

**IMPLEMENTASI *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)
DALAM ANALISIS *WASTE MATERIAL* TULANGAN KOLOM GEDUNG
LVP PRODUCTION INDONESIA**

(Skripsi)

OLEH:

**NANANG ALDIKA CHANDRA
NPM. 1915011009**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**IMPLEMENTASI *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)
DALAM ANALISIS *WASTE MATERIAL* TULANGAN KOLOM GEDUNG
LVP PRODUCTION INDONESIA**

Oleh

NANANG ALDIKA CHANDRA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

IMPLEMENTASI *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) DALAM ANALISIS WASTE MATERIAL TULANGAN KOLOM GEDUNG LVP PRODUCTION INDONESIA

Oleh

NANANG ALDIKA CHANDRA

Pesatnya perkembangan teknologi informasi khususnya di bidang konstruksi menjadi isu penting dalam menunjang kebutuhan infrastruktur negara untuk menghasilkan produk infrastruktur yang semakin berkualitas, terintegrasi dan efisien. Oleh karena itu, Pemanfaatan teknologi *Building Informasi Modeling* (BIM) menjadi *alternatife* yang memungkinkan tahap-tahap pembangunan lebih cepat dan lebih *efisien* terutama dalam hal meminimalisir *waste material*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan konsep BIM dalam *optimasi waste material* tulangan kolom tipe 1, tipe 2 dan tipe 3. Penelitian dimulai dengan pengumpulan data, pemodelan 3D struktural, pemodelan tulangan, *input schedule mark* tulangan, *clash detection*, *output Bar Bending Schedule (BBS)*, *cutting list*, dan analisis *waste material*. Hasil penelitian menunjukkan total berat kebutuhan tulangan kolom tipe 1 sebesar 28.449 kg, kolom tipe 2 sebesar 26.390 kg dan kolom tipe 3 sebesar 26.784 kg, sementara untuk berat total *waste* kolom tipe 1 sebesar 1.256,41 kg, tipe 2 sebesar 872,6 kg, dan tipe 3 sebesar 916,14 kg. *Waste level* tulangan kolom tipe 1 sebesar 4,42%, kolom tipe 2 sebesar 3,31%, dan kolom tipe 3 sebesar 3,42%. Jadi dapat disimpulkan bahwa tulangan kolom tipe 2 lebih efektif dan efisien jika dibandingkan tulangan kolom tipe 1 dan 3.

Kata kunci: *Building Information Modeling* (BIM), Autodesk Revit, *Waste Material*, *Bar Bending Schedule* (BBS).

ABSTRAK**IMPLEMENTATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)
IN THE ANALYSIS WASTE MATERIAL OF COLUMN REINFORCEMENT
IN LVP PRODUCTION INDONESIA BUILDING****By****NANANG ALDIKA CHANDRA**

The rapid development of information technology, especially in the construction sector, has become an important issue in supporting the country's infrastructure needs to produce increasingly high-quality, integrated, and efficient infrastructure products. Therefore, the utilization of Building Information Modeling (BIM) technology has become an alternative that allows construction stages to be faster and more efficient, especially in minimizing waste material. This research aims to determine the influence of applying BIM concepts in optimizing waste materials for column reinforcement of type 1, type 2, and type 3. The research begins with data collection, structural 3D modeling, reinforcement modeling, input of reinforcement mark schedules, clash detection, Bar Bending Schedule (BBS) output, cutting lists, and waste material analysis. The research results show that the total weight requirement of type 1 column reinforcement is 28,449 kg, type 2 column is 26,390 kg, and type 3 column is 26,784 kg, while the total waste weight of type 1 column is 1,256.41 kg, type 2 is 872.6 kg, and type 3 is 916.14 kg. The waste level of type 1 column reinforcement is 4.42%, type 2 column is 3.31%, and type 3 column is 3.42%. Thus, it can be concluded that type 2 column reinforcement is more effective and efficient compared to type 1 and 3 column reinforcement.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, Waste Material, Bar Bending Schedule (BBS).

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI *BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)* DALAM ANALISIS *WASTE MATERIAL TULANGAN KOLOM* GEDUNG LVP PRODUCTION INDONESIA**

Nama Mahasiswa : **Nanang Aldika Chandra**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915011009

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.
NIP 19740530 200012 2 001

Bayzoni, S.T., M.T.
NIP 19730514 200003 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP 19691111 200003 1 002

Suyadi, S.T., M.T.
NIP 19741225 200501 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.**



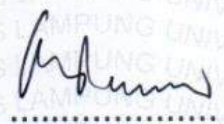
Sekretaris

: **Bayzoni, S.T., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Ashruri, S.T., M.T.**

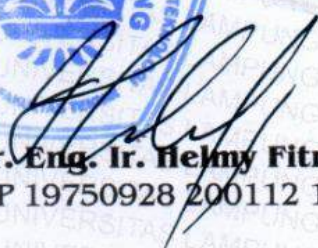


2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **3 April 2024**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Nanang Aldika Chandra

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915011009

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul “IMPLEMENTASI *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) DALAM ANALISIS *WASTE MATERIAL TULANGAN KOLOM GEDUNG LPV PRODUCTION INDONESIA*” tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Ide penelitian didapatkan dari pembimbing I dan pembimbing II.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2024

Penulis



NANANG ALDIKA CHANDRA
NPM. 191501109

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bangun Sari, Abung Surakarta, Lampung Utara pada tanggal 19 Januari 2001, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Putra dari pasangan Bapak Sumitra dan Ibu Yulia. Penulis memiliki satu orang adik yang Amanda Deni Cahya. Penulis memulai jenjang pendidikan tingkat Taman Kanak - Kanak di TK RA AT-TAKWA Bangun Sari pada tahun 2006-2007. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan ke Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Bangun Sari pada tahun 2007-2013. lalu dilanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMP Negeri 1 Abung Surakarta yang diselesaikan pada tahun 2016. Setelah tamat SMP penulis melanjutkan Pendidikan Tingkat menengah atas di SMA Negeri 1 Abung Semuli pada tahun 2016 - 2019.

Pada tahun 2019 penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi seorang mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS UNILA) sebagai anggota Departemen ADVOKASI Periode 2020-2022. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Desa Kembang Tanjung, Kecamatan Abung Selatan, Kabupaten Lampung Utara selama 40 hari, Januari – Februari 2022. Di tahun yang sama, tepatnya di bulan Juli sampai Oktober penulis juga telah melakukan Kerja Praktik (KP) di Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Universitas Mitra Indonesia selama 3 bulan. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Implementasi *Building Information Modeling (Bim)* Dalam Analisis *Waste Material* Tulangan Kolom Gedung LPV Production Indonesia”.

MOTTO

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui."

(QS Al-Baqarah: 216)

"Belajarlah diam agar suaramu lebih terdengar, belajarlah sabar agar tindakanmu lebih benar."

(Syekh Abdul Qadir Al-Jailani)

"Orang lain ga akan paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri meskipun gak akan ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini."

(Rosyana Tri Wijayanti)

"Apapun yang terjadi, pulanglah sebagai sarjana"

(Muzdalifa)

"Tidak semua yang dibakar akan hangus menjadi abu, Batu bata sengaja di bakar agar semakin kuat dan kokoh"

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil Allamin, Karya ini merupakan bentuk rasa syukur saya kepada Allah SWT karena telah memeberikan nikmat karunia pertolongan yang tiada henti hingga saat ini.

Karya ini saya persembahkan sebagai tanda bukti sayang dan cinta yang tiada terhingga kepada kedua Orang Tua tercinta, Bapak Sumitra dan teristimewa Ibu Yulia yang telah merawat, membimbing dan menyayangi dengan tulus serta penuh keikhlasan, senantiasa mendoakan, memberikan semangat dan dukungan sepenuh hati.

Terima kasih kepada Bapak/Ibu Dosen Pembimbing dan Penguji yang sabar dan selalu memberikan bimbingan dan motivasi sebagai dorongan dan dukungan untk menyelesaikan tugas akhir ini, semoga senantiasa diberi kesehatan dan keberkahan.

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga diberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis dalam menyusun skripsi yang berjudul “Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam Analisis *Waste Material* Tulangan Kolom Gedung LVP Production Indonesia. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa segala proses dalam pelaksanaan penelitian, pengambilan data dan informasi, serta penyusunan skripsi ini senantiasa dibantu dan dibimbing oleh banyak pihak. Berkaitan dengan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Suyadi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
2. Sasana Putra, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lampung.
3. Hasti Riakara Husni, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu, dan motivasi dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Bayzoni S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu, dan motivasi dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Ir. Ashruri S.T., M.T., selaku Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing Akademik telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu, dan motivasi dalam penelitian dan penyusunan skripsi.

6. Seluruh dosen, laboran, karyawan, dan asisten jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan fasilitas selama masa perkuliahan.
7. Keluarga tercinta, Bapak Sumitra, Ibu Yulia, dan Adek Amanda Deni Cahya yang senantiasa memberikan dukungan dan doa dalam segala kondisi.
8. Teman-teman SOLID 19, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang senantiasa memberikan bantuannya dan saran-saran yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, sehingga masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Bandar Lampung, Januari 2024

Penulis

Nanang Aldika Chandra
NPM 1915011009

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Building Information Modeling (BIM)</i>	5
2.1.1. Sejarah <i>Building Information Modeling</i>	6
2.1.2. <i>Software BIM</i>	7
2.1.3. Tingkatan Implementasi <i>Building Information Modeling</i>	8
2.1.4. Tingkatan Dimensi <i>Building Information Modeling</i>	10
2.1.5. Keunggulan <i>Building Information Modeling</i>	11
2.1.6. Integrasi <i>Building Information Modeling</i>	13
2.2 Autodeks Revit	14
2.2.1. Kelebihan Autodeks Revit	15
2.2.2. Kekurangan Autodeks Revit	16
2.3 Cutting Optimization Pro	17
2.4 Material Konstruksi	17
2.5 Baja Tulangan	18
2.5.1. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).....	19
2.5.2. Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS)	20

2.6	<i>Waste Material</i>	23
2.7	<i>Bar Bending Schedule (BBS)</i>	26
III. METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Objek Penelitian.....	27
3.2	Data Penelitian	28
	3.2.1 Gambar Rencana	28
3.3	<i>Software</i> Pendukung Penelitian	31
3.4	Metode Penelitian	31
	3.4.1. Studi Literatur	32
	3.4.2. Tahap Pengumpulan Data	33
	3.4.3. Tahap Pemodelan	33
	3.4.4. Tahap Analisis	35
3.5	Diagram Alir Penelitian	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		38
4.1	Data Struktur Bangunan	38
	4.1.1 Pondasi	38
	4.1.2 Tie Beam	38
	4.1.3 Balok	39
	4.1.4 Kolom.....	41
	4.1.5 Pelat Lantai.....	41
4.2	Pemodelan 3D Struktural	42
	4.2.1 Persiapan <i>Project</i> Baru.....	42
	4.2.2 Pembuatan <i>Grid</i> dan <i>Level</i>	44
	4.2.3 Pemodelan Pondasi	46
	4.2.4 Pemodelan <i>Tie Beam</i>	48
	4.2.5 Pemodelan Kolom.....	52
	4.2.6 Pemodelan Balok	56
	4.2.7 Pemodelan Pelat	62
	4.2.8 Pemodelan Tangga.....	65
4.3	Pemodelan Tulangan	68
	4.3.1 Penulangan Balok.....	69
	4.3.2 Penulangan Pelat	73

4.3.3	Penulangan Kolom	74
4.3.4	Penulangan Tangga	78
4.4	<i>Input Schedule Mark Tulangan</i>	80
4.5	<i>Clash Detection</i>	81
4.6	<i>Output Bar Bending Schedule (BBS)</i>	82
4.7	<i>Cutting List</i>	87
4.8	Analisis Waste Material	92
4.8.1	Waste Tulangan Utama Kolom Tipe 1	92
4.8.2	Waste Tulangan Utama Kolom Tipe 2	94
4.8.3	Waste Tulangan Utama Kolom Tipe 3	95
4.8.4	Waste Tulangan Sengkang Kolom	97
4.8.5	Waste Level	98
4.9	Pembahasan	99
IV.	PENUTUP	103
5.1	Kesimpulan	103
5.2	Saran	104
	DAFTAR PUSTAKA	105
	LAMPIRAN.....	108
	LAMPIRAN A	
	LAMPIRAN B	
	LAMPIRAN C	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Baja Tulangan	18
2. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).....	19
3. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Bambu.	21
4. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Curam	21
5. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Tulang Ikan.. ..	22
6. Denah Objek Penelitian.....	27
7. Tampak depan	28
8. Tampak belakang	29
9. Tampak samping kanan dan kiri	29
10. Denah lantai 1.	29
11. Denah lantai 2	30
12. Detail Kolom C1.	31
13. Tipe 1 Penulangan Kolom.....	34
14. Tipe 2 Penulangan Kolom.....	34
15. Diagram Alir Pemodelan.	35
16. Diagram Alir Penelitian	37
17. Tampilan <i>Structural Template</i> Autodesk Revit	42
18. Pengaturan <i>Project Units</i>	43
19. Pengaturan selimut beton.....	43
20. <i>Tools</i> “Grid”	44
21. Hasil pemodelan <i>grid</i>	44
22. Area Kerja <i>elevasi</i> “East”	45
23. <i>Tools</i> “Level”	45
24. Hasil pemodelan level.....	46
25. <i>Template metric structural foundation</i>	46
26. <i>Tools</i> “Extrusion”	47
27. <i>Tools</i> “Extrusion start” dan “Extrusion end”	47

28. <i>Menu</i> “Load into project”	47
29. Peletakan pondasi pada grid.....	48
30. Hasil pemodelan 3D pondasi	48
31. Denah tie beam pada gambar rencana.....	49
32. <i>Tools</i> “Beam”	49
33. <i>Menu</i> “Load Family” untuk tie beam.....	49
34. <i>Menu</i> “Structural Framing”.....	50
35. <i>Menu bar</i> “load family Beam”	50
36. <i>Menu</i> “Edit Type” Beam.....	50
37. <i>Menu bar</i> properti beam	51
38. List jenis <i>tie beam</i>	51
39. <i>Menu</i> “Rebar Cover – Top/Bottom/Other” tie beam	51
40. Hasil pemodelan <i>tie beam</i>	52
41. Hasil pemodelan 3D <i>tie beam</i>	52
42. Denah kolom pada gambar rencana	53
43. <i>Tools</i> “Column”	53
44. <i>Menu</i> “Load Family” kolom	53
45. <i>Menu</i> load family kolom	54
46. <i>Menu</i> “Edit Type” kolom	54
47. <i>Menu</i> “Type Properti” kolom.....	55
48. List jenis-jenis kolom	55
49. <i>Menu</i> “Rebar Cover” kolom.....	55
50. <i>Tool bar</i> “Modify Place Structural Column”	56
51. Hasil pemodelan kolom.....	56
52. Hasil pemodelan 3D kolom	56
53. Denah balok elevasi +5.200	57
54. Denah balok elevasi +9.400	57
55. <i>Tools</i> “Beam”	58
56. <i>Menu</i> “Load Family” untuk balok.....	58
57. <i>Menu</i> “Structural Framing”	58
58. <i>Menu bar</i> load family Beam.....	59
59. <i>Menu</i> “Edit Type” Beam	59

60. <i>Menu bar</i> properti <i>beam</i>	60
61. <i>List</i> jenis <i>tie beam</i>	60
62. <i>Menu</i> “Rebar Cover – Top/Bottom/Other” balok	61
63. Hasil pemodelan balok elevasi +5.200.....	61
64. Hasil pemodelan balok elevasi +9.400.....	61
65. Hasil pemodelan 3D balok	62
66. Denah pelat pada gambar rencana.....	62
67. <i>Tools</i> “Floor Structural”	63
68. <i>Menu</i> “Edit Type” pelat	63
69. <i>Menu bar</i> properti pelat.....	63
70. <i>Menu bar</i> “Edit Assembly” pelat	64
71. <i>Menu</i> “Rebar Cover – Top/Bottom/Other” pelat	64
72. <i>Tools</i> “Line” pelat	64
73. <i>Output</i> pemodelan 3D pelat	65
74. Hasil pemodelan kolom, balok, dan pelat di level lain	65
75. <i>Tools</i> “Stair”.....	66
76. <i>Menu</i> “Edit Type” tangga	66
77. <i>Menu</i> “Type Properties” tangga	66
78. Kotak “Properties” tangga	67
79. <i>Tools</i> tangga “Straight Run”	67
80. <i>Tools</i> tangga “Create Sketch Landing”	67
81. Hasil pemodelan 3D tangga	67
82. <i>Menu</i> “Load Family” tulangan.....	68
83. <i>Menu load family</i> tulangan.....	68
84. Detail penulangan B.00.01, B.00.02, B.00.03, dan B.00.04	69
85. Detail penulangan B.01.01, B.01.02, B.01.03, dan B.01.04	69
86. Detail penulangan B.02.01, B.02.02, B.02.03, dan B.02.04	70
87. <i>Tools</i> “Rebar” balok.....	70
88. <i>Menu</i> “Properties” tulangan balok	70
89. <i>Rebar shape</i> “M_00” balok.....	71
90. <i>Menu</i> “Rebar Set” tulangan balok.....	71
91. <i>Rebar shape</i> “M_T1” balok	72

92. Hasil 3D penulangan balok	72
93. <i>Tools</i> “Area Reinforcement” pelat	73
94. <i>Menu</i> “Layers” pelat	73
95. <i>Menu</i> “Major Direction” pelat	74
96. Hasil 3D penulangan pelat	74
97. Detail penulangan kolom C1, C2 dan C3.....	75
98. Detail penulangan kolom C4 dan C5	75
99. Detail penulangan kolom C6 dan C7	75
100. <i>Tools</i> “Rebar” kolom.....	76
101. <i>Menu</i> “Properties” tulangan kolom.....	76
102. <i>Rebar shape</i> “M_00” kolom	76
103. <i>Menu</i> “Rebar Set” tulangan kolom	77
104. <i>Rebar shape</i> “M_T1” balok	77
105. Hasil 3D penulangan kolom.....	78
106. <i>Tools</i> “Rebar” tangga	78
107. <i>Menu</i> “Properties” tulangan tangga	79
108. <i>Rebar shape</i> “M_00” tangga.....	79
109. <i>Menu</i> “Rebar Set” tulangan tangga	79
110. <i>Rebar shape</i> “M_17A” tangga	79
111. Hasil 3D penulangan tangga	80
112. <i>Schedule mark</i> tulangan	81
113. <i>Tools</i> “Interference Check”	81
114. <i>Menu bar</i> “Interference Check”	82
115. <i>Message box</i> “No interference detected”	82
116. <i>Tools</i> “Schedule/Quantities”	83
117. <i>Menu bar</i> “New Schedule”	83
118. <i>Tab</i> “Fields Schedule Properties”	84
119. <i>Tab</i> “Filter Schedule Properties”	84
120. <i>Tab</i> “Sorting/Grouping Schedule Properties”	85
121. <i>Output Bar Bending Schedule</i> (BBS) tulangan kolom tipe 1.....	85
122. <i>Output Bar Bending Schedule</i> (BBS) tulangan kolom tipe 2.....	86
123. <i>Output Bar Bending Schedule</i> (BBS) tulangan kolom tipe 3.....	86

124. <i>Menu bar</i> “Technical Settings”	87
125. <i>Browser</i> “Pieces & Stock”	88
126. <i>Cutting list</i> tulangan kolom tipe 1 D25	88
127. <i>Cutting list</i> tulangan kolom tipe 1 D22	89
128. <i>Cutting list</i> tulangan kolom tipe 2 D25	89
129. <i>Cutting list</i> tulangan kolom tipe 2 D22	90
130. <i>Cutting list</i> tulangan kolom tipe 3 D25	90
131. <i>Cutting list</i> tulangan kolom tipe 3 D22	91
132. <i>Cutting list</i> D10 tulangan kolom tipe 1, 2, dan tipe 3	91
133. Grafik perbandingan berat kebutuhan dan berat <i>waste</i> tulangan kolom tipe 1, 2, dan tipe 3	100
134. Grafik perbandingan <i>waste level</i> tulangan D25, D22, dan D10 kolom tipe 1, 2, dan tipe 3	101
135. Grafik perbandingan <i>waste level</i> tulangan kolom tipe 1, 2 dan 3.....	102

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. <i>Software Building Information Modeling</i>	7
2. Ukuran Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).....	19
3. Ukuran dan Toleranja Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).....	20
4. Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)	20
5. Ukuran Baja Tulangan Sirip/Ulir (BjTS).....	22
6. Toleransi Berat per-Batang Baja Tulangan Sirip/ulir (BjTS).	23
7. Bar Bending Schedule (BBS).	26
8. Data Dimensi Kolom.....	30
9. Data Penulangan dan Dimensi <i>Tie Beam</i> B.00.01	38
10. Data Penulangan dan Dimensi <i>Tie Beam</i> B.00.02	39
11. Data Penulangan dan Dimensi <i>Tie Beam</i> B.00.03	39
12. Data Penulangan dan Dimensi <i>Tie Beam</i> B.00.04	39
13. Data Penulangan dan Dimensi Balok B.01.01 dan B.01.02	40
14. Data Penulangan dan Dimensi Balok B.01.03 dan B.01.04	40
15. Data Penulangan dan Dimensi Balok B.02.01 dan B.02.02	40
16. Data Penulangan dan Dimensi Balok B.02.03 dan B.02.04	41
17. Data Penulangan dan Dimensi	41
18. Data Penulangan dan Dimensi Pelat	73
19. Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Tulangan Kolom Tipe 1 D25.....	93
20. Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Tulangan Kolom Tipe 1 D22.....	93
21. Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Tulangan Kolom Tipe 2 D25.....	94
22. Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Tulangan Kolom Tipe 2 D22.....	95
23. Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Tulangan Kolom Tipe 3 D25.....	96
24. Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Tulangan Kolom Tipe 3 D22.....	96
25. Kebutuhan dan <i>Waste Material</i> Tulangan Sengkang Kolom	97
26. Rekapitulasi Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Kolom Tipe 1, Tipe 2, dan Tipe 3	98
27. <i>Waste Level</i> Tulangan Kolom Tipe 1, Tipe 2, dan Tipe 3	98

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan teknologi informasi khususnya di bidang konstruksi menjadi isu penting dalam menunjang kebutuhan infrastruktur negara. Perkembangan tersebut menuntut para praktisi di bidang konstruksi untuk menghasilkan produk infrastruktur yang semakin berkualitas, terintegrasi dan efisien. Salah satu perkembangan ilmu teknologi dan komunikasi yang mampu mengatasi permasalahan tersebut adalah *Building Information Modeling* (BIM).

Pemanfaatan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) menjadi alternatif yang memungkinkan tahap-tahap pembangunan lebih cepat, efektif, akurat, dan lebih efisien. Dengan adanya BIM dapat membantu dalam dunia arsitektural, teknik, dan konstruksi (AEC). BIM merupakan suatu metodologi digital yang menerapkan data informasi ke dalam sebuah model 3D (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2008). Kelebihan yang terdapat pada BIM yaitu dapat mendorong pertukaran model 3D antar disiplin ilmu yang berbeda, sehingga mampu melakukan proses pertukaran informasi menjadi lebih cepat antara *software* BIM, khususnya di antara *stakeholder* dan berpengaruh terhadap proses suatu konstruksi (Risky Apriansyah, 2021). Dengan diterapkannya BIM diharapkan dapat memperbaiki kesalahan karena kurangnya akurasi dalam perhitungan (Setiawan, E. B., & Abma, V. 2021). Konsep *Building Information Modeling* (BIM) dapat meningkatkan efektifitas dan efisien dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan. Salah satu dampak dalam ketidakefektifan perencanaan adalah pemborosan material yang dapat menyebabkan *waste* material. Kelebihan dari penerapan konsep *Building Information Modeling* (BIM) adalah mempermudah pengumpulan informasi yang dibutuhkan sehingga *output* yang dihasilkan tepat dan dapat

meminimalisir *waste* material sehingga tidak terjadi pemborosan (Anjani dkk., 2022).

Sisa material (*waste*) yang dominan dalam sebuah proyek adalah potongan tulangan baja. Hal ini terbukti dari besaran harga material tulangan baja yang cukup besar sekitar 10% - 30% dari total nilai proyek. Dari sini, sekitar 5% dari material yang tersisa terbuang karena kesalahan pemotongan baja (Intan dkk., 2005). Dengan pengurangan *waste* material kontraktor dapat menghemat biaya, sehingga dapat meningkatkan keuntungan dan juga mengurangi limbah yang berdampak pada lingkungan.

Gedung LVP PRODUCTION INDONESIA merupakan gedung yang dibangun oleh PT B. Braun Medical Indonesia. PT B. Braun Medical Indonesia merupakan perusahaan farmasi dan alat kesehatan asal Jerman yang mendirikan pabrik pertamanya di Indonesia di Kawasan Industrial Indotaisei, Cikampek, Jawa Barat. Gedung LVP PRODUCTION INDONESIA adalah gedung yang memproduksi infus cairan *dasaer* dan *large volume parenteral* (LVP). Jika dilihat proses perencanaan Gedung LVP PRODUCTION INDONESIA tersebut masih menggunakan metode konvensional. Proses perencanaan dengan menggunakan metode konvensional ini membutuhkan proses yang rumit dan sangat rentan terjadi *clash* antar desain yang dibuat karena belum terintegrasi antara setiap unsur dalam proses perencanaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan konsep pemodelan 3D *Building Information Modelling* (BIM) pada gedung LVP PRODUCTION INDONESIA menggunakan *software* Autodesk Revit untuk mendapatkan *Bar Bending Schedule* (BBS) tulangan kolom yang kemudian diimpor ke dalam *software* Cutting Optimization Pro untuk mendapatkan pola pemotongan dan *waste* yang optimal. Hal ini diharapkan dapat memberikan gambaran implementasi perencanaan permintaan tulangan berbasis BIM yang lebih akurat dan efisien, serta mengoptimalkan proses penyediaan baja agar sesuai dengan rencana dan meminimalkan pemborosan *waste* material.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana memperoleh *Bar Bending Schedule* (BBS) menggunakan *software* Autodesk Revit?
2. Berapa persentase perbandingan *waste* material tulangan tipe 1, tipe 2 dan tipe 3 pada struktur kolom?
3. Bagaimana pengaruh penerapan konsep *Building Information Modeling* (BIM) dalam pengoptimalan *waste* material tulangan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh hasil *Bar Bending Schedule* (BBS) menggunakan *software* Autodesk Revit.
2. Mengetahui persentase perbandingan *waste* material tulangan tipe 1, tipe 2, dan tipe 3 pada struktur kolom.
3. Mengetahui metode pemotongan tulangan untuk mendapatkan *waste* tulangan paling efisien.
4. Mengetahui pengaruh penerapan konsep *Building Information Modeling* (BIM) dalam optimasi *waste* material tulangan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mempermudah kontraktor dalam pengelolaan dan optimalisasi pemotongan tulangan baja agar mendapatkan keuntungan dari hasil *waste* material yang sedikit.

2. Memberikan pengetahuan terkait manfaat dan keuntungan dalam implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam dunia konstruksi.
3. Memberikan wawasan mengenai tipe penulangan yang lebih hemat.
4. Menghemat waktu karena konsep *Building Information Modeling* (BIM) dapat membantu dalam perencanaan pola pemotongan baja.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa batasan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Gedung yang ditinjau adalah Gedung LVP PRODUCTION INDONESIA.
2. Penelitian hanya menghitung kebutuhan baja tulangan pada pekerjaan struktur khususnya kolom dengan menggunakan dua tipe penulangan.
3. Pemodelan dilakukan pada elemen struktural menggunakan *software* Autodesk Revit.
4. Analisis perbandingan optimasi *waste* material dilakukan hanya pada tipe penulangan 1, tipe penulangan 2 dan tipe penulangan 3.
5. Penerapan konsep *Building Information Modeling* (BIM) berupa *output Bar Bending Schedule* (BBS) pada tulangan kolom.
6. Dalam pemodelan tidak melakukan proses pemodelan arsitektur, *Mechanical, Electrical, dan Plumbing* (MEP), Analisis struktur, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan penjadwalan.
7. Optimalisasi pemotongan tulangan baja menggunakan *software* Cutting Optimization Pro.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Building Information Modeling (BIM)*

Building Information Modeling (BIM) adalah suatu pendekatan terintegrasi untuk perencanaan, desain, konstruksi, dan pengelolaan suatu bangunan atau infrastruktur. BIM melibatkan penggunaan perangkat lunak dan teknologi komputer untuk membuat model digital yang menyeluruh dari suatu proyek, termasuk informasi geometrik, data komponen, serta informasi lainnya yang terkait.

Dalam model BIM, semua pihak terlibat dalam siklus hidup proyek, seperti arsitek, insinyur, kontraktor, dan pemilik proyek, dapat berbagi dan berkolaborasi dalam satu *platform* yang sama. Hal ini memungkinkan adanya koordinasi yang lebih baik antara berbagai disiplin dan memungkinkan analisis yang lebih komprehensif terhadap proyek secara keseluruhan (Eastman et al., 2008).

BIM memungkinkan pemodelan tiga dimensi (3D) yang lebih akurat, termasuk visualisasi yang lebih realistis dari bangunan atau infrastruktur yang sedang direncanakan. Selain itu, BIM juga mendukung pemodelan 4D (waktu) dan 5D (biaya), yang memungkinkan pemangku kepentingan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang jadwal dan anggaran proyek.

Keuntungan lain dari BIM meliputi efisiensi desain, pengurangan konflik antara elemen-elemen proyek, perencanaan yang lebih baik, dan pengelolaan aset yang lebih efektif. Dengan menggunakan BIM, proyek konstruksi dapat dikelola dengan lebih terarah, menghasilkan bangunan atau infrastruktur yang lebih optimal dalam hal fungsionalitas, kualitas, dan biaya. (Eastman et al., 2008).

2.1.1. Sejarah *Building Information Modeling*

Building Information Modeling (BIM) adalah pendekatan terintegrasi untuk perencanaan, desain, konstruksi, dan pengelolaan bangunan yang menggunakan model digital untuk menggambarkan karakteristik fisik dan fungsional bangunan. Sejarah BIM dimulai pada tahun 1970-an dengan perkembangan sistem CAD (*Computer-Aided Design*) yang digunakan untuk membuat gambar dan model bangunan dalam bentuk digital. Namun, konsep BIM seperti yang kita kenal hari ini berkembang pada tahun 1990-an.

Pada tahun 1992, seorang arsitek bernama R. Wayne Lord memperkenalkan istilah "*Building Information Model*" dalam tulisannya yang membahas konsep integrasi data dalam industri konstruksi. Pada tahun yang sama, Dana Kegiatan Konstruksi Amerika Serikat (*Construction Industry Foundation*) memulai inisiatif BIM dengan tujuan meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam industri konstruksi.

Pada tahun 2002, *National Institute of Building Sciences (NIBS)* di Amerika Serikat membentuk kelompok kerja untuk mengembangkan dan mempromosikan penggunaan BIM dalam industri konstruksi. Kelompok kerja ini kemudian menghasilkan dokumen "National BIM Standard" pada tahun 2007, yang memberikan pedoman dan standar untuk implementasi BIM. Seiring dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan akan kolaborasi yang lebih baik dalam proyek konstruksi, BIM semakin diterima dan diadopsi secara luas. Pada tahun 2011, *British Standards Institution (BSI)* merilis standar internasional BS EN ISO 19650 untuk manajemen informasi bangunan menggunakan BIM.

Pada tahun-tahun berikutnya, penggunaan BIM semakin berkembang di seluruh dunia. Banyak negara dan organisasi industri mengadopsi

BIM sebagai persyaratan untuk proyek-proyek konstruksi, termasuk pemerintah Inggris yang mewajibkan penggunaan BIM Level 2 pada proyek-proyek publik sejak tahun 2016. Sejak itu, BIM terus berkembang dengan integrasi teknologi seperti kecerdasan buatan (artificial intelligence), analitik data, realitas virtual, dan Internet of Things (IoT). Hal ini memberikan potensi untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan mengoptimalkan kinerja bangunan selama siklus hidupnya.

Dengan sejarah yang terus berkembang ini, BIM telah menjadi alat yang penting dalam industri konstruksi modern, mengubah cara kita merencanakan, mendesain, dan mengelola bangunan.

2.1.2. *Software BIM*

Terdapat beberapa macam *software BIM* yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Masing-masing *software BIM* memiliki fitur dan manfaat yang memungkinkan para penggunanya dalam memenuhi kebutuhan dalam menerapkan konsep *bim*. *Software BIM* juga memiliki fungsi lebih lanjut antara lain penjadwalan, estimasi biaya, analisis struktur, pemeliharaan, dan lain sebagainya. Terdapat beberapa *software BIM* seperti disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. *Software Building Information Modeling*

BIM Tools	BIM Software
Pemodelan BIM	Revit Vectorworks ArchiCAD BricsCAD

Sumber: (Bouska, 2016).

Tabel 1. (Lanjutan)

Analisis Struktur	Revit Scia Engineer
<i>Clash Analysis</i>	Naviswork BIMSight
Penjadwalan	Naviswork
Analisis Energi	Revit
<i>Quantity Take-Offs</i>	Naviswork <i>Sigma Estimates</i>
Estimasi Biaya	<i>Sigma Estimates</i> <i>Vico systems</i>
<i>Middleware BIM Tools</i>	Onuma 4projects BIMx BIM+
<i>FM Software</i>	Revit Allfa Archibus Archifm.net

Sumber: (Bouska, 2016).

2.1.3. Tingkatan Implementasi *Building Information Modeling*

Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dapat dilakukan dalam beberapa tingkatan yang berbeda. Tingkatan ini biasanya mengacu pada tingkat keterlibatan dan penggunaan BIM dalam suatu proyek konstruksi. Berikut ini adalah tinjauan pustaka mengenai tingkatan implementasi BIM yang umum digunakan:

1) Level 0

Pada tingkat ini, tidak ada penggunaan BIM yang signifikan. Proses kerja menggunakan metode tradisional berbasis dokumen seperti gambar 2D dan spesifikasi tertulis.

2) Level 1

Tingkat ini melibatkan penggunaan BIM dengan model 3D yang terpisah untuk setiap pemangku kepentingan. Model-model ini tidak terintegrasi dan tidak ada pertukaran data yang sebenarnya antara model-model tersebut. Informasi disimpan dalam format terpisah.

3) Level 2

Pada tingkat ini, model BIM terintegrasi digunakan oleh semua pemangku kepentingan proyek. Setiap pemangku kepentingan dapat berkontribusi pada model BIM yang sama, tetapi masih menggunakan perangkat lunak dan platform yang berbeda. Data diintegrasikan dengan menggunakan protokol pertukaran data yang ditentukan.

4) Level 3

Tingkat ini melibatkan penggunaan model BIM terpadu dan kolaboratif yang dapat diakses secara *real-time* oleh semua pemangku kepentingan proyek. Semua pemangku kepentingan bekerja pada satu model BIM sentral yang terhubung dengan basis data tunggal. Kolaborasi langsung dapat dilakukan, termasuk pembaruan dan perubahan yang terlihat oleh semua pihak secara langsung.

Selain tingkatan-tingkatan di atas, ada juga tingkatan tambahan yang sering disebut sebagai tingkatan 4, 5, dan 6. Tingkatan ini mencakup kemajuan teknologi dan integrasi yang lebih lanjut, seperti penggunaan teknologi sensor, kecerdasan buatan, dan analitik data untuk mengoptimalkan proses konstruksi dan operasional bangunan. Perkembangan implementasi BIM telah mendorong banyak negara dan industri untuk mengadopsi standar dan pedoman yang serupa. Misalnya, di Inggris, Konstruksi Paspur BIM (BIM Level 2) telah menjadi persyaratan untuk proyek-proyek pemerintah sejak tahun 2016. Sedangkan di Amerika Serikat, BuildingSMART Alliance mengembangkan *BIM Guidelines* untuk membantu dalam implementasi BIM.

Tingkatan implementasi BIM dapat menjadi acuan penting bagi proyek konstruksi dalam membangun kolaborasi yang efektif, pengelolaan data yang terintegrasi, dan meningkatkan efisiensi selama siklus hidup bangunan.

2.1.4. Tingkatan Dimensi *Building Information Modeling*

Building Information Modeling (BIM) dapat mencakup berbagai tingkatan dimensi yang melibatkan kompleksitas dan detail dalam model 3D yang digunakan dalam proyek konstruksi. Berikut ini adalah tinjauan pustaka mengenai tingkatan dimensi dalam BIM:

1. 3D BIM

Ini adalah tingkatan dasar dalam BIM, yang melibatkan pembuatan model 3D dari bangunan atau proyek infrastruktur. Model ini mencakup geometri yang akurat dari objek-objek fisik yang terkait dengan proyek tersebut, seperti dinding, lantai, atap, pintu, dan jendela.

2. 4D BIM

Pada tingkat ini, dimensi waktu (*time*) ditambahkan ke model 3D. Ini berarti bahwa model 3D disinkronkan dengan jadwal konstruksi proyek. Dengan demikian, model 4D BIM memungkinkan visualisasi dan simulasi grafis dari urutan konstruksi yang dijadwalkan, sehingga membantu dalam perencanaan dan pengelolaan waktu.

3. 5D BIM

Tingkat ini melibatkan dimensi biaya (*cost*) yang ditambahkan ke model 3D. Ini berarti bahwa informasi biaya seperti perkiraan biaya bahan, tenaga kerja, dan peralatan dikaitkan dengan elemen-elemen dalam model 3D. Model 5D BIM memungkinkan estimasi biaya yang lebih akurat, analisis biaya, dan pengendalian biaya selama siklus hidup proyek.

4. 6D BIM

Pada tingkat ini, dimensi keberlanjutan (*sustainability*) ditambahkan ke model 3D. Informasi terkait keberlanjutan, seperti efisiensi energi, dampak lingkungan, dan pemeliharaan bangunan, diintegrasikan ke dalam model. Model 6D BIM memungkinkan

evaluasi dan pengoptimalan keberlanjutan bangunan selama siklus hidupnya.

5. 7D BIM

Ini melibatkan dimensi operasional (*facility management*) yang ditambahkan ke model 3D. Informasi terkait operasional bangunan, termasuk pemeliharaan, pemantauan kinerja, dan manajemen fasilitas, diintegrasikan ke dalam model. Model 7D BIM digunakan untuk pengelolaan bangunan setelah selesai konstruksi.

Penerapan tingkatan dimensi BIM yang lebih tinggi memungkinkan pemangku kepentingan proyek untuk mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang aspek-aspek yang terkait dengan proyek, termasuk visualisasi, waktu, biaya, keberlanjutan, dan operasional. Hal ini membantu meningkatkan kolaborasi, pengambilan keputusan, dan efisiensi proyek konstruksi secara keseluruhan.

2.1.5. Keunggulan *Building Information Modeling*

BIM dalam kegiatan proyek pembangunan gedung menawarkan banyak keunggulan, yaitu dapat:

a. Meningkatkan kualitas visual

Rendering bentuk 3D sangat mudah ditampilkan dan berkualitas baik (Azhar, 2011).

b. Mempermudah pembuatan *shop drawing*

Model BIM sangat mudah digunakan untuk membuat shop drawing untuk segala jenis sistem gedung (Azhar, 2011).

c. Menghemat biaya pengeluaran, waktu perencanaan, serta SDM

Penerapan BIM dalam merencanakan suatu proyek berdasarkan studi kasus menunjukkan bahwa penggunaan metode BIM dapat menghemat waktu perencanaan hingga 50%, dapat mengurangi kebutuhan sumber daya manusia hingga 26,66%, dan

menghemat biaya pengeluaran hingga 52,25% dibanding perencanaan dengan metode konvensional (Berlian et al., 2016).

d. Mengurangi pemborosan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ahankoob, et al. (2012), BIM sangat membantu dalam mengurangi pemborosan yang terjadi baik pada saat proses desain maupun proses konstruksi. Solusi yang ditawarkan BIM untuk mengatasi pemborosan, yaitu:

- 1) Mendeteksi interferensi dan *error*
- 2) Menghitung kuantitas material dengan akurat
- 3) Merencanakan dan mengurutkan kegiatan konstruksi
- 4) Mengurangi *rework*
- 5) Menyelaraskan desain dan *site layout*

e. Meningkatkan hubungan *stakeholders*

BIM dapat memfasilitasi pertukaran dan integrasi data, memberikan gambaran mengenai analisis kinerja gedung, dan meningkatkan kolaborasi antar *stakeholders* selama siklus hidup gedung ramah lingkungan (Lu et al., 2017). Kolaborasi pada saat proses perencanaan dapat memperkuat hubungan antar *stakeholders*. Hasil informasi yang berkembang dari model BIM juga dapat dimanfaatkan untuk mempertemukan keinginan *stakeholders* (Dowhower, 2010).

f. Mempermudah proses tender

Dengan BIM, informasi dari suatu desain gedung dapat terdefinisi dengan baik. Pihak penawar dapat berkompetisi dengan baik untuk menunjukkan kemampuan mereka dalam pekerjaan konstruksi. Seluruh material yang digunakan dapat diperhitungkan dengan akurat. Seluruh harga yang ada dapat dibandingkan sehingga para kontraktor akan dipaksa untuk bersaing secara langsung berdasarkan produktivitas teknik pengerjaan proyek mereka. Perusahaan yang paling efisien lah yang akan mendapatkan untung yang besar (Bolpagni, 2013).

- g. Mengurangi tingkat terjadinya kecelakaan
Penerapan BIM pada perencanaan gedung dapat mengurangi tingkat terjadinya kecelakaan yang berkaitan dengan masalah keselamatan dengan menggunakan pemodelan yang berkaitan dengan peralatan keselamatan dan pengidentifikasian potensi bahaya lebih awal yang dapat menyebabkan cedera serius (Sadeghi et al., 2016).
- h. Mempermudah pelaksanaan manajemen fasilitas
Manajemen fasilitas dapat menggunakan BIM sebagai acuan untuk merencanakan ruang, merenovasi, dan merawat gedung (Azhar, 2011).

2.1.6. Integrasi *Building Information Modeling*

Integrasi *Building Information Modeling* (BIM) merujuk pada penggabungan dan penggunaan data BIM dalam seluruh siklus proyek konstruksi. BIM adalah pendekatan yang menggunakan model 3D berbasis komputer untuk merencanakan, merancang, membangun, dan mengelola bangunan.

Integrasi BIM melibatkan penggabungan data BIM dari berbagai sumber dan aplikasi yang berbeda dalam satu sistem terpadu. Hal ini memungkinkan berbagai pihak yang terlibat dalam proyek, seperti arsitek, insinyur, kontraktor, dan pemilik bangunan, untuk berbagi informasi secara efisien.

Berikut adalah beberapa cara integrasi BIM dapat dilakukan:

1. Integrasi BIM memungkinkan anggota tim proyek untuk bekerja pada model yang sama secara bersamaan. Mereka dapat saling berbagi informasi, membuat perubahan secara *real-time*, dan mengurangi potensi kesalahan atau tabrakan antara elemen-elemen desain.
2. BIM dapat terintegrasi dengan sistem manajemen proyek (project management systems) seperti perencanaan proyek, penjadwalan, dan pengendalian biaya. Integrasi ini memungkinkan pembaruan

otomatis dari data proyek dalam model BIM dan meningkatkan koordinasi antara tim.

3. Integrasi BIM dengan perangkat lunak analisis dan simulasi memungkinkan pemodelan dan evaluasi yang lebih komprehensif. Misalnya, dengan memasukkan data kekuatan struktural ke dalam model BIM, dapat dilakukan analisis beban struktural atau analisis kebutuhan energi untuk efisiensi bangunan.
4. Setelah bangunan selesai dibangun, integrasi BIM berlanjut ke tahap operasional. Data BIM dapat digunakan untuk manajemen fasilitas, pemeliharaan, dan pemantauan kinerja bangunan. Informasi seperti perawatan rutin, pemeliharaan peralatan, dan perubahan desain dapat dicatat dan diakses dengan mudah melalui model BIM.
5. BIM dapat terhubung dengan perangkat IoT yang ada di dalam bangunan, seperti sensor suhu, kelembaban, atau sistem keamanan. Data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT dapat diintegrasikan ke dalam model BIM, memberikan informasi real-time tentang kinerja bangunan.

Integrasi BIM memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi, kolaborasi, dan kualitas dalam industri konstruksi. Dengan menggabungkan berbagai aspek proyek dalam satu model digital yang terpadu, integrasi BIM dapat membantu mengurangi kesalahan, mengoptimalkan proses konstruksi, dan meningkatkan hasil akhir bangunan.

2.2. Autodeks Revit

Perangkat lunak Autodesk Revit adalah sebuah aplikasi BIM yang menggunakan model 3D berparameter untuk menghasilkan gambar denah, bagian, elevasi, perspektif, detail, serta jadwal untuk semua elemen (James, Eddy, dan Phil, 2014). Autodesk Revit mampu menghasilkan *output* berupa informasi terkait proyek, analisis, dan simulasi sebelum tahap konstruksi

dimulai (Rayendra & Soemardi, 2014). Dengan menggunakan Autodesk Revit, pengguna dapat memodelkan dan merencanakan bangunan dalam desain 3D, termasuk informasi geometri dan non-geometri seperti informasi konstruksi lainnya (Eastman et al., 2008).

Ilustrasi yang dihasilkan menggunakan Revit tidak sekadar sekelompok garis dan bentuk 2D yang diartikan untuk merepresentasikan sebuah bangunan, melainkan merupakan tampilan langsung yang diambil dari model bangunan virtual. Model-model ini adalah hasil dari rangkaian program yang tidak hanya berisi atribut geometris, tetapi juga data yang menyampaikan keputusan terkait bangunan pada setiap tahapan proses.

Dalam keseluruhan, Autodesk Revit telah membuktikan dirinya sebagai perangkat lunak yang handal dan efektif dalam merencanakan dan merancang bangunan. Dengan pendekatan BIM yang kuat, integrasi yang baik antarfitur, dan kemampuan *output* yang komprehensif, Revit menjadi alat yang tak ternilai bagi para arsitek, insinyur, dan profesional di bidang konstruksi untuk membangun proyek-proyek berkualitas tinggi.

2.2.1. Kelebihan Autodeks Revit

Beberapa keuntungan menggunakan Autodesk Revit menurut Marizan (2019), adalah:

a. *Virtual Building*

Sebagai contoh desainer tidak membuat garis untuk menjelaskan ini dinding tetapi membuat dinding secara virtual.

b. Objek yang syarat akan informasi teknis

Dalam proses selanjutnya ini sangat menghemat waktu karena perbedaan jenis elemen selama proses mendesain akan mengacu kepada tipe-tipe yang di buat sebelumnya. Dengan demikian berapa kalipun objek tersebut kita akan gunakan dalam desain, data-data akan terangkum dalam sistem Revit seperti jumlah, total berat, total kebutuhan material, hingga jumlah harganya.

- c. Kemudahan membentuk Objek
Revit akan mengkonversi bentuk menjadi dinding, lantai dan atap sehingga efektivitas bangunan akan langsung dapat dianalisis tanpa harus melalui proses penggambaran manual yang memakan waktu.
- d. Berkurangnya kendala dalam kerja tim
Dengan menggunakan fitur ini disertai jaringan komputer, semua tugas masing-masing disiplin dapat terintegrasi secara virtual. Perubahan-perubahan yang dibuat oleh satu orang akan *terupdate* di unit kerja lainnya.
- e. Revisi yang tidak menyita banyak waktu dan tenaga
- f. Produksi gambar dengan cepat dan presisi
Setelah objek-objek telah terbentuk, pengambilan gambar dapat dilakukan. Gambar-gambar tampak, potongan, tampilan 3D dan detail-detail dapat dikeluarkan sesuai kebutuhan.
- g. Koneksi antar *software Autodesk*
Output dari Revit dapat diekstrak dan dibaca dengan baik oleh *software Autodesk* lainnya.
- h. Komunikasi lebih baik dengan klien
Dengan menggunakan Revit, arsitek dapat menyajikan tampilan-tampilan berkualitas yang merepresentasikan desainnya. Denah dapat kita sajikan dalam bentuk 3D masing-masing lantai, serta dapat memberikan *view* masing-masing ruangan dengan jelas sehingga klien benar-benar mengerti seperti apa bangunan yang akan ia miliki.

2.2.2. Kekurangan Autodeks Revit

Menurut marizan (2019), Autodesk Revit memiliki beberapa kekurangan yaitu sebagai berikut:

- a. Harga lisensi *software* yang mahal
- b. Membutuhkan *hardware* dengan spesifikasi yang tinggi

2.3. Cutting Optimization Pro

Cutiing Optimal Pro adalah *software cutting* berbasis desktop yang dikembangkan oleh Optimal Program SRL (Hidayah dkk., 2023). Perangkat lunak/*software* ini adalah perangkat lunak *desktop* yang dibuat khusus untuk membantu perusahaan konstruksi dalam melakukan pemotongan besi tulangan, yang merupakan bahan utama dalam proyek konstruksi beton bertulang. Perangkat ini memiliki kemampuan untuk melakukan pemotongan dengan pola yang optimal, sehingga mempermudah proses konstruksi dan meningkatkan efisiensi.

2.4. Material Konstruksi

Material konstruksi adalah komponen penting dalam pembangunan dan konstruksi bangunan serta infrastruktur. Dalam industri konstruksi, berbagai jenis material digunakan untuk memenuhi kebutuhan struktural, keamanan, efisiensi energi, dan estetika. Material seperti beton, baja, kayu, dan batu merupakan pilihan yang umum digunakan dalam proyek konstruksi. Beton digunakan untuk fondasi dan struktur bangunan, sementara baja digunakan dalam rangka bangunan dan elemen struktural. Kayu sering digunakan untuk atap, dinding, dan fitur interior. Selain itu, perkembangan teknologi telah memunculkan material inovatif seperti material komposit, material ramah lingkungan, dan material insulasi yang meningkatkan kinerja dan efisiensi bangunan. Pemilihan material konstruksi yang tepat sangat penting untuk mencapai tujuan proyek yang diinginkan, baik dari segi kekuatan, keberlanjutan, efisiensi, maupun estetika.

Menurut Hartono dkk. (2016) Penggunaan material dalam proses konstruksi digolongkan dalam dua bagian besar:

1. *Consumable material*, merupakan material konstruksi yang pada akhirnya akan menjadi bagian dari struktur fisik bangunan, misalnya: semen, pasir, batu pecah, batu bata, baja tulangan, keramik, cat dan lain-lain.
2. *Non-consumable material*, merupakan material penunjang dalam proses konstruksi, dan bukan merupakan bagian dari fisik bangunan, biasanya material ini bisa dipakai ulang dan pada akhir proyek akan menjadi sisa

material juga, misalnya: perancah, bekisting, dan dinding penahan sementara.

2.5. Baja Tulangan

Menurut SNI 2052:2017 tentang baja tulangan beton, baja tulangan adalah baja karbon atau baja paduan yang berbentuk penampang batang berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip/ulir dan digunakan untuk penulangan beton. Ketika baja tulangan dipotong menjadi ukuran yang dibutuhkan untuk proyek konstruksi, sering kali akan ada potongan-potongan sisa yang tidak digunakan. Potongan-potongan ini dapat dianggap sebagai limbah dan perlu dikelola dengan baik. Limbah baja tulangan harus dipisahkan dari limbah konstruksi lainnya dan disimpan secara terpisah. Potongan-potongan kecil dapat ditempatkan dalam wadah atau kontainer terpisah, sementara potongan yang lebih besar dapat disimpan di area yang ditentukan. Baja tulangan mutu dipotong menjadi potongan-potongan baja yang lebih kecil berdasarkan desain gambar dan biasanya akan menghasilkan sisa atau limbah karena potongan yang tersisa (Affifah, 2021). Panjang batang baja tulangan memiliki standar 12meter seperti pada Gambar 1 di bawah.



Gambar 1 Baja Tulangan.

Sumber: dokumen pribadi.

2.5.1. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

Menurut Badan Standarisasi Nasional (SNI 2052:2017) tentang baja tulangan beton, baja tulangan beton polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip/berulir (Gambar 2).



Gambar 2. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

Sumber: SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton

Baja tulangan beton polos adalah jenis baja tulangan yang digunakan dalam konstruksi bangunan dengan karakteristik permukaan yang halus dan tidak bergelombang. Baja tulangan beton polos biasanya terbuat dari baja karbon rendah dengan tingkat kekuatan yang cukup untuk memberikan kekuatan tambahan pada struktur beton. Untuk ukuran Baja Tulangan Beton Polos (BjTP) dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Ukuran Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Berat nominal per meter*
		mm	mm ²	kg/m
1	P 6	6	28	0,222
2	P 8	8	50	0,395
3	P 10	10	79	0,617
4	P 12	12	113	0,888
5	P 14	14	154	1,208
6	P 16	16	201	1,578
7	P 19	19	284	2,226
8	P 22	22	360	2,984
9	P 25	25	491	3,853
10	P 28	28	616	4,834
11	P 32	32	804	6,313
12	P 36	36	1018	7,990
13	P 40	40	1257	9,865
14	P 50	50	1964	15,413

CATATAN:

- *sebagai referensi
- Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran adalah sebagai berikut:
 - a) Luas penampang nominal (A)
 $A = 0,7854 \times d^2$ (mm²)
 d = diameter nominal (mm)
 - b) Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100}$ (kg/m)

Sumber: SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton

Pada Tabel 3 dibawah ini dijelaskan tentang ukuran dan toleransi Baja Tulangan Beton Polos (BjTP). Toleransi adalah besaran penyimpangan yang diperbolehkan dari ukuran nominal.

Tabel 3. Ukuran dan Toleransi Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

No	Diameter (d)	Toleransi (t)	Penyimpangan kebulatan maks (p)
	mm	mm	mm
1	6	± 0,3	0,42
2	8 ≤ d ≤ 14	± 0,4	0,56
3	16 ≤ d ≤ 25	± 0,5	0,70
4	28 ≤ d ≤ 34	± 0,6	0,84
5	d ≥ 36	± 0,8	1,12

CATATAN:

- Penyimpangan kebulatan maksimum dengan rumus:

$$p = (d_{maks} - d_{min}) \leq (2t \times 70\%)$$
- Toleransi untuk baja tulangan beton polos = $d - d_{aktual}$

Sumber: SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton

Baja adalah material yang terkenal karena sifat mekanisnya yang baik. Sifat mekanis mengacu pada karakteristik yang berkaitan dengan respons dan perilaku baja terhadap gaya atau beban yang diberikan padanya. Berikut sifat mekanis Baja Tulangan Beton Polos (BjTP) pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

Kelas baja tulangan	Uji tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (Hasil Uji)
	Kuat luluh/leleh (YS)	kuat tarik (TS)	Regangan dalam 200 mm, Min.	sudut lengkung	diameter pelengkung	
	MPa	MPa	%		mm	
BjTP 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 (d ≤ 10 mm)	180°	3,5d (d ≤ 16 mm)	-
			12 (d ≥ 12 mm)	180°	5d (d ≥ 19 mm)	

Keterangan:

- d adalah diameter nominal baja tulangan beton
- hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung

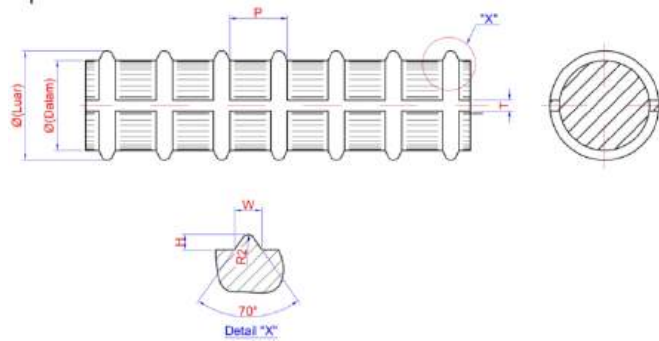
Sumber: SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton

2.5.2. Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS)

Menurut Badan Standardisasi Nasional (SNI 2052:2917) tentang baja tulangan beton, Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS) adalah baja tulangan beton yang permukaannya memiliki sirip/ulir melintang dan memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat

dan guna menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton.

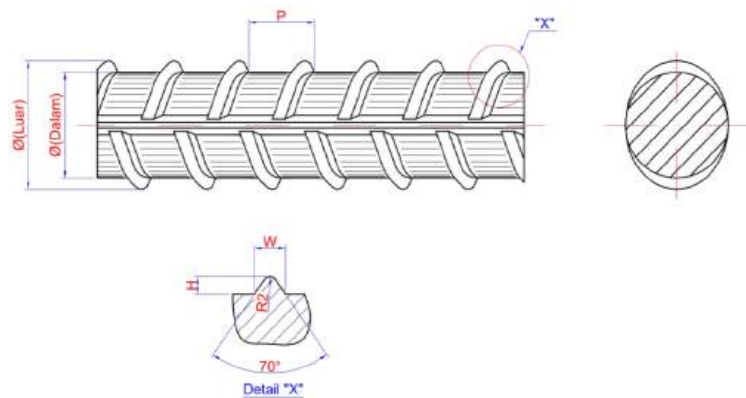
a) Sirip/ulir Bambu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Bambu.

Sumber: (SNI 2052:2017 tentang Baja Tulangan Beton)

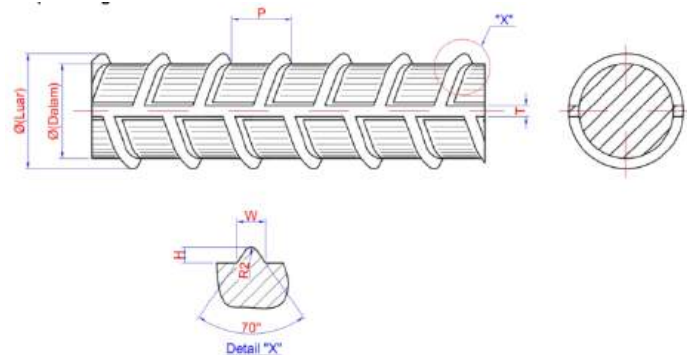
b) Sirip/ulir Curam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Curam.

Sumber: (SNI 2052:2017 tentang Baja Tulangan Beton)

c) Sirip/ulir Tulangan Ikan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir Tulang Ikan.
Sumber: (SNI 2052:2017 tentang Baja Tulangan Beton)

Ukuran Baja Tulangan Sirip/Ulir (BjTS) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Ukuran Baja Tulangan Sirip/Ulir (BjTS)

No	Pena- maan	Dia- meter nominal (d)	Luas penam- pang nominal (A)	Tinggi sirip (H)		Jarak sirip melintang (P) Maks	Lebar sirip membujur (T) Maks	Berat nominal per meter
				min	maks			
		mm	mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/m
1	S 6	6	28	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222
2	S 8	8	50	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395
3	S 10	10	79	0,5	1,0	7,0	7,9	0,617
4	S 13	13	133	0,7	1,3	9,1	10,2	1,042
5	S 16	16	201	0,8	1,6	11,2	12,6	1,578
6	S 19	19	284	1,0	1,9	13,3	14,9	2,226
7	S 22	22	380	1,1	2,2	15,4	17,3	2,984
8	S 25	25	491	1,3	2,5	17,5	19,7	3,853
9	S 29	29	661	1,5	2,9	20,3	22,8	5,185
10	S 32	32	804	1,6	3,2	22,4	25,1	6,313
11	S 36	36	1018	1,8	3,6	25,2	28,3	7,990
12	S 40	40	1257	2,0	4,0	28,0	31,4	9,865
13	S 50	50	1964	2,5	5,0	35,0	39,3	15,413
14	S 54	54	2290	2,7	5,4	37,8	42,3	17,978
15	S 57	57	2552	2,9	5,7	39,9	44,6	20,031

Sumber: (SNI 2052:2017 tentang Baja Tulangan Beton)

Tabel 5. (Lanjutan)

<p>CATATAN:</p> <ol style="list-style-type: none"> Diameter nominal hanya dipergunakan untuk perhitungan parameter nominal lainnya dan tidak perlu diukur Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sirip/ulir adalah sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> Luas penampang nominal (A) $A = 0,7854 \times d^2$ (mm²) d = diameter nominal (mm) Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854}{100} d^2 \times 0,7$ (kg/m) Jarak sirip melintang maksimum = 0,70 d Tinggi sirip minimum = 0,05 d Tinggi sirip maksimum = 0,10 d Jumlah 2 (dua) sirip membujur maksimum = 0,25 K Keliling nominal (K) $K = 0,3142 \times d$ (mm)
--

Sumber: (SNI 2052:2017 tentang Baja Tulangan Beton)

Toleransi berat per batang Baja Tulangan Sirip/ulir (BjTS) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Toleransi Berat per-Batang Baja Tulangan Sirip/ulir (BjTS).

Diameter nominal (mm)	Toleransi (%)
$6 \leq d \leq 8$	± 7
$10 \leq d \leq 14$	± 6
$16 \leq d \leq 29$	± 5
$d > 29$	± 4

CATATAN:
Toleransi berat untuk baja tulangan beton sirip = $\frac{\text{berat}_{\text{nominal}} - \text{berat}_{\text{aktual}}}{\text{berat}_{\text{nominal}}} \times 100\%$

Sumber: (SNI 2052:2017 tentang Baja Tulangan Beton)

2.6. Waste Material

Waste Material adalah limbah atau sisa dari proyek konstruksi atau pembangunan. Ini termasuk material yang tidak terpakai, material rusak, atau material yang dianggap tidak lagi memiliki nilai atau relevansi dalam konteks proyek tersebut. Waste Material konstruksi dapat mencakup berbagai jenis material, seperti batu bata, beton, kayu, logam, kaca, plastik, dan sebagainya (Purnomo & Nurrachmi, 2019).

Waste material adalah bahan yang tidak dapat digunakan kembali dalam pelaksanaan proyek konstruksi dan tidak termasuk kedalam struktur bangunan.

Akibatnya, inefisiensi penggunaan material proyek meningkat seiring dengan meningkatnya limbah (Nurhadi & Sulistyoweni, 2016).

Menurut *Intan dkk.* (2005), *waste* material yang timbul akibat pelaksanaan konstruksi dapat dibagi menjadi 2 bagian, antara lain:

1. Demolition waste merupakan sisa material dari proses pembongkaran, renovasi, atau penghancuran bangunan lama.
 - a. *Transport & Delivery Waste*
Sisa material yang dihasilkan selama pengangkutan material ke lokasi konstruksi, termasuk pembongkaran dan penyimpanannya.
 - b. *Site Storage Waste*
Sisa material yang terjadi karena penumpukan/ penyimpanan material pada tempat yang tidak aman.
 - c. *Conversion Waste*
Sisa material yang terjadi karena pemotongan bahan dengan bentuk yang tidak ekonomis.
 - d. *Fixing Waste*
Material yang tercecer, rusak atau terbuang selama pemakaian di lapangan.
 - e. *Cutting Waste*
Sisa material yang dihasilkan karena pemotongan bahan
 - f. *Application & Residu Waste*
Sisa material yang terjadi seperti mortal yang jatuh, tercecer pada saat pelaksanaan atau mortar yang tertinggal dan telah mengeras pada akhir pekerjaan.
 - g. *Criminal Waste*
Sisa material yang terjadi karena pencurian atau tindakan perusakan di lokasi proyek.
 - h. *Wrong Use Waste*
Pemakaian tipe atau kualitas material yang tidak sesuai dengan spesifikasi dalam kontrak, maka pihak direksi akan memerintah

kontraktor untuk menggantikan material tersebut yang sesuai dengan kontrak, sehingga menyebabkan terjadinya sisa material di lapangan.

i. *Management Waste*

Terjadinya sisa material disebabkan karena pengambilan keputusan yang salah atau keraguan dalam mengambil keputusan, hal ini terjadi karena organisasi proyek yang lemah, atau kurangnya pengawasan.

2. *Constraction waste* adalah jenis limbah material yang terjadi dalam proyek akibat penggunaan volume yang melebihi rencana, yang tidak terlihat secara fisik di lapangan dan berdampak pada biaya yang tersembunyi.

a. *Substitution Waste*

Pemborosan material akibat penyimpangan dari penggunaan tidak sesuai dengan rencana awal menimbulkan kerugian biaya, yang dapat disebabkan oleh tiga penyebab: pembelian material yang berlebihan, kerusakan material dan meningkatnya kebutuhan material tertentu.

b. *Production Waste*

Sisa material yang terjadi akibat penggunaan material berlebihan tidak dapat diklaim oleh kontraktor karena pembayaran didasarkan pada volume kontrak yang telah disepakati.

c. *Negligence Waste*

Sisa material yang terjadi akibat kesalahan di lokasi (*site error*), menyebabkan pemakaian material secara berlebihan. Biasanya disebabkan oleh kesalahan dan kecerobohan pekerja.

Menurut Formoso et al. (2002), *waste* material dibagi menjadi 2 katagori berdasarkan tipenya, yaitu:

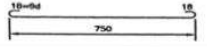
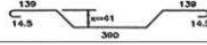
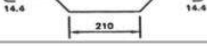
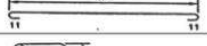
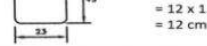
1. *Direct waste* adalah sisa material yang terjadi akibat kerusakan, kehilangan, atau tidak dapat dipakai kembali selama proses konstruksi
2. *Indirect waste* adalah sisa material yang terjadi dikarenakan volume material yang melebihi rencana awal, sehingga tidak ada sisa material fisik yang terjadi di lapangan dan menyebabkan pembengkakan biaya.

2.7. Bar Bending Schedule (BBS)

Bar Bending Schedule (BBS) merupakan daftar yang mencatat pola pembengkokan tulangan, termasuk data seperti bentuk, diameter, panjang, dan jumlah tulangan. Untuk menyusun *Bar Bending Schedule* (BBS), perlu data yang lengkap mengenai ukuran, jumlah, dan dimensi tulangan baja yang digunakan. Daftar ini digunakan sebagai panduan dalam pengadaan material tulangan. Metode *Bar Bending Schedule* (BBS) dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan penulangan baja dengan mengurangi limbah yang dihasilkan (Kork dkk., 2013).

Bar Bending Schedule (BBS) digunakan sebagai petunjuk dalam proses pemotongan dan pembengkokan tulangan baja sebelum dipasang sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Meskipun *Bar Bending Schedule* (BBS) dapat disusun secara manual tanpa menggunakan perangkat lunak/*software*, namun membutuhkan waktu yang relatif lama. Selain itu, jika terjadi perubahan selama proyek berlangsung, akan memakan waktu lebih lama untuk penyesuaian. Oleh karena itu, dikembangkanlah *Bar Bending Schedule* (BBS) dengan *software* untuk mempermudah perhitungan biaya yang diperlukan dalam pekerjaan pembesian. Contoh *Bar Bending Schedule* (BBS) dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Bar Bending Schedule (BBS)

Type	Shape-size	Length (m)	No.	Total length (m)	Unit weight (kg/m)	Total weight (kg)
A (20mm)		7.86	3	23.58	2.5	58.95
B (16mm)		8.16	2	16.32	1.6	26.11
C (16mm)		8.13	2	16.26	1.6	26.0
D (12mm)		7.72	2	15.44	0.89	13.74
E (10mm)		1.56	38	59.28	0.62	36.75

Sumber: (Baskoro, 2019)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini mengambil studi kasus Gedung LVP Production Indonesia. Objek penelitian berada di Sector 1-A, Block A Bukit Indah Industrial Park Indotaisei Industrial Estate Bukit Indah, Kalihurip-Cikampek Jawa Barat. Berkoordinat pada $6^{\circ}25'24.5''S$ $107^{\circ}25'12.8''E$. Denah penelitian dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Denah Objek Penelitian.
(Google Earth, 2023)

Dengan batas-batas sebagai berikut:

1. Sebelah barat : PT. Indotaisei Indah Development
2. Sebelah timur : Gerbang Tol Kalihurip Utama 4
3. Sebelah utara : Kebun Tanaman Obat Keluarga Pupuk Kujang
Cikampek
4. Sebelah selatan : IID *Waste Water Treatment Plant*

3.2 Data Penelitian

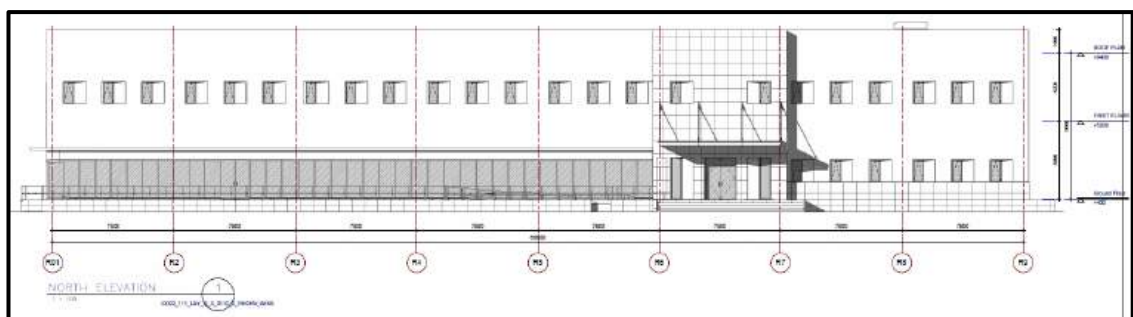
Data adalah fakta empiris yang dikumpulkan melalui studi untuk mengatasi suatu masalah atau memberikan solusi. Data sangat penting untuk menciptakan gambaran yang tepat dan detail dari objek penelitian, oleh karena itu tidak dapat dipisahkan dari penelitian. Analisis membutuhkan data teknis yang secara khusus berkaitan dengan data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu gambar rencana Gedung LVP PRODUCTION INDONESIA. Data didapatkan dari perusahaan konsultan perencana, dalam hal ini yaitu PT Royal Haskoning Indonesia. Dokumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder proyek Gedung LVP Production Indonesia berupa:

3.2.1 Gambar rencana

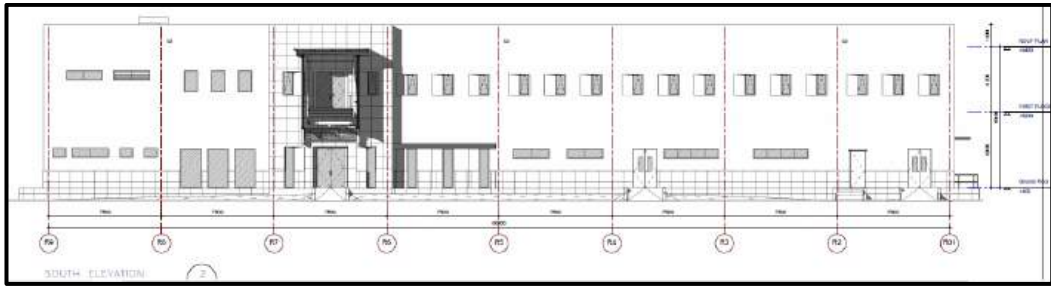
Gambar rencana adalah gambar teknis yang digunakan dalam industri konstruksi untuk menggambarkan rincian, ukuran, dan spesifikasi dari suatu proyek. Gambar rencana sering kali digunakan sebagai panduan untuk konstruksi, perencanaan, dan perancangan.

1) Tampak

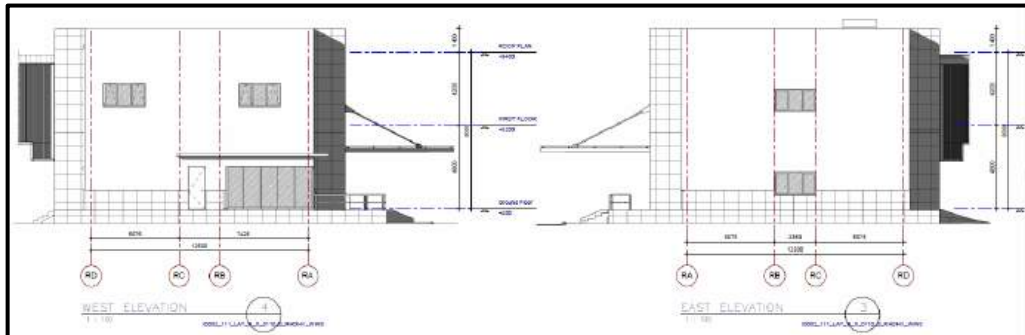
Tampak menunjukkan bagaimana objek tersebut terlihat jika dilihat dari satu arah atau sisi tertentu. Adapun tampak depan pada penelitian ini seperti Gambar 7, tampak belakang pada Gambar 8, tampak samping kanan dan kiri pada Gambar 9.



Gambar 7. Tampak depan.



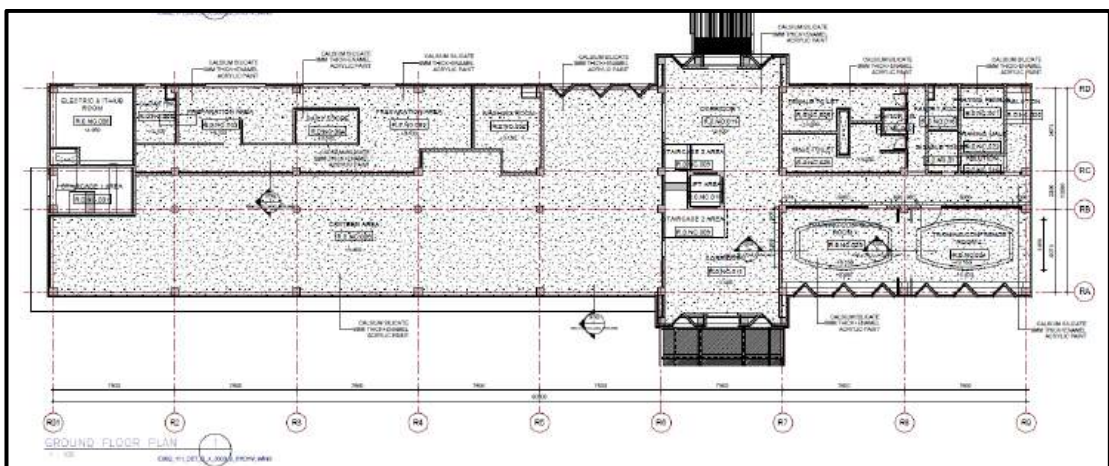
Gambar 8. Tampak belakang.



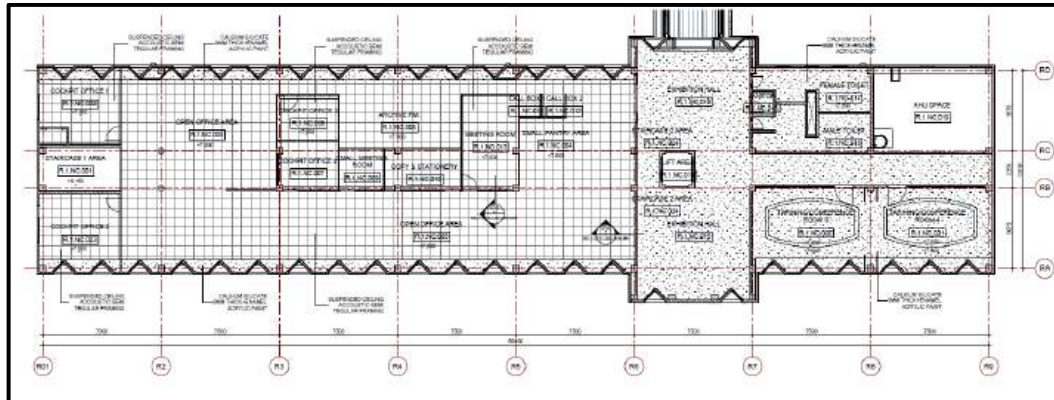
Gambar 9. Tampak samping kanan dan kiri.

2) Denah

Denah adalah gambar atau representasi grafis dari suatu area atau ruangan yang dilihat dari atas. Denah memberikan pandangan yang terperinci tentang tata letak, dan ukuran. Adapun denah lantai 1 pada Gambar 10 dan denah lantai 2 pada Gambar 11.



Gambar 10. Denah lantai 1.



Gambar 11. Denah lantai 2.

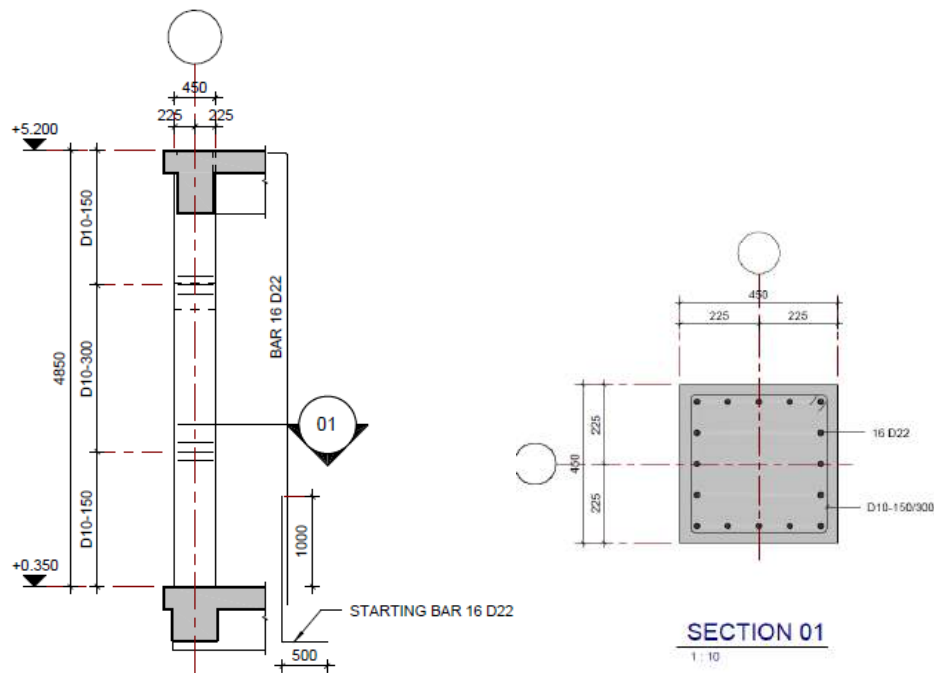
3) Kolom

Kolom merupakan elemen struktural vertikal yang berfungsi sebagai pendukung beban bangunan di atasnya. Pada bangunan ini digunakan kolom struktur dengan dimensi yang berbeda-beda seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Dimensi Kolom

Tipe	Dimensi (mm)	Tulangan Utama	Sengkang (mm)		Selimut (mm)
			Tump.	Lap.	
C1	450 x 450	16 D22	D10-150	D10-300	40
C2	450 x 450	16 D25	D10-150	D10-300	40
C3	Ø 450	16 D25	D10-150	D10-300	40
C4	400 x 400	12 D22	D10-150	D10-300	40
C5	400 x 400	16 D25	D10-150	D10-300	40
C6	Ø 400	16 D25	D10-150	D10-300	40
C7	400 x 400	8 D19	D10-150	D10-300	40

Adapun detail kolom C1 pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Detail kolom C1.

3.3 Software Pendukung Penelitian

Software atau perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung penelitian ini yaitu *Autodesk Revit* dan *Cutting Optimization Pro*. *Autodesk Revit* dipilih karena mampu mengeluarkan hasil kerja berupa *quantity take off* dan *bar bending schedule* (BBS) yang diperlukan dalam penelitian ini. Sedangkan untuk pola pemotongan tulangan (*cutting list*) digunakan *software* *Cutting Optimazion Pro*. Penggunaan kedua *software* ini masih jarang diterapkan dalam dunia proyek konstruksi di Indonesia. Di Indonesia masih bergantung pada metode konvensional untuk menghitung *quantity take off* (QTO), *bar bending schedule* (BBS), dan optimasi pemotongan tulangan baja. Dengan diterapkannya metode BIM diharapkan mampu mempercepat proses perencanaan suatu proyek konstruksi.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menafsirkan data dalam rangka menjawab pertanyaan penelitian atau mencapai tujuan penelitian. Metode penelitian

membantu peneliti dalam merancang studi, mengumpulkan data yang relevan, dan menganalisis data dengan benar. Pada penelitian ini menggunakan metode pendekatan kuantitatif eksperimental murni. Metode penelitian kuantitatif adalah suatu metode untuk menghasilkan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai sumber informasi untuk menganalisis dan memperoleh pemahaman tentang hal-hal yang ingin diketahui (Kasiram, 2008). Penelitian eksperimental adalah metode penelitian ilmiah yang dirancang untuk menguji hipotesis dan menyelidiki hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel tertentu. Dalam penelitian eksperimental, peneliti melakukan manipulasi terkontrol terhadap satu atau lebih variabel independen untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel dependen. Tujuan dari penelitian eksperimental adalah untuk mencari bukti empiris yang kuat tentang adanya hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel tersebut. Penelitian eksperimental murni adalah pendekatan eksperimen yang mematuhi prosedur dan memenuhi persyaratan eksperimental secara ketat. Proses dan syarat tersebut melibatkan pengendalian variabel, pembentukan kelompok kontrol, pemberian perlakuan atau manipulasi yang tepat, serta pengujian hasil yang diperoleh (Untari, 2018).

Penelitian ini menggunakan variabel kontrol yaitu pemotongan tulangan, kebutuhan untuk pemotongan, dan tipe pemasangan tulangan yang digunakan sebagai pembanding yang kemudian akan diuji coba terhadap total kebutuhan tulangan dan besaran nilai *waste* tulangan. Untuk itu penelitian ini dapat disebut sebagai penelitian kuantitatif eksperimental. Metode penelitian memiliki beberapa tahapan yaitu studi literatur, pengumpulan data, pemodelan, dan analisis.

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggunakan teori sebagai landasan, menerapkan teknik analisis data, dan membandingkan temuan penelitian sebelumnya yang relevan sebagai acuan. Tujuan dari studi literatur adalah untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang dasar-dasar ilmu pengetahuan dan proses yang terlibat dalam

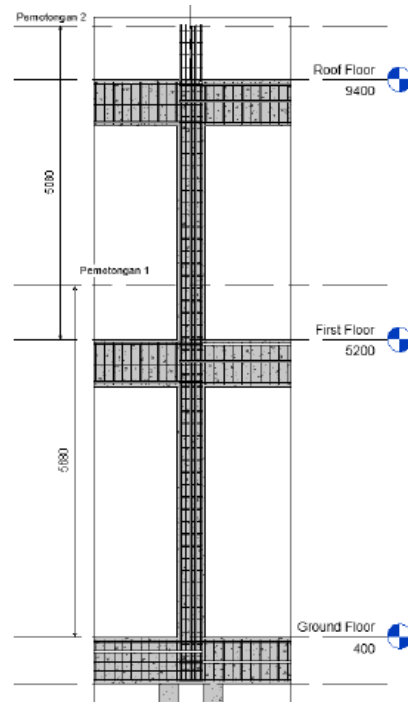
pengembangan, penemuan, dan analisis data penelitian. Studi literatur melibatkan membaca berbagai sumber, seperti buku, jurnal, artikel, dan sumber lainnya yang berkaitan dengan implementasi konsep *Building Information Modeling* (BIM) dan petunjuk penggunaan perangkat lunak pendukung.

3.4.2 Tahap Pengumpulan Data

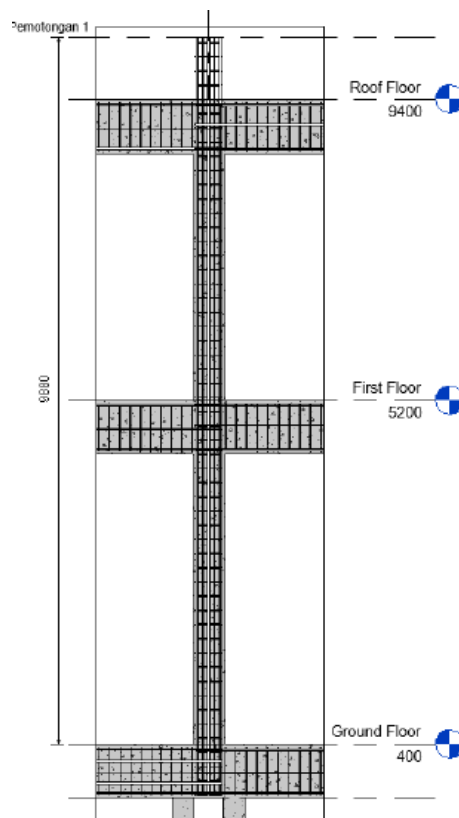
Pengumpulan data adalah proses mengumpulkan informasi atau fakta-fakta yang relevan untuk tujuan tertentu. Dalam konteks *Building Information Modeling* (BIM), pengumpulan data mencakup mengumpulkan informasi yang diperlukan untuk membuat dan mengelola model BIM. Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang ingin dicapai maka data yang dibutuhkan yaitu data gambar rencana Gedung LPV PRODUCTION INDONESIA. Data tersebut digunakan untuk acuan pemodelan 3D struktural dengan *software* Autodesk Revit.

3.4.3 Tahap pemodelan

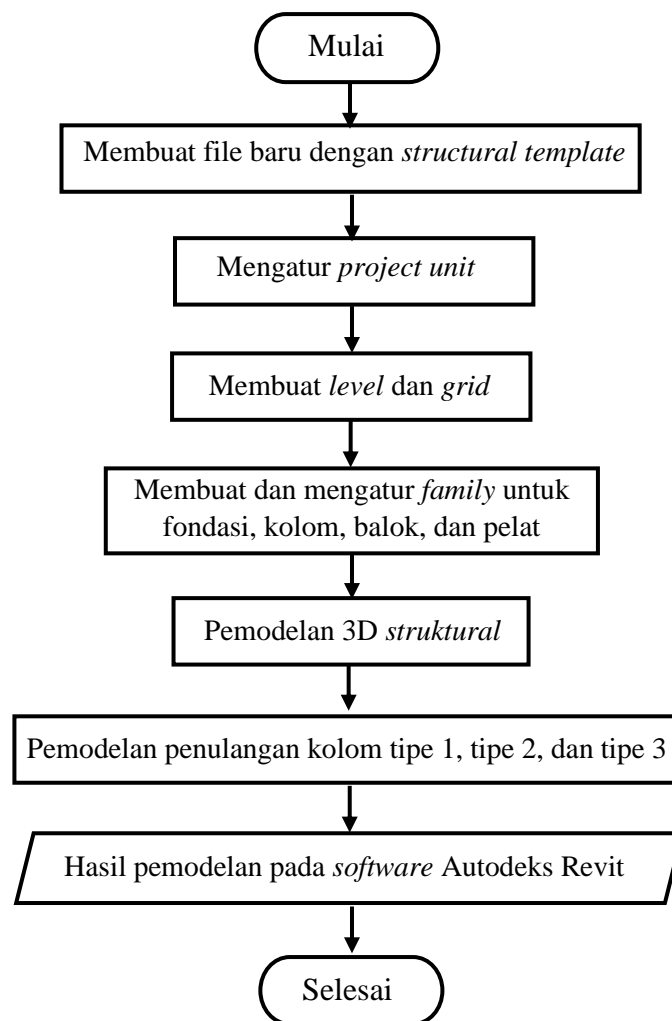
Pemodelan 3D struktural akan dilakukan apabila semua data gambar rencana sudah terkumpul. Pemodelan akan dilakukan dengan mengimplementasikan metode *Building Information Modeling* (BIM) dengan menggunakan *software* Autodesk Revit sesuai dengan gambar rencana. Pemodelan struktural meliputi tiang pancang, *tie beam*, kolom, balok, dan pelat. Selanjutnya dilakukan pemodelan tulangan pada semua elemen struktur beton. Untuk penulangan pada kolom dilakukan pemodelan dengan dua tipe penulangan. Tipe pertama, pemotongan tulangan pada tiap satu lantai. Tipe 1 penulangan kolom dapat dilihat pada Gambar 13. Tipe kedua, pemotongan tulangan pada tiap dua lantai. Tipe 2 penulangan kolom dapat dilihat pada Gambar 14. Sedangkan tipe 3 merupakan kombinasi antara tipe 1 dan tipe 2, dimana kolom-kolom yang memiliki tulangan D25 menggunakan tipe 2 dan kolom-kolom yang memiliki tulangan D22 menggunakan tipe 1. Diagram alir pemodelan dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 13. Tipe 1 penulangan kolom.



Gambar 14. Tipe 2 penulangan kolom.



Gambar 15. Diagram Alir Pemodelan.

3.4.4 Tahap analisis

Tahap analisis data merupakan tahap yang penting, dimana data yang telah dikumpulkan, diproses dan disajikan untuk membantu peneliti dalam menjawab pertanyaan peneliti yang sedang diteliti (Qomari, 2009). Analisis data dilakukan dengan menggunakan perspektif dan sudut pandang peneliti terhadap topik yang spesifik atau dalam rangka memecahkan permasalahan yang sedang dihadapi. Tulangan kolom akan dievaluasi, kemudian dilakukan perhitungan *waste material*. Pemodelan dilakukan sesuai dengan tujuan analisis dengan memperhatikan sebagai berikut:

1. *Bar Bending Schedule* (BBS) Metode *Building Information Modeling*

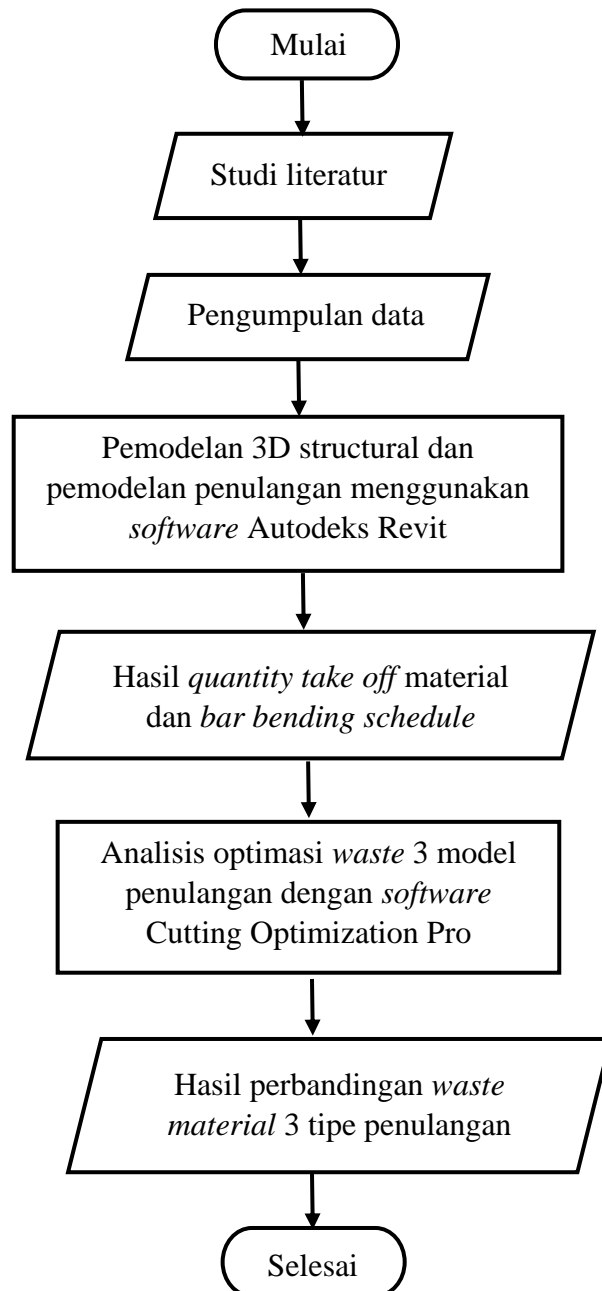
Analisis *Bar Bending Schedule* (BBS) merupakan proses analisis data untuk memperoleh *output* berupa jenis, diameter, bentuk, panjang, dan jumlah baja tulangan yang digunakan. *Bar Bending Schedule* (BBS) dikeluarkan dengan metode BIM dilakukan dengan *software* Autodesk Revit. *Bar Bending Schedule* (BBS) dapat dikeluarkan setelah pemodelan 3 tipe detail penulangan kolom selesai. Dengan menggunakan metode BIM yaitu dengan *software* Autodesk Revit, perhitungan kebutuhan baja tulangan serta *Bar Bending Schedule* (BBS) dapat dilakukan sekaligus dan menghasilkan *output* yang tepat dan akurat, sehingga dapat mempersingkat waktu pekerjaan perencanaan.

2. Pola Pemotongan Baja Tulangan dan Analisis *Waste Material*

Dari data *Bar Bending Schedule* (BBS) kemudian dihitung waste material tulangan menggunakan *software* Cutting Optimization Pro. Cara kerja dari *software* tersebut yaitu mengkombinasikan pola potongan tulangan yang paling optimal dan menghasilkan waste material paling kecil diantara pola-pola potongan yang lain. Pada tahap ini hitung dan analisis *waste material* tulangan kedua tipe penulangan kolom. Kemudian bandingkan dan analisis antara kedua tipe penulangan kolom tersebut

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 16 berikut.



Gambar 16. Diagram Alir Penelitian.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis data, kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Pemodelan struktur menggunakan *software* Autodesk Revit meliputi pondasi, balok, kolom, pelat, tangga, serta pembesian masing-masing elemen struktur. Autodesk Revit merupakan *software* berbasis *Building Information Modeling* (BIM), sehingga sangat memudahkan dalam proses pemodelan, revisi, serta mengeluarkan informasi-informasi mengenai suatu elemen struktur.
2. Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam perencanaan mampu menghasilkan *Bar Bending Schedule* (BBS) yang lebih akurat dan cepat. Hal ini dikarenakan *Bar Bending Schedule* (BBS) dapat langsung dikeluarkan jika struktur dan tulangan sudah dimodelkan. Jadi tidak perlu menghitung *Bar Bending Schedule* (BBS) secara konvensional atau manual lagi, sehingga dapat menghemat waktu perencanaan.
3. Penggunaan *software* Cutting Optimization Pro dalam perencanaan *cutting list* dapat memudahkan serta meminimalisir terjadinya *human error*. *Cutting list* dapat dihasilkan dengan waktu yang singkat serta menghasilkan pola pemotongan yang paling efisien.
4. Analisis *waste* material tulangan kolom telah dihitung berdasarkan *Bar Bending Schedule* (BBS) dan *cutting list* yang menghasilkan berat kebutuhan, berat *waste*, dan *waste level*. Berdasarkan berat kebutuhannya, tulangan kolom tipe 2 lebih hemat 3% dan kolom tipe 3 lebih hemat 1,56% dari rata-rata total berat kebutuhannya. Jika ditinjau dari total berat *waste*, kolom tipe 2 lebih hemat 14,03% dan kolom tipe 3 lebih hemat 9,74% dari rata-rata total berat *waste*. Jika ditinjau dari *waste*

level, tulangan kolom tipe 2 menghasilkan *waste level* yang lebih kecil dibandingkan tulangan kolom tipe 1 dan tipe 3 yaitu sebesar 3,31%.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, beberapa saran terkait penelitian yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan pengetahuan mendalam terkait penggunaan *software* Autodesk Revit dalam penerapan konsep *Building Information Modeling* (BIM), sehingga dapat dengan maksimal memanfaatkan fitur-fitur dari *software* tersebut.
2. Untuk penelitian lebih lanjut, diharapkan dapat melakukan penelitian terkait penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam analisis *waste* material tulangan pada elemen struktur lain seperti balok, pelat, pondasi, dan sebagainya.
3. Untuk penelitian lebih lanjut, diharapkan dapat lebih dalam membahas penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam proses perencanaan, operasional, maupun perawatan/*maintenance*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, K. A. (2021). *PENERAPAN BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) MENGGUNAKAN SOFTWARE TEKLA STRUCTURES PADA PEMBANGUNAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU KAMPUS III UIN IMAM BONJOL PADANG* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS ANDALAS).
- Ahankoob, A., Khoshnava, S. M., Rostami, R., dan Preece, C. 2012. BIM perspectives on construction waste reduction. In Management in Construction Research Association (MiCRA) Postgraduate Conference (pp. 195-199). Automation in Construction, 83, 134-148.
- Anjani, A., Bayzoni, Riakara Husni, H., & Niken, C. 2022. Penerapan Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk Revit Pada Gedung 4 Rumah Sakit Pendidikan Peguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung. Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain, 10(1), 87–98.
- Apriansyah, Risky. "Implementasi Konsep Building Information Modelling (BIM) Dalam Estimasi Quantity Take Off Material Pekerjaan Struktural." (2021).
- Azhar, S. 2011. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and management in engineering, 11(3), 241-252.
- Berlian, P., Ayu, C., Adhi, R. P., Hidayat, A., dan Nugroho, H. 2016. Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya, Dan Sumber Daya Manusia Antara Metode Building Information Modelling (BIM) dan Konvensional (Studi Kasus: Perencanaan Gedung 20 Lantai). Universitas Diponegoro, Semarang.
- Bolpagni, M. 2013. The implementation of BIM within the public procurement: A model-based approach for the construction industry.
- Bouška, Robert. "Evaluation of maturity of BIM tools across different software platforms." *Procedia Engineering* 164 (2016): 481-486.
- Dowhower, J. F. 2010. Adapting building information modeling (BIM) for affordable & sustainable housing. Master's Thesis. The University of Texas, Austin.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. John Wiley & Sons.

- Formoso, C. T., Soibelman, L., De Cesare, C., & Isatto, E. L. (2002). Material waste in building industry: main causes and prevention. *Journal of construction engineering and management*, 128(4), 316-325.
- Hidayah, F. N., Rafie, & Nuh, S. M. 2023. Comparative Analysis of Direct Waste Using Cutting Optimization Pro Software and The Cost of The Using Conventional Reinforcement and Wire-Mesh in Task of Floor Plate (Case Study: Project of Kantor and Depo PT. Gudang Garam). *Jurnal Teknik Sipil*, 23(1), 103–111.
- Intan, S., Alifen, R. S., & Arijanto, L. 2005. Analisa Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi : Civil Engineering Dimension, 7(1), 36–45.
- James, Vandezande, Krygiel Eddy, and Read Phil. 2014. Mastering Autodesk Revit Architecture 2014.
- Kasiram, Mohammad. 2008. Metode Penelitian Kuantitatif-Kualitatif. Malang: UIN Malang Press.
- Kork, M., Hartono, W., & Sugiyarto. 2013. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Besi dengan Memperhitungkan Optimasi Waste Besi pada Pekerjaan Balok dengan Program Microsoft Excel. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil 1* (3), 290-295.
- Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., dan Li, Y. 2017. Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future.
- Marizan, Y. (2019). Studi Literatur Tentang Penggunaan Software Autodesk Revit Studi Kasus Perencanaan Puskesmas Sukajadi Kota Prabumulih. *Jurnal Ilmiah Bering's*, 6(01), 15-26.
- Nurhadi, D., & Sulistyoweni, A. (2016). Kajian Sistem Pengelolaan Limbah Konstruksi pada Proyek Konstruksi di Yogyakarta. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 8(2), 101-110.
- Qomari, R. 1970. Teknik Penelusuran Analisis Data Kuantitatif dalam Penelitian Kependidikan. *INSANIA: Jurnal Pemikiran Alternatif Kependidikan*, 14(3), 527–539.
- Rayendra, Soemardi, and W. Biemo. "Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling Untuk Pra-Konstruksi." *Simposium Nasional RAPI XIII-2014 FT UMS, ISSN* (2014): 1412-9612.
- Sadeghi, H., Mohandes, S. R., Hamid, A. R. A., Preece, C., Hedayati, A., dan Singh, B. 2016. Reviewing the usefulness of BIM adoption in improving safety environment of construction projects. *Jurnal Teknologi*, 78(10).

Setiawan, E. B., & Abma, V. (2021). Penerapan Konsep BIM dari Studi Kasus dan Perspektif Pengguna. Civil Engineering, Environmental, Disaster & Risk Management Symposium (CEEDRiMS) Proceeding 2021.

Untari, D. T. 2018. Metodologi Penelitian: Penelitian Kontemporer Bidang Ekonomi dan Bisnis. Banyumas: CV.Pena Persada.Yogyakarta.