Research Review
Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol. 4, No. 1, Mei 2025 ISSN: 29622743

Analisis Sisa Material Besi Tulangan pada Proyek Pembangunan Terminal Tipe B Limboto

(Analysus of Reinforcement Steel Material Waste in the Construction Project of Type B Terminal in Limboto)

Fauzan Lensun[1], Moh Yusuf Tuloli[2], Arfan Utiarahman[3]
[1,2,3]Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia
fauzanlensun04@gmail,com[1], mohammad.tuloli@ung.ac.id[2] , arfanutiarahman@ung.ac.id[3]

Article Info

Article history:

Received: 22 Mei 2025
Revised: 27 Mei 2025
Accepted: 28 Mei 2025

Keywords:

Material Waste
Reinforcement Steel
Pareto Diagram
Cost Estimation

Kata Kunci:
Sisa Material
Besi Tulagan
Diagram Pareto
Estimasi Biaya

Abstract

Reinforcement steel is one of the most expensive materials in building construction projects, accounting for approximately 20%-25% of the total cost. Poor management of this material can lead to significant finansial losses. This research aims to analye the dominant diameters of reinforcement steel that contribute to material waste, estimate the cost of the resulting waste, and identify the factors causing reinforcement steel waste. The research utilized primary data obtained through observation and direct interviews with project implementers, as well as secondary data in the form of shop drawings and budget plans (RAB) to calculate and analyze the percentage of reinforcement steel material waste. The results indicate that the dominant reinforcement steel diameters constributing to material waste based on cost estimation using the Pareto diagram are ribbed steel bars with 19 mm, 16 mm, and 13 mm diameters. The total estimated cost factor contributing to the waste is miscalculation in the estimation of reinforcement volume.

Abstrak

Material besi tulangan merupakan salah satu material dengan biaya tertinggi dalam proyek gedung yaitu berkisar 20%-25%, sehingga pengelolaannya yang kurang optimal dapat menyebabkan kerugian finansial yang besar. Dengan melakukan analisis terhadap sisa material besi tulangan, dapat membantu meningkatkan keuntungan kontraktor dan mengurangi dampak lingkungan. Penelitian menggunakan data primer yang dilakukan melalui observasi serta wawancara langsung dengan pihak pelaksana dan melakukan perhitungan serta menganalisa persentase sisa material besi tulangan menggunakan data sekunder berupa *shop drawing* dan rencana anggaran biaya (RAB). Hasil penelitian ini menunjukkan diameter tulangan yang dominan berdasarkan estimasi biaya menggunakan diagram pareto yaitu besi tulangan ulir diameter 19, besi tulangan ulir diameter 16, dan besi tulangan ulir diameter 13. Total estimasi biaya yang timbul akibat sisa material besi tulangan yaitu sebesar Rp. 18.220.200. Faktor penyebab terjadinya sisa material tulangan adalah kesalah perhitungan volume pembesian.

Corresponding Author:

Fauzan Lensun
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
fauzanlensun04@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri jasa konstruksi berhubungan erat dengan pelaksanaan pembangunan yang saat ini giat dilaksanakan. Pada umumnya industri jasa konstruksi mencakup kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan pembangunan prasarana dan sarana fisik dalam bidang gedung, bidang teknik sipil dan bidang instalasi (Sumaga, 2013; Astawa, 2024). Proyek konstruksi memiliki kerumitan tersendiri, dilihat dari fisik dan anggaran perencanaan, pengelolaan waktu dan anggaran adalah cakupan manajemen konstruksi (Lamato et al., 2022; Simajuntak et al., 2023). Dalam pelaksanaanya, konstruksi membutuhkan sumber daya, antara lain sumber daya tenaga kerja, material, alat dan uang (Chasanah & Sulistyowati, 2017; Rini, 2017). Sumber daya tersebut perlu dikelola penggunaannya agar mencapai efisiensi yang tinggi dalam rangka mencapai sasaran terntu (Putra, 2018).

Industri jasa konstruksi merupakan sektor penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang tengah digencarkan di Indonesia. Industri ini mencakup berbagai kegiatan, seperti pembangunan gedung, prasarana teknik sipil, serta instalasi bangunan (Sumaga, 2013). Seiring dengan kompleksitas proyek konstruksi, mulai dari aspek perencanaan fisik hingga pengelolaan anggaran dan waktu, maka diperlukan manajemen konstruksi yang efektif untuk mencapai hasil yang optimal (Lamato et al., 2022; Yunus, 2023). Salah satu aspek penting dalam manajemen konstruksi adalah pengelolaan sumber daya, meliputi tenaga kerja, material, alat, dan dana. Pengelolaan yang kurang efektif dapat menyebabkan inefisiensi, salah satunya berupa pemborosan material (Putra, 2018).

Masalah signifikan yang sering muncul di lapangan adalah terjadinya sisa atau limbah material konstruksi dalam jumlah besar, terutama pada tahap pelaksanaan. Sisa material ini tidak hanya mengganggu proses kerja, tetapi juga berdampak buruk terhadap efisiensi anggaran (Ramadhani & Wiguna, 2024; Rostiyanti et al., 2024). Berdasarkan penelitian sebelumnya, lebih dari 75% limbah yang dihasilkan dalam industri konstruksi merupakan sisa material yang sebenarnya masih memiliki nilai ekonomis, seperti dapat didaur ulang atau digunakan kembali (Hastuti, 2014; Sugiyarto et al., 2017; Devi, 2021). Menurut Mentari (2021) dan Yuliana et al (2024), limbah material—khususnya kelebihan kuantitas material yang tidak menambah nilai terhadap pekerjaan—merupakan pemborosan yang harus diminimalisir.

Permasalahan sisa material yang paling menonjol terjadi pada penggunaan besi tulangan. Material ini memiliki potensi besar untuk menimbulkan limbah karena penggunaannya yang fleksibel, namun tidak selalu terukur secara presisi di lapangan. Ketidaktepatan dalam pemotongan dan perencanaan panjang besi sering menghasilkan potongan yang tidak lagi bisa digunakan kembali, sehingga menjadi limbah. Kondisi ini menyebabkan kerugian finansial karena sebagian besar anggaran proyek dialokasikan untuk pengadaan material.

Melihat permasalahan tersebut, penelitian ini menjadi penting dan mendesak untuk dilakukan. Penelitian difokuskan pada proyek Pembangunan Terminal Tipe B Limboto, yang dijadikan sebagai objek studi untuk menganalisis sisa material besi tulangan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jumlah dan jenis sisa material tulangan yang terjadi, mengkaji penyebab terjadinya limbah tersebut, serta merumuskan penanganan yang tepat dan langkah pencegahan yang dapat diambil guna meminimalkan limbah material pada proyek konstruksi berikutnya. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam meningkatkan efisiensi penggunaan material dan pengelolaan limbah pada proyek konstruksi di masa mendatang.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Data Primer dan Data Sekunder

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan tujuan untuk menganalisis jumlah sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi dan mengevaluasi dampaknya terhadap efisiensi biaya. Proses pengumpulan data dilakukan melalui dua sumber utama, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara langsung dengan pihak pelaksana proyek, khususnya bagian logistik, guna mendapatkan informasi akurat mengenai jumlah pembelian material tulangan, frekuensi pengiriman, serta mekanisme pengelolaan material di lapangan. Selain itu, wawancara juga dilakukan untuk mengetahui prosedur penyimpanan dan penanganan sisa material yang diterapkan selama pelaksanaan proyek.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari dokumen proyek yang relevan, seperti gambar kerja akhir atau *As Built Drawing* dan dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB). Gambar kerja digunakan untuk mengetahui kebutuhan aktual material berdasarkan pelaksanaan di lapangan, sedangkan RAB dimanfaatkan untuk mengetahui perencanaan awal kuantitas material dan biaya yang dialokasikan.

2.2 Pengolahan Data

Setelah seluruh data dikumpulkan, tahap selanjutnya adalah pengolahan dan analisis data. Langkah pertama dalam pengolahan data adalah menghitung total kebutuhan material besi tulangan berdasarkan gambar *As Built Drawing*. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara jumlah kebutuhan aktual dan jumlah material yang dibeli untuk mengetahui besarnya sisa material. Setelah itu, dilakukan perhitungan nilai biaya dari sisa material yang terjadi, dengan mengacu pada harga satuan material besi yang tercantum dalam RAB. Terakhir, untuk mengetahui seberapa besar dampak dari sisa material terhadap efisiensi proyek, dilakukan analisis persentase biaya sisa material terhadap total anggaran pengadaan besi tulangan.

Melalui analisis ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai besarnya potensi kerugian akibat sisa material dan menjadi dasar untuk merumuskan langkah-langkah pencegahan serta penanganan yang lebih efektif dalam proyek-proyek konstruksi berikutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Sisa Material

3.1.1 Perhitungan Material Tulangan yang Dipakai

1. Pondasi Telapak

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Besi Terpakai Pek. Pondasi Telapak

NO	Uraian Pekerjaan	Total Tulangan (Btg)	Diameter
1	Pondasi Telapak Tipe 1 (1,8x1,8)	336	D16
2	Pondasi Telapak Tipe 2 (1,75x1,75)	384	D16
3	Pondasi Telapak Tipe 3 (1,5x1,5)	96	D16
4	Pondasi Telapak Tipe 4 (1,2x1,2)	80	D16
5	Pondasi Telapak Tipe 5 (1,8x2,85)	44	D16
	Total Besi Keseluruhan Pondasi Telapak	**940**	**D16**

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan Tabel 1 yang memuat rekapitulasi perhitungan besi tulangan yang digunakan untuk pekerjaan pondasi telapak pada Proyek Pembangunan Terminal Tipe B Limboto, diperoleh total penggunaan besi tulangan ulir dengan diameter 16 mm (D16) sebanyak 940 batang. Jumlah tersebut merupakan akumulasi dari lima tipe pondasi telapak yang berbeda, masing-masing dengan ukuran dan kebutuhan tulangan yang bervariasi. Pondasi Telapak Tipe 1 (1,8 x 1,8 m) menyerap jumlah besi terbanyak yaitu 336 batang, diikuti oleh Tipe 2 (1,75 x 1,75 m) sebanyak 384 batang. Sementara itu, Pondasi Tipe 3, 4, dan 5 masing-masing menggunakan 96 batang, 80 batang, dan 44 batang. Data ini menunjukkan bahwa kebutuhan material tulangan sangat dipengaruhi oleh ukuran dan desain masing-masing pondasi, di mana tipe-tipe dengan dimensi lebih besar memerlukan jumlah besi yang lebih banyak. Hasil ini menjadi dasar awal dalam mengidentifikasi sisa material, karena efisiensi penggunaan tulangan sangat erat kaitannya dengan ketepatan dalam perhitungan volume kebutuhan pada tahap perencanaan.

2. Kolom Pedestal

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Besi Terpakai Pek. Kolom Pedestal

NO	Uraian Pekerjaan	Tulangan Pokok (Btg)	Diameter	Tulangan Sengkang (btg)	Diameter
1	Kolom Pedestal (50x50)	6	D19	6	Ø8
2	Kolom Pedestal (40x40)	210	D19	140	Ø8
3	Kolom Pedestal (30x30)	18	D19	12	Ø8
	Total Besi Keseluruhan Kolom Pedestal Tul D19			234	D19
	Total Besi Keseluruhan Kolom Pedestal Tul Ø8			158	Ø8

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan Tabel 2 yang memuat rekapitulasi perhitungan besi tulangan yang digunakan pada pekerjaan *kolom pedestal* dalam Proyek Pembangunan Terminal Tipe B Limboto, diperoleh total kebutuhan

besi tulangan pokok berdiameter 19 mm (D19) sebanyak 234 batang dan tulangan sengkang berdiameter 8 mm (Ø8) sebanyak 158 batang. Rincian kebutuhan tersebut berasal dari tiga tipe dimensi kolom pedestal.

Pada *Kolom Pedestal* berukuran 50x50 cm, digunakan sebanyak 6 batang tulangan pokok D19 dan 6 batang tulangan sengkang Ø8. Dimensi ini menunjukkan kebutuhan yang relatif kecil dibanding tipe lainnya, kemungkinan karena jumlah unit atau panjang batang yang digunakan lebih sedikit.

Selanjutnya, tipe kolom pedestal berukuran 40x40 cm menyerap jumlah besi tulangan terbesar, yaitu sebanyak 210 batang untuk tulangan pokok D19 dan 140 batang untuk tulangan sengkang Ø8. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran 40x40 merupakan tipe kolom yang paling banyak digunakan atau memiliki ketinggian yang cukup signifikan, sehingga membutuhkan lebih banyak tulangan untuk menjaga kestabilan dan kekuatan struktur.

Sementara itu, pada kolom pedestal ukuran 30x30 cm digunakan sebanyak 18 batang tulangan pokok D19 dan 12 batang tulangan sengkang Ø8. Meskipun jumlahnya relatif sedikit, kebutuhan ini tetap memberikan kontribusi terhadap total penggunaan besi dalam struktur kolom.

Analisis terhadap data ini memperlihatkan bahwa jenis besi tulangan yang dominan digunakan dalam pekerjaan kolom pedestal adalah besi D19 sebagai tulangan pokok, diikuti oleh besi Ø8 sebagai tulangan sengkang. Informasi ini sangat penting dalam proses pengendalian material agar perhitungan kebutuhan besi dilakukan secara akurat, sehingga dapat menghindari terjadinya kelebihan pemesanan atau sisa material di lapangan. Selain itu, data ini juga berguna dalam mengidentifikasi titik-titik potensi penyebab limbah material dan dapat menjadi acuan dalam evaluasi efektivitas pengelolaan bahan konstruksi.

3. Sloof

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Besi Terpakai Pek. Sloof

No.	Uraian Pekerjaan	Tul. Pokok (Btg)	Diameter	Tul. Tengah (Btg)	Diameter	Tul. Sengkang (Btg)	Diameter
1	Sloof Tipe 1 (30x40)	390	D16	98	D13	364	D10
2	Sloof Tipe 2 (20x30)	29	D16	-	-	21	D8
3	Sloof Tipe 3 (15x200)	39	D13	-	-	27	D8
Total Besi Keseluruhan Sloof Tul D16				419		D16	
Total Besi Keseluruhan Sloof Tul D13				137		D13	
Total Besi Keseluruhan Sloof Tul D10				364		D10	
Total Besi Keseluruhan Sloof Tul D8				48		D8	

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan Tabel 3 yang menampilkan rekapitulasi perhitungan kebutuhan besi tulangan untuk pekerjaan sloof pada Proyek Pembangunan Terminal Tipe B Limboto, dapat dianalisis bahwa penggunaan besi tulangan sangat bervariasi tergantung pada tipe dan dimensi sloof yang digunakan. Tabel ini mencakup tiga jenis sloof dengan dimensi dan kebutuhan material yang berbeda, mencerminkan kompleksitas struktur bawah bangunan.

Pada Sloof Tipe 1 (30x40 cm), yang merupakan tipe dengan dimensi terbesar, kebutuhan besi sangat dominan. Untuk tulangan pokok, digunakan sebanyak 390 batang besi D16. Sedangkan untuk tulangan tengah digunakan 98 batang besi D13, dan untuk tulangan sengkang diperlukan 364 batang besi D10. Ini menunjukkan bahwa sloof tipe ini memiliki peran struktural yang penting dalam mendistribusikan beban bangunan, sehingga memerlukan jumlah dan diameter besi yang relatif besar.

Sementara itu, Sloof Tipe 2 (20x30 cm) menggunakan 29 batang besi D16 sebagai tulangan pokok dan 21 batang besi D8 sebagai tulangan sengkang. Tidak terdapat tulangan tengah dalam tipe ini, yang mengindikasikan struktur lebih sederhana dibandingkan tipe pertama. Dimensi yang lebih kecil dan tidak adanya tulangan tengah menunjukkan bahwa sloof ini berfungsi pada bagian bangunan dengan beban lebih ringan.

Adapun pada Sloof Tipe 3 (15x20 cm), digunakan 39 batang besi D13 untuk tulangan pokok dan 27 batang besi D8 untuk tulangan sengkang. Sama seperti tipe kedua, tipe ini juga tidak memerlukan tulangan tengah, menandakan bahwa penggunaannya lebih terbatas pada elemen struktural yang tidak menanggung beban besar.

Secara keseluruhan, jumlah total besi tulangan yang digunakan dalam pekerjaan sloof adalah sebagai berikut:

- 419 batang besi D16, dominan digunakan sebagai tulangan pokok, terutama pada sloof tipe 1 dan 2.
- 137 batang besi D13, digunakan sebagai tulangan tengah dan pokok pada tipe tertentu.
- 364 batang besi D10, digunakan sebagai tulangan sengkang pada sloof tipe 1.
- 48 batang besi D8, digunakan sebagai tulangan sengkang pada sloof tipe 2 dan 3.

Dari analisis ini dapat disimpulkan bahwa besi D16 dan D10 merupakan dua jenis yang paling banyak digunakan, dan karenanya harus menjadi perhatian utama dalam perencanaan kebutuhan dan pengendalian sisa material. Penggunaan jenis dan jumlah besi yang cukup besar pada sloof menunjukkan bahwa pekerjaan ini menyumbang signifikan terhadap total kebutuhan material dalam proyek, sehingga pengelolaannya harus dilakukan dengan cermat untuk menghindari pemborosan dan sisa material yang berlebihan.

4. Kolom

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Besi Terpakai Pek. Kolom

NO	Uraian Pekerjaan	Tulangan Pokok (Btg)	Diameter	Tulangan Sengkang (btg)	Diameter
1	Kolom (50x50)	16	D19	10	D8
2	Kolom (40x40)	280	D19	280	D8
3	Kolom (30x30)	18	D16	18	D10
4	Kolom (20x20)	12	Ø12	12	Ø 8
	Total Besi Keseluruhan Kolom Tul D19			296	D19
	Total Besi Keseluruhan Kolom Tul D16			18	D16
	Total Besi Keseluruhan Kolom Tul Ø12			12	Ø12
	Total Besi Keseluruhan Kolom Tul D10			18	D10
	Total Besi Keseluruhan Kolom Tul D8			290	D8
	Total Besi Keseluruhan Kolom Tul Ø8			12	Ø8

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan Tabel 4 yang menyajikan rekapitulasi perhitungan kebutuhan besi tulangan untuk pekerjaan kolom pada Proyek Pembangunan Terminal Tipe B Limboto, dapat dilakukan analisis mendalam mengenai variasi dan volume penggunaan besi berdasarkan dimensi kolom serta jenis tulangannya. Setiap ukuran kolom memerlukan jumlah dan diameter besi yang berbeda, tergantung pada kapasitas beban yang harus ditopang.

Pada Kolom berukuran 50x50 cm, digunakan 16 batang besi D19 sebagai tulangan pokok dan 10 batang besi D8 sebagai tulangan sengkang. Dimensi ini menunjukkan bahwa kolom tersebut bertugas menopang beban cukup besar, sehingga menggunakan diameter dan jumlah besi yang relatif besar meskipun jumlah total kolomnya tidak banyak.

Kolom 40x40 cm merupakan tipe dengan kebutuhan besi terbesar. Sebanyak 280 batang besi D19 digunakan untuk tulangan pokok, serta jumlah yang sama, yaitu 280 batang besi D8, untuk tulangan sengkang. Ini menunjukkan bahwa tipe kolom ini paling dominan digunakan dalam struktur bangunan dan menanggung beban struktural signifikan, sehingga memerlukan penguatan yang tinggi, baik pada inti maupun pengikatnya.

Pada Kolom 30x30 cm, digunakan 18 batang besi D16 untuk tulangan pokok dan 18 batang besi D10 untuk tulangan sengkang. Jenis ini memiliki ukuran menengah dan penggunaannya kemungkinan berada pada bagian bangunan dengan beban sedang.

Sementara itu, Kolom 20x20 cm adalah yang terkecil dalam proyek ini, menggunakan 12 batang besi Ø12 sebagai tulangan pokok dan 12 batang besi Ø8 untuk tulangan sengkang. Kolom jenis ini kemungkinan digunakan pada bagian bangunan yang hanya menanggung beban ringan atau bersifat non-struktural.

Secara keseluruhan, total kebutuhan besi untuk pekerjaan kolom adalah sebagai berikut:

- 296 batang besi D19, yang paling dominan digunakan sebagai tulangan pokok, terutama untuk kolom 40x40 cm.
- 18 batang besi D16, digunakan untuk kolom 30x30 cm.
- 12 batang besi Ø12, digunakan untuk kolom kecil (20x20 cm).
- 18 batang besi D10, sebagai tulangan sengkang untuk kolom 30x30 cm.
- 290 batang besi D8, digunakan secara intensif terutama pada kolom 40x40 cm.
- 12 batang besi Ø8, digunakan untuk kolom terkecil.

Dari analisis ini dapat disimpulkan bahwa besi D19 dan D8 merupakan jenis tulangan yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan kolom. Hal ini menunjukkan bahwa pekerjaan kolom memberikan kontribusi signifikan terhadap total kebutuhan material tulangan proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengelolaan besi D19 dan D8 harus diperhatikan secara khusus untuk meminimalisir potensi kelebihan atau sisa material yang dapat menimbulkan pemborosan anggaran. Selain itu, variasi diameter besi juga menuntut ketelitian dalam perencanaan dan pemesanan bahan, agar tidak terjadi kekurangan atau kelebihan pasokan di lapangan.

Berdasarkan hasil perhitungan besi yang dipakai pada pekerjaan pondasi telapak, kolom pedestal, sloof, kolom didapat jumlah besi yang diperlukan, dan telah dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi Tulangan yang Terpakai

Jenis Diameter	Jumlah Tulangan	Satuan
Besi D19	530	Btg
Besi D16	1377	Btg
Besi D13	137	Btg
Besi Ø12	12	Btg
Besi D10	382	Btg
Besi D8	338	Btg
Besi Ø8	170	Btg

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan Tabel 5 yang memuat rekapitulasi tulangan yang terpakai pada seluruh elemen struktur bangunan, yaitu pondasi telapak, kolom pedestal, sloof, dan kolom, dapat disimpulkan bahwa terdapat variasi diameter dan jumlah penggunaan besi tulangan yang cukup signifikan, tergantung pada fungsi struktural masing-masing bagian bangunan. Tabel ini menyajikan gambaran menyeluruh tentang distribusi penggunaan besi dalam proyek Pembangunan Terminal Tipe B Limboto.

Jenis besi tulangan D16 tercatat sebagai yang paling banyak digunakan, yaitu sebanyak 1.377 batang. Jumlah ini sangat dominan dibandingkan dengan jenis besi lainnya, menunjukkan bahwa diameter D16 merupakan kebutuhan utama dalam struktur proyek ini, terutama untuk pekerjaan pondasi telapak dan sloof, yang memang membutuhkan kekuatan tinggi untuk menopang beban struktural dari atas.

Selanjutnya, besi D19 juga digunakan dalam jumlah besar, yakni 530 batang, yang sebagian besar digunakan pada kolom dan kolom pedestal sebagai tulangan pokok. Besi D19 berfungsi memberikan kekuatan vertikal pada struktur dan banyak dipakai pada bagian kolom utama yang menanggung beban besar. Penggunaan jenis ini juga mencerminkan pentingnya penguatan vertikal dalam desain bangunan terminal.

Besi D10 dan D8 masing-masing digunakan sebanyak 382 batang dan 338 batang. Kedua jenis ini sebagian besar digunakan sebagai tulangan sengkang (pengikat) pada berbagai elemen seperti kolom dan sloof. Meskipun tidak sebesar D16 atau D19, perannya tetap vital dalam mempertahankan bentuk dan posisi tulangan pokok agar tidak bergeser, serta menahan gaya geser yang terjadi pada struktur.

Sementara itu, besi Ø8 digunakan sebanyak 170 batang, biasanya untuk tulangan sengkang pada dimensi kolom yang lebih kecil atau untuk kebutuhan khusus yang tidak terlalu membebani struktur utama. Jumlah ini masih tergolong signifikan, dan perlu dikelola dengan cermat karena dapat menimbulkan sisa material jika tidak direncanakan secara tepat.

Besi D13 digunakan sebanyak 137 batang, umumnya sebagai tulangan tengah pada sloof atau elemen struktural sekunder lainnya. Sedangkan besi Ø12 hanya digunakan sebanyak 12 batang, menjadikannya sebagai jenis besi dengan jumlah paling sedikit dalam proyek ini. Hal ini menunjukkan bahwa Ø12 memiliki fungsi yang sangat terbatas dalam keseluruhan struktur bangunan.

Dari keseluruhan data ini, dapat disimpulkan bahwa jenis besi tulangan D16, D19, dan D10 merupakan tiga jenis yang paling dominan dalam proyek ini, baik sebagai tulangan utama maupun pengikat. Oleh karena

itu, pengadaan, pengelolaan, dan perencanaan kebutuhan untuk jenis-jenis besi tersebut harus dilakukan dengan sangat teliti agar dapat menekan kemungkinan terjadinya sisa material dan pemborosan anggaran. Analisis ini juga penting sebagai dasar dalam perhitungan efisiensi biaya dan evaluasi manajemen material di lapangan.

Dari hasil perhitungan jumlah tulangan yang dibutuhkan, didapatkan hasil rekapitulasi sisa material, telah dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi Sisa Tulangan

Jenis Diameter	Pembelian Tulangan	Kebutuhan Tulangan	Sisa Material	Satuan
Besi D19	555	530	25	Btg
Besi D16	1400	1377	23	Btg
Besi D13	151	137	14	Btg
Besi Ø12	16	12	4	Btg
Besi D10	398	382	16	Btg
Besi D8	354	338	16	Btg
Besi Ø8	192	170	22	Btg

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Perhitungan rekapitulasi sisa tulangan dibutuhkan untuk mendapatkan harga sisa material yang telah dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 7. Rekapitulasi Biaya Sisa Material Tulangan

No	Jenis Diameter	Sisa Besi Tulangan	Harga Satuan	Harga Biaya Sisa Besi Tulangan
1	Besi D19	25	Rp. 294.000	Rp. 7.350.000
2	Besi D16	23	Rp. 222.000	Rp. 5.106.000
3	Besi D13	14	Rp. 142.000	Rp. 1.988.000
4	Besi Ø12	4	Rp. 120.000	Rp. 480.000
5	Besi D10	16	Rp. 78.000	Rp. 1.248.000
6	Besi D8	16	Rp. 55.000	Rp. 880.000
7	Besi Ø8	22	Rp. 53.100	Rp. 1.168.200
		Jumlah		**Rp. 18.220.200**

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

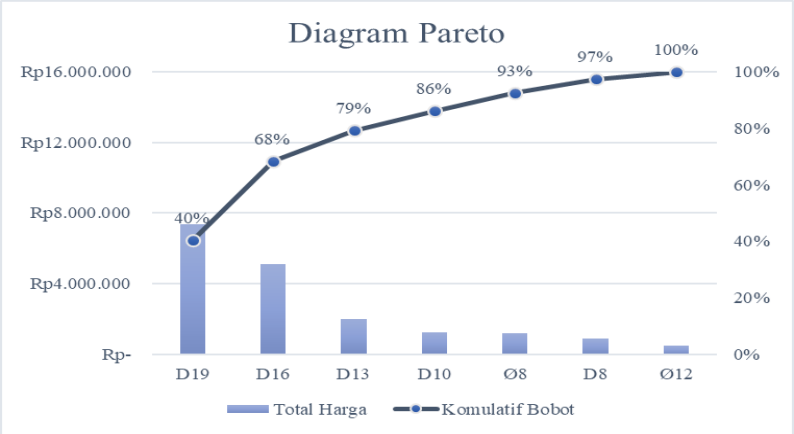
Dari hasil perhitungan rekapitulasi biaya sisa material tulangan didapatkan hasil persentase biaya sisa material, telah dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 8. Perhitungan Analisis Pareto Estimasi Biaya

No.	Jenis Diameter	Total Biaya (Rp)	Komulatif Biaya (Rp)	Bobot (%)	Komulatif Bobot (%)
A	B	D	E(D+E)	F(D/total)	G(F+G)
1	Besi D19	Rp. 7.350.000	Rp. 7.350.000	40%	40%
2	Besi D16	Rp. 5.106.000	Rp. 12.456.000	28%	68%
3	Besi D13	Rp. 1.988.000	Rp. 14.444.000	11%	79%
4	Besi D10	Rp. 1.248.000	Rp. 15.692.000	7%	86%
5	Besi Ø8	Rp. 1.168.200	Rp. 16.860.200	6%	93%
6	Besi D8	Rp. 880.000	Rp. 17.740.200	5%	97%
7	Besi Ø12	Rp. 480.000	Rp. 18.220.200	3%	100%
		Rp. 18.220.200		**100%**	

(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Setelah total biaya dan persentase komulatif bobot didapatkan dari hasil analisis data, maka dapat dibuat grafik analisis pareto. Grafik analisis pareto dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Grafik Analisis Pareto
(Sumber: Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan analisis diagram pareto estimasi biaya sisa material besi tulangan yang dapat dilihat pada gambar di atas tersebut, dapat diketahui persentase dibawah 80% terdapat 3 batang yaitu batang material tulangan Diameter 19, besi tulangan ulir Diameter 16, dan besi tulangan ulir Diameter 13. Menurut prinsip pareto material yang di bawah 80% yaitu material yang paling dominan menimbulkan sisa material besi tulangan, besi tulangan tersebut adalah material besi tulangan Diameter 19, besi tulangan ulir Diameter 16, dan besi tulangan ulir Diamter 13.

3.2 Faktor-faktor Penyebab

Berdasarkan hasil observasi langsung di lokasi proyek pembangunan Terminal Tipe B Limboto, terdapat beberapa faktor utama yang menyebabkan terjadinya sisa material tulangan. Faktor yang paling dominan adalah kesalahan dalam perhitungan volume pembesian. Kesalahan ini muncul karena adanya ketidaksesuaian antara volume pembesian yang tercantum dalam Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan volume pembesian yang sebenarnya dibutuhkan di lapangan.

Perbedaan volume ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, antara lain ketidaktepatan dalam pengukuran dan perhitungan awal desain struktur yang tidak memperhitungkan kondisi lapangan secara rinci. Misalnya, perubahan desain yang terjadi saat pelaksanaan di lapangan, penyesuaian dimensi elemen struktur, atau bahkan perubahan spesifikasi material yang tidak segera di-update dalam dokumen RAB. Akibatnya, jumlah material yang dipesan dan disediakan berdasarkan RAB menjadi berlebih dibandingkan dengan kebutuhan sebenarnya di lapangan.

Selain itu, faktor komunikasi yang kurang efektif antara pihak perencana, pelaksana, dan bagian logistik juga turut berkontribusi terhadap munculnya sisa material. Kurangnya koordinasi dalam pengadaan material menyebabkan informasi mengenai kebutuhan aktual tidak tersampaikan dengan tepat waktu, sehingga material tetap dikirim meskipun kebutuhan sudah berubah atau berkurang. Hal ini menyebabkan penumpukan material di lokasi proyek dan meningkatkan risiko sisa material.

Faktor lain yang juga berpengaruh adalah kurangnya pengelolaan dan pengawasan yang ketat terhadap penggunaan material di lapangan. Sistem pengendalian stok material yang belum optimal memungkinkan terjadinya pemborosan atau ketidakteraturan dalam pemakaian besi tulangan, sehingga material yang tersedia tidak dapat termanfaatkan secara maksimal.

Secara keseluruhan, faktor-faktor tersebut—kesalahan perhitungan volume, komunikasi yang kurang efektif, dan pengelolaan material yang belum optimal—menjadi penyebab utama terjadinya sisa material tulangan pada proyek pembangunan Terminal Tipe B Limboto. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan di masing-masing aspek tersebut untuk meminimalkan terjadinya sisa material pada pelaksanaan proyek berikutnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jenis besi tulangan yang paling dominan dalam estimasi biaya pada proyek Pembangunan Terminal Tipe B Limboto adalah besi tulangan ulir dengan diameter 19 mm, 16 mm, dan 13 mm. Hal ini ditunjukkan melalui analisis menggunakan Diagram Pareto yang mengidentifikasi jenis besi tulangan dengan kontribusi terbesar terhadap biaya material. Selanjutnya, dari hasil perhitungan jumlah kebutuhan dan penggunaan besi tulangan di lapangan, ditemukan adanya sisa material yang cukup signifikan. Sisa material tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui dampak ekonominya, dan diperoleh estimasi biaya yang ditimbulkan akibat sisa

material besi tulangan sebesar Rp18.220.000. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan serta hasil wawancara dengan pihak pelaksana proyek, diketahui bahwa salah satu faktor utama penyebab terjadinya sisa material adalah kesalahan dalam perhitungan volume pembesian. Temuan ini menegaskan pentingnya akurasi dalam perencanaan kebutuhan material serta perlunya evaluasi menyeluruh terhadap proses pengadaan dan penggunaan material untuk meminimalkan potensi pemborosan pada proyek konstruksi.

4.2 Saran/Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan guna meminimalisir terjadinya sisa material tulangan pada proyek konstruksi. Pertama, perlu dilakukan perencanaan kebutuhan material yang lebih cermat di lapangan serta pengelolaan material yang baik agar penggunaan besi tulangan menjadi lebih efisien dan sisa material dapat ditekan seminimal mungkin. Kedua, penting bagi seluruh pihak yang terlibat dalam proyek—termasuk pemilik proyek (owner), perencana, pelaksana, serta tim pengawas—untuk meningkatkan komunikasi dan koordinasi, guna mencegah terjadinya miskomunikasi yang dapat berdampak negatif terhadap kelancaran pelaksanaan proyek. Ketiga, disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dengan objek pekerjaan sejenis namun di lokasi proyek yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk memperoleh data yang lebih variatif terkait faktor-faktor penyebab terjadinya sisa material tulangan, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan atau pedoman bagi penyedia jasa konstruksi dan tim pelaksana dalam merancang strategi pengelolaan material yang lebih efektif di masa mendatang.

REFERENSI

Astawa, P. M. Y. (2024). *Pelaksanaan Knowledge Sharing pada Pelatihan Sharing Session dalam Meningkatkan Kinerja Karyawan di PT Tunas Jaya Sanur* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).

Chasanah, U., & Sulistyowati, S. (2017). Penerapan manajemen konstruksi dalam pelaksanaan konstruksi. *Neo Teknika*, *3*(1).

Devi, K. (2021). Analisis Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah 4 Lantai Universitas Muhammadiyah Riau. *Universitas Islam Riau*.

Hastuti, S. P. (2014). Waste Management Pada Proyek Pembangunan Gedung Sebagai Bagian Dari Upaya Perwujudan Green Construction (Studi Kasus: Pembangunan Gedung–Gedung Di Universitas Sebelas Maret Surakarta).

Lamato, F., Utiarahman, A., & Tuloli, M. Y. (2022). Analisis earned value terhadap proyek pembangunan renovasi gedung kantor BPJN. *Jurnal Vokasi Sains Dan Teknologi*, *1*(2), 46-53.

Mentari, N. (2017). Analisis Pemborosan Material (Material Waste) Pada Proyek Bangunan Gedung Bertingkat Di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Putra, B. F. (2018). *Analisis Faktor Penyebab dan Mitigasi Waste pada Proyek Konstruksi Gedung di Kota Surabaya* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya).

Ramadhani, S. A., & Wiguna, I. P. A. (2024). Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Penerapan Implementasi Pengolahan Limbah Konstruksi Berkelanjutan Pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, *22*(3), 307-318.

Rini, I. P. (2017). Pengaruh produktivitas tenaga kerja terhadap kinerja waktu proyek pada bangunan bertingkat. *Jurnal Infrastruktur*, *3*(2), 127-135.

Rostiyanti, S. F., Koesalamwardi, A. B., & Ermariza, I. (2024). Analisis Perspektif Kontraktor terhadap Penyebab Terjadinya Limbah Konstruksi. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, *22*(3), 245-254.

Simanjuntak, M. R., Manurung, I. D. E. H., St, M. T., MM, M., Ir Oloan Sitohang, M. T., Naibaho, I. P. R., ... & Ir Suripto, M. (2023). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Cendikia Mulia Mandiri.

Sugiyarto, S., Hartono, W., & Prakoso, I. T. (2017). Analisis Dan Identifikasi Sisa Material Kontruksi Dalam Proyek Pembangunan Dan Peningkatan Jalan Solo-Gemolong-Geyer Bts, Kab. Sragen. *Matriks Teknik Sipil*, *5*(3).

Sumaga, A. U. (2013). Analisis Kepuasan Pengguna Jasa Terhadap Penerapan Manajemen Rekayasa Konstruksi Profesional Ruko Di Kawasan Bussiness Park Kota Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, *3*(1).

Yuliana, C., Sofia, E., & Hidayat, G. (2024). Analysis Of Remaining Construction Materials And Their Causal Factors In Building Project. *Jurnal Infrastruktur*, *10*(1), 51-59.

Yunus, A. I. (2023). Pengertian Manajemen Konstruksi Oleh Andi Ibrahim Yunus, St, Mt. *Manajemen Konstruksi*, *1*.