

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab I akan membahas mengenai latar belakang masalah, fokus penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian bagi mahasiswa dan perusahaan konstruksi.

1.1 Latar Belakang Masalah

Sektor konstruksi di Indonesia saat ini sedang mengalami perkembangan yang pesat. Meningkatnya pembangunan infrastruktur di Indonesia, dapat memungkinkan terjadinya berbagai permasalahan saat pelaksanaan proyek konstruksi berlangsung. Pada pelaksanaan proyek konstruksi, dibutuhkan sumber daya proyek terdiri dari 5M, yaitu pekerja (*man*), metode (*method*), alat (*machine*), biaya (*money*), dan material (*materials*). Material memiliki peran penting sebesar 40-50% dari total biaya proyek (Mahapatni et al., 2024). Penggunaan material konstruksi harus direncanakan dan diawasi dengan baik, agar pemborosan material pada pembangunan proyek tidak terjadi sehingga dapat meminimalkan limbah material (*material waste*) (Permana Putra et al., 2024).

Material sisa/*waste* adalah 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 material (Sinipat & Beatrix, 2023). Besi tulangan adalah salah satu material yang paling banyak memakan biaya dan waktu, dan merupakan salah satu material yang menyisahkan sisa yang cukup banyak (Kurniawan & Ujianto, 2023). Menurut Farizi & Sutantiningrum, (2025), faktor penyebab *waste* material besi adalah perubahan desain, manajemen yang buruk, pemotongan material yang tidak tepat selama produksi, serta kurangnya komunikasi antara personel kantor dan pekerja lapangan. *Waste* material dapat berdampak pada penggunaan material yang tidak optimal dan meningkatkan anggaran biaya proyek (Mahapatni et al., 2024).

Studi kasus pada penelitian ini adalah Proyek Sekolah Noah yang berlokasi di Jl. Persahabatan Timur No. 63 RT 001/RW 017, Cipinang, Pulo Gadung, Jakarta Timur, 13240. Pembangunan proyek tersebut akan difungsikan sebagai tempat pembelajaran sosial dan budaya dengan nama sekolah Noah yang berdiri di bawah

naungan Yayasan Del. Proyek ini dikerjakan oleh kontraktor dari PT Anantagraha Primaperkasa. Proyek tersebut berupa gedung yang direncanakan akan memiliki 4 lantai + 1 *basement* dengan luas bangunan sebesar 2.174,09 m² seperti yang ditunjukkan pada papan informasi proyek pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1. 1 Papan Informasi Proyek

Pada proyek Sekolah Noah ditemukan adanya *waste* material besi tulangan dengan jumlah yang cukup banyak. *Waste* besi tersebut merupakan sisa-sisa potongan besi hasil dari seluruh pekerjaan struktur proyek yang sudah tidak digunakan. Sisa potongan besi di lapangan dijadikan dalam satu tumpukan yang dapat dilihat pada **Gambar 1.2**.



Gambar 1. 2 Tumpukan Sisa Potongan Besi

Gambar 1. 2 merupakan tumpukan sisa potongan besi di lapangan pada proyek Sekolah Noah. Seluruh sisa potongan besi tersebut kemudian dijual kepada perusahaan yang melayani jual beli besi *scrap* sebagai bahan baku peleburan.

Berdasarkan wawancara dengan Bapak Haryono selaku *Site Engineer* proyek sekolah noah, menyatakan bahwa banyaknya *waste* besi disebabkan karena pada proses perencanaan kebutuhan besi dihitung berdasarkan gambar *2D Detail Engineering Detail* (DED) yang belum menampilkan detail gambar pembesian secara lengkap, seperti panjang pemotongan besi, termasuk panjang sambungan dan panjang bengkokan pada seluruh lantai bangunan. Selain itu kebutuhan besi dihitung dengan menggunakan panjang efektif batang sebesar 11 meter, meskipun panjang standar batang besi umumnya 12 meter. Selisih 1 meter tersebut dianggap sebagai *allowance waste* atau kehilangan material. Hal ini dilakukan karena pada proses fabrikasi dan pemasangan tulangan terdapat potensi sisa potongan besi yang tidak dapat dimanfaatkan kembali akibat keterbatasan panjang potongan, variasi dimensi elemen struktur, kesalahan pemotongan, dan kerusakan atau cacat material selama proses pekerjaan konstruksi. Oleh karena itu, penggunaan panjang efektif batang besi 11 meter sebagai bentuk faktor pengaman dalam perhitungan kebutuhan besi agar ketersediaan besi di lapangan tetap tercukupi dan tidak terjadi kekurangan material saat pelaksanaan konstruksi.

Selain itu pada penggunaan besi tulangan di proyek sekolah noah belum melakukan perencanaan pemotongan besi yang teratur dengan mempertimbangkan kombinasi panjang batang besi secara sistematis. Dalam proses pabriksi pemotongan besi dilakukan berdasarkan perkiraan tukang dengan membaca gambar kerja 2D. Hal tersebut akan berpotensi terjadinya kesalahan pemotongan besi dan kesalahan pemasangan besi tulangan, sehingga akan banyak sisa potongan besi (*waste*) yang tidak termanfaatkan dengan maksimal. Kesalahan pemotongan besi terjadi saat proses pabriksi yang menyebabkan ketidaksesuaian bentuk dan panjang besi karena besi yang dipotong lebih panjang dari gambar dan/atau besi yang dipotong lebih pendek sehingga tidak bisa dipakai dan berdampak pada meningkatnya *waste* material. Kesalahan pemasangan terjadi saat proses pemasangan besi di lapangan yang menyebabkan ketidaksesuaian posisi dan jarak besi tulangan yang dipasang salah. Hal ini disebabkan karena kesalahan membaca

gambar, ketidakteitian pekerja, dan kurangnya pengawasan sehingga berdampak pada menurunnya kualitas struktur. Contohnya pada sambungan (*overlap*) besi balok di proyek tersebut berlebih sebesar 20 cm dari standar yang sudah ditentukan. Kelebihan pada sambungan (*overlap*) besi balok ini merupakan kesalahan pemasangan yang didasari oleh kesalahan pemotongan, yaitu ketika tulangan dipotong lebih panjang dari kebutuhan sehingga pekerja memasang *overlap* melebihi standar. Hal ini akan meningkatkan *waste* material besi yang berdampak pada tidak optimalnya penggunaan besi dan pemborosan material. Total berat *waste* besi yang dihasilkan dari seluruh pekerjaan struktur pada proyek sekolah noah tercantum dalam Berita Acara *Waste* Material Besi yang dibuat oleh kontraktor berdasarkan hasil penjualan *waste* besi yang dapat dilihat pada **Gambar 1.3**.

	PT. ANANTAGRAHA PRIMAPERKASA Ruko prominence Blok. 38F No. 46 & 47 Jl. Jalur Sutera, Alam Sutera - Tangerang 15325	PROYEK : SEKOLAH TK NOAH LOKASI : Jl. Persahabatan Timur No. 63 RT 001/RW 017, Cipinang, Jakarta Timur
BERITA ACARA WASTE MATERIAL BESI		
HARI TANGGAL LOKASI	: Senin : 15 September 2025 : Jl. Taman Mutiara, RT.8/RW.8, Wijaya Kusuma, Grogol petamburan Jakarta Barat 11460	
HASIL WASTE CATATAN	: 3.560 kg : Waste atau sisa potongan besi tulangan dalam keadaan terbungkus di dalam karung saat dilakukan proses penimbangan. Penimbangan dilakukan secara langsung terhadap semua diameter besi yang digunakan di proyek yang mencakup diameter besi D10, D13, D16, D19, D22, dan D25.	
LAMPIRAN	: 	
Dilaksanakan Oleh: KONTRAKTOR PT ANANTA GRAHA PRIMA PERKASA  (Haryono) Site Manager		

Gambar 1. 3 Berita Acara *Waste* Material Besi

Gambar 1.3 merupakan dokumen Berita Acara *Waste Material Besi* pada proyek Sekolah Noah. Pada gambar tersebut diketahui total berat *waste material* besi sebesar 3.560 kg. Berat *waste* besi didapatkan dari hasil penimbangan secara langsung saat proses penjualan sisa potongan besi yang mencakup semua jenis diameter besi yang digunakan di proyek yaitu diameter besi D10, D13, D16, D19, D22, dan D25.

Banyaknya *waste* besi merupakan dampak dari kurangnya perencanaan kebutuhan besi, serta penggunaan besi tulangan yang tidak termanfaatkan secara maksimal. Oleh karena itu diperlukan perencanaan kebutuhan besi yang detail dengan membuat *Bar Bending Schedule* (BBS) untuk menampilkan detail setiap bengkokan, panjang pemotongan, dan jumlah besi yang dipotong. *Bar Bending Schedule* (BBS) adalah cara yang akurat untuk merencanakan kebutuhan besi karena memuat daftar informasi pola pembengkokan seperti data diameter, bentuk, panjang, dan jumlah besi tulangan (Alimin et al, 2023). Dengan menggunakan BBS, efisiensi pemakaian besi jadi lebih terkontrol, terutama saat proses perakitan di lapangan (Yusuf, 2025). Sehingga perencanaan kebutuhan besi dengan BBS mampu mengurangi *waste* besi tulangan sebesar 3,69% dari *waste* pelaksanaan konstruksi (Mahapatni et al., 2024).

Pembuatan BBS umumnya menggunakan Microsoft Excel/AutoCad yang dimulai dengan membuat pola pemotongan besi tulangan menggunakan *software* AutoCAD dan merekapitulasi total kebutuhan besi dengan Microsoft Excel, sehingga dalam pengerjaannya membutuhkan waktu lama dan rentan terhadap *human error* (Prasetia et al., 2023). Pemanfaatan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) dapat menjadi alat dalam pembuatan *Bar Bending Schedule* (BBS) dan menghasilkan kebutuhan besi. BIM merupakan suatu konsep, metode, atau urutan proyek berbasis teknologi yang digunakan untuk mengelola dan kemudian memproyeksikan informasi terkait dari semua aspek pekerjaan bangunan ke dalam suatu model 3D (Farizi & Sutantiningrum, 2025). BBS berbasis BIM dilakukan dengan memodelkan 3D dan detail tulangannya hingga menghasilkan tabulasi penulangan dan volume pembesian (Prasetia et al., 2023). Pemanfaatan BIM dapat menghasilkan BBS secara otomatis terbukti menghasilkan penghematan signifikan pada material besi dan terintegrasi dengan model 3D, memungkinkan pembaruan

otomatis, mengurangi risiko kesalahan, dan kemampuan *clash detection* (Yohanesio et al., 2025).

Pembuatan BBS berbasis BIM pada penelitian ini akan menggunakan *software* Autodesk Revit untuk memodelkan 3D struktur dan pembesian, serta menghasilkan BBS dan volume pembesian. Kelebihan *software* Autodesk Revit yaitu dapat menghasilkan BBS otomatis yang terintegrasi dengan model 3D, memungkinkan pembaruan otomatis, mengurangi risiko kesalahan, dan kemampuan *clash detection* antar tulangan (Yohanesio et al., 2025). Pemilihan *software* ini didasarkan pada kemampuannya dalam melakukan pemodelan 3D struktur sehingga dapat menghasilkan BBS dan volume secara otomatis. Selain itu, *software* ini juga memiliki fitur lebih sederhana dan fitur bawaan yang memudahkan pemodelan tanpa memerlukan banyak kustomisasi. Sehingga lebih mudah dipahami bagi pemula yang baru akan belajar terkait *software* BIM. Meskipun pembuatan BBS menggunakan BIM melalui Autodesk Revit membutuhkan lisensi *software* dan tenaga kerja yang memiliki kompetensi dalam pemodelan 3D, namun dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi proyek untuk dapat meminimalisir *waste* material besi yang ada.

Besi tulangan biasanya dibuat dalam bentuk batangan yang panjangnya sekitar 12 meter, dan selama proses pemotongan dapat menimbulkan sisa potongan-potongan besi yang dikategorikan sebagai limbah hasil konstruksi yang dapat mengakibatkan kerugian (Yohanesio et al., 2025). Penggunaan *software* Autodesk Revit mampu menghasilkan BBS secara otomatis yang memuat data panjang dan jumlah kebutuhan besi, namun tidak dapat mengoptimalkan batang besi 12 meter untuk berbagai komponen struktur. Oleh karena itu diperlukan *software* tambahan untuk mengoptimalkan penggunaan besi tulangan yaitu dengan menggunakan *software* Cutting Optimization Pro (SCOP). *Software* ini mampu menghasilkan kombinasi pola penyusunan besi (*cutting list*), jumlah batang besi yang digunakan, jumlah sisa potongan besi yang tidak dapat dipakai, dan jumlah sisa potongan besi yang masih dapat digunakan kembali untuk elemen struktur lainnya (Abdullah, 2024). Penggunaan *software* Cutting Optimization Pro (SCOP) mampu meningkatkan efisiensi pemotongan besi secara signifikan dan menekan *waste*

material besi tulangan hingga di 3,55% dari total kebutuhan besi tulangan (Gantari & Ratnaningsih, 2026).

Dengan konsep optimasi penggunaan besi berdasarkan BBS berbasis BIM, diharapkan pada saat proses pabrikasi pemotongan besi dapat dilakukan dengan lebih tepat sesuai kebutuhan rencana. Meskipun kemungkinan terjadinya kesalahan masih tetap dapat terjadi karena faktor manusia, alat, dan perubahan kondisi lapangan yang tidak dapat dihindarkan.

Sejumlah penelitian terdahulu membuktikan bahwa dengan BBS dapat meminimalisir *waste* besi, seperti penelitian Mahapatni et al. (2024) yang menunjukkan bahwa perencanaan kebutuhan besi dengan BBS mampu mengurangi *waste* besi tulangan sebesar 3,69% dari *waste* pelaksanaan konstruksi, tetapi masih rentan terhadap *human error* dan tidak terintegrasi dengan model 3D. Oleh karena itu dilakukan pengembangan terhadap pembuatan BBS menggunakan metode BIM, seperti pada penelitian Prasetya et al. (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan *software* BIM dapat lebih efektif dan efisien, namun terbatas hanya pada *software* BIM Tekla. Penelitian lain menggunakan *software* BIM Autodesk Revit oleh Alimin et al. (2023) dan Saputra et al. (2022), namun penelitian tersebut memiliki keterbatasan hanya berfokus pada salah satu elemen struktur dan belum melakukan optimasi penggunaan besi di lapangan. Mengingat masih banyak pelaku di bidang konstruksi yang belum memahami pembuatan BBS menggunakan metode BIM, sehingga diperlukan media penyampaian materi yang efektif, salah satunya melalui video tutorial sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian Hidayatul Aulia (2024) yang memanfaatkan media video tutorial untuk menyajikan materi terkait metode *fast track* dalam mengatasi keterlambatan. Video tutorial adalah salah satu media yang digunakan untuk mempelajari materi dan mempraktikkannya secara mandiri, karena dirancang dengan lebih menarik dan mudah diakses (Hidayatul Aulia, 2024). Hal ini mendorong penulis untuk menggunakan media video tutorial untuk menyampaikan bahan materi terkait penelitian yang akan dilakukan.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini perlu dilakukan optimasi penggunaan besi tulangan berdasarkan BBS berbasis BIM sebagai solusi untuk meminimalisir *waste* material besi di proyek sekolah noah. Optimasi dalam penelitian ini dimaksudkan pada proses mencari solusi terbaik dengan tujuan untuk

mendapatkan kebutuhan besi yang akurat, dan memaksimalkan penggunaan besi, serta meminimalkan *waste* besi. Pembuatan BBS berbasis BIM digunakan untuk memperoleh kebutuhan besi yang akurat. Hasil *output* BBS seperti data panjang dan jumlah batang, dijadikan dasar dalam mengoptimalkan penggunaan panjang batang besi 12 meter dengan melakukan penyusunan pola pemotongan besi (*cutting list*) yang paling optimal sehingga menghasilkan *waste* yang paling minimum. Kemudian dilakukan analisis optimasi *waste* besi tulangan untuk mengetahui potensi penurunan *waste* besi.

1.2 Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini dilakukan agar penelitian lebih terarah dan memiliki tujuan yang jelas sesuai metode yang akan digunakan. Lingkup dan batasan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus pada pekerjaan struktur, yang meliputi *pile cap*, kolom, *tie beam*, balok, pelat, tangga, dan *retaining wall*.
2. Penelitian ini akan membuat pemodelan 3D struktur dan pembesian menggunakan *software* Autodesk Revit untuk mendapatkan *output* BBS dan optimasi penggunaan besi menggunakan *software* Cutting Optimization Pro (SCOP) untuk mendapatkan pola pemotongan besi tulangan (*cutting list*) yang paling efisien berdasarkan data BBS berbasis BIM.
3. Desain detail pembesian berdasarkan standar pembesian dari proyek yang mengacu pada SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan perhitungan kuantitas pembesian mengacu pada SNI 2052-2017 tentang baja tulangan beton.
4. Produk dalam penelitian ini berupa metode kerja optimasi penggunaan besi tulangan berdasarkan BBS berbasis BIM. Sasaran produk tersebut adalah *site manager* di proyek Sekolah Noah.
5. Penelitian ini tidak melakukan perhitungan biaya dan berfokus pada penggunaan *software* BIM Autodesk Revit dan *software* Cutting Optimization Pro (SCOP) untuk meminimalisir *waste* material besi.

Keterbatasan masalah dalam penelitian ini:

1. Peneliti belum bisa menjelaskan panjang besi berdasarkan data BBS hasil dari *software* Autodesk Revit berkurang dari panjang besi yang dihitung secara manual.
2. Optimasi pemotongan besi menggunakan panjang besi dari BBS bukan panjang besi sebenarnya di lapangan.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan fokus penelitian di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana metode kerja optimasi penggunaan besi tulangan berdasarkan *Bar Bending Schedule* berbasis BIM dapat mengatasi banyaknya *waste* material besi yang dihasilkan dari pekerjaan struktur proyek Sekolah Noah?”

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan pemotongan besi berdasarkan *Bar Bending Schedule* berbasis BIM guna meminimalisir *waste* material pada pekerjaan struktur pada proyek Sekolah Noah.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini seperti manfaat bagi mahasiswa, bagi proyek konstruksi, dan bagi penulis/peneliti.

1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan mengenai optimasi penggunaan besi tulangan berdasarkan BBS berbasis BIM dan penyusunan *cutting list* menggunakan *software* Cutting Optimization Pro (SCOP).

1.5.2 Manfaat Bagi Proyek Konstruksi

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi proyek konstruksi terutama kontraktor sebagai bahan referensi dan rekomendasi terhadap metode kerja

optimasi penggunaan besi tulangan melalui BBS berbasis BIM untuk proyek-proyek berikutnya.

1.5.3 Manfaat Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian ini dapat menjadi acuan bagi peneliti selanjutnya untuk bisa melakukan penelitian lebih lanjut pada optimasi *waste* pekerjaan struktur lainnya, seperti material beton dan bekisting.

