

**ANALISIS *WASTE* MATERIAL TULANGAN PELAT
MENGUNAKAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) PADA
PROYEK PEMBANGUNAN SMPN 41 BANDAR LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

MUH ALIEFTAMA DYTAM BASTARI

1955011013



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

ABSTRAK

ANALISIS *WASTE* MATERIAL TULANGAN PELAT MENGUNAKAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) PADA PROYEK PEMBANGUNAN SMPN 41 BANDAR LAMPUNG

Oleh

MUH ALIEFTAMA DYTAM BASTARI

Building Information Modeling (BIM) telah muncul sebagai pendekatan yang efektif dalam merancang, membangun, dan mengelola proyek konstruksi. Salah satu permasalahan dalam proyek konstruksi yaitu adanya *waste* material. Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan SMPN 41 Bandar Lampung. Tujuan penelitian ini yaitu menghasilkan volume total, berat material tulangan pelat, dan mengetahui perbandingan *waste* material tulangan tipe 1 dan 2 (untuk tipe 1 pola pemotongan per segmen dan tipe 2 pola pemotongan per 12 meter). Metode penelitian menggunakan *software* Autodesk Revit dan 1D Cutting Optimization Pro. Hasil analisis didapatkan berat total volume material pelat sebesar 2402,10 kg untuk tipe 1 dan 2166,60 kg untuk tipe 2. Untuk persentase berat material, tulangan tipe 2 lebih hemat 9,80% dibanding tipe 1. Untuk persentase *waste* material, tulangan pelat tipe 2 lebih hemat 36,36 % dibandingkan tipe 1. Berdasarkan *waste level*, tulangan pelat tipe 1 sebesar 7,44% serta tulangan pelat tipe 2 sebesar 3,00%. Sehingga tulangan pelat tipe 2 lebih kecil 4,44 % dibandingkan tipe 1. Penyebab terjadinya *waste* material pada penelitian ini karena adanya perbedaan pola pemotongan pada tulangan.

Kata kunci : Sisa Material, *Building Information Modeling* (BIM), Autodesk Revit, 1D Cutting Optimization Pro, Volume Material.

ABSTRACT

ANALYSIS OF SLAB REINFORCEMENT WASTE MATERIAL USING BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN THE CONSTRUCTION PROJECT OF SMPN 41 BANDAR LAMPUNG

By

MUH ALIEFTAMA DYTAM BASTARI

Building Information Modeling (BIM) is an effective approach for designing, building, and managing construction projects. Waste materials are a common problem in construction projects. This research was performed at the SMPN 41 Bandar Lampung Construction Project. To produce the total volume and weight of slab reinforcement material, knowing the comparison of waste material of reinforcement type 1 and 2 (for type 1 cutting pattern per segment and type 2 cutting pattern per 12 meters). The research method using Autodesk Revit software and 1D Cutting Optimization Pro. The analysis results show that type 1 has a total slab material volume weight of 2402.10 kg and type 2 has a total slab material volume weight of 2166.60 kg. Type 2 reinforcement is 9.80% more efficient than type 1 in terms of material weight percentage. Additionally, type 2 slab reinforcement is 36.36% more efficient than type 1 in terms of percentage of waste. Type 1 slab reinforcement is 7.44% and Type 2 slab reinforcement is 3.00% in terms of waste. Therefore, type 2 slab reinforcement is 4.44% less than type 1. The material waste in this study is caused by differences in the cutting pattern of the reinforcement.

Keywords : Waste material, Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, 1D Cutting Optimization Pro, Material Volume.

**ANALISIS *WASTE* MATERIAL TULANGAN PELAT
MENGUNAKAN *BUILDING INFORMATION MODELING*
(BIM) PADA PROYEK PEMBANGUNAN SMPN 41 BANDAR
LAMPUNG**

Oleh

MUH ALIEFTAMA DYTAM BASTARI

1955011013

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**

Judul Skripsi

: ANALISIS *WASTE MATERIAL* TULANGAN
PELAT MENGGUNAKAN *BUILDING*
INFORMATION MODELING (BIM) PADA
PROYEK PEMBANGUNAN SMPN 41
BANDAR LAMPUNG

Nama Mahasiswa

: Muh Alieftama Dytam Bastari

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1955011013

Program Studi

: S1 Teknik Sipil

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

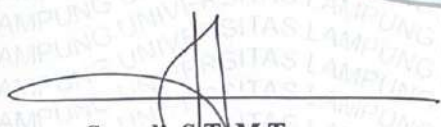
1. Komisi Pembimbing


Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.
NIP. 197405302000122001


Bayzoni, S.T., M.T.
NIP. 197305142000031001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil


Suyadi, S.T., M.T.
NIP. 197412252005011003


Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP. 196911112000031002

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. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Mei 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh Alieftama Dytam Bastari
NPM : 1955011013
Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul “Analisis *Waste Material* Tulangan Pelat Menggunakan *Building Information Modeling* (BIM) Pada Proyek Pembangunan SMPN 41 Bandar Lampung” 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 secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Ide penelitian didapat dari Pembimbing I, oleh karena itu baik atas data penelitian berada pada Saya dan Pembimbing I, Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.

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

Bandar Lampung,

2024



Muh Alieftama Dytam Bastari

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 20 Oktober 2001 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dari Bapak Rahmatsyah Hadi Bastari dan Ibu Alfin Metta Respathy. Penulis menempuh Pendidikan Taman Kanak-Kanak di Star Kids yang diselesaikan pada tahun 2007, Sekolah Dasar di SDN 2 Rawa Laut pada tahun 2007-2013, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 4 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 5 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN. Pada tahun 2020/2021, penulis tercatat sebagai anggota muda organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS Unila). Pada tahun 2021/2022, penulis tercatat sebagai *staff* Departemen Kerohanian & Keolahragaan pada organisasi HIMATEKS Unila. Penulis memiliki beberapa pengalaman lain yaitu diamanahkan sebagai Koordinator Festival “Soundenergy 2.0” pada rangkaian acara *Civil Brings Revolution* (CBR) ke-7 yang merupakan acara berskala Nasional untuk organisasi HIMATEKS Unila.

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Desa Kebon Jeruk, Kecamatan Tanjung Karang Timur, Bandar Lampung, Lampung selama 40 hari pada Januari hingga Februari 2022, kemudian melaksanakan Kerja Praktik (KP) selama 3 bulan pada Juli hingga Oktober 2022 di Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung B Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.

Persembahan

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur kepada Allah SWT atas karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi wa Sallam.

Saya persembahkan skripsi ini untuk:

Kedua Orangtua dan Keluarga Tercinta

Yang selalu memberikan doa, dukungan moral maupun materi kepada penulis.
Terima kasih atas dukungan dan kepercayaan yang telah diberikan kepada penulis,

Dosen Pembimbing dan Penguji

Yang sangat berjasa dan selalu membimbing dan memberikan ilmu dalam penyelesaian skripsi ini.

Sahabat-Sahabatku dan Keluarga Besar Teknik Sipil 2019

Yang selalu mendukung, membantu, dan memberikan semangat untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Teknik Sipil

Sebagai tempat bernaung mengemban ilmu untuk bekal masa depan.

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya; dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia.”

(Q.S Ar-Ra'd : 11)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”

(Umar bin Khattab)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS Al-Baqarah : 286)

“If we can't accept limitations then we're no better than the bad guys.”

(Tony Stark)

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis diberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyusun dan menyelesaikan

Skripsi dengan judul “Analisis *Waste Material* Tulangan Pelat Menggunakan *Building Information Modeling* (BIM) Pada Proyek Pembangunan SMPN 41 Bandar Lampung” dalam rangka memenuhi salah satu untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya serta pertolongan dan perlindungan-Nya sehingga segala urusan saya dipermudah dan dilancarkan serta diberikan takdir yang baik.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S. T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
5. Bapak Suyadi, S.T. M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T., selaku Pembimbing Utama yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan, kritik, saran, serta semangat dalam proses penyelesaian penelitian ini.
7. Bapak Bayzoni, S.T., M.T., selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, ilmu pengetahuan, kritik, saran, serta semangat dalam penelitian ini.

8. Bapak Ir. Ashruri, S.T., M.T., selaku Penguji dan Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu pengetahuan, kritik, saran, serta semangat selama perkuliahan.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
10. Diriku sendiri karena telah berjuang dan berusaha walaupun tersandung banyak rintangan, khususnya setelah kecelakaan yang pernah kita lewati.
11. Keluarga tercinta terutama kedua orang tuaku, Bapak Rahmatsyah Hadi Bastari dan Ibu Alfina Metta Respathy serta Adik-Adikku Siti Nurtsaniyah Bastari dan Siti Nurtadzkia Bastari sebagai penyemangat terbesar, yang senantiasa memberikan doa, bimbingan, kepercayaan, dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Hanny Salsabila yang telah memberikan dorongan moril dalam penyelesaian skripsi ini.
13. Elang Bebas dan 28BF yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
14. Gerakan Bawah Tanah yang telah memberikan dukungan dan menemani dalam penyelesaian skripsi ini.
15. SOLID 19 yang telah memberikan dukungan selama ini.

Penulis menyadari bahwa terdapat keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis sehingga masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca sehingga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandar lampung, 2024
Penulis,

Muh Alieftama Dytam Bastari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	5
2.1.1. Pengenalan <i>Building Information Modeling</i> (BIM).....	5
2.1.2. Manfaat Penggunaan <i>Building Information Modeling</i>	6
2.2. Autodesk Revit	7
2.2.1. Pengenalan Revit.....	7
2.2.2. Fitur-fitur Autodesk Revit.....	8
2.2.3. Keuntungan Autodesk Revit	9
2.3. Cutting Optimization Pro	9
2.4. <i>Waste Material</i>	10
2.5. Baja Tulangan	13
2.5.1. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).....	14
2.5.2. Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS).....	16
2.6. <i>Bar Bending Schedule</i> (BBS).....	18
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Objek Penelitian	19
3.2. Data Gambar	20
3.3. Data Penelitian	23
3.4. <i>Software</i> Pendukung Penelitian.....	23
3.5. Metode Penelitian.....	23
3.5.1. Studi Literatur	24
3.5.2. Tahap Pengumpulan Data	24
3.5.3. Tahap Pemodelan	24
3.6. Diagram Alir Penelitian	27

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1. Gambaran Umum Proyek.....	31
4.2. Langkah Pemodelan Bangunan dengan Autodesk Revit	31
4.2.1. Pekerjaan Persiapan	32
4.2.2. Pemodelan <i>family</i> Struktur per lantai	36
4.2.3. Pemodelan Struktur	44
4.2.4. Pemodelan Tulangan	69
4.3. <i>Input Schedule Mark</i> Tulangan	91
4.4. <i>Clash Detection</i>	91
4.5. <i>Output Bar Bending Schedule</i> (BBS)	93
4.6. <i>Cutting List</i>	98
4.7. Analisis <i>Waste Material</i>	102
4.7.1. <i>Waste</i> Tulangan Utama Pelat Tipe 1	103
4.7.2. <i>Waste</i> Tulangan Utama Pelat Tipe 2	106
4.7.3. <i>Waste Level</i>	109
4.8. Pembahasan	109
V. PENUTUP	114
5.1. Simpulan.....	114
5.2. Saran.....	115
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ukuran dan Toleransi Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).....	14
2. Ukuran Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).....	15
3. Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)	15
4. Toleransi Berat per Batang Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS).....	16
5. Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS).....	17
6. Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS).....	18
7. Dimensi Pondasi Gedung SMPN 41 Bandar Lampung	36
8. Dimensi Kolom Gedung SMPN 41 Bandar Lampung.....	38
9. Dimensi Balok Gedung SMPN 41 Bandar Lampung.	40
10. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Material Tulangan Pelat Tipe 1	104
11. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Material Tulangan Pelat Tipe 2.....	106
12. Rekapitulasi Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Pelat Tipe 1	108
13. <i>Waste Level</i> Tulangan Pelat Tipe 1 dan Tipe 2.....	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tampilan awal <i>software</i> Cutting Optimization Pro	10
2. Baja tulangan.....	13
3. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).....	14
4. Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS).....	16
5. Lokasi objek penelitian.	19
6. Tampak depan.	20
7. Detail Potongan A-A.....	20
8. Denah lantai 1.	21
9. Denah lantai 2.	21
10. Denah lantai 3.	22
11. Denah lantai 4.	22
12. Pemotongan penulangan tipe 1.	25
13. Pemotongan penulangan tipe 2.	25
14. Diagram alir pemodelan.....	26
15. Diagram alir penelitian.....	27
16. Membuat <i>New Project</i>	32
17. Klik <i>Project Unit</i>	33
18. Menyesuaikan satuan.	33
19. Memilih <i>icon level</i>	34
20. Menyesuaikan <i>level</i>	34
21. Memilih <i>icon grid</i>	35
22. Memodelkan <i>grid</i>	35
23. Memilih <i>New Family</i>	37

24. Memilih <i>Structural Foundation</i>	37
25. Membuat pondasi sesuai gambar kerja.	37
26. Memilih <i>icon Column</i>	38
27. Memilih <i>Edit Type</i>	39
28. Membuat setiap tipe kolom sesuai gambar kerja.	39
29. <i>List</i> tipe kolom.	39
30. Memilih <i>icon Beam</i>	41
31. Memilih <i>Edit Type</i>	41
32. Membuat tipe balok sesuai gambar.	42
33. <i>List</i> tipe balok.	42
34. Memilih <i>icon Floor</i>	43
35. Melakukan <i>Edit Type</i> pelat.	43
36. Mengedit ketebalan pelat sesuai gambar.	44
37. <i>List</i> tipe pelat.	44
38. Memilih <i>Isolated</i>	45
39. Memilih <i>menu Load family</i>	45
40. <i>List</i> tipe pondasi.	45
41. Meletakkan setiap jenis pondasi pada <i>grid</i>	46
42. Denah pondasi pada gambar kerja.	46
43. Memilih <i>Column</i> pada <i>tab Structure</i>	47
44. <i>List</i> tipe kolom.	47
45. Meletakkan setiap jenis kolom sesuai gambar kerja.	48
46. Denah kolom pada gambar kerja.	48
47. Memilih <i>Beam</i> pada <i>tab Structure</i>	49
48. <i>List</i> tipe balok.	49
49. Meletakkan balok sesuai dengan gambar kerja.	50
50. Denah balok pada gambar kerja.	50
51. Memilih <i>menu Floor Structural</i>	51
52. <i>List</i> tipe pelat.	51
53. Memilih jenis line untuk proses pemodelan.	52
54. Memodelkan pelat lantai menggunakan <i>line</i>	52
55. Denah pelat lantai 2.	53

56. Denah pelat lantai 2 pada gambar kerja.	53
57. Memilih <i>menu Shaft</i>	54
58. Memilih jenis line untuk memodelkan <i>shaft</i>	54
59. Memodelkan <i>Shaft</i> pada area tangga.	55
60. Tampak 3D <i>Shaft</i> yang sudah di modelkan.	55
61. Memilih <i>menu Stair</i>	55
62. Memilih tipe tangga <i>Cast in Place Stair</i>	56
63. Memilih <i>tools Edit Type</i>	56
64. Menyesuaikan dimensi tangga.	57
65. <i>List</i> tipe tangga.	57
66. Memilih <i>tools Run</i>	58
67. Memilih jenis <i>Location Line</i>	58
68. Memodelkan pelat tangga menggunakan <i>Landing</i>	58
69. Tampak samping tangga tipe 1.	59
70. Pemodelan 3D tangga tipe 1.	59
71. Memilih <i>tools Roof by Footprint</i>	60
72. Klik <i>Edit Type</i>	60
73. Menyesuaikan ketebalan atap.	61
74. Memilih jenis line untuk memodelkan atap.	61
75. Memodelkan atap.	61
76. Mengatur kemiringan atap.	62
77. Memilih <i>View Range</i>	62
78. Menyesuaikan ketinggian atap.	62
79. Memilih <i>Load family</i>	63
80. Memilih jenis baja ringan.	63
81. Memilih <i>Edit Type</i>	64
82. Menyesuaikan ukuran baja ringan.	64
83. Memilih <i>Load family</i>	64
84. Memilih jenis <i>Truss</i>	65
85. Memilih <i>tools Truss</i>	65
86. Memilih <i>Edit Type</i>	66
87. Menyesuaikan ukuran <i>Truss</i>	66

88. Memodelkan kuda-kuda menggunakan <i>tools Truss</i>	67
89. Menyeleksi salah satu <i>Truss</i>	67
90. Memilih <i>tools Attach Top/Bottom</i>	67
91. Tampak rangka baja.	68
92. Hasil 3D pemodelan rangka baja.	68
93. Hasil 3D pemodelan atap.	68
94. Memilih <i>Load family</i>	69
95. Melakukan <i>Load family</i> Tulangan.	69
96. Detail penulangan PC1, PC1A dan PC3	70
97. Detail penulangan PC2 dan PC3A	70
98. Memilih <i>tools Rebar</i>	71
99. <i>Menu Properties</i> tulangan pondasi.....	71
100. <i>Rebar shape "M_17"</i> pondasi.	71
101. <i>Menu Rebar Set</i> tulangan pondasi.....	72
102. <i>Menu Placement Orientation pile cap</i>	72
103. <i>Rebar shape "M_T2" pile cap</i>	72
104. Hasil 3D penulangan <i>pile cap</i>	73
105. <i>Rebar shape "63" pile</i>	73
106. <i>Rebar shape "M_18" pile</i>	74
107. Hasil 3D penulangan <i>pile</i>	74
108. Detail penulangan <i>Tie Beam</i>	75
109. Detail penulangan Balok Latei.....	76
110. Detail penulangan B1 dan B1A.....	76
111. Detail penulangan B2.....	76
112. <i>Tools Rebar</i> balok.	77
113. <i>Menu Properties</i> tulangan balok.	77
114. <i>Rebar shape "M_00"</i>	77
115. <i>Menu Rebar Set</i> tulangan balok.	78
116. <i>Rebar shape "M_T1"</i>	79
117. Hasil 3D penulangan balok.	79
118. Detail penulangan kolom K.1.A, K.1.1A, K2 dan KP.	80
119. Detail penulangan kolom K.1.B, K.1.1B, K2 dan KP.	80

120. <i>Tools Rebar</i> kolom.....	80
121. <i>Menu Properties</i> tulangan kolom.....	81
122. <i>Rebar shape</i> "M_00" kolom.....	81
123. <i>Menu Rebar Set</i> tulangan kolom.....	81
124. <i>Rebar shape</i> "M_T1" kolom.....	82
125. Hasil 3D penulangan kolom.....	82
126. <i>Tools Area</i> pelat.....	83
127. <i>Menu Layers</i> pelat.....	83
128. <i>Tools Draw</i> pelat.....	84
129. Pemodelan pelat sesuai <i>shop drawing</i>	84
130. Penulangan pelat tipe 1 lantai 1.....	84
131. Penulangan pelat tipe 1 lantai 2.....	85
132. Panjang Sambungan Lewatan.....	87
133. Panjang Penyaluran Pada Kait.....	88
134. <i>Tools Rebar</i> tangga.....	88
135. <i>Menu Properties</i> tulangan tangga.....	89
136. <i>Rebar shape</i> "M_00" tangga.....	89
137. <i>Menu Rebar Set</i> tulangan tangga.....	89
138. <i>Rebar shape</i> "M_17A" tangga.....	90
139. Hasil 3D penulangan tangga.....	90
140. <i>Partition</i> tulangan.....	91
141. <i>Tools Interference Check</i>	92
142. <i>Menu bar Interference Check</i>	92
143. <i>Message box No interference detected</i>	92
144. <i>Tools Schedule/Quantities</i>	93
145. <i>Menu bar New Schedule</i>	94
146. <i>Tab Fields Schedule Properties</i>	94
147. <i>Tab Filter Schedule Properties</i>	95
148. <i>Tab Sorting/Grouping Schedule Properties</i>	95
149. <i>Output Bar Bending Schedule</i> tulangan pelat tipe 1.....	96
150. <i>Output Bar Bending Schedule (BBS)</i> tulangan pelat.....	97
151. <i>Menu bar Technical Settings</i>	98

152. <i>Browser Pieces & Stock</i>	99
153. <i>Cutting List</i> tulangan pelat tipe 1.	99
154. Lanjutan <i>Cutting List</i> tulangan pelat tipe 1.....	100
155. <i>Cutting List</i> tulangan pelat tipe 2.	101
156. Lanjutan <i>Cutting List</i> tulangan pelat tipe 2.....	102
157. Grafik perbandingan berat kebutuhan dan berat <i>waste</i>	110
158. Perbandingan <i>waste level</i> tulangan pelat tipe 1 dan 2.....	111
159. Hasil 3D pola pemotongan tulangan tipe 1.....	112
160. <i>Cutting list waste</i> terbanyak tulangan tipe 1.	112
161. Hasil 3D pola pemotongan tulangan tipe 2.....	112
162. <i>Cutting list waste</i> terbanyak tulangan tipe 2.	113

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan konstruksi merupakan sektor yang membutuhkan penggunaan sumber daya yang signifikan, termasuk material. Namun, seringkali terjadi pemborosan dan penyalahgunaan material dalam proses pembangunan, yang dapat menyebabkan peningkatan biaya proyek, penggunaan sumber daya yang tidak efisien, dan dampak negatif terhadap lingkungan.

Dalam konteks ini, *Building Information Modeling* (BIM) telah muncul sebagai pendekatan yang efektif dalam merancang, membangun, dan mengelola proyek konstruksi. *Building Information Modeling* (BIM) adalah untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam proses perancangan, konstruksi, dan pengelolaan gedung tersebut. Dengan menggunakan BIM, tim desain dan konstruksi dapat bekerja bersama-sama dalam lingkungan virtual yang terintegrasi.

Mereka dapat membuat, mengelola, dan berbagi informasi yang konsisten dan terkoordinasi, termasuk geometri, atribut, dan relasi antar elemen-elemen bangunan. BIM memanfaatkan model digital tiga dimensi untuk mengintegrasikan informasi yang berkaitan dengan desain, material, jadwal, dan biaya proyek. Dengan adanya model yang terintegrasi tersebut, para pemangku kepentingan proyek dapat bekerja secara kolaboratif, memperoleh visibilitas yang lebih baik, dan mengidentifikasi potensi pemborosan dan efisiensi dalam penggunaan material.

Skripsi ini bertujuan untuk menganalisis *waste* material tulangan pelat pada proyek pembangunan SMPN 41 Bandar Lampung dengan menggunakan pendekatan BIM. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengumpulan data terkait *waste* material yang terjadi pada tulangan pelat dalam proyek tersebut. Kemudian, data tersebut akan dianalisis untuk mengidentifikasi jenis-jenis *waste* material yang paling umum terjadi dan menyelidiki penyebab terjadinya *waste* material tersebut. Selain itu, pengaruh penggunaan BIM dalam mengurangi pemborosan material tulangan pelat juga akan dievaluasi.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik tentang masalah *waste* material pada proyek konstruksi, khususnya terkait dengan tulangan pelat. Penggunaan BIM dalam mengelola *waste* material diharapkan dapat membantu para profesional konstruksi dalam mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan material, sehingga menghasilkan penghematan biaya dan efisiensi penggunaan sumber daya. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan pemahaman lebih mendalam tentang manfaat penggunaan BIM dalam mengelola *waste* material, serta memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan proyek konstruksi di masa depan.

Penelitian ini memiliki relevansi yang penting dalam konteks proyek pembangunan SMPN 41 Bandar Lampung. Dengan menganalisis *waste* material tulangan pelat pada proyek tersebut, akan diketahui potensi pemborosan yang terjadi, penyebabnya, dan kontribusi penggunaan BIM dalam mengatasi masalah tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan rekomendasi yang berguna bagi pihak-pihak terkait, termasuk pihak pengembang proyek, kontraktor, dan profesional konstruksi dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan proyek konstruksi.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menghasilkan volume total dan berat material tulangan (*Bar Bending Schedule*) pelat yang didapat dari pemodelan *software* Autodesk Revit?
2. Berapa persentase perbandingan *waste* material tulangan pelat untuk tipe penulangan 1 dan penulangan 2?
3. Apa penyebab terbesar *waste* material pada Proyek Pembangunan Gedung SMPN 41 Bandar Lampung?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada kawasan proyek pembangunan Gedung SMPN 41 Bandar Lampung.
2. Pemodelan pada penelitian ini berdasar dari data *shop drawing* dan RAB proyek pembangunan SMPN 41 Bandar Lampung.
3. Perbandingan nilai volume dan berat *waste* material hanya dilakukan pada struktur pelat untuk tipe penulangan 1 dan tipe penulangan 2.
4. Perhitungan analisis struktur tidak dilakukan.
5. Penggunaan aplikasi Autodesk Revit untuk memperoleh volume total dan berat material.
6. Penggunaan aplikasi *ID Cutting Optimizer* untuk optimasi pemotongan tulangan.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian menggunakan *software* Autodesk Revit dan 1D Cutting Optimizer pada proyek pembangunan Gedung SMPN 41 Bandar Lampung bertujuan untuk:

1. Memperoleh nilai total volume dan berat material tulangan (*Bar Bending Schedule*) menggunakan *software* Autodesk Revit.
2. Mengetahui persentase perbandingan volume dan berat *waste* material tulangan pelat pada tipe penulangan 1 dan 2.
3. Mengetahui penyebab terbesar *waste* material pada proyek pembangunan Gedung SMPN 41 Bandar Lampung.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin penulis berikan pada hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi pada penelitian selanjutnya dalam analisis *waste* material menggunakan aplikasi *Building Information Modeling* (BIM).
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran, dan informasi tentang cara pemodelan menggunakan *software* Autodesk Revit dan menganalisis *waste* material yang terjadi pada suatu proyek.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan acuan dalam memilih metode perencanaan untuk para *engineer* sehingga dapat meminimalisir terjadinya *waste* material yang dapat berakibat pada pemborosan beberapa aspek pada pekerjaan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Building Information Modeling (BIM)*

2.1.1. *Pengenalan Building Information Modeling (BIM)*

Building Information Modeling (BIM) adalah seperangkat teknologi yang seluruh prosesnya bekerja secara kolaborasi dan saling berintegrasi dalam sebuah model digital. Penggunaan BIM dalam pekerjaan konstruksi, proses desain, pengadaan, dan pelaksanaan konstruksi dapat dengan mudah saling terhubung. Selain itu, memungkinkan pelaku yang terlibat dalam suatu proyek bekerja secara kolaboratif (Eastman et al., 2011).

Pada dasarnya, BIM merupakan penggunaan perangkat lunak khusus yang memungkinkan pembuatan, pemodelan, dan dokumentasi bangunan dalam bentuk 3D secara digital. Namun, BIM tidak hanya tentang representasi visual belaka. Model BIM menyimpan informasi yang lebih mendalam tentang komponen bangunan, seperti struktur, sistem mekanikal, elektrik, plumbin, dan informasi lainnya.

Salah satu fitur utama BIM adalah kemampuannya untuk menghubungkan informasi yang terkait antara berbagai aspek bangunan. Misalnya, perubahan yang dilakukan pada desain struktur akan secara otomatis mempengaruhi sistem mekanikal dan listrik yang terhubung dengannya. Hal ini memungkinkan tim proyek untuk memiliki pemahaman yang lebih baik tentang dampak dari perubahan-perubahan tersebut sebelum melakukan konstruksi fisik.

2.1.2. Manfaat Penggunaan *Building Information Modeling*

BIM dapat mendukung dan meningkatkan praktik bisnis industri AEC/FM (*Facilities Management*). Menurut BIM Handbook (2008), ruang lingkup perubahan yang diharapkan dengan perkembangan implementasi BIM diantaranya:

1. Manfaat pra konstruksi bagi *owner*
 - a. Konsep, kelayakan dan manfaat desain
 - b. Peningkatan kinerja dan kualitas bangunan
2. Manfaat desain
 - a. Visualisasi desain yang lebih akurat
 - b. Tingkat koreksi tinggi Ketika membuat perubahan desain
 - c. Menghasilkan gambar 2D yang akurat dan konsisten disetiap tahap desain
 - d. Beberapa kolaborasi disiplin desain
 - e. Memudahkan pemeriksaan terhadap desain
 - f. Memperkirakan biaya selama tahap desain
 - g. Meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan
3. Manfaat konstruksi dan fabrikasi
 - a. Menemukan kesalahan desain sebelum konstruksi/ mengurangi konflik
 - b. Bereaksi cepat untuk desain atau masalah proyek
 - c. Menggunakan model desain sebagai dasar komponen fabrikasi
 - d. Implementasi yang lebih baik dan Teknik konstruksi ramping
 - e. Sinkronisasi pengadaan dengan desain dan konstruksi
4. Manfaat sesudah konstruksi
 - a. Mengelola dan mengoperasikan fasilitas yang lebih baik
 - b. Mengintegrasikan dengan operasi sistem manajemen fasilitas

2.2. Autodesk Revit

2.2.1. Pengenalan Revit

Dalam sebuah proyek konstruksi sering sekali terjadi disinkronisasi atntar beberapa disiplin ilmu yang seharusnya saling berkaitan, seperti arsitektur, sipil atau struktur, dan mekanikal elektrik. Disinkronisasi yang buruk antara disiplin ilmu ini dapat menyebabkan masalah serius dan berdampak negatif pada kualitas dan efisiensi proyek. Oleh karena itu, penggunaan pendekatan BIM dengan perangkat lunak seperti Revit dapat sangat membantu dalam memperbaiki disinkronisasi tersebut.

Dalam Revit, semua disiplin ilmu dapat bekerja pada satu model terpadu. Misalnya, arsitek dapat merancang bangunan menggunakan alat-alat model 3D yang interaktif, menciptakan bentuk dan tampilan visual yang diinginkan. Kemudian, insinyur sipil atau struktur dapat menggunakan model tersebut untuk merancang dan menganalisis elemen struktural, seperti kolom, balok, dan pondasi. Selain itu, insinyur mekanikal dan elektrik dapat memanfaatkan model untuk merancang sistem kelistrikan, dan tata cahaya, serta melakukan analisis energi untuk memastikan efisiensi dan kenyamanan bangunan.

Autodesk Revit merupakan salah satu aplikasi program atau tools berbasis BIM yang membantu dalam pendokumentasian proyek secara lebih nyata karena dimodelkan dalam bentuk 3D. Autodesk merupakan perusahaan yang mengembangkan berbagai software di banyak bidang seperti industri lintas manufaktur, arsitektur, bangunan, konstruksi, dan media, serta hiburan. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1982 oleh John Walker dan Dan Drake, dan bermarkas di Mill Valley, California (Autodesk Revit, 2023).

2.2.2. Fitur-fitur Autodesk Revit

Berikut ini merupakan fitur-fitur dari Autodesk Revit, antara lain (Rayendra & Soemardi, 2014):

a. *Modelling*

Hal yang paling penting pertama kali dalam pembuatan *project* adalah sebuah permodelannya. Teknologi permodelan didalam *Revit* yang dikenal dengan nama *object oriented* dapat membuat permodelan menjadi lebih mudah dan efisien. Karena elemen-elemen bangunan seperti kolom, balok, besi tulangan, jendela, pintu sudah terdapat didalam opsi tersebut, tinggal memasukkan spesifikasi yang dibutuhkan.

b. *Massing*

Massing merupakan objek yang digunakan untuk menggambarkan bentuk dan geometri bangunan dengan menggunakan bentuk-bentuk yang sederhana. Tujuan dari *massing* ini adalah untuk mengetahui luasan, volume, ataupun dapat diintegrasikan dengan aplikasi lain sehingga dapat menganalisis konsumsi energi, pencahayaan, dan lain sebagainya.

c. *Phasing*

BIM sering dikenal juga dengan aplikasi empat dimensi dengan dimensi keempat adalah waktu. *Revit* mampu melakukan perubahan terhadap model, sesuai dengan yang diinginkan untuk tahapan-tahapan proyek. Untuk setiap tahapan pelaksanaan konstruksi dapat ditentukan komponen bangunan yang akan hilang atau muncul.

d. *Grouping*

Revit juga dapat berfungsi sebagai aplikasi yang dapat menyajikan data dalam berbagai bentuk. Model yang dibuat dengan Autodesk Revit dapat menyusun objek-objek tersebut dalam satu susunan *list*. *List* tersebut akan langsung terintegrasikan dengan model yang dibuat, sehingga ketika ada perubahan pada objek tersebut akan menyebabkan perubahan pula pada *list*-nya.

2.2.3. Keuntungan Autodesk Revit

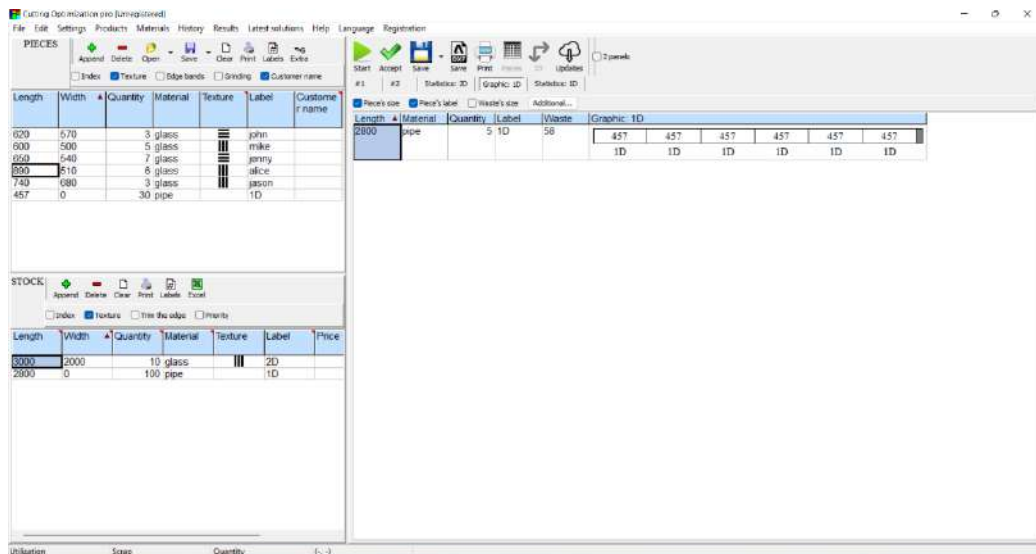
Autodesk Revit bekerja sejalan dengan cara berpikir tenaga ahli. Dibangun dengan tujuan untuk BIM, Autodesk Revit membantu untuk menganalisis konsep desain secara akurat dengan mempertahankan visi melalui desan serta konstruksi. Semua perubahan dapat diperbarui secara otomatis di seluruh bidang pekerjaan pada bangunan, jadi setiap bagian tetap terkoordinasi dan lebih terpercaya (Revit *et al.*, 2009).

2.3. Cutting Optimization Pro

Cutting Optimization Pro adalah *software* yang digunakan *drafter* untuk mendapatkan tata letak pemotongan yang optimal baik untuk potongan satu dimensi (1D) ataupun dua dimensi (2D). *Software* ini juga memungkinkan *drafter* untuk menghitung pemotongan produk yang kompleks, seperti meja, meja tulis, lemari, loker, rak buku dan lain sebagainya. Cutting Optimization Pro dapat digunakan untuk memotong lembaran persegi panjang yang terbuat dari kaca, kayu, logam, plastik, atau bahan lain yang digunakan oleh aplikasi industri. *Software* ini juga bisa digunakan untuk potongan linier seperti batang baja tulangan, pipa, tabung, batang baja, profil logam, tabung, papan kayu, dan bahan lainnya. (Optimal Programs SRL, 2023).

Upaya untuk meminimalisasi sisa material sangat penting untuk diterapkan Software cutting optimization pro merupakan sebuah program yang dapat mengoptimalkan penggunaan material tulangan. Dimulai dengan membuat rekapitulasi kebutuhan tulangan dengan menentukan ukuran, kuantitas, dan jenis bahan atau diameter tulangan yang dibutuhkan. Kemudian Software Cutting Optimization Pro ini dapat membuat pola-pola pemotongan yang menghasilkan *waste* terkecil dan juga secara otomatis menghitung volume material yang akan kita gunakan (Rini Ratnayanti, 2016).

Berikut ini merupakan tampilan awal dari *Software Cutting Optimization Pro* yang terdapat pada Gambar 1.



(Sumber: Dokumen Pribadi)

Gambar 1. Tampilan awal *software* Cutting Optimization Pro

2.4. Waste Material

Waste atau pemborosan dicirikan sebagai suatu barang atau objek yang dibuang oleh pemiliknya. Didalam proyek konstruksi, pemborosan dicirikan sebagai bahan atau material yang tidak terpakai akibat terjadinya pengembangan, perbaikan atau penyesuaian (J.R. Illingworth., 1998).

Waste material merupakan bagian dari material yang tidak terpakai dalam pelaksanaan proyek konstruksi dan tidak menjadi bagian dari bangunan. Sehingga semakin banyak *waste* material yang terjadi, maka semakin tidak efisien penggunaan material dalam proyek tersebut (Abdurrahman, 2012).

Waste material dibagi menjadi 2 jenis (Asnudin 2010) antara lain:

1. *Waste* Langsung (*Direct Waste*)
 - a. Pengiriman (*Transport and Delivery waste*)

Semua *waste* material yang terjadi Ketika dilakukannya pengiriman material di suatu proyek konstruksi.

- b. *Waste Material akibat Tempat Penyimpanan (Site Storage Waste)*
Terjadinya *waste material* disebabkan oleh penumpukan material pada tempat yang tidak semestinya seperti material pasir dan batu pecah, atau material yang diletakan pada tempat yang memiliki kondisi lembab seperti semen.
- c. *Waste Material akibat Pengubahan (Conversion Waste)*
Waste material yang disebabkan oleh adanya pemotongan bahan dalam bentuk yang tidak ekonomis, seperti material besi, keramik dan sebagainya.
- d. *Waste pada saat Pemakaian (Fixing Waste)*
Material yang tercecer, rusak atau pun terbuang Ketika pelaksanaan di lapangan, seperti: pasir, semen, batu bata, dan sebagainya.
- e. *Waste Material akibat Pemotongan (Cutting Waste)*
Waste material yang dihasilkan oleh pemotongan bahan, seperti: tiang pancang, besi beton, batu bata, keramik, besi beton, dan sebagainya.
- f. *Waste Material akibat Pelaksanaan dan Waste Tertinggal (Application and Residue Waste)*
Waste material yang terjadi pada saat pelaksanaan seperti mortar yang jatuh/tercecer sewaktu pengecoran atau mortar yang tertinggal dan mengeras pada akhir pekerjaan.
- g. *Waste Material akibat Tindakan Kriminal (Criminal Waste)*
Waste material yang terjadi karena pencurian atau Tindakan perusakan (*vandalism*) di lokasi proyek.

- h. *Waste Material akibat Kesalahan Penggunaan Material (Wrong Use Waste)*

Penggunaan tipe atau jenis kualitas material yang tidak sesuai dengan spesifikasi dalam perjanjian, dapat membuat material yang sudah ada tergantikan dengan material yang sesuai sehingga menimbulkan *waste material*.

- i. *Waste Material akibat Manajemen (Management Waste)*

Terjadinya *waste material* yang disebabkan kesalahan pengambilan keputusan oleh manajemen proyek karena lemahnya organisasi proyek serta kurangnya pengawasan.

2. *Waste Secara Tidak Langsung (Indirect Waste)*

- a. *Waste karena perubahan tujuan penggunaan (Substitution Waste)*

Waste material yang terjadi dikarenakan adanya perubahan tujuan awal, sehingga mengakibatkan kerugian biaya proyek dengan alasan: kelebihan material, adanya kerusakan material, dan banyaknya kebutuhan material tertentu.

- b. *Waste karena berlebih (Production Waste)*

Waste material yang terjadi akibat penggunaan material yang berlebih dan kontraktor pelaksana tidak memiliki kewajiban bertanggung jawab atas kelebihan volume tersebut karena pembayaran didasarkan atas volume kontrak contohnya: pemasangan dinding bata yang tidak rata menyebabkan pemakaian mortar berlebih karena plesteran menjadi tebal.

- c. *Waste karena kelalaian (Negligence Waste)*

Waste material yang terjadi karena kesalahan di lokasi proyek (*site error*), sehingga pihak kontraktor menggunakan material lebih dari yang ditentukan misalnya: penggalian pondasi yang terlalu dalam.

2.5. Baja Tulangan

Baja tulangan beton menurut SNI 2052 tahun 2017 adalah baja karbon atau baja paduan yang berbentuk batang berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip/ulir dan digunakan untuk penulangan beton pada proyek konstruksi. Beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang akan timbul didalam sistem (Budi 2011). Menurut SNI 07-2052-2002 panjang tulangan beton adalah 12 meter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah.



(Sumber: <https://www.mbtsteel.com/product/baja-tulangan-beton-polos/> diakses 21 juni 2023 pukul 01.58)

Gambar 2. Baja tulangan

2.5.1. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

Baja Tulangan Beton Polos adalah baja tulangan beton yang memiliki penampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip/berulir. (SNI 2052:2017). Baja Tulangan Beton Polos dapat dilihat pada Gambar 3.



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

Gambar 3. Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

Dari Gambar 3 diatas, diketahui bahwa Baja Tulangan Beton Polos (BjTP) tidak memiliki gelombang, lipatan, retak, atau serpihan. Pada Tabel 1 dapat dilihat ukuran Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).

Dalam menentukan ukuran terdapat toleransi yaitu suatu besaran kekeliruan yang diperbolehkan dari ukuran nominal. Pada Tabel 1 di bawah ini dijelaskan tentang ukuran serta toleransi dari Baja Tulangan Beton Polos (BjTP).

Tabel 1. Ukuran dan Toleransi Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

No	Diameter (d)	Toleransi (t)	Penyimpangan kebundaran maks (p)
	mm	mm	mm
1	6	$\pm 0,3$	0,42
2	$8 \leq d \leq 14$	$\pm 0,4$	0,56
3	$16 \leq d \leq 25$	$\pm 0,5$	0,70
4	$28 \leq d \leq 34$	$\pm 0,6$	0,84
5	$d \geq 36$	$\pm 0,8$	1,12
CATATAN: 1. Penyimpangan kebundaran maksimum dengan rumus: $p = (d_{maks} - d_{min}) \leq (2t \times 70\%)$ 2. Toleransi untuk baja tulangan beton polos = $d - d_{aktual}$			

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

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	380	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) $A = 0,7854 \times d^2$ (mm ²) d = diameter nominal (mm) b) Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100}$ (kg/m)				

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

Sifat mekanis baja adalah sifat baja yang berhubungan dengan kemampuan baja terhadap uji mekanik. Dibawah ini disajikan sifat mekanis Baja Tulangan Beton Polos (BjTP) yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

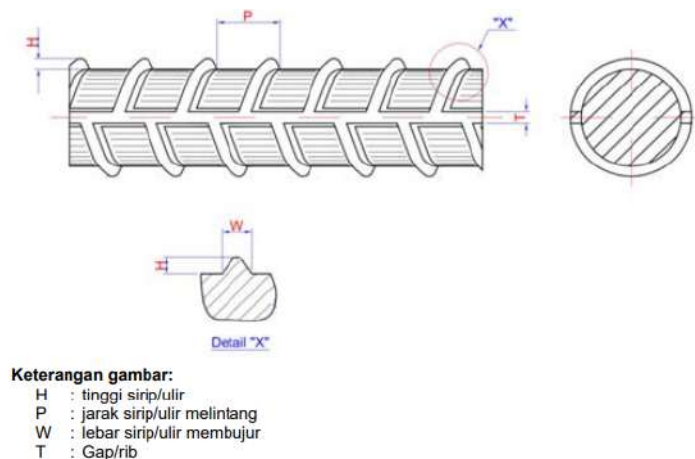
Tabel 3. Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton Polos (BjTP)

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 ($d \leq 10 \text{ mm}$)	180°	3,5d ($d \leq 16 \text{ mm}$)	-
			12 ($d \geq 12 \text{ mm}$)	180°	5d ($d \geq 19 \text{ mm}$)	
Keterangan: 1. d adalah diameter nominal baja tulangan beton 2. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung						

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

2.5.2. Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS)

Menurut SNI 2052:2017, Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS) adalah baja tulangan beton yang berbentuk batang baja dengan penampang sirip melintang di sepanjang permukaannya. Guna sirip untuk memberikan daya cengkram/lekat pada baja tulangan dan berguna dalam menahan gerakan memanjang dari baja tulangan secara relatif terhadap beton.



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

Gambar 4. Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS)

Ulir yang melintang tidak boleh membentuk sudut kurang dari 45° terhadap sumbu batang dan memiliki toleransi yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Toleransi Berat per Batang Baja Tulangan Beton Sirip (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)

Pada Tabel 5 dijelaskan berbagai ukuran baja tulangan beton sirip.

Tabel 5. Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip (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
CATATAN: 1. Diameter nominal hanya dipergunakan untuk perhitungan parameter nominal lainnya dan tidak perlu diukur 2. Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sirip/ulir adalah sebagai berikut: a) Luas penampang nominal (A) $A = 0,7854 \times d^2$ (mm ²) d = diameter nominal (mm) b) Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100} \times 0,7$ (kg/m) c) Jarak sirip melintang maksimum = 0,70 d d) Tinggi sirip minimum = 0,05 d Tinggi sirip maksimum = 0,10 d e) 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)

Dibawah ini pada Tabel 6 dijelaskan sifat mekanis Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS).

Tabel 6. Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton Sirip (BjTS)

BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ($d \leq 10 \text{ mm}$)	180°	3,5d ($d \leq 16 \text{ mm}$)	Min. 1,25
			12 ($d \geq 13 \text{ mm}$)	180°	5d ($d \geq 19 \text{ mm}$)	
BjTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 ($d \leq 19 \text{ mm}$)	180°	3,5d ($d \leq 16 \text{ mm}$)	Min. 1,25
			8 ($22 \leq d \leq 25 \text{ mm}$)	180°	5d ($19 \leq d \leq 25 \text{ mm}$)	
			7 ($d \geq 29 \text{ mm}$)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36 \text{ mm}$)	
				90°	9d ($d > 36 \text{ mm}$)	
BjTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	14 ($d \leq 19 \text{ mm}$)	180°	3,5d ($d \leq 16 \text{ mm}$)	Min. 1,25
			12 ($22 \leq d \leq 36 \text{ mm}$)	180°	5d ($19 \leq d \leq 25 \text{ mm}$)	
			10 ($d > 36 \text{ mm}$)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36 \text{ mm}$)	
				90°	9d ($d > 36 \text{ mm}$)	
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 ($d \leq 25 \text{ mm}$)	180°	5d ($d \leq 25 \text{ mm}$)	Min. 1,25
			6 ($d \geq 29 \text{ mm}$)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36 \text{ mm}$)	
				90°	9d ($d > 36 \text{ mm}$)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	7 ($d \leq 25 \text{ mm}$)	180°	5d ($d \leq 25 \text{ mm}$)	Min. 1,25
			6 ($d \geq 29 \text{ mm}$)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36 \text{ mm}$)	
				90°	9d ($d > 36 \text{ mm}$)	
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 ($d \leq 25 \text{ mm}$)	180°	5d ($d \leq 25 \text{ mm}$)	Min. 1,15
			6 ($d \geq 29 \text{ mm}$)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36 \text{ mm}$)	
				90°	9d ($d > 36 \text{ mm}$)	
Keterangan: 1. d adalah diameter nominal baja tulangan beton 2. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung						

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

2.6. Bar Bending Schedule (BBS)

Bar Bending Schedule (BBS) adalah daftar pola pembengkokan tulangan yang meliputi diameter, panjang, bentuk dan jumlah tulangan. Untuk membuat perhitungan dengan metode BBS ini diperlukan data gambar rencana atau *shop drawing* dari perencanaan, data mengenai ukuran dan jumlah tulangan yang dibutuhkan (Artama, 2007). Daftar bengkokan tulangan biasanya berisi batan yang dibengkokan maupun batang tulangan, dan menyajikan semua jenis dimensi batang tulangan yang digunakan (Artama, 2007). Data tentang dimensi dan jumlah tulangan berikut dengan spesifikasi tulangan yang digunakan pada suatu proyek konstruksi disajikan dalam *Bar Bending Schedule* (BBS) sebagai pedoman ketika akan melakukan pembelian material baja tulangan (Hartono dkk., 2015).

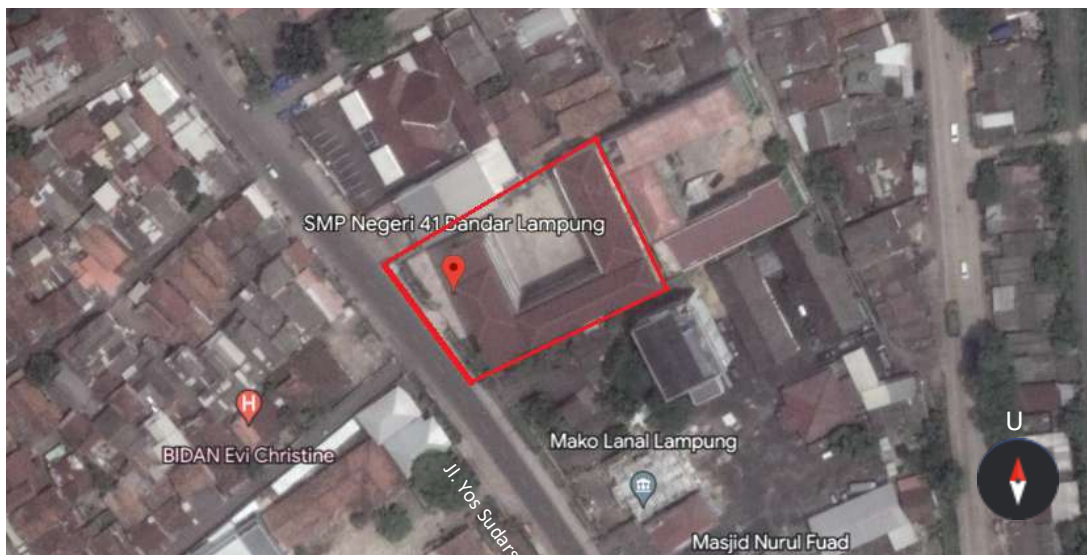
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Objek Penelitian

Pada penelitian ini yang merupakan pembangunan gedung SMPN 41 Bandar Lampung berlokasi di Jalan Yos Sudarso. KM. 10, RW No. 4, Karang Maritim, Kec. Panjang, Kota Bandar Lampung, Lampung. Lokasi objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Dengan koordinat bangunan adalah 5°28'45" Bujur Timur (BT) dan 105°19'33" Lintang Selatan (LS).

Dengan batas – batas bangunan sebagai berikut:

1. Barat daya : Kantor Pos Panjang
2. Timur laut : SDN 1 Karang Maritim
3. Barat laut : Alfamart Panjang
4. Tenggara : SPBT Lanal Lampung



(Sumber: *Google Earth*)

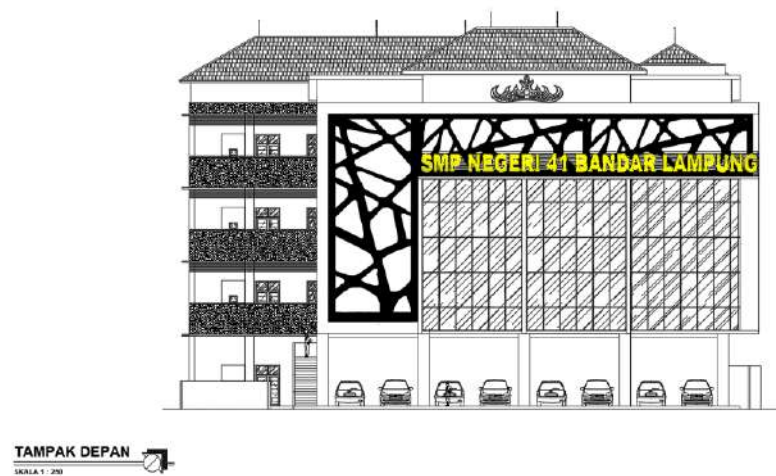
Gambar 5. Lokasi objek penelitian.

3.2. Data Gambar

Berikut merupakan data gambar dari Gedung SMPN 41 Bandar Lampung yang digunakan sebagai bahan untuk pemodelan BIM:

1. Tampak Depan

Tampak depan Gedung SMPN 41 Bandar Lampung menghadap ke arah barat daya. Tampak depan dari bangunan ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampak depan.

2. Detail Potongan

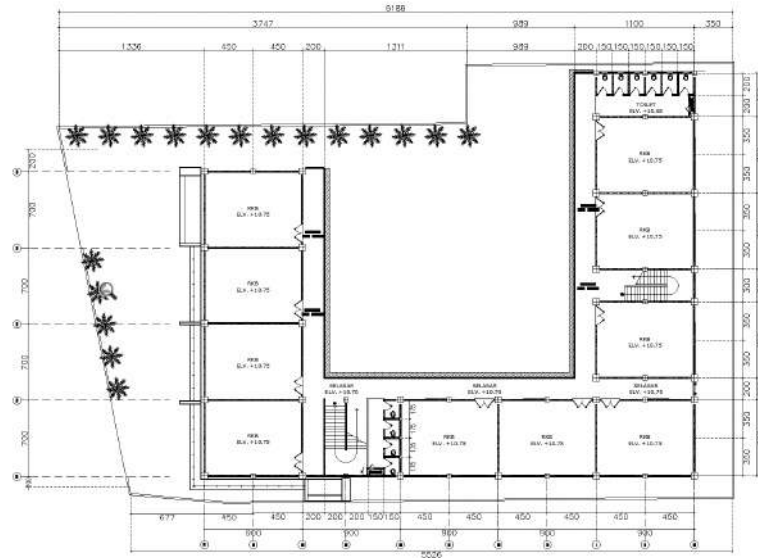
Potongan A-A dari bangunan ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Detail Potongan A-A.

5. Denah Lantai 3

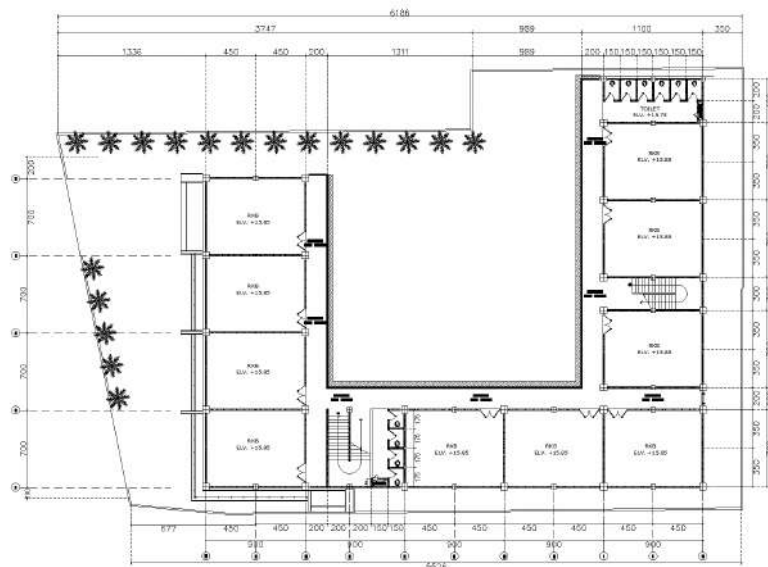
Denah lantai 3 Gedung SMPN 41 Bandar Lampung dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Denah lantai 3.

6. Denah Lantai 4

Denah lantai 4 Gedung SMPN 41 Bandar Lampung dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Denah lantai 4.

3.3. Data Penelitian

Data penelitian merupakan elemen pendukung dalam penyusunan penelitian ini. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu gambar rencana Gedung SMPN 41 Bandar Lampung.

3.4. *Software* Pendukung Penelitian

Perangkat lunak atau *software* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Autodesk Revit dan Cutting Optimization Pro. Penggunaan Autodesk Revit dengan alasan dapat mengeluarkan hasil berupa *quantity take off* dan *bar bending schedule* yang nantinya digunakan pada penelitian ini. Cutting Optimization Pro digunakan untuk optimasi pada pemotongan tulangan.

3.5. Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif-studi kasus, yaitu dengan cara mengumpulkan setiap data yang dibutuhkan untuk penyelesaian penelitian dari lokasi studi. Metode deskriptif adalah metode penelitian yang digunakan untuk membuat gambaran mengenai keadaan, menjelaskan hubungan, dan membuat prediksi serta mendapatkan makna dan implikasi dari suatu masalah yang ingin dipecahkan (Nazir, 2017). Penelitian ini menggunakan variabel kontrol yaitu pemotongan tulangan, kebutuhan pemotongan tulangan, serta tipe pemasangan tulangan yang akan digunakan sebagai pembanding terhadap uji coba antara total kebutuhan tulangan dan besaran nilai *waste* tulangan. Metode penelitian ini dibagi menjadi beberapa alur yaitu studi literatur, pengumpulan data, pemodelan, serta analisis.

3.5.1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mempelajari dasar dari ilmu pengetahuan dan tahapan-tahapan yang terlibat dalam pengembangan, penemuan, dan analisis data penelitian.

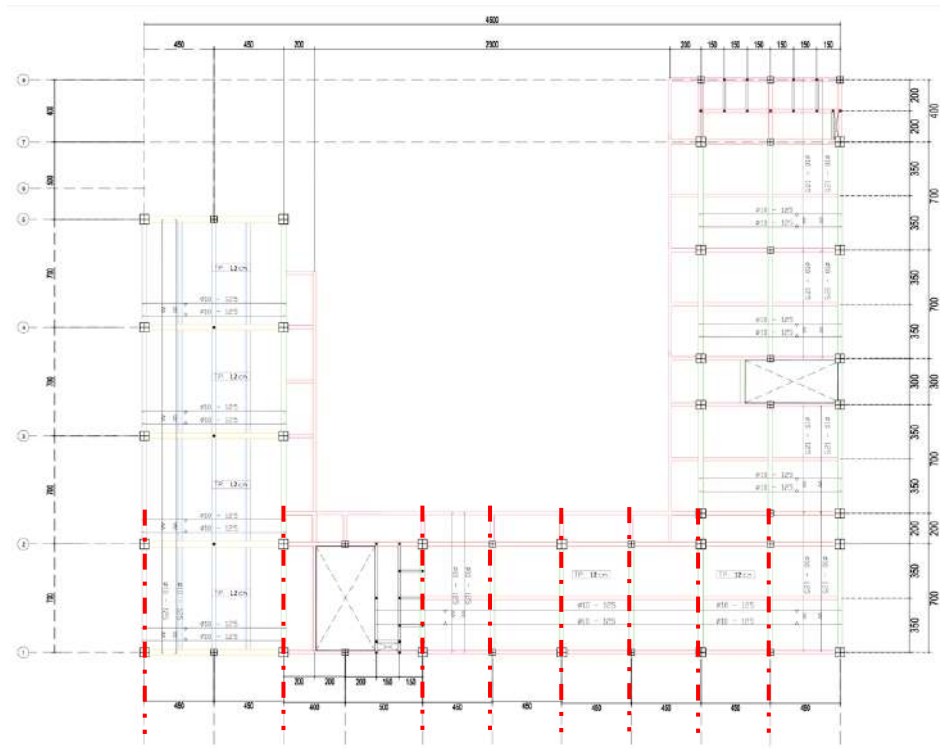
Studi literatur dilakukan dengan cara membaca sumber-sumber literatur seperti jurnal, buku, artikel terkait implementasi tentang *Building Information Modelling* (BIM) serta panduan penggunaan *software* pendukung penelitian.

3.5.2. Tahap Pengumpulan Data

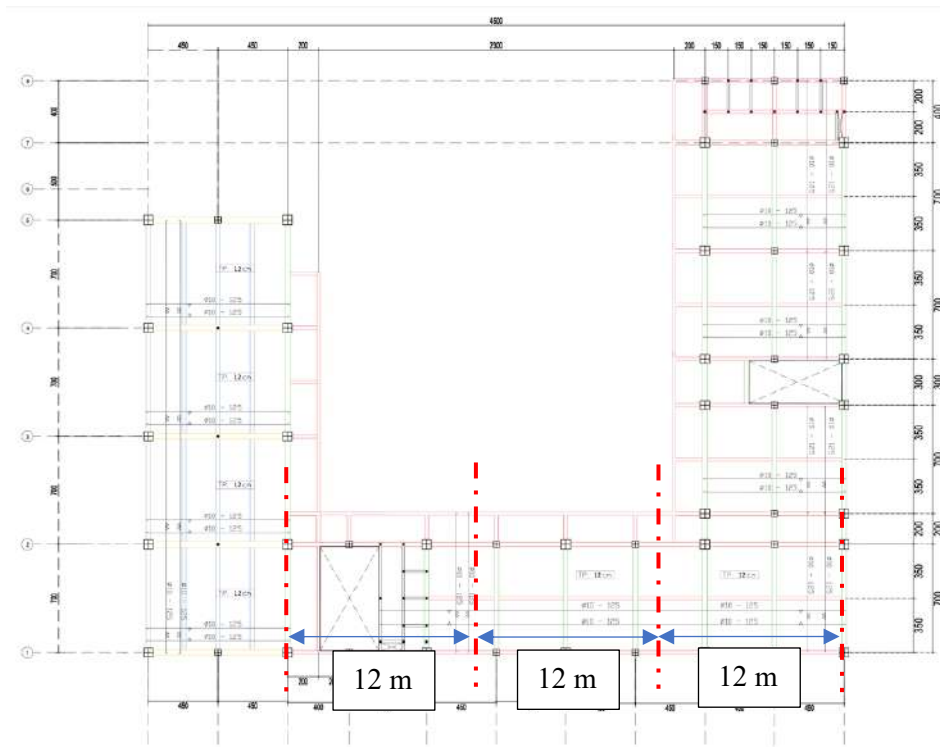
Pengumpulan data adalah suatu proses yang dilakukan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan penulis untuk melakukan penelitian. Dengan dasar rumusan masalah serta tujuan penelitian maka data yang diperlukan yaitu data gambar rencana dari Gedung SMPN 41 Bandar Lampung. Dari data tersebut pemodelan 3D struktural dapat dilakukan menggunakan *software* Autodesk Revit.

3.5.3. Tahap Pemodelan

Setelah semua data yang dibutuhkan telah terkumpul, selanjutnya dapat dilakukan tahapan pemodelan 3D struktural Gedung SMPN 41 Bandar Lampung dengan metode *Building Information Modelling* (BIM) menggunakan *software* Autodesk Revit sesuai dengan acuan gambar kerja. Adapun pemodelan struktural yang dimodelkan yaitu *bore pile*, *pile cap*, *tie beam*, kolom, balok, pelat, dan rangka baja. Tahapan selanjutnya yaitu pemodelan tulangan pada semua elemen struktur beton. Untuk penulangan pada pelat dilakukan pemodelan dengan 2 tipe penulangan yang dapat dilihat pada gambar. Pada Gambar 12 dilakukan pemotongan tulangan per segmen, sedangkan pada Gambar 13 dilakukan pemotongan pada tulangan per 12 meter. Kedua tipe tersebut menggunakan besi D10

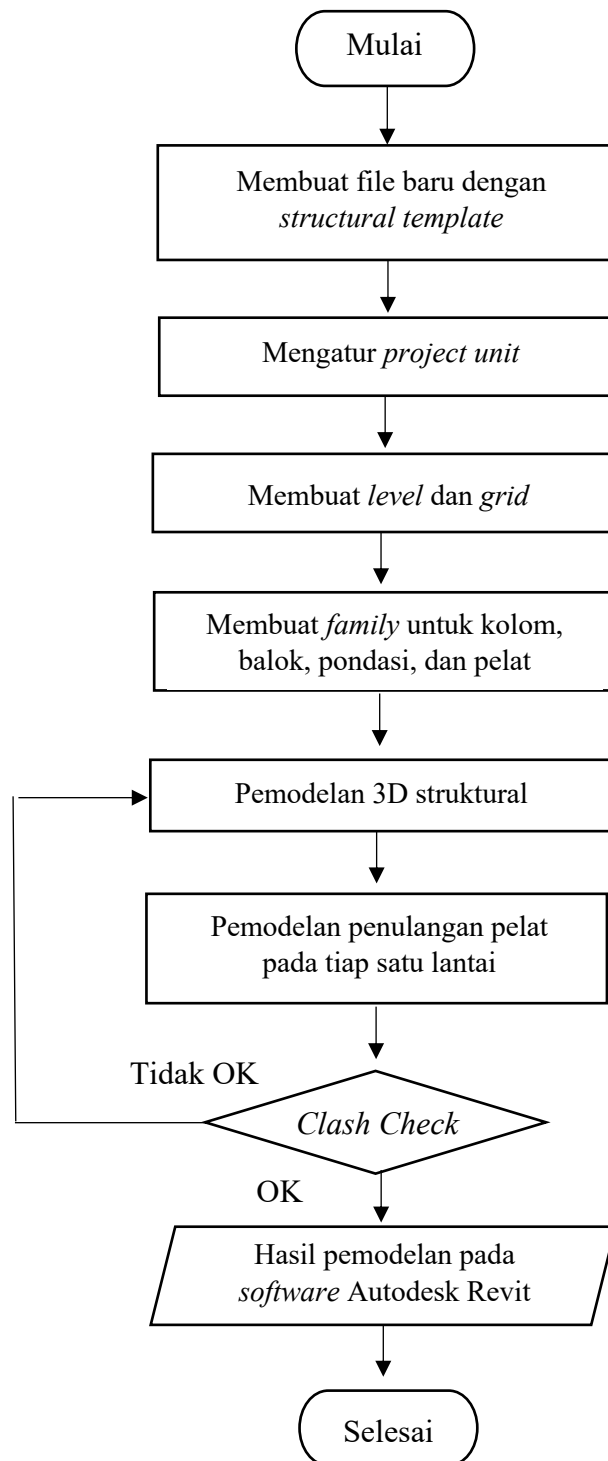


Gambar 12. Pemotongan penulangan tipe 1.



Gambar 13. Pemotongan penulangan tipe 2.

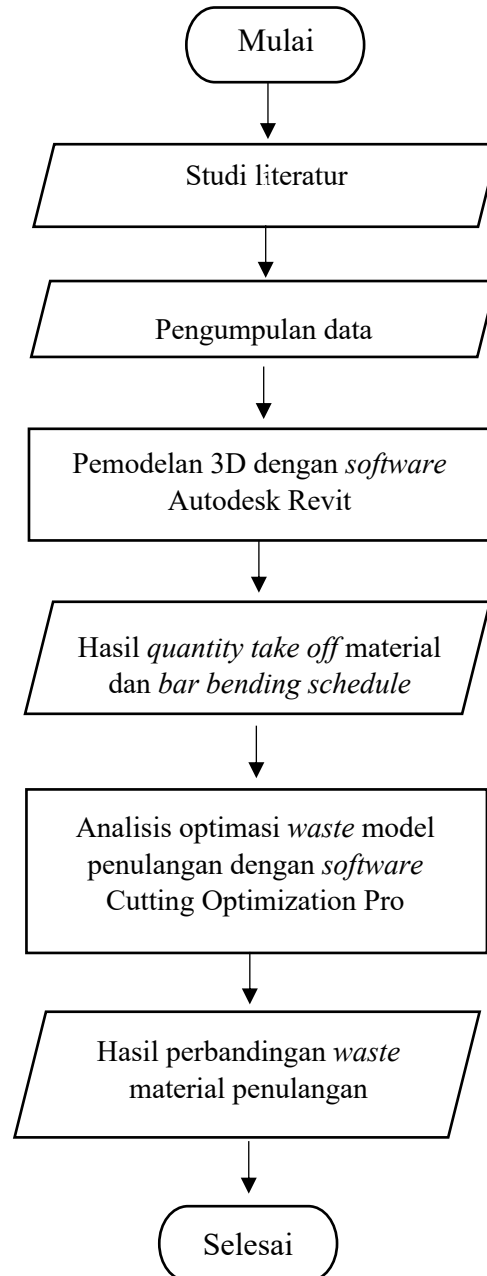
Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 14 berikut.



Gambar 14. Diagram alir pemodelan

3.6. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15. Diagram alir penelitian

V. PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil pemodelan serta analisis data, kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berat total volume material pelat pada pemodelan proyek Pembangunan Gedung SMPN 41 Bandar Lampung yaitu sebesar 2402,1 kg untuk tipe 1 dan 2166,6 kg untuk tipe 2. Terdapat selisih sebesar 235,5 kg, sehingga untuk penulangan tipe 2 lebih efektif serta lebih hemat dibandingkan penulangan tipe 1.
2. Analisis *waste* material tulangan pelat berdasarkan perhitungan pada *Bar Bending Schedule* (BBS) dan *cutting list*, yang menghasilkan *output* berupa berat kebutuhan, berat *waste*, dan *waste level*. Berdasarkan volume berat kebutuhan tulangan pelat tipe 2 lebih hemat 9,8 % dibandingkan tulangan pelat tipe 1. Jika berdasarkan berat *waste* tulangan pelat tipe 2 lebih hemat 36,36 % dibandingkan tulangan pelat tipe 1. Dan apabila berdasarkan *waste level*, tulangan pelat tipe 1 lebih kecil 4,44 % untuk dibandingkan tulangan pelat tipe 2.
3. Penyebab utama terjadinya *waste* material pada proyek pembangunan Gedung SMPN 41 Bandar Lampung kemungkinan besar terjadi karena pola pemotongan yang kurang baik.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, berikut ini beberapa saran terkait penelitian yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Perlu penggunaan *software* Autodesk Revit dalam penerapan konsep *Building Information Modeling* (BIM), sehingga dapat dengan maksimal memanfaatkan fitur-fitur serta *tools* dari *software* tersebut.
2. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat melakukan penelitian terkait penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam analisis *waste material* tulangan pada elemen struktur lain seperti balok, kolom, pondasi, dan sebagainya.
3. Diharapkan pada penelitian lebih lanjut, dapat lebih dalam membahas penerapan *Building Information Modeling* (BIM) terutama pada proses perencanaan, operasional, maupun perawatan/*maintenance*.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan aplikasi atau *software* pemotongan besi yang memiliki fitur lainnya terutama terdapat fitur 3D apabila ada. Supaya dalam analisis *waste material* selanjutnya dapat lebih efektif dan efisien.
5. Berdasarkan nilai *waste level* yang telah dihasilkan, maka untuk penelitian lebih lanjut, diharapkan dapat dilakukan analisis *waste material* tulangan pelat menggunakan metode yang berbeda sebagai acuan untuk perbandingan *waste level* yang dihasilkan.
6. Diharapkan dalam penelitian lanjutan, dapat lebih detail membahas tentang penyebab terjadinya *waste material* pada suatu proyek konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, W. and Hartono, J., 2015. *Partial Least Square (PLS) Alternatif Structural Equation Modelling (SEM) dalam Penelitian Bisnis*. Yogyakarta.
- Abdurrahman, M., 2012. Analisa Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Pada Pembangunan Gedung Bertingkat Rendah Di Makassar. *Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik*, 6, 1–4.
- Asnudin, A., 2010. Pengendalian Sisa Material Konstruksi Pada Pembangunan Rumah Tinggal. *Jurnal Mekanika Teknik*, 12 (3), 162–164.
- Autodesk Revit (online), 2023. Available from: <https://www.autodesk.com/company/newsroom/corporate-info>.
- Budi, G.S., 2011. Pengujian Kuat Tarik Dan Modulus Elastisitas Tulangan Baja (Kajian Terhadap Tulangan Baja Dengan Sudut Bengkok 45°, 90°, 135°). *Jurnal Teknik Sipil*, 11 (1).
- Eastman, C., 2008. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Canada.
- Eastman, C., Eastman, C. M., Teicholz, P. et al., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owner, Manager, Designer, Engineers and Contractors* (p. 243). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Illingworth, J.R., 1998. *Construction Methods and Planning*. E & FN Spon. London.
- Kristianto, U. and Winandi, R., 2009. *Kajian Manajemen Pemeliharaan Gedung (Building Maintenance) di Universitas Lampung*, 2.
- Optimal Programs SRL (online), 2023. Available from: <https://www.optimalprograms.com/>.
- Rayendra and Soemardi, B. W., 2014. Studi Aplikasi Teknologi Building Information Management. *Prosiding Simposium Nasional RAPI XIII ISSN 1412-9612*.
- Revit, A., Suite, A., Review, D., Green, A., Studio, B., Inventor, A., Maya, A., and Architecture, A.R., 2009. *Autodesk Architecture Solutions solutions for architects and designers*.

- Ratnayanti, K.R., 2016. *Evaluasi Penggunaan Baja Tulangan Dengan Menggunakan Software Cutting Optimization Pro Pada Proyek Gedung Di Kota Bandung*, 147 (March), 11–40.
- Standar Nasional Indonesia., 2002. *Baja Tulangan Beton*, SNI 07-2052-2002. Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia., 2017. *Baja Tulangan Beton*, SNI 07-2052-2017. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Wiguna, I.P.A, 2007. Peningkatan Kompetensi Sumber Daya di Industri Konstruksi dalam Melakukan Optimalisasi Sistem Pembesian Struktur dengan Berbasiskan Web Based Training. *Jurnal: Teknik Sipil FTSP*. Institut Teknologi 10 Nopember (ITS) Surabaya.