9.722	5833.175	0.17%
D16	4	4.293	4772.598	0.09%
D16	5	11.900	3598.387	0.33%
D19	1	22.701	12792.548	0.18%
D19	2	64.653	13059.615	0.50%
D19	3	28.309	11697.570	0.24%
D19	4	219.329	15837.121	1.38%
D19	5	31.024	7104.003	0.44%
Total Waste		436.512	129793.545	0.34%

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan pada Pembahasan, maka diperoleh beberapa kesimpulan di bawah ini:

1. Kebutuhan besi tulangan yang dihasilkan dengan menggunakan metode bar bending schedule pada proyek Pembangunan Gedung Sekolah Cita Hati yaitu sebesar:

- a. Besi 8 Polos = 118,368 Kg (25 Btg)
- b. Besi D10 = 31.500,684 Kg (4.258 Btg)
- c. Besi D13 = 12.002,515 Kg (960 Btg)
- d. Besi D16 = 25.681,121 Kg (1.356 Btg)
- e. Besi D19 = 60.490,857 Kg (2.265 Btg)

Jadi Kebutuhan Total Besi Tulangan Sebesar: 129.793,545 Kg

2. Perbandingan Perhitungan kebutuhan order/volume existing dengan metode bar bending schedule pada proyek Pembangunan Gedung Sekolah Cita Hati yaitu:

- a. Volume Order/ existing = 139.824,109 Kg
- b. Volume metode BBS = 129.793,545 Kg

Jadi dari hasil perbandingan dari kedua data tersebut lebih efisien Perhitungan kebutuhan dengan metode bar bending schedule, dengan selisih perhitungan sebesar 10.030,564 Kg atau 7.17%

3. Persentase sisa material/waste besi tulangan yang dihasilkan dengan menggunakan metode bar bending schedule dibandingkan dengan volume existing di lapangan pada proyek Pembangunan Gedung Sekolah Cita Hati yaitu terbesar pada material besi tulangan 8 Polos sebesar 6.51% dan terkecil pada material besi tulangan D10 dengan rata-rata sebesar 0.022%. Sedangkan persentase sisa material/waste besi tulangan keseluruhan sebesar 0.34%

4.1 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal perlu dilakukan perhitungan yang lebih teliti lagi sehingga dapat meminimalisasi *waste* besi tulangan
2. Untuk menghitung kebutuhan besi tulangan proyek konstruksi sebaiknya menggunakan metode *Bar Bending Schedule* yang selanjutnya menggunakan bantuan *software cutting optimization pro* untuk pekerjaan pemotongan besi tulangan karena efektif dan efisien dalam kontrol, manajemen material dan dapat menekan *waste* yang dihasilkan dari pemotongan di lapangan.
3. Sebaiknya untuk proyek konstruksi 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 *Bar Bending Schedule* dan *software cutting optimization pro*.

REFERENSI

- 2847, S. N. I. (2019). *Penetapan Standar Nasional Indonesia 2847 : 2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013*. 8.
- Alexandra, S. P., & Susilowati, W. (2022). *Analisis Penanganan Waste Material dengan Pendekatan Green Construction Pada Tahap Konstruksi*. 19(2), 2–11.
- Beatrix, M., & Dwijayanto, P. (2020). Faktor Penanggulangan Terjadinya Waste Pada Proyek Konstruksi Di Surabaya. *Jurnal EXTRAPOLASI*, 17(2), 1–10.
- Damanik, Y. sulisca. (2019). Perhitungan kebutuhan tulangan, sisa (waste) Tulangan dan biaya tulangan pada pekerjaan struktur Balok dan kolom proyek apartemen wahid hasyim Residence medan. *Progress in Retinal and Eye Research*, 561(3), S2–S3.
- Fitridawati Soehardi, Marta Dinata, 2022. (2022). *Identifikasi Parameter Pencegahan Material Sisa Kontruksi (Contruaction Waste)*. 8(1), 39–48.
- Hartono, W., Utami, H., & Sunarmasto. (2015). *Rancangan Program Pengerjaan Bar Bending Schedule Penulangan Pile Cap Dan Kolom Bawah Dengan Visual Basic 6 . 0*. 403–411.
- Julsena, J., Abdullah, A., & Rauzana, A. (2018). Faktor Sisa Material Yang Mempengaruhi Biaya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung Di Provinsi Aceh. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(4). <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i4.12465>
- Kork, M., Hartono, W., & Sugiyarto. (2013). Perhitungan Kebutuhan Tulangan Besi dengan Memperhitungkan Optimasi Waste Besi pada Pekerjaan Balok dengan Program Microsoft Excel. *Matriks Teknik Sipil*, 1(3), 290–295.
- Kristianto, M. A., Ajie, E. P., Hermawan, H., & Setiyadi, B. (2020). Analisis Waste Material Konstruksi Pada Pekerjaan Struktur Atas Beton Bertulang Bangunan Tingkat Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(3). <https://doi.org/10.24002/jts.v15i3.3727>
- Mafrul, A. (2022). *Proyek High Speed Railway PT.KCIC (Kereta Cepat Indonesia China)*.
- Nova Adi Wijaya, S. (2020). Evaluasi Perhitungan Material dan Biaya Besi pada Proyek Rumah Dinas Polres Kota Sukabumi. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 2(1).
- Pertiwi, I. M., Herlambang, F. S., & Kristinayanti, W. S. (2019). Analisis Waste Material Konstruksi Pada Proyek Gedung (Studi Kasus Pada Proyek Gedung Di Kabupaten Badung). *JURNAL SIMETRIK*, 9(1). <https://doi.org/10.31959/js.v9i1.204>
- Wulan, P., & Cahya, E. (2022). *Analisis Waste Material Besi Tulangan Pada Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Villa-Q Canggung Di Kabupaten Badung*.