



Analisis Efisiensi Penggunaan Sengkang Besi Beton Pada Proyek Ruko Puri Kelapa Gading Minahasa Utara

Natania E. Oroh^{#a}, Jermias Tjakra^{#b}, Jantje B. Mangare^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^anathaniaoroh@gmail.com, ^bjeremias6201@gmail.com, ^cmangarejantje01@gmail.com

Abstrak

Sisa material (*waste*) merupakan salah satu masalah serius pada pelaksanaan proyek konstruksi. Khususnya material besi beton pada pembuatan sengkang, penggunaan besi beton sering menimbulkan sisa yang tidak menentu jumlahnya, memahami ukuran besi dan pemotongan yang tepat sangat penting untuk menghindari kerugian yang terjadi karena salah dalam estimasi dan pemotongan akan mengakibatkan kerugian. Jika dilihat dari faktor penyebab terjadinya sisa material besi beton terhadap kegiatan konstruksi yang terjadi pada penelitian ini yaitu pertama, *waste* besi beton terjadi akibat pola pemotongan besi beton yang tidak optimal. Kedua, *waste* besi beton terjadi karena kelebihan jumlah pembelian dibandingkan dengan kebutuhan. Dalam penelitian ini akan membahas pengoptimalan pemotongan sengkang besi beton pada pekerjaan pembesian dari sebuah proyek konstruksi. Pekerjaan pembesian pada tulisan ini hanya berfokus pada penulangan sengkang struktur kolom dan balok. Studi ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain penelitian yang bertujuan untuk memperoleh sisa material (*waste*) paling efisien menggunakan metode bar bending schedule. Tujuan penelitian untuk menghasilkan penulangan sengkang pada kolom dan balok paling optimal dengan menekan *waste* ke nilai terkecil pada Proyek Ruko Puri Kelapa Gading. Berdasarkan hasil penelitian pemotongan besi polos D10 untuk sengkang besi beton menggunakan metode bar bending schedule menghasilkan *waste* sebesar 0,29%.

Kata kunci: bar bending schedule, besi beton, sengkang, waste

1. Pendahuluan

Pada setiap pekerjaan konstruksi bangunan memiliki banyak aspek penting, salah satunya adalah material. Material merupakan bahan yang digunakan sebagai penyusun struktur bangunan. Ketersediaan material adalah kunci dari pelaksanaan proyek konstruksi. Material konstruksi merupakan komponen yang sangat penting dalam pelaksanaan proyek konstruksi dan menentukan besarnya biaya proyek konstruksi. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, penggunaan material di lapangan sering menimbulkan sisa material (*waste*) yang cukup besar sehingga biaya proyek menjadi tidak terkendali dan menimbulkan pembengkakan biaya/*cost overrun*.

Sisa material (*waste*) merupakan salah satu masalah serius pada pelaksanaan proyek konstruksi. Khususnya pada material besi beton atau sengkang, penggunaan besi beton sering menimbulkan sisa yang tidak menentu jumlahnya, memahami bentuk besi dan pemotongan yang tepat sangat penting untuk menghindari kerugian yang terjadi karena salah dalam manajemen dan juga dalam memotong akan mengakibatkan kerugian. Jika dilihat dari faktor penyebab terjadinya sisa material besi beton terhadap kegiatan konstruksi maka dapat digolongkan atas 2 jenis. Pertama, *waste* besi beton terjadi akibat pola pemotongan besi beton yang tidak optimal. Kedua, *waste* besi beton terjadi karena kelebihan jumlah pembelian dibandingkan dengan kebutuhan

Untuk mendapatkan sisa besi beton yang optimal dengan ribuan potong besi bukan merupakan sebuah pekerjaan mudah, diperlukan simulasi berulang-ulang dan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk mendapatkan pola potongan yang terbaik sehingga menghasilkan

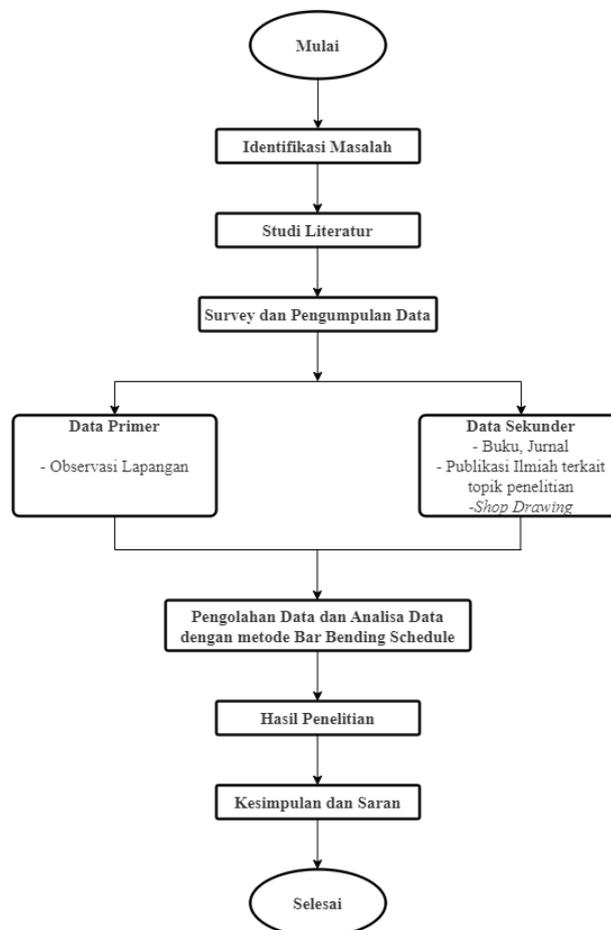
waste besi yang paling minimal.

Salah satu alternatif untuk mengoptimalkan pemotongan besi adalah dengan membuat *bar bending schedule* menggunakan program *Microsoft Excel* untuk mempermudah perhitungan. *Bar bending schedule* adalah metode perencanaan pada pekerjaan pembesian yang berisikan informasi mengenai detail berupa bentuk besi beton, panjang besi beton, dimensi serta jumlah besi beton yang akan digunakan pada pekerjaan struktur. Dalam *bar bending schedule* terdapat pola pemotongan yang dapat memudahkan dalam mendapatkan pola yang optimal dengan meminimalisir sisa material dari hasil pemotongan besi.

Dalam penelitian ini, penulis akan menganalisis efisiensi penggunaan sengkang besi beton pada struktur kolom dan balok utama dengan membuat *bar bending schedule* menggunakan program *Microsoft-Excel* yang berpedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019.

Penelitian dilakukan pada proyek Ruko Puri Kelapa Gading Minahasa Utara. Fokus penelitian dititikberatkan pada upaya pengoptimalan pemotongan Sengkang Besi Beton pada Struktur Kolom dan Balok Utama di lapangan. Analisis dilakukan untuk memperoleh sisa material (*Waste*) paling efisien dalam penggunaan sengkang besi beton pada struktur kolom, dan balok utama proyek Ruko Puri Kelapa Gading Minahasa Utara.

2. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Flowchart Metodolgi Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu:

1. Data Sekunder

Data yang diambil/diperoleh dari pihak atau badan lain yang sudah dikumpulkan, disusun dan diumumkan. Data ini diperoleh dari studi pustaka berupa buku, referensi, dokumen dan sebagainya.

2. Data Primer

Data yang dikumpulkan dan disusun sendiri oleh pihak yang ber-kepentingan (petugasnya). Data ini diperoleh secara langsung dengan mendapatkan data *shop drawing* dari pihak konsultan perencana.

2.2. Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Identifikasi masalah, menjelaskan masalah yang terkait dengan analisis efisiensi penggunaan sengkang besi beton yang menjadi latar belakang dilakukannya penelitian ini.
2. Studi literatur, yaitu mengkaji sumber tulisan yang sudah dibuat sebelumnya terkait dengan topik penelitian.
3. Survey tempat penelitian
4. Pengumpulan data, meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari observasi lapangan dan data dari proyek seperti *shop drawing*. Sedangkan data sekunder diperoleh dari buku, jurnal, dan publikasi ilmiah terkait dengan topik penelitian.
5. Pengolahan data, mengolah data dengan menggunakan metode *bar bending schedule*.
6. Hasil Penelitian, yaitu menganalisis perhitungan penggunaan sengkang besi beton pada struktur kolom dan balok utama dalam mencapai penggunaan besi paling efisien dengan metode *bar bending schedule* pada proyek konstruksi Ruko Puri Kelapa Gading Minahasa Utara.
7. Kesimpulan dan Saran, kesimpulan dihasilkan setelah mendapatkan hasil pengolahan data, analisa serta pembahasan yang dilakukan peneliti. Setelah didapatkannya kesimpulan, peneliti akan memberikan saran terkait objek penelitian.

2.3. Pengolahan Data

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

1. Mempelajari *Shop Drawing*
2. Mengidentifikasi besi beton atau sengkang pada struktur kolom dan balok utama berdasarkan *shop drawing*
3. Menghitung kebutuhan sengkang besi beton pada struktur kolom dan balok utama.
4. Menentukan jumlah potongan sengkang besi beton pada struktur kolom dan balok utama dari *shop drawing* berdasarkan diameter dan berat besi.
5. Menghitung *waste material* dengan metode *Bar Bending Schedule*
6. Menentukan penggunaan pemakaian dan sisa sengkang besi beton untuk digunakan di pekerjaan selanjutnya.

3. Kajian Literatur

3.1. Besi Beton

Besi beton adalah salah satu material yang berbentuk baja tulangan yang berpenampang bulat dan digunakan untuk memperkuat struktur beton pada bangunan. Besi beton terdiri dari dua jenis:

1. Besi Beton Polos
Besi beton ini adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip. Besi beton polos biasanya digunakan untuk membungkus dan mengikat beberapa batang besi beton ulir dalam satu konstruksi beton.
2. Besi Beton Ulir
Besi beton ini adalah baja tulangan beton dengan bentuk dimana memiliki sirip melintang dan rusuk memanjang pada permukaan besi, sehingga memiliki daya ikat tinggi dengan coran beton. Besi beton ulir sulit dibengkokkan sehingga sulit pemasangannya.

3.2. Pembesian

Setiap elemen struktur mempunyai pola pembesian/penulangan yang berbeda-beda. Tergantung bentuk dan jenis dari elemen struktur, yaitu kolom, balok, slab, dinding, pondasi, dan tangga. Dalam mendesain tulangan, perencana struktur harus mengikuti persyaratan yang ada, yaitu jarak minimum antar tulangan, persyaratan selimut beton, panjang penyaluran, sambungan lewatan, kait dan bengkokkan (Murdock dan Brook, 1997).

3.3. Tulangan Transversal (Sengkang)

Tulangan transversal didesain untuk menahan retak geser diagonal sehingga nama lain tulangan transversal adalah tulangan geser. Dalam praktiknya, tulangan longitudinal dikait bersama tulangan transversal guna mencegah dari tekuk yang berlebihan serta dapat mengikat tulangan longitudinal. Tulangan transversal dapat berupa baja tulangan yang berdiameter kecil ataupun jaringan kawat las yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial penampang. Sengkang biasanya terbuat dari tulangan berdiameter kecil, seperti diameter 8, 10 atau 12 mm yang mengikat tulangan longitudinal. (Ali Asroni,2010)

3.4. Kait Standar

Pembengkokan tulangan untuk sengkang, ikat silang dan sengkang pengekang pada peraturan SNI 2847:2019 harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Kait 90°
 - Untuk batang D10 hingga D16 dengan diameter sisi dalam bengkokan minimum $4d_b$ ditambah perpanjangan lurus $6d_b$ tapi tidak kurang dari 75 mm pada ujung bebas kait.
 - Untuk batanga D19 hingga D25 dengan diameter sisi dalam bengkokan minimum $6d_b$ ditambah perpanjangan lurus $12d_b$ pada ujung bebas kait.
- b. Kait 135°
 - Untuk batang D10 hingga D16 dengan diameter sisi dalam bengkokan minimum $4d_b$ ditambah perpanjangan lurus $6d_b$ tapi tidak kurang dari 75 mm pada ujung bebas kait.
 - Untuk batanga D19 hingga D25 dengan diameter sisi dalam bengkokan minimum $6d_b$ ditambah perpanjangan lurus $6d_b$ tapi tidak kurang dari 75 mm pada ujung bebas kait.
- c. Kait 180°
 - Untuk batang D10 hingga D16 dengan diameter sisi dalam bengkokan minimum $4d_b$ ditambah perpanjangan lurus $4d_b$ tapi tidak kurang dari 65 mm pada ujung bebas kait.
 - Untuk batanga D19 hingga D25 dengan diameter sisi dalam bengkokan minimum $6d_b$ ditambah perpanjangan lurus $4d_b$ tapi tidak kurang dari 65 mm pada ujung bebas kait. (SNI 2847:2019)

3.5. Perhitungan Waste

Terdapat dua perhitungan *waste* yaitu:

1. Waste Level

Waste level dihitung untuk mengetahui volume waste dari masing-masing item yang diteliti. *Waste level* ini dihitung menggunakan metode pendekatan dengan rumus:

$Waste\ Level = Volume\ Waste / Volume\ material\ terpakai$

$Volume\ Waste = Volume\ material\ terpakai - Volume\ material\ terpasang$

$Volume\ kebutuhan\ material - Volume\ kebutuhan\ material\ yang\ ditinjau.$

2. Waste Cost

Pengolahan limbah lebih lanjut dilakukan guna menghemat pengeluaran, menaikkan pendapatan, dan juga mengurangi *waste*. Untuk perhitungan biaya *waste* tidak dilakukan sampai menghasilkan *true cost waste*, tetapi hanya untuk mengetahui kerugian dari biaya pembelian saja. Metode pendekatan *waste cost* bisa dilakukan dengan rumus:

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

$\% \text{ bobot pekerjaan} = \text{Jumah harga material} / \text{Total nilai kontrak keseluruhan.}$

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini membahas tentang analisis perhitungan kebutuhan tulangan sengkang pada struktur kolom dan balok, perhitungan *waste* tulangan sengkang pada struktur kolom dan balok, rekapitulasi pemakaian batang utuh pada struktur kolom dan balok dengan metode *Bar Bending Schedule* pada Proyek Ruko Puri Kelapa Gading Minahasa Utara. Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan tulangan sengkang pada kolom.

- a. Diameter yang digunakan : D10
- b. Jumlah Tulangan : 46 Potong
- c. Total Tulangan : Jumlah Kolom \times Jumlah Tulangan
: $20 \times 46 = 920$ potong
- d. Panjang Bengkokan : $0,075 \text{ m} \times 2 = 0,15 \text{ m}$
- e. Panjang Sengkang : $0,15 \text{ m} + (0,26 \times 4) = 1,2 \text{ m}$
- f. Total Panjang Sengkang : Total tulangan \times Panjang sengkang
: $920 \times 1,2 \text{ m} = 1104 \text{ m}$
- g. Berat Total Tulangan : Total panjang sengkang \times Berat tulangan D10
: $1104 \text{ m} \times 0,62 \text{ kg/m} = 684,5 \text{ kg}$

4.1 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Batang Utuh pada Kolom dan Balok

Setelah menghitung jumlah tulangan sengkang pada struktur kolom dan balok, maka hasil perhitungan direkapitulasi secara keseluruhan. Perhitungan ini di dapat dari jumlah batang utuh pada daftar potongan tulangan yang telah diperhitungkan sebelumnya menggunakan program *Microsoft Excel*. Berikut ini adalah hasil rekapitulasi jumlah batang utuh yang dibutuhkan dan total kebutuhan kotor tulangan pada pekerjaan kolom dan balok yang ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Rekapitulasi Kebutuhan Batang Utuh dan Kotor Tulangan Sengkang pada Pekerjaan Kolom dan Balok

Nama Tulangan	Ø/D	Jumlah (potong)	Panjang batang Utuh (m)	Berat Nominal (kg.m')	Berat Total (kg)
Kolom	10	92	12	0,62	684,5
Balok H		78	12	0,62	580,3
Balok V		80	12	0,62	595,2

4.2 Rekapitulasi Sisa Tulangan Sengkang (*waste*) pada Kolom dan Balok

Sisa tulangan adalah sisa hasil perhitungan batang utuh yang digunakan dalam *Bar Bending Schedule* (BBS) pada perhitungan sebelumnya. Untuk mencari sisa berat tulangan adalah penjumlahan dari semua sisa potongan panjang tulangan yang dibutuhkan dikali dengan berat besi tulangan sesuai diameternya. Hasil sisa tulangan dari pekerjaan kolom dan balok dapat dilihat dari *bar bending schedule* (BBS) yang tertera pada lampiran. Berikut ini adalah hasil rekapitulasi sisa tulangan (*waste*) yang didapatkan dari perhitungan pekerjaan penulangan kolom dan balok menggunakan *Bar Bending Schedule* yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 2. Rekapitulasi Sisa Tulangan Sengkang pada Pekerjaan Kolom

Nama Tulangan	Ø/D	Jumlah (potong)	Panjang batang Utuh (m)	Berat Nominal (kg.m')	Berat Total (kg)
Kolom	10	0	0	0	0

Tabel 3. Rekapitulasi Sisa Tulangan Sengkang pada Pekerjaan Balok

Nama Tulangan	Ø/D	Jumlah (potong)	Panjang batang Utuh (m)	Berat Nominal (kg.m')	Berat Total (kg)
Balok H	10	2	0,8	0,62	1,0
Balok V	10	5	0,2	0,62	0,6

4.3 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Sengkang Bersih pada Kolom dan Balok

Tulangan bersih adalah tulangan yang digunakan sesuai dengan panjang yang dibutuhkan. Untuk mencari berat tulangan bersih adalah penjumlahan dari semua potongan panjang tulangan yang dibutuhkan dikali dengan berat besi sesuai diameternya. Berikut ini adalah hasil rekapitulasi kebutuhan tulangan sengkang bersih yang didapatkan dari perhitungan penulangan kolom dan balok menggunakan *Bar Bending Schedule* yang ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Sengkang Bersih pada Pekerjaan Kolom dan Balok

Nama Tulangan	Ø/D	Jumlah (potong)	Panjang batang Utuh (m)	Berat Nominal (kg.m')	Berat Total (kg)
Kolom	10	920	1,2	0,62	684,5
Balok H		667	1,4	0,62	579,3
Balok V		685	1,4	0,62	594,6

4.4 Kontrol Kebutuhan Tulangan Sengkang pada Kolom dan Balok

Berikut ini merupakan kontrol kebutuhan tulangan pada pekerjaan kolom dan balok pada Proyek Ruko Puri Kelapa Gading Minahasa Utara yang ditunjukkan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Kontrol Kebutuhan Tulangan Sengkang pada Pekerjaan Kolom dan Balok

Nama Tulangan	Total Kebutuhan Kotor Tulangan (kg)	Total Kebutuhan Bersih Tulangan (kg)	Total Sisa Tulangan (<i>Waste</i>) (kg)
Kolom	684,5	684,5	0
Balok H	580,3	579,3	1,0
Balok V	595,2	594,6	0,6
Total (kg)	1860,0	1858,4	1,6

Berdasarkan analisis perhitungan kebutuhan tulangan sengkang pada pekerjaan kolom dan balok menggunakan *Bar Bending Schedule* (BBS), maka dapat dihitung presentase sisa (*waste*) tulangan sengkang.

$$\begin{aligned}
 \text{Waste (\%)} &= \frac{\sum \text{Waste material (kg)}}{\sum \text{Batang dibutuhkan (kg)}} \times 100\% \\
 &= \frac{1,6}{1858,4} \times 100\% \\
 &= 0,09\%
 \end{aligned}$$

Jadi, presentasi *waste* tulangan (%) dari pemakaian tulangan sengkang pada pekerjaan Kolom dan Balok di Proyek Ruko Puri Kelapa Gading Minahasa Utara sebesar 0,09%.

4.5 Waste Level

Waste level ini dihitung menggunakan metode pendekatan dengan rumus:

$$\text{Waste Level} = \frac{\text{vol. waste}}{\text{vol. kebutuhan material}}$$

Presentase *waste* dari penulangan sengkang kolom dan balok ditunjukkan pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Waste Level

No	Ø/D	Vol. Logistik (kg)	Vol. Terpasang (kg)	Vol. Waste (kg)	Waste Level (%)
1	10	1860,0	1858,4	1,6	0,09

5 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang analisis efisiensi penggunaan sengkang besi beton pada Proyek Ruko Puri Kelapa Gading dengan mengoptimalkan penulangan sengkang besi beton pada pekerjaan struktur kolom dan balok utama menggunakan metode *Bar Bending Schedule* (BBS) menghasilkan *waste* sebesar 0,09%. Presentase sisa material pada perhitungan *waste level* sebesar 0,09%.

6 Saran

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal perlu dilakukan perhitungan yang lebih teliti lagi sehingga dapat meminimalisasi *waste* besi tulangan sengkang.
2. Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian ini penggunaan metode *Bar Bending Schedule* (BBS) sangat disarankan karena dapat memudahkan dalam mengatur pekerjaan pembesian suatu proyek dan juga dapat meminimalisir sisa *waste* pada potongan besi tulangan yang dihasilkan.
3. Penggunaan *Bar Bending Schedule* (BBS) dalam perhitungan dan optimalisasi bisa dilakukan jika seluruh dokumen proyek sudah lengkap dan sebaiknya dilakukan jika seluruh dokumen seperti *shop drawing* sudah selesai.

Referensi

- Ali Asroni. (2010). *Kolom Fondasi & Balok T beton Bertulang*. Graha Ilmu
- Asiyanto. (2005). *Construction Project Cost Management*". Jakarta: Edisi Dua Pradnya Paramita
- Dispohusodo Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Drs. Salasi R., M.Pd., Dra. Erni Maidiyah., M.Pd. (2017). *Buku Ajar Statistik Dasar*. Universitas Syiah Kuala.
- Dr. Zulkifli Matondang, M.Si., Dr. Rachmat Mulyana, M.Si. (2012). *Konstruksi Bangunan Gedung*.
- Eddy. (2015). *Pengembangan Asrama Mahasiswa Universitas Diponegoro*". Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Gordon Jurianto (2019). *Kolom Beton Bertulang*. Yogyakarta University
- Heriansyah Putra. (2021). *Beton Sebagai Material Konstruksi*. Bogor Agricultural University.
- Ir. H. Muh. Nur Sahid, M.M., M.T. (2017). *Teknik Pelaksanaan Konstruksi Bangunan*.
- Jennyfer Margaretta, Onnyforus Gondokusumo. (2017). *Penerapan Metode Linear Programming Untuk Analisis Pemotongan Besi Tulangan Pada Proyek Bangunan Gedung di Jakarta*. Teknik Sipil Universitas Tarumanegara.
- James Thoengsal. (2022). *Model Manajemen Sisa Material Konstruksi Dalam Upaya Efisiensi Proyek Konstruksi*. University Of Technology Sulawesi.

- Kork, M., Hartono, W. dan Sugiyarto. (2013). *Perhitungan Kebutuhan Tulangan Besi Dengan Memperhitungkan Optimasi Waste Besi Pada Pekerjaan Balok Dengan Program Microsoft Excel*. e~Jurnal Matriks Teknik Sipil Surakarta.
- Muhammad Rangga Aditya. (2023). *Analisis Elemen Struktur Balok dan Kolom Beton Bertulang (Studi Kasus Gedung Dealer Honda Astra Kota Samarinda)*.
- Mahapatni, I. A. P. S., & Juliana, I. K. I. (2022). *Analisis Waste Level Dan Waste Cost Bekisting Dan Pembesian Pada Pekerjaan Struktur Proyek Konstruksi*. Widya Teknik, 17(01), 74–82.
- Nuryanto. (2018). *Buku Ajar Struktur Beton Bertulang I*. Universitas Gunadarma.
- Pio Ranap Tua Naibaho. (2008). *Panjang penyaluran Carbon Firbe Pada Kekuatan Struktur Balok Beton Di Daerah Tumpuan*. Universitas Indonesia Fakultas Teknik
- Pande Wulan Egidia Cahya Dewi. (2022). *Analisis Waste Material Besi Tulangan Pada Struktur Beton Bertulang Dengan Metode Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Villa-Q Cunggu Di Kabupaten Badung*. Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali.
- Prof. Dr. Manlian RA. Simanjuntak, S. M., Dr. Ir. Drs. Edison H. Manurung, S. M., Ir. Oloan Sitohang, M., Dr. Ir. Pio Ranap Naibaho, S. M., Dr. Arman Faslih, S.M., Ir. Sarjono Puro, M. I., & Ir. Suropto, M. (2023). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Batam: Yayasan Cendikia Mulia Mandiri.
- Persyaratan Beban Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya. (SNI 2847:2019)
- Samuel Stefanus Nasutama, Mizanuddin Sitompul. (2022). *Analisis Kebutuhan Tulangan dan Tulangan Sisa (Waste) Pekerjaan Struktur Kolom, Balok, dan Pelat Lantai Proyek Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mendailing Natal*. Universitas Sumatera Utara.
- Sudarno P Tampubolon, S.T.,M.Sc. (2022). *Struktur Beton – I*. Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.
- Usman, H., dan R. P. S. Akbar. (2003). *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- V. A. Kusuma. (2010). *Evaluasi Sisa Material Pada Proyek Gedung Pendidikan Dan Laboratorium 8 Lantai Fakultas Kedokteran UNS Tahap I*. Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Wahyudi, L. Rahim, Syahril A. (2019). *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*.
- Yudhit Anggriawan. (2018). *Analisis Penyebab Terjadinya Sisa Material Besi Pada Proyek Pembangunan Gedung Grand Batam Mall*. Universitas Internasional Batam.