



ANALISIS KEBUTUHAN TULANGAN KOLOM DAN BALOK PADA TRIBUN PENONTON STADION MINI PANCING PROVINSI SUMATERA UTARA

Resolina Ailing¹, Muhammad Qarinur²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan

email: m.qarinur@unimed.ac.id¹

ABSTRACT

Analysis of reinforcement requirements for column and beam work is important to anticipate the lack and excess of reinforcement that will be planned. In this study, the analysis of reinforcement requirements was carried out at the Pancing Mini Stadium in North Sumatra Province. In optimizing the use of reinforcing iron, a method is used, one of method that recently used is Bar Bending Schedule (BBS). BBS is a method that lists a model of reinforcing iron cutting patterns that serves to control the use of reinforcing iron and minimize the remaining material with Microsoft Excel applications. The result of analysis of the volume of reinforcement requirements on columns and beams using conventional connections is 54,830.96 kg, while the result of analysis of the volume of reinforcement requirements on columns and beams using coupler connections is 53,523.57 kg. The comparison result of the volume of reinforcement requirements on columns and beams using conventional connections with coupler connections is 2.3%. The result of the calculation of the cost of reinforcement requirements for columns and beams using conventional connections is IDR743.507.817,60 while the coupler connection is IDR725,688,195.00. Therefore, it can be concluded that the coupler connection is more efficient than the conventional connection in terms of cost.

Keywords: BBS, Conventional, Coupler.

ABSTRAK

Analisa kebutuhan tulangan untuk pekerjaan kolom dan balok penting dilaksanakan untuk mengantisipasi kekurangan dan kelebihan tulangan yang akan direncanakan. Pada penelitian ini, analisis kebutuhan tulangan dilakukan pada Stadion Mini Pancing Provinsi Sumatera Utara. Dalam mengoptimalkan penggunaan besi tulangan digunakan suatu metode, salah satunya metode yang sering digunakan yaitu Bar Bending Schedule (BBS). BBS adalah suatu metode yang memuat daftar model pola-pola pemotongan besi tulangan yang berfungsi untuk mengontrol pemakaian besi tulangan dan meminimalkan sisa material dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel. Hasil dari analisis volume kebutuhan tulangan pada kolom dan balok menggunakan sambungan konvensional adalah 54.830,96 kg, sedangkan hasil dari analisis volume kebutuhan tulangan pada kolom dan balok menggunakan sambungan kopler adalah 53.523,57 kg. Hasil perbandingan volume kebutuhan tulangan pada kolom dan balok menggunakan sambungan konvensional dengan sambungan kopler adalah 2,3 %. Hasil perhitungan kebutuhan biaya penulangan kolom dan balok menggunakan sambungan konvensional adalah Rp743.507.817,60 sedangkan sambungan kopler adalah Rp725.688.195,00. Oleh karena itu dapat disimpulkan sambungan kopler lebih efisien untuk digunakan dibandingkan sambungan konvensional dari segi biaya.

Kata Kunci: BBS, Konvensional, Kopler



1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang teknik sipil memungkinkan munculnya teknologi-teknologi baru. Salah satunya adalah penyambungan perkuatan struktur. Sambungan pada struktur tidak dapat dihindari, terbatasnya panjang produksi baja tulangan memaksa penyambungan elemen struktur (Lancelot, 1985). Material menyumbang proporsi yang relatif besar yaitu 50-70% dari total biaya proyek dan oleh karena itu secara tidak langsung berperan penting dalam keberhasilan proyek, terutama dari segi biaya (Ritz dan Levy, 2014). Terjadinya sisa material pada saat melaksanakan proyek lapangan tidak mungkin dapat dihindari (Nugroho, 2012). Bahkan dengan sebuah proyek, perencanaan diperlukan sebagai langkah awal sebelum memulai pekerjaan. Perencanaan proyek merupakan salah satu hasil kegiatan perencanaan yang dapat memberikan informasi mengenai rencana jadwal dan kemajuan proyek dalam hal efisiensi sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, bahan, serta perkiraan durasi dan kemajuan proyek. Proyek. proyek tersebut (Sinulingga, 2008).

Dalam prakteknya, untuk menghindari pemborosan penggunaan tulangan, perancang harus memperhitungkan jumlah tulangan yang dibutuhkan untuk merancang kolom dan balok. Ruang lingkup pekerjaan perkuatan harus diketahui atau diperoleh sebelum pekerjaan dimulai, karena ruang lingkup pekerjaan menjadi dasar perencanaan anggaran pembangunan (Intan dkk., 2005). Untuk menghindari serta mengatasi permasalahan yang akan terjadi dalam mewujudkan tercapainya proyek yang baik, maka perlu diadakannya perencanaan dan pengendalian waktu serta biaya yang baik (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Untuk membantu mengoptimalkan penggunaan besi tulangan digunakan suatu metode yang membantu pelaku usaha konstruksi dalam mencapai nilai yang optimal. Salah satu metode yang sering digunakan yaitu Bar Bending Schedule (BBS) (Nagapan dkk., 2012). BBS ini berisi informasi detail tentang bentuk armor, jumlah bala bantuan, panjang armor dan dimensi armor yang dibutuhkan. Hal ini kemudian menentukan jumlah besi dalam satuan massa. Pekerjaan perkuatan meliputi pemotongan, pembengkokan dan perakitan baja. Penyelesaian pekerjaan ini tergantung pada gambar bengkel yang disiapkan oleh kontraktor (ACI Committee 224, 1995). Dalam proses pekerjaan pembesian terdapat suatu kendala, dikarenakan ukuran panjang suatu besi tulangan yang diproduksi terbatas yaitu sepanjang 12 m, sedangkan suatu proyek terkadang memiliki bentang yang lebih dari 12 m. Maka, diperlukan suatu sambungan untuk dapat memenuhi bentang yang diinginkan. Sambungan yang sering digunakan dalam suatu proyek yaitu sambungan konvensional (Dipohusodo, 1991). Sambungan konvensional yaitu suatu teknik atau cara penyambungan tulangan dengan menggabungkan 2 buah tulangan, salah satu tulangannya dibuat lebih panjang sepanjang 40db atau 40 dikali diameter tulangan (D. Ariestadi, 2008).

Penelitian tentang analisis kebutuhan tulangan menggunakan sambungan kopler dan sambungan konvensional telah dilakukan oleh beberapa peneliti (D. Ariestadi, 2008; S. Intan et al., 2005; Nugroho, 2012; Sabry & Hartono, 2013). Dari penelitian tersebut mendapat hasil bahwa penggunaan sambungan kopler lebih efisien daripada menggunakan sambungan konvensional. Akan tetapi, penelitian analisis



kebutuhan tulangan pada Tribun Stadion di Provinsi Sumatera Utara masih minim. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut dalam analisis kebutuhan tulangan pada Tribun Stadion di Provinsi Sumatera Utara.

Tribun Stadion Mini Pancing merupakan suatu proyek yang diperuntukkan sebagai sarana penunjang lapangan sepakbola yang nantinya akan dijadikan salah satu venue pertandingan olahraga yaitu olahraga sepak bola dalam rangkaian pertandingan Pekan Olahraga Nasional ke-21 Tahun 2024 Sumatera Utara-Aceh.

Analisis kebutuhan tulangan untuk pekerjaan kolom dan balok sangat penting dilakukan dalam hal mengantisipasi kekurangan atau kelebihan tulangan yang akan disediakan atau direncanakan. Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang tersebut maka judul yang diangkat pada penelitian ini adalah “Analisis Kebutuhan Tulangan Kolom dan Balok pada Pembangunan Tribun Penonton Stadion Mini Pancing Provinsi Sumatera Utara” Analisis kebutuhan tulangan untuk pekerjaan kolom dan balok sangat penting dilakukan dalam hal mengantisipasi kekurangan atau kelebihan tulangan yang akan disediakan atau direncanakan. Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang tersebut maka judul yang diangkat pada penelitian ini adalah “Analisis Kebutuhan Tulangan Kolom dan Balok pada Pembangunan Tribun Penonton Stadion Mini Pancing Provinsi Sumatera Utara”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perhitungan Kebutuhan Tulangan dengan metode BBS

Perhitungan kebutuhan tulangan pada balok B2 Grid A as 1-6 yang menerapkan metode Bar Bending Schedule (BBS) dengan sambungan yang digunakan adalah sambungan konvensional. Bar Bending Schedule (BBS) adalah suatu metode yang memuat daftar pola-pola pemotongan besi tulangan dan juga memuat data diameter, bentuk, panjang dan jumlah tulangan. Untuk membuat BBS diperlukan data gambar teknis dari pihak konsultan mengenai jumlah dan ukuran besi tulangan yang digunakan.

Dalam pelaksanaan konstruksi, pekerjaan harus dilaksanakan sesuai dengan perencanaan dan ketentuan-ketentuan yang sudah ditetapkan. Pada pekerjaan pembesian/penulangan harus memperhatikan spesifikasi tulangan yang akan digunakan sesuai dengan gambar kerja. Untuk memudahkan pekerjaan pembesian/penulangan, terlebih dahulu dihitung kebutuhan tulangan, bentuk tulangan, lokasi penyambungan, dan sisa tulangan yang dihasilkan. Maka dari itu, suatu proyek konstruksi perlu menggunakan suatu metode yaitu BBS.

BBS berbentuk tabel-tabel yang memuat informasi detail tulangan. Dalam membuat BBS dibutuhkan sebuah aplikasi yaitu Microsoft Excel yang umumnya digunakan untuk membuat sebuah tabel.

Kegiatan bar bending schedule penulangan batang saat ini sebagian besar dilakukan secara manual oleh pekerja sehingga memakan waktu dan kurang efisien. Oleh karena itu perlu dilakukan inovasi-inovasi baru untuk mengatasi segala permasalahan yang ada. Komputer merupakan inovasi yang terus berkembang sebagai alat bantu dalam segala bidang ilmu pengetahuan. Diharapkan dengan rancangan program ini dapat mengoptimalkan waktu kerja pada bar bending schedule.



Untuk melakukan perhitungan kebutuhan tulangan, terdapat beberapa tahapan yang harus diperhatikan. Berikut adalah tahapan yang harus diperhatikan dalam perhitungan kebutuhan tulangan:

- a. Tahapan menghitung kebutuhan tulangan utama
 - 1) Penentuan diameter tulangan yang digunakan pada jenis kolom atau balok sesuai dengan gambar kerja.
 - 2) Menghitung jumlah tulangan utama yang terdapat pada jenis kolom atau balok sesuai dengan gambar kerja.
 - 3) Menghitung total jumlah tulangan dengan cara mengalikan jumlah tulangan pada satu jenis kolom atau balok dengan jumlah kolom atau balok sejenis.
 - 4) Menentukan panjang satu batang tulangan yang diambil berdasarkan panjang untuk pembengkokan 90° dan pembengkokan 135° , panjang kait bebas pada tiap pembengkokan, dan panjang sambungan tulangan apabila dilakukan penyambungan tulangan berdasarkan SNI 2847 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019).
 - 5) Menghitung panjang total tulangan dengan cara mengalikan panjang satu batang tulangan dengan total jumlah tulangan.
 - 6) Menentukan berat nominal tulangan berdasarkan ukuran tulangan, berat nominal tulangan tertera pada peraturan SNI 2052:2017 (Badan Standardisasi Nasional, 2017).
 - 7) Menghitung berat total tulangan dengan cara mengalikan panjang total tulangan dengan berat nominal.
 - 8) Menghitung pemakaian bahan dalam satu batang utuh (12 m) dengan cara menentukan berapa potongan tulangan yang didapatkan. Untuk menentukan batang utuh yang digunakan caranya adalah membagi total jumlah tulangan dengan jumlah potongan yang di dapat dari satu batang utuh.
 - 9) Menghitung sisa tulangan dengan cara mengurangi satu batang utuh (12m) panjang potongan dan berapa total jumlah sisanya.
 - 10) Sisa tulangan dapat digunakan pada item pekerjaan lainnya apabila memiliki panjang yang mencukupi dan diameter tulangan yang sama dan sejenis. Apabila tidak dapat digunakan kembali, sisa tulangan itu dianggap sebagai sisa atau *waste*.
- b. Tahapan menghitung kebutuhan tulangan sengkang
 - 1) Penentuan diameter tulangan yang digunakan pada jenis kolom atau balok sesuai dengan gambar kerja.
 - 2) Dalam perhitungan jumlah sengkang terdapat beberapa langkah yaitu:
 - a) Menentukan panjang kolom atau balok sesuai dengan gambar kerja.
 - b) Menentukan jumlah sengkang pada balok terlebih dahulu menentukan panjang bentang kolom dan jumlah kolom kemudian dikurangi dengan panjang bentang balok untuk memperoleh panjang bentang bersih balok. Selanjutnya panjang bentang bersih balok dibagi dengan jarak sengkang yang sesuai dengan gambar kerja.
 - c) Menghitung total jumlah sengkang yang dibutuhkan adalah dengan cara mengalikan jumlah sengkang dalam satu kolom atau balok dengan jumlah kolom atau balok yang sejenis.



- 3) Menghitung panjang satu sengkang dengan cara melihat ukuran kolom atau balok yang tertera di gambar kerja kemudian dikurang dengan selimut beton kemudian ditambah dengan bengkokan dan kait.
- 4) Menghitung panjang total sengkang dengan cara mengalikan panjang satu sengkang dengan total jumlah tulangan sengkang.
- 5) Menentukan berat nominal tulangan berdasarkan ukuran tulangan, berat nominal tulangan tertera pada peraturan SNI 2052:2017 (Badan Standarisasi Nasional, 2017). Adapun rumus dasar berat besi per meter panjang besi adalah:

$$w = 0,006165 \times l \times d_b^2 \quad (1)$$

Keterangan:

w = Berat (kg)
 L = Panjang batang (m)
 d_b = Diameter Tulangan (m)

- 6) Menghitung berat total tulangan dengan cara mengalikan panjang total tulangan dengan berat nominal.
- 7) Menghitung pemakaian bahan dalam satu batang utuh (12 m) dengan cara menentukan berapa potongan tulangan yang didapatkan. Untuk menentukan batang utuh yang digunakan caranya adalah membagi total jumlah tulangan dengan jumlah potongan yang di dapat dari satu batang utuh.
- 8) Menghitung sisa tulangan dengan cara mengurangi satu batang utuh (12 m) panjang potongan dan berapa total jumlah sisanya.
- 9) Sisa tulangan dapat digunakan pada item pekerjaan lainnya apabila memiliki panjang yang mencukupi dan diameter tulangan yang sama dan sejenis. Apabila tidak dapat digunakan kembali, sisa tulangan itu dianggap sebagai sisa atau *waste*.
- 10) Menghitung perbandingan volume kebutuhan tulangan dengan menggunakan rumus

$$X = \frac{(X_1 - X_2)}{X_1} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

X = Hasil perbandingan (%)
 X_1 = Total berat kebutuhan tulangan menggunakan sambungan konvensional (kg)
 X_2 = Total berat kebutuhan tulangan menggunakan sambungan kopler(kg)

2.2. Waste

Menurut (Franklin Associates, 1998), bahan limbah dalam suatu proyek konstruksi adalah bahan-bahan yang tidak digunakan lagi setelah proses konstruksi, perbaikan atau modifikasi. Sampah material juga mencakup barang-barang yang timbul pada saat proses produksi atau kecelakaan dan tidak dapat langsung dimanfaatkan kembali tanpa adanya pengolahan lebih lanjut. Menurut (Illingworth,



2021), sisa bahan bangunan diartikan sebagai segala sesuatu yang melebihi permintaan, baik dalam bentuk tenaga kerja maupun bahan bangunan, yang tersisa, hilang, atau rusak parah sehingga pada dasarnya tidak dapat digunakan kembali. ke fungsinya.

2.3. Perencanaan Biaya

Rencana biaya proyek adalah perkiraan keuangan yang menjadi dasar untuk mengendalikan biaya proyek dan arus kas. Perkembangannya meliputi fungsi memperkirakan biaya, anggaran, arus kas, pengendalian biaya dan keuntungan proyek. Estimasi biaya (cost estimate) konstruksi memungkinkan Anda untuk menetapkan harga kontrak sesuai kesepakatan antara investor dan kontraktor, membuat anggaran sekaligus mengendalikan biaya investasi. Anggaran suatu proyek terdiri dari serangkaian biaya, yaitu target dana yang diperlukan untuk menutupi biaya bahan, karyawan, subkontraktor dan total biaya proyek (Nawi, 1998).

2.4. Perhitungan Biaya Tulangan

Biaya proyek sangat penting untuk mengendalikan sumber daya yang ada karena sumber daya yang ada semakin terbatas. Biaya konstruksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek. Kebijakan keuangan umumnya dipengaruhi oleh situasi keuangan suatu perusahaan tertentu. Dalam hal menganalisa perbandingan biaya pada pembahasan kali ini berdasarkan (Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat, 2018) Dalam peraturan Menteri tersebut dimaksud, Analisis Harga Satuan Pekerjaan yang selanjutnya disingkat AHSP adalah perhitungan kebutuhan biaya tenaga kerja, bahan dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan atau satu jenis pekerjaan tertentu. Rumus yang digunakan dalam menghitung jumlah biaya sambungan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Total Harga (Rp)} = V \text{ (kg)} \times HS \text{ (Rp.)} \quad (3)$$

Keterangan:

V = Volume tulangan (kg)

HS = Harga Satuan (Rp)

Total Harga = Jumlah Biaya Sambungan (Rp)

Menghitung perbandingan biaya kebutuhan tulangan dengan menggunakan rumus

$$Y = \frac{(Y_1 - Y_2)}{Y_1} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

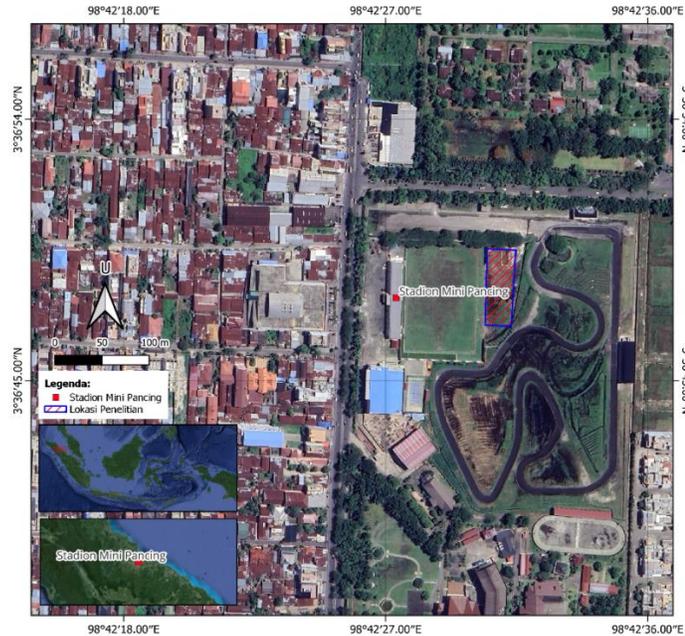
Y = Hasil perbandingan (%)

Y_1 = Total biaya kebutuhan tulangan menggunakan sambungan konvensional (kg)

Y_2 = Total biaya kebutuhan tulangan menggunakan sambungan kopler (kg)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Proyek Tribun Penonton Stadion Mini Pancing Provinsi Sumatera Utara di Jalan Williem Iskandar No. 9 Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang.



Gambar 3.1. Lokasi Proyek

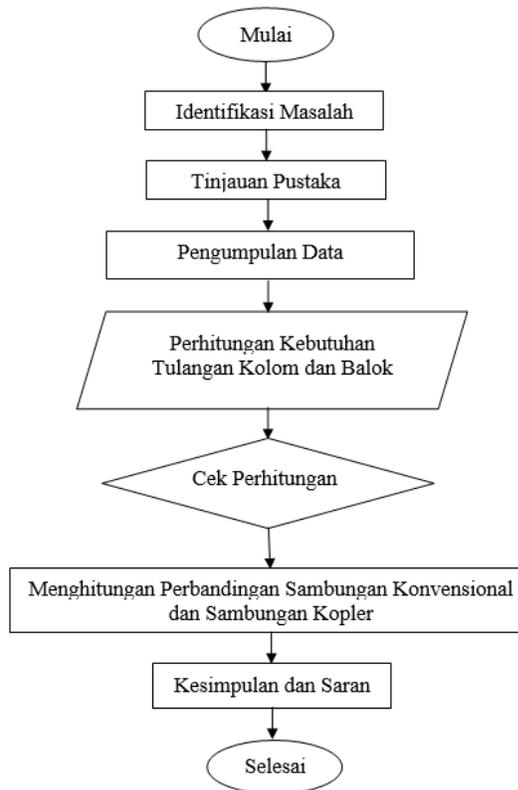
Penelitian dilakukan pada Proyek Tribun Penonton Stadion Mini Pancing Provinsi Sumatera Utara di Jalan Williem Iskandar No. 9 Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang.

3.1. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang dikumpulkan berupa data sekunder untuk dilakukan pengolahan data pada tahapan berikutnya yaitu berupa Shop Drawing.

3.2. Tahapan Penelitian

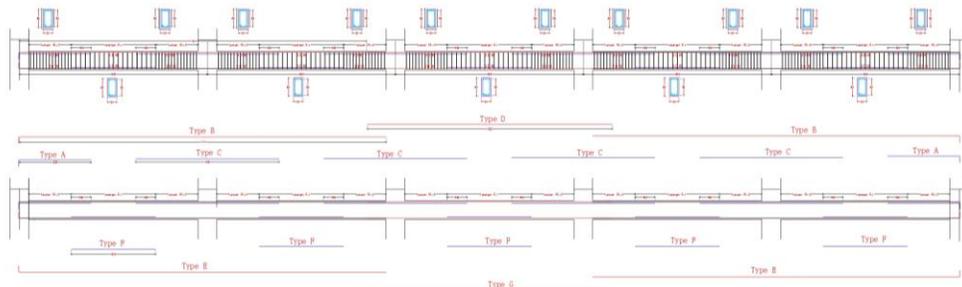
Tahapan penelitian dalam penulisan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 3.2. Alur Penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Balok Sambungan Konvensional



Gambar 4.1. Penulangan Balok B2

Dengan menjumlahkan berat tulangan (kg) yang diklasifikasikan berdasarkan jenis balok dan diameter tulangan, maka dapat dihitung ringkasan kebutuhan tulangan. Hasil rekapitulasi kebutuhan tulangan pada balok Proyek Tribun Stadion Mini Pancing Provinsi Sumatera Utara dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Tabel 4.1. Rekap kebutuhan tulangan pada balok sambungan konvensional

Balok	Grid	As	Diameter Tulangan		
			D22	D16	D10
B1	1, 7, 8, 9, 10, 16		2.659,44	209,76	862,92
	2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15		5693,09	1.333,8	1.715,3
B2	A, B	1-6		518,42	571,38
	A, B	11-16		518,42	571,38
B2	A	7-10		151,72	166,57
	B	7-8		51,56	54,82
B3	B	9-10		51,56	54,82
	C, D, E, F, G, H, I, J, K, L	1-6		2.515,71	1.413,42
B3	C, D, E, F, G, H, I, J, K, L	11-16		2.515,71	1.413,42
	C, D, E, F, G, H	7-10		882,08	824,04
B4	I, J, K	7-8		149,95	135,6
	I, J, K	9-10		149,95	135,6
B4	N	1'-6		236,77	218,62
	N	11-4'		236,77	218,62
B5	1' 2' 3' 4'			92,36	64,32
	N	7-2'		29,40	21,30
B5	N	3'-10		29,40	21,30
	M	1-1'		33,51	24,34
B5	M	9-3'		33,51	24,34
	M	2'-8		33,51	24,34
	M	4'-16		33,51	24,34
Total Berat Tulangan per Diameter (kg)			8.352,53	9.504,01	8.560,79
Total (kg)			26.417,33		

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4.2. menampilkan perhitungan kebutuhan tulangan pada balok B2 Grid A as 1-6 yang menerapkan metode Bar Bending Schedule (BBS) dengan sambungan yang digunakan adalah sambungan konvensional.



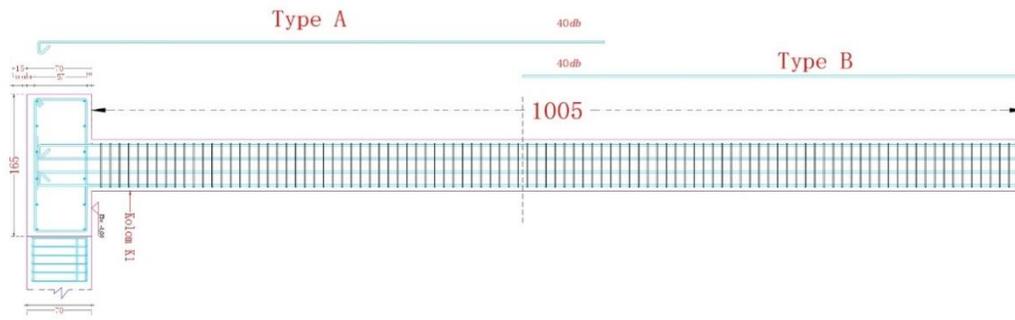
Tabel 4.2. Perhitungan kebutuhan tulangan balok B2 Grid A, B as 1-6

BAR BENDING SCHEDULE									
BALOK B2 (30X60 cm) Grid A B As 1-6									
VISUAL									
Kode	Sketsa Tulangan	Parameter	Panjang Tulangan (m)	Jumlah Tulangan	Banyak Grid	Panjang Tot. Tulangan (m)	Berat Tulangan (kg)		
Type A		Diameter (d_s) (mm)	16						
		Panjang (mm)	12db	192	2,58	2,00	2,00	10,31	16,27
			$b + 40db$	2.290					
			Bengkokan(6db)	96					
Type B		Diameter (d_s) (mm)	16						
		Panjang (mm)	12db	192	12,00	4,00	2,00	95,98	151,49
			$b + 40db$	11.710					
			Bengkokan(6db)	96					
Type C		Diameter (d_s) (mm)	16						
		Panjang (mm)	a	4.580	4,58	4,00	2,00	36,64	57,83
Type D		Diameter (d_s) (mm)	16						
		Panjang (mm)	a	7.820	7,82	2,00	2,00	31,28	49,37
Type E		Diameter (d_s) (mm)	16						
		Panjang (mm)	12db	192	12,00	4,00	2,00	95,98	151,49
			$b + 40db$	11.710					
			Bengkokan(6db)	96					
Type F		Diameter (d_s) (mm)	16						
		Panjang (mm)	a	2.700	2,70	5,00	2,00	27,00	42,61
Type G		Diameter (d_s) (mm)	16						
		Panjang (mm)	a	7.820	7,82	2,00	2,00	31,28	49,37
Senggang		Diameter (d_s) (mm)	10						
		Panjang (mm)	a	380	1,71	271,00	2,00	926,82	571,38
			b	980					
			bengkokan(5x4db)	200					
			kait(2x75)	150					

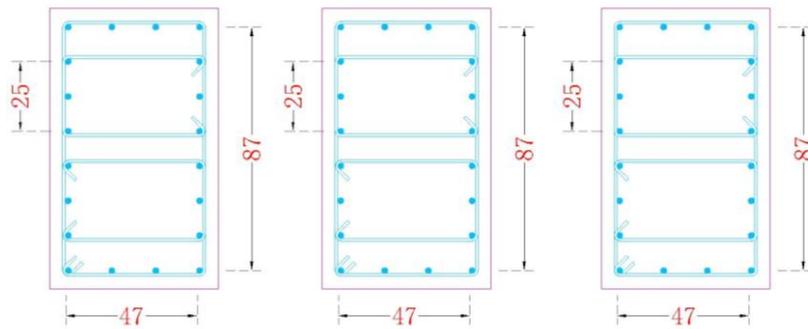
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

4.2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Kolom Sambungan Konvensional

Pembangunan Tribun Penonton Stadium Mini Provinsi Sumatera Utara menggunakan 2 tipe kolom K1 (10,05m) dan K1 (2,05m). dalam menghitung kebutuhan tulangan pada kolom yang digunakan, kolom dikelompokkan berdasarkan panjang kolomnya dapat dilihat pada Gambar 4.2.



(a)



(b)

Gambar 4.2. Detail Penulangan Kolom K1: (a) Penulangan K1; (b) Detail Penulangan K1.

Dengan menjumlahkan berat tulangan (kg), yang diklasifikasikan berdasarkan jenis kolom dan diameter tulangan, ringkasan kebutuhan tulangan dapat dihitung.

Tabel 4.3. Rekap kebutuhan tulangan pada kolom sambungan konvensional

TIPE KOLOM	DIAMETER TULANGAN	
	D22	D13
KOLOM K1 10,05 M	11.591,70	11.312,85
KOLOM K1 2,05 M	3.112,76	2.396,32
Total Berat Tulangan per Diameter (kg)	14.704,46	13.709,17
Total Berat Tulangan (kg)	28.413,63	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Berikut adalah perhitungan kebutuhan tulangan menggunakan sambungan konvensional pada kolom tipe K1 (10,05) yang digunakan pada tabel Bar Bending



Schedule (BBS) Tabel 4.4 menampilkan perhitungan kebutuhan tulangan pada kolom K1 10,05 m yang menerapkan metode Bar Bending Schedule (BBS).

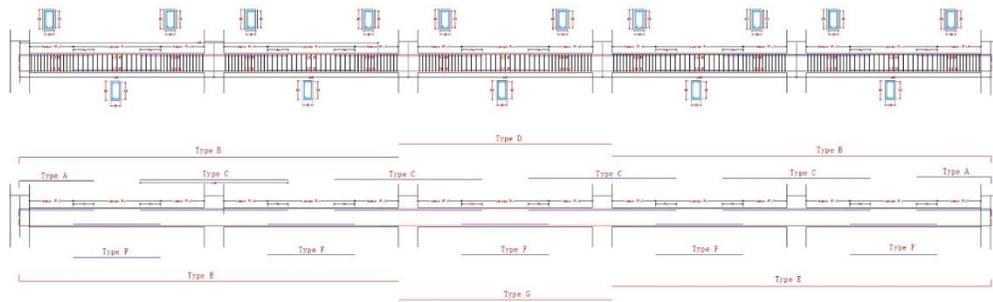
Tabel 4.4. Perhitungan kebutuhan tulangan kolom K1 bentang 10,05m.

BAR BENDING SCHEDULE									
KOLOM K1 (60X100 cm) 10,05 M									
VISUAL									
Kode	Sketsa Tulangan	Parameter	Parjang Tulangan (mm)	Jumlah Tulangan	Jumlah Tiang	Parjang Tot. Tulangan (m)	Berat Tulangan (kg)		
Type A		Diameter (d_s) (mm)	22						
		Parjang (mm)	a	4.520	5,40	20,00	16,00	1.728,00	5.156,11
			$40d_b$	880					
Type B		Diameter (d_s) (mm)	22						
		Parjang (mm)	a	5.200	6,74	20,00	16,00	2.156,80	6.435,59
			$40d_b$	880					
			Bengkokan($18d_b$)	396					
			Bengkokan($12d_b$)	264					
Type C		Diameter (d_s) (mm)	13						
		Parjang (mm)	a	1.740	3,09	101,50	16,00	5.018,16	5.228,35
			b	940					
			Bengkokan($5 \times 4d_b$)	260					
			kait(2×75)	150					
Type D		Diameter (d_s) (mm)	13						
		Parjang (mm)	a	500	1,80	101,50	16,00	2.919,95	3.042,25
			b	940					
			Bengkokan($4 \times 4d_b$)	208					
			kait(2×75)	150					
Type E		Diameter (d_s) (mm)	13						
		Parjang (mm)	a	500	1,80	101,50	16,00	2.919,95	3.042,25
			b	940					
			Bengkokan($4 \times 4d_b$)	208					
			kait(2×75)	150					

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

4.3. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Balok Sambungan Kopler

Pada Gambar 5 dapat dilihat dimensi balok yang digunakan yaitu 30 cm x 60 cm. Balok tipe B2 berdasarkan gambar kerja berjumlah 5 batang dengan bentang 6 m. Untuk penulangan balok B2 dapat dilihat pada Gambar 4.3.



(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

(a) **Gambar 4.3.** Penulangan B2

Hasil rekapitulasi kebutuhan tulangan pada balok Proyek Tribun Stadion Mini Pancing dapat dilihat pada Tabel 4.5. Dengan menjumlahkan berat tulangan (kg) yang diklasifikasikan berdasarkan jenis balok dan diameter tulangan, maka dapat dihitung ringkasan kebutuhan tulangan.

Tabel 4.5. Rekapitulasi kebutuhan tulangan pada balok sambungan kopler

Balok	Grid	As	Diameter Tulangan		
			D22	D16	D10
B1	1, 7, 8, 9, 10, 16		2.659,44	209,76	862,92
	2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15		5.515,84	1.273,26	1.715,3
B2	A, B	1-6		502,76	571,38
	A, B	11-16		502,76	571,38
	A	7-10		147,68	166,57
	B	7-8		51,56	54,82
	B	9-10		51,56	54,82
B3	C, D, E, F, G, H, I, J, K, L	1-6		2.434,91	1.413,42
	C, D, E, F, G, H, I, J, K, L	11-16		2.434,91	1.413,42
	C, D, E, F, G, H	7-10		857,84	824,04
	I, J, K	7-8		149,95	135,6
	I, J, K	9-10		149,95	135,6
B4	N	1'-6		228,69	218,62
	N	11-4'		228,69	218,62
Lanjutan....	1' 2' 3' 4'			92,36	64,32
	N	7-2'		29,40	21,30
	N	3'-10		29,40	21,30
	M	1-1'		33,51	24,34
	M	9-3'		33,51	24,34
B5	M	2'-8		33,51	24,34
	M	4'-16		33,51	24,34
Total Berat Tulangan per Diameter (kg)			8.175,29	9.214,12	8.560,79
Total (kg)			25.950,2		

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)



Tabel 4.6 menampilkan perhitungan kebutuhan tulangan pada balok B2 grid A, B as 1-6 yang menerapkan metode Bar Bending Schedule (BBS) dengan sambungan yang digunakan adalah sambungan kopler.

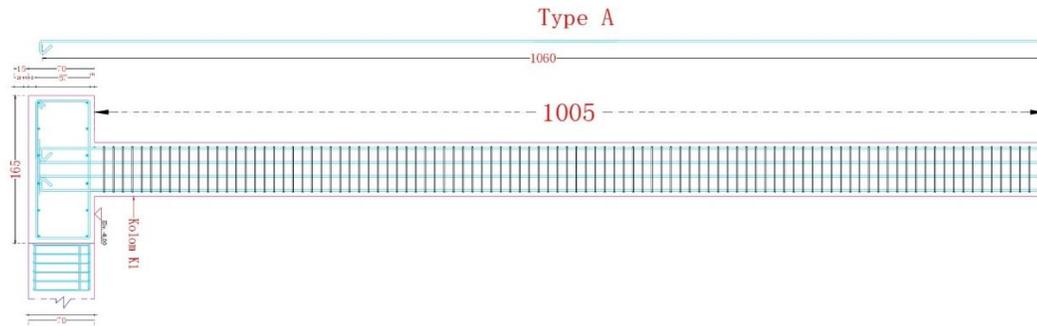
Tabel 4.6. Perhitungan kebutuhan tulangan balok B2 Grid A, B as 1-6

BAR BENDING SCHEDULE									
BALOK B2 (30X60 cm) Grid A B As 1-6									
VISUAL									
Kode	Sketsa Tulangan	Parameter		Panjang Tulangan (m)	Jumlah Tulangan	Banyak Grid	Panjang Tot. Tulangan (m)	Berat Tulangan (kg)	
Type A		Diameter (d_s) (mm)		16	2,58	2,00	10,31	16,27	
		Panjang (mm)	12db						192
			$b+40db$						2.290
			Bengkokan(6db)						96
Type B		Diameter (d_s) (mm)		16	12,00	4,00	95,98	151,49	
		Panjang (mm)	12db						192
			b						11.710
			Bengkokan(6db)						96
Type C		Diameter (d_s) (mm)		16	4,58	4,00	36,64	57,83	
		Panjang (mm)	a						4.580
Type D		Diameter (d_s) (mm)		16	6,58	2,00	26,32	41,54	
		Panjang (mm)	a						6.580
Type E		Diameter (d_s) (mm)		16	12,00	4,00	95,98	151,49	
		Panjang (mm)	12db						192
			b						11.710
			Bengkokan(6db)						96
Type F		Diameter (d_s) (mm)		16	2,70	5,00	27,00	42,61	
		Panjang (mm)	a						2.700
Type G		Diameter (d_s) (mm)		16	6,58	2,00	26,32	41,54	
		Panjang (mm)	a						6.580
Senggang		Diameter (d_s) (mm)		10	1,71	271,00	926,82	571,38	
		Panjang (mm)	a						380
			b						980
			bengkokan(5x4db)						200
			kait(2x75)						150

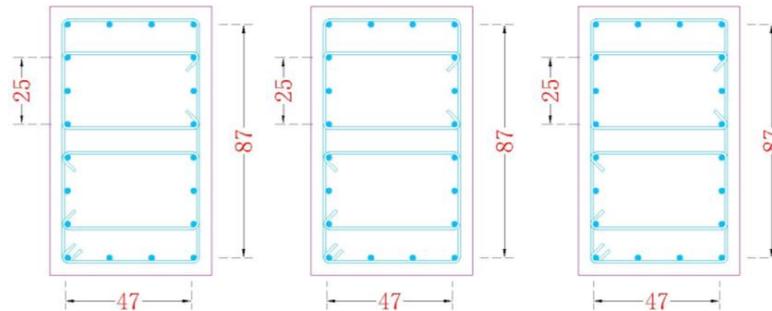
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

4.4. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Kolom Sambungan Kopler

Pembangunan Tribun Penonton Stadion Mini Provinsi Sumatera Utara menggunakan 2 tipe kolom K1 (10,05m) dan K1 (2,05m). dalam menghitung kebutuhan tulangan pada kolom yang digunakan, kolom dikelompokkan berdasarkan panjang kolomnya. Berikut adalah perhitungan kebutuhan tulangan menggunakan sambungan kopler pada kolom tipe K1 (10,05) yang digunakan pada tabel Bar Bending Schedule (BBS).



(a)



(b)

NAMA	: KOLOM (K1)	POSISI	: TUMPUAN (¼- H)	POSISI	: LAPANGAN (½- H)	POSISI	: TUMPUAN (¼- H)
TUL. UTAMA	: 20D22						
EXTRA TUL. ATAS	: -						
EXTRA TUL. BAWAH	: -						
TUL. SENGKANG	: D13-10						
EXTRA TUL. SKG	: D13-10 (4 kaki)	EXTRA TUL. SKG	: D13-10 (4 kaki)	EXTRA TUL. SKG	: D13-10 (4 kaki)	EXTRA TUL. SKG	: D13-10 (4 kaki)

Gambar 4.6. Detail Penulangan Kolom K1: a) Penulangan K1; (b) Detail Penulangan K1.

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Hasil rekapitulasi kebutuhan tulangan pada kolom Proyek Tribun Stadion Mini Pancing dapat dilihat pada Tabel 4.7.

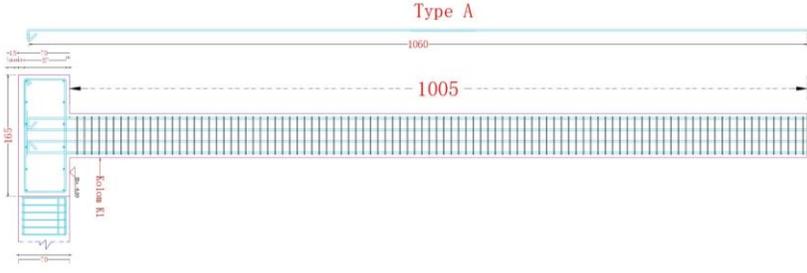
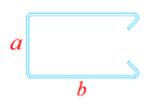
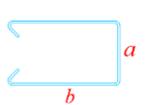
Tabel 4.7. Rekapitulasi kebutuhan tulangan pada kolom sambungan kopler

TIPE KOLOM	DIAMETER TULANGAN	
	D22	D13
KOLOM K1 10,05 m	10.751,44	11.312,85
KOLOM K1 2,05 m	3.112,76	2.396,32
Total Berat Tulangan per Diameter (kg)	13.864,20	13.709,17
Total Berat Tulangan (kg)	27.573,37	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4.8 menampilkan perhitungan kebutuhan tulangan pada kolom K1 10,05 m yang menerapkan metode Bar Bending Schedule (BBS) dengan sambungan yang digunakan adalah sambungan kopler.

Tabel 3.8. Perhitungan kebutuhan tulangan kolom K1 10,05 m.

BAR BENDING SCHEDULE									
KOLOM K1 (60X100 cm) 10,05 M									
VISUAL									
									
Kode	Sketsa Tulangan	Parameter		Panjang Tulangan (m)	Jumlah Tulangan	Jumlah Tiang	Panjang Tot. Tulangan (m)	Berat Tulangan (kg)	
Type A		Diameter (d_b) (mm)		22					
		Panjang (mm)	a	10.600	11,26	20,00	16,00	3.603,20	10.751,44
			Bengkokan(18db)	396					
			Bengkokan(12db)	264					
Type B		Diameter (d_b) (mm)		13					
		Panjang (mm)	a	1.740	3,09	101,50	16,00	5.018,16	5.228,35
			b	940					
			Bengkokan(5x4db)	260					
			kait(2x75)	150					
Type C		Diameter (d_b) (mm)		13					
		Panjang (mm)	a	500	1,80	101,50	16,00	2.919,95	3.042,25
			b	940					
			Bengkokan(4x4db)	208					
			kait(2x75)	150					
Type D		Diameter (d_b) (mm)		13					
		Panjang (mm)	a	500	1,80	101,50	16,00	2.919,95	3.042,25
			b	940					
			Bengkokan(4x4db)	208					
			kait(2x75)	150					



4.5. Perbandingan Volume Kebutuhan Tulangan Pada Kolom dan Balok

Pembangunan Tribun Penonton Stadium Mini Provinsi Sumatera Utara menggunakan 2 tipe kolom K1 (10,05m) dan K1 (2,05m). dalam menghitung kebutuhan tulangan pada kolom yang digunakan, kolom dikelompokkan berdasarkan panjang kolomnya. Berikut adalah perhitungan kebutuhan tulangan menggunakan sambungan konvensional pada kolom tipe K1 (10,05) yang digunakan pada tabel Bar Bending Schedule (BBS). Didapatkan hasil perbandingan antara total berat kebutuhan tulangan menggunakan sambungan konvensional dengan total berat kebutuhan tulangan menggunakan sambungan kopler adalah 2,3%. Volume kebutuhan tulangan menggunakan sambungan kopler lebih kecil sekitar 1.307,39 kg dibandingkan dengan sambungan konvensional.

4.6. Perbandingan Volume Kebutuhan Tulangan Pada Kolom dan Balok

Didapatkan hasil perbandingan antara total harga kebutuhan tulangan menggunakan sambungan konvensional dengan total harga kebutuhan tulangan menggunakan sambungan kopler adalah 2,3%. Biaya kebutuhan tulangan menggunakan sambungan kopler lebih murah sekitar Rp17.819.622,60 dibandingkan dengan sambungan konvensional.

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan kebutuhan tulangan adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan tulangan pada kolom dan balok menggunakan sambungan konvensional adalah 54.830,96 kg.
2. Kebutuhan tulangan pada kolom dan balok menggunakan sambungan kopler adalah 53.523,57 kg.
3. Perbandingan volume kebutuhan tulangan pada kolom dan balok menggunakan sambungan konvensional dengan sambungan kopler adalah 2,3% yaitu sambungan konvensional lebih berat sebesar 1.307,39 kg daripada sambungan kopler.
4. Perbandingan kebutuhan biaya tulangan pada kolom dan balok menggunakan sambungan konvensional dengan sambungan kopler adalah 2,3%, di mana biaya penggunaan sambungan konvensional lebih mahal sebesar Rp17.819.622,60.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 224. (1995). Joints in Concrete Construction..
- Ariestadi, D. (2008). Teknik Struktur Bangunan (dian Ariestadi, Ed.; 3rd ed., Vol. 3). Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. [3] M. F. Fauzi, "Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu (Sawdust) Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Campuran Beton," Universitas Sumatera Utara, 2014.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847 2019). Teknik Sipil, 694, 70–75.



- Badan Standarisasi Nasional. (2017). Baja tulangan beton (SNI 2052:2017). Teknik Sipil, 1, 1–12. www.bsn.go.id Tek. J. Tek., vol. 9, no. 2, p. 82, 2023, doi: 10.35449/teknika.v9i2.224.
- Chairul Munawar, M. (2014). Kajian Struktur Bangunan Gedung Politeknik Perkapalan ITS Dengan Sistem Plat dan Balok Biasa Konvensional Dibandingkan Sistem Struktur Flat Slab Dengan Drop Panel Ditinjau dari Estetika, Biaya dan Waktu. Teknik Sipil, 7(1), 83–92.
- Dipohusodo, I. (1991). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (1st ed., Vol. 1). Yayasan LPMB.
- Franklin Associates. (1998). Characterization of Building related Construction and Demolition Debris in USA: Vol. (I. TechLaw, Ed.; 1st ed.). William Turley.
- Illingworth, J. (2021). Waste in Construction Process (F. A. Amuze, Ed.; 1st ed., Vol. 3).
- Intan, S., Alifen, R. S., & Arijanto, L. (2005). Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi: Sumber Penyebab, Kuantitas, dan Biaya. Civil Engineering Dimension, 7(1), 36–45. <http://puslit.petra.ac.id/journals/civil>
- Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat. (2018). PermenPUPR28-2018. Pengelolaan Barang Milik Negara, 3, 6–39.
- Lancelot, B. Harry. (1985). Mechanical-Splices-of-Reinforcing-Bars. richmond screw anchor company, Inc.
- Nagapan, S., Abdul Rahman, I., & Asmi, A. (2012). Factors Contributing to Physical and Non-Physical Waste Generation in Construction Industry. International Journal of Advances in Applied Sciences, 1(1), 11–23. <https://doi.org/10.11591/ijaas.v1i1.476>
- Nawi, G. E. (1998). Beton Bertulang (T. Surjaman, Ed.; 2nd ed.). PT. Refika Aditama.
- Nugroho, A. J. (2012). Perilaku Sambungan Mekanis Jenis Clamping Terhadap Panjang Lewatan. universitas diponegoro.
- Ritz, G. J., & Levy, S. M. (2014). Total Construction Project Management, Second Edition (A book review by R. Max Wideman, FPMI). http://www.maxwideman.com/papers/book_reviews_5/book1.htm
- Sabry, S., & Hartono, W. (2013). Model Optimasi Pemotongan Besi Tulangan Pelat Lantai dengan Program Linear.
- Sinulingga, S. F. (2008). Perencanaan dan pengendalian produksi (1st ed., Vols. 5–6). Graha Ilmu