

**PENGENDALIAN *WASTE* MATERIAL KEBUTUHAN
TULANGAN BAJA PADA BALOK GEDUNG RUMAH SAKIT
BHAYANGKARA POLDA LAMPUNG MENGGUNAKAN
*BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)***

(Skripsi)

Oleh

**Siti Usnul Khotimah
NPM 2055011007**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

Waste Material Control of Steel Reinforcement Requirements for Beams in the Bhayangkara Police Hospital Lampung Building Using Building Information Modeling (BIM)

By

SITI USNUL KHOTIMAH

Waste material is a form of waste caused by the inefficiency of material, resource, and time usage during construction work, which leads to increased costs and generates waste that is difficult to reuse. The use of Autodesk Revit and Cutting Optimization Pro software as an alternative to generate waste material analysis, with the advantages of accuracy, minimal human error, and time effectiveness, makes both software a good solution. This research uses a pure experimental quantitative method to determine the effects of treatments applied to one or more variables under study to ensure a strong causal correlation. The research is conducted by modeling the research object using Autodesk Revit software to produce a Bar Bending Schedule (BBS) output, and then obtaining a cutting list with the BBS results that are input into Cutting Optimization Pro software. Analysis is performed using the waste material calculation formula. The results show that the weight of the beam reinforcement requirement for type 1 is greater than for type 2 with a difference of 33.28%, and based on the weight of the reinforcement waste, type 2 is smaller by 17.19%. In the Waste Level analysis, type 2 reinforcement is more efficient by 37.75%, making type 2 reinforcement more effective to use.

Keywords: *Waste, Autodesk Revit, Cutting Optimization Pro, reinforcement, beams, Bar Bending Schedule, waste analysis.*

ABSTRAK

PENGENDALIAN WASTE MATERIAL KEBUTUHAN TULANGAN BAJA PADA BALOK GEDUNG RUMAH SAKIT BHAYANGKARA POLDA LAMPUNG MENGGUNAKAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM)

Oleh

SITI USNUL KHOTIMAH

Waste material adalah bentuk pemborosan yang disebabkan oleh ketidakefektifan penggunaan material, sumber dan waktu pada saat pengerjaan konstruksi yang berakibat pada meningkatnya *cost* dan menyebabkan limbah yang sulit digunakan kembali. Penggunaan *software Autodesk Revit* dan *Cutting Optimization Pro* sebagai alternatif untuk menghasilkan analisis dari *waste material*, dengan keunggulan keakuratan, minim *human error* dan efektifitas waktu, kedua *software* tersebut saat ini adalah solusi yang baik. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental murni yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perlakuan yang diberikan kepada satu atau lebih variabel yang sedang diteliti untuk memastikan korelasi sebab-akibat yang kuat. Penelitian dilakukan dengan memodelkan objek penelitian menggunakan *software Autodesk Revit* sehingga menghasilkan *output Bar Bending Schedule*, kemudian mendapatkan *cutting list* dengan hasil BBS yang di *input* ke *software Cutting Optimization Pro*. Analisis menggunakan rumus perhitungan *waste material*. Hasil menunjukkan angka berat kebutuhan tulangan balok pada tipe 1 lebih besar dibandingkan dengan tipe 2 dengan selisih 33,28%, dan berdasarkan berat *waste* tulangan tipe 2 lebih kecil sebesar 17,19% . Pada analisis *Waste Level* tulangan tipe 2 lebih hemat sebesar 37,75%, sehingga tulangan tipe 2 lebih efektif digunakan.

Kata kunci : *Waste, Autodesk Revit, Cutting Optimization Pro, tulangan, balok, Bar Bending Schedule, analisis waste.*

Judul Skripsi : **Pengendalian *Waste Material* Kebutuhan Tulangan Baja pada Balok Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung Menggunakan *Building Information Modeling* (BIM)**

Nama Mahasiswa : **SITI USNUL KHOTIMAH**

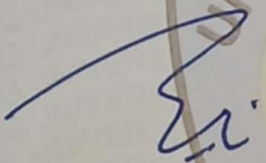
Nomor Pokok Mahasiswa : **2055011007**

Program Studi : **Teknik Sipil**

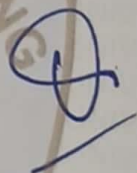
Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

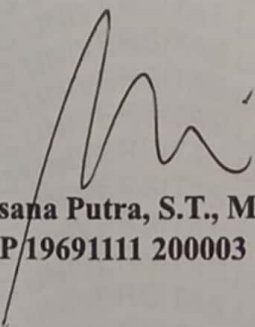


Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.
NIP 19740530 200012 2 001



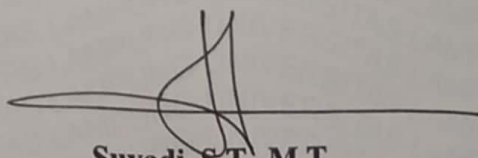
Bayzoni, S.T., M.T.
NIP 19730514 200003 1 001

2. **Ketua Jurusan Teknik Sipil**



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

3. **Ketua Program Studi Teknik Sipil**



Suyadi, S.T., M.T.
NIP 19741225200501 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 : 13 Juni 2024

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **SITI USNUL KHOTIMAH**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2055011007**

Judul : Pengendalian *Waste Material* Kebutuhan Tulangan
Baja pada Balok Gedung Rumah Sakit
Bhayangkara Polda Lampung Menggunakan
Building Information Modeling (BIM)

Jurusan : **Teknik Sipil**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah karya penulisan ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 13 Juni 2024
Penulis,



SITI USNUL KHOTIMAH
NPM. 2055011007

**PENGENDALIAN *WASTE* MATERIAL KEBUTUHAN TULANGAN BAJA
PADA BALOK GEDUNG RUMAH SAKIT BHAYANGKARA POLDA
LAMPUNG MENGGUNAKAN *BUILDING INFORMATION MODELING*
(BIM)**

Oleh

SITI USNUL KHOTIMAH

2055011007

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Siti Usnul Khotimah merupakan anak kedua dari Bapak Warito dan Ibu Robingah. Penulis dilahirkan di Pandansari pada 11 Maret 2001. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Pandansari Selatan dan menyelesaikan pendidikan dasar pada tahun 2013, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMPN 2 Sukoharjo dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Akhir di SMK N 1 Gadingrejo dan menempuh program studi Teknik Gambar Bangunan (TGB) serta menyelesaikan studinya pada tahun 2019. Pada tahun 2020 penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SMM-PTN Barat (Seleksi Mandiri Bersama Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi yakni pada tahun 2021 – 2022 sebagai anggota Departemen Kerohanian dan Keolahragaan Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS). Pada tahun 2023 – 2024 penulis diamanahi sebagai Bendahara Umum Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung. Pada tahun 2022 penulis berserta kedua rekan lainnya berhasil memenangkan perlombaan nasional dan mendapatkan juara 3 pada cabang lomba Desain *Building Autocad* di Universitas Bangka Belitung secara daring. Pada tahun 2023 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Gunung Sugih Kecamatan Batu Brak Kabupaten Lampung Barat selama kurang lebih 40 hari. Penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Proyek Peningkatan Pengaman Pantai, Pantai Kunjir Kalianda Lampung Selatan.

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmad, karunia dan innayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan lancar dan baik. Ku persembahkan karya ku ini kepada :

Bapak dan mamakku tercinta yang selalu mendukung, mendoakan, dan membimbing serta banyak hal yang tidak dapat lagi diungkapkan dengan tulisan.

Mba ku, Mahmudah yang telah berjuang dan mengorbankan banyak hal untuk mendukung hingga aku dapat mendapatkan gelar yang dia semogakan.

Adik-adikku tersayang yang telah menemani dan mendukung untuk terselesaikannya penyusunan skripsi ini.

Yoga Pradana, sahabat, abang, sekaligus pasangan yang selalu mensupport sehingga skripsi ini dapat terselesaikan tepat waktu.

Dosen Pembimbing (Bu Hasti Riakara Husni dan Pak Bayzoni) dan Penguji (Pak Ahsruri) yang sangat membantu dan berjasa dalam membimbing, dan mendidik selama proses penyusunan skripsi.

Sahabat-sahabatku (Indah Suci Cahyani dan Siti Mahardika) serta temen teman yang selalu menemani dan memotivasiku baik di saat suka maupun duka.

Terimakasih untuk kalian, telah hadir di hidupku dan selalu mendukung semua hal positif dan mengingatkan segala hal negatif.

Almamater Universitas Lampung

KATA INSPIRASI

“Ambillah kebaikan dari apa yang dikatakan, bukan siapa yang mengatakan”
(Nabi Muhammad SAW)

“Jangan biarkan kesulitan membuat dirimu gelisah, karena bagaimanapun juga hanya di malam yang paling gelap bintang-bintang tampak bersinar lebih terang”
(Ali bin Abi Thalib)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”
(QS. Al Insyirah : 5-6)

“Agar kamu tidak bersedih hati terhadap apa yang luput dari kamu dan tidak pula terlalu gembira terhadap apa yang diberikan-Nya kepadamu. Dan Allah tidak menyukai terhadap orang yang sombong dan membanggakan diri”
(QS. Al Hadid : 23)

“Many of life’s failures are people who did not realize how close they were to success when they gave up”
(Thomas Edison)

“Apapun yang kita harapkan dengan percaya diri menjadi ramalan yang akan terpenuhi dengan sendirinya”
(Bryan Tracy)

“Pendidikan adalah senjata paling mematikan di dunia, karena dengan pendidikan Anda dapat mengubah dunia”
(Nelson Mandela)

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia dan innayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pengendalian *Waste Material* Kebutuhan Tulangan Baja pada Balok Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung Menggunakan *Building Information Modeling* (BIM)” dengan baik dan tepat waktu.

Selama proses penyusunan skripsi ini penulis mendapatkan dukungan, bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Sehingga penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
3. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Plt. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Lampung.
4. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, masukan, arahan dan saran kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Bayzoni S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan dalam penyusunan skripsi.
6. Bapak Ir. Ashruri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembahas atas ketersediaannya memberikan waktu, masukan, kritik dan saran guna memperbaiki skripsi penulis.
7. Bapak Tas’as Junaedi, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan dan motivasi selama proses perkuliahan.
8. Orang tua tercinta, mba dan adik-adik yang telah meridhoi dan selalu mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

9. Sahabat terkasih (Yoga Pradana, Indah Suci Cahyani, Siti Mahardika, M Billy Hartawan, Ryan Natanael) dan seluruh teman teman yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah andil dalam membantu dan mendukung penulis.
10. Seluruh teman-teman Jurusan Teknik Sipil Unila, terkhusus angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Sebagaimana pepatah mengatakan “Tak Ada Gading Yang Tak Retak”, sehingga penulis berharap adanya kritik, masukan dan saran dari semua pihak guna memperbaiki karya-karya selanjutnya. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi banyak pihak.

Bandar Lampung, 30 Mei 2024

Penulis,

Siti Usnul Khotimah

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Material Konstruksi	5
2.2. Baja Tulangan	6
2.2.1. Baja Tulangan Polos (BjTP)	7
2.2.2. Baja Tulangan Sirip/Ulir (BjTS)	8
2.3. Balok	10
2.4. <i>Waste Material</i>	11
2.5. <i>Building Information Modeling (BIM)</i>	12
2.5.1. Pengaruh Penggunaan <i>Building Information Modeling (BIM)</i>	12
2.5.2. Perkembangan <i>Building Information Modeling (BIM)</i>	12
2.5.3. <i>Autodesk Revit</i>	14
2.6. <i>Cutting Optimization Pro</i>	16
2.7. <i>Bar Bending Schedule (BBS)</i>	17
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Studi Kasus	18
3.2. Data Penelitian	18
3.3. <i>Software</i> Pendukung Penelitian	19

3.4. Metode Penelitian	19
3.4.1. Studi Literatur	20
3.4.2. Tahap Pengumpulan Data	21
3.4.3. Tahap Pemodelan	21
3.4.4. Tahap Analisis	25
3.5. Diagram Alir Penelitian	25

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Struktur Bangunan.....	27
4.1.1. Pondasi	27
4.1.2. <i>Tie Beam</i>	28
4.1.3. Sloof.....	28
4.1.4. Kolom.....	29
4.1.5. Pelat Lantai.....	29
4.1.6. Tangga	29
4.1.7. Balok	30
4.1.8. Pelat Atap	31
4.1.9. Mutu Beton.....	31
4.2. Pemodelan 3D Struktural.....	31
4.2.1. Persiapan <i>New Project</i>	32
4.2.2. Pembuatan Level dan <i>Grid</i>	35
4.2.3. Pemodelan Pondasi	38
4.2.4. Pemodelan Sloofi	43
4.2.5. Pemodelan Kolom.....	45
4.2.6. Pemodelan Balok	47
4.2.7. Pemodelan Pelat.....	49
4.2.8. Pemodelan Tangga	51
4.2.9. Pemodelan Pelat Atap	53
4.3. Pemodelan Tulangan.....	53
4.3.1. Pemodelan Penulangan Pondasi.....	54
4.3.2. Pemodelan Penulangan Sloof.....	58
4.3.3. Pemodelan Penulangan Kolom	60
4.3.4. Pemodelan Penulangan Balok.....	63

4.3.5. Pemodelan Penulangan Tangga.....	67
4.3.6. Pemodelan Pelat Atap	69
4.4. <i>Interference Check</i>	71
4.5. <i>Output Bar Bending Schedule</i>	73
4.6. <i>Input Cutting List</i>	78
4.7. Analisis <i>Waste</i> Material	82
4.7.1. Analisis <i>Waste</i> Tulangan Tipe 1	82
4.7.2. Analisis <i>Waste</i> Tulangan Tipe 2	88
4.8. <i>Waste</i> Level.....	94
4.9. Pembahasan	95
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	100
5.2. Saran	101

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Baja tulangan.....	7
2. Baja tulangan polos.....	7
3. Baja tulangan sirip/ulir bambu.....	9
4. Baja tulangan sirip/ulir runcing.....	9
5. Tampilan <i>Autodesk Revit 2024</i>	15
6. Tampilan <i>Cutting Optimization Pro</i>	17
7. Lokasi studi kasus	19
8. Pola pemotongan tulangan tipe 1	23
9. Pola pemotongan tulangan tipe 2	23
10. Diagram alir pemodelan.....	24
11. Diagram alir penelitian.....	26
12. Tampilan awal <i>tools new project</i>	32
13. Tampilan opsi <i>template</i>	33
14. Tampilan <i>structural template</i>	33
15. Tampilan <i>setting units</i>	34
16. <i>Setting</i> tebal selimut beton	35
17. Tampilan <i>elevation</i> pada <i>project browser</i>	36
18. Tampilan perintah “Level”	36
19. Tampilan level lantai	37
20. Tampilan <i>tools</i> “Grid”	37
21. Hasil pemodelan <i>line grid</i>	38
22. Tampilan perintah <i>slab pad tools Foundation</i>	39
23. Tampilan “Load Family”	39
24. Tampilan <i>template</i> “M-Concrete Round Column”	39

25. Tampilan perintah “Edit Type”	40
26. <i>Setting base offset</i>	40
27. Denah pondasi pada gambar rencana	41
28. Pemodelan gambar rencana pondasi	41
29. <i>Setting rebar cover borepile</i>	42
30. Pemodelan 3D pondasi.....	42
31. Tampilan <i>ribbon</i> pembuatan dimensi sloof.....	43
32. <i>Setting</i> dimensi sloof.....	43
33. Gambar pemodelan denah sloof.....	44
34. Pemodelan 3D sloof.....	44
35. Edit <i>type</i> kolom	45
36. <i>Setting</i> elevasi kolom	46
37. Tampilan 3D pemodelan koloms	46
38. <i>Setting type properties</i>	47
39. Denah rencana balok pada Revit.....	48
40. Pemodelan 3D balok pada Revit.....	49
41. Tampilan opsi <i>structure floor</i>	49
42. Tampilan <i>draw</i>	50
43. Denah pelat pada gambar rencana.....	50
44. Pemodelan 3D pelat	51
45. <i>Setting</i> dimensi tangga	51
46. Denah tangga pada Revit	52
47. Pemodelan 3D tangga	52
48. <i>Load family rebar</i>	53
49. <i>Insert family</i>	54
50. <i>Structure rebar shapes</i>	54
51. Detail pondasi pada gambar rencana.....	55
52. Potongan pada pondasi.....	55
53. Tampilan <i>section</i> pada <i>project browser</i>	56
54. Tampilan <i>tools rebar</i>	56
55. Tampilan <i>detail sections</i>	56
56. Tampilan bentuk penulangan	57

57. Pemodelan penulangan pondasi	57
58. Pemodelan 3D penulangan pondasi	58
59. Potongan melintang pada sloof	58
60. Mengaktifkan <i>tools rebar</i>	59
61. Tampilan <i>rebar set</i>	59
62. Potongan melintang sloof	60
63. Tampilan 3D penulangan sloof	60
64. <i>Section</i> pada kolom	61
65. Tipe penulangan pokok pada kolom	61
66. Tipe pemasangan tulangan kolom	62
67. Tipe tulangan sengkang pada kolom	62
68. Detail penulangan kolom	62
69. Tampilan 3D penulangan kolom	63
70. <i>Section</i> pada balok	63
71. Tipe penulangan balok	64
72. Tipe pemasangan tulangan pokok balok	64
73. Tipe penulangan sengkang balok	65
74. Detail penulangan balok	65
75. Tampilan 3D tulangan balok	65
76. Tampilan <i>properties</i>	67
77. <i>Section</i> pada tangga	67
78. Tipe tulangan pokok tangga	68
79. Tipe pemasangan tulangan tangga	68
80. Detail penulangan tangga	68
81. Pemodelan 3D penulangan tangga	69
82. <i>Section</i> pada pelat	69
83. Tampilan <i>detail section</i> pada pelat	70
84. <i>Tools rebar</i>	70
85. Tipe penulangan pelat	70
86. <i>Setting</i> dimensi tulangan pelat	71
87. Tampilan 3D pemodelan tulangan pelat	71
88. Tampilan <i>interference check</i>	72

89. Tampilan <i>run interference check</i>	72
90. Menu <i>bar interference check</i>	73
91. Hasil <i>interference check</i>	73
92. <i>Tools schedule/quantities</i>	74
93. <i>Tools new schedule</i>	74
94. Tampilan <i>schedule properties</i>	75
95. Tampilan menu “Filter”	76
96. Menu “Sorting/Grouping”	77
97. <i>Bar bending schedule</i>	77
98. Menu “Technical Setting”	79
99. Tampilan “Pieces” dan “Stock”	79
100. Menu “Technical Setting”	80
101. Menu “Technical Setting”	80
102. Hasil <i>cutting list</i> tulangan tipe 1 D19.....	81
103. Hasil <i>cutting list</i> tulangan tipe 1 D16.....	81
104. Tampak penulangan balok tipe 1.....	82
105. Tampak penulangan tipe 2	88
106. Panjang penyaluran penulangan.....	88
107. Grafik berat kebutuhan dan berat <i>waste</i>	97
108. Grafik rincian <i>waste level</i>	98

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Dimensi Tulangan Baja Polos (BjTP)	8
2. Dimensi Tulangan Baja Sirip/Ulir (BjTS).....	10
3. <i>Timeline</i> Perkembangan <i>Building Information Modeling</i> (BIM) di Dunia	13
4. Dimensi Pondasi Tiang Pancang.....	27
5. Dimensi <i>Pilecap</i>	28
6. Dimensi dan Penulangan <i>Tie Beam</i>	28
7. Dimensi Kolom	28
8. Dimensi Balok.....	30
9. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Balok Tipe 1 D19	84
10. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Balok Tipe 1 D16	85
11. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Balok Tipe 1 D13).....	86
12. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Balok Tipe 1 D10	88
13. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Balok Tipe 2 D19	90
14. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Balok Tipe 2 D16	91
15. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Balok Tipe 2 D13	92
16. Kebutuhan dan <i>Waste</i> Tulangan Balok Tipe 2 D10	94
17. Rekapitulasi Kebutuhan dan <i>Waste</i> Balok Tipe 1 dan 2.....	94
18. Tabel Level Tulangan Balok Tipe 1 dan 2	95

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara terpadat ke empat di dunia, seiring dengan pertumbuhan penduduk pemerintah gencar melakukan pembangunan di bidang infrastruktur. Kemajuan pembangunan infrastruktur berjalan seiring kebutuhan teknologi yang dapat menunjang keberhasilan pembangunan. Terlebih pada era digital 5.0 serta konsep SDGs yang terfokus pada pembangunan yang berkelanjutan sehingga diperlukan teknologi yang dapat menjadi jembatan untuk mencapai konsep tersebut. Begitu pula pada perkembangan infrastruktur yang masih digencarkan di Indonesia, sangat diperlukan adanya teknologi guna mendapatkan efisiensi dan mengurangi resiko di lapangan. Perkembangan teknologi pada bidang infrastruktur diimplementasikan dengan adanya aplikasi atau *software* yang dapat memudahkan dalam proses pelaksanaan mulai dari perencanaan, pemodelan, analisis hingga pemeliharaan. Salah satunya adalah *Building Information Modeling* (BIM).

Pada pelaksanaannya, pembangunan infrastruktur memiliki dampak yang besar bagi lingkungan sekitar. Tidak dapat dipungkiri, mulai dari proses mobilisasi material yang mengakibatkan terganggunya arus transportasi, rusaknya sarana umum baik jalan, maupun sarana lain yang tidak atau sengaja diruntuhkan demi keberhasilan dalam pelaksanaan pembangunannya. Sampah sisa material (*waste material*) berupa sisa-sisa material konstruksi masih menjadi masalah yang perlu diperhatikan,

mengingat banyak dari sampah sisa material yang tidak dapat didaur ulang. Pada *point* ke-9 SDGs yang menjadi tujuan dari pembangunan berkelanjutan menjadi acuan utama penelitian ini dibuat. *Waste* adalah bentuk pemborosan yang disebabkan oleh ketidakefektifan penggunaan material, sumber dan waktu (Mudzakir dkk., 2017).

Namun di Indonesia masih kurangnya perhatian terkait pentingnya pengendalian *waste material* yang menyebabkan semakin bertambahnya presentase kontribusi sampah dunia dari sektor konstruksi. Oleh karena itu diperlukan kajian lebih lanjut terkait pengendalian *waste material* pada proyek konstruksi. Dengan jenis struktur bangunan paling dominan yaitu beton bertulang sehingga pengendalian *waste material* berupa tulangan baja perlu dikaji. Studi kasus penelitian ini dilakukan di proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung. Rumah Sakit Bhayangkara polda lampung merupakan salah satu rumah sakit negeri yang berlokasi di Jl Pramuka No 88 Rajabasa, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, yang saat ini sedang pada tahap pembangunan gedung perawatan guna meningkatkan kapasitas serta fasilitas pada Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mendapatkan volume dan berat pada tulangan beton melalui pemodelan dengan *Autodesk Revit*?
2. Berapakah persentase perbandingan *waste material* tulangan pada balok tipe 1 dan 2 pada proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung?
3. Bagaimanakah pengaruh optimalisasi penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) pada analisis *waste material*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung.
2. Pemodelan pada penelitian ini didapatkan dari data *shop drawing* proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung.
3. Perbandingan persentase *waste material* tulangan pada balok hanya dilakukan pada penulangan tipe 1 dan 2.
4. Perhitungan analisis struktur tidak dilakukan.
5. Perhitungan menggunakan *Autodesk Revit 2024* dengan output volume dan berat material.
6. Penggunaan *Cutting Optimization Pro* untuk optimalisasi pemotongan tulangan baja.
7. Regulasi penulangan berdasarkan SNI 2847 Tahun 2019 tentang Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan volume dan berat material dengan menggunakan *Autodesk Revit 2024*.
2. Mendapatkan angka persentase perbandingan *waste material* penulangan tipe 1 dan tipe 2.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) pada analisis *waste material* Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian dengan menggunakan *Autodesk Revit* dan *Cutting Optimization Pro* adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi untuk penelitian selanjutnya dalam analisa *waste material* dengan menggunakan *Building Information Modeling* (BIM).
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi terkait penggambaran dan informasi cara pemodelan dan perhitungan *waste material* dengan menggunakan *Building Information Modeling*.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam memilih metode pada pengendalian *waste material* untuk para konsultan dan kontraktor untuk menekan angka *waste material* yang dihasilkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Konstruksi

Material sebagai salah satu komponen yang penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek mempunyai kontribusi sebesar 40-60% dari biaya proyek, sehingga secara tidak langsung memegang peranan penting dalam menunjang keberhasilan proyek khususnya dalam komponen biaya (S. Intan, et al., 2005).

Material konstruksi adalah bahan yang digunakan selama proses pembangunan suatu bangunan atau infrastruktur. Material konstruksi dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai kriteria, antara lain :

1. Berdasarkan sifatnya :

- a. Material alam : material yang berasal dari alam, misalnya tanah, batu, kayu, dan air.
- b. Material buatan : material yang diolah dari bahan alam atau bahan sintetis, misalnya semen, beton, baja, dan kaca.

2. Berdasarkan fungsinya :

- a. Material struktural : material yang berfungsi untuk menahan beban bangunan, misalnya beton, baja, dan kayu.
- a. Material non-struktural : material yang berfungsi untuk melengkapi bangunan, misalnya keramik, cat, dan kaca.

3. Berdasarkan asal usulnya :

- a. Material lokal : material yang berasal dari daerah setempat, misalnya tanah, batu, dan kayu.
- b. Material impor : material yang berasal dari luar negeri, misalnya semen, baja, dan kaca.

Material buatan yang banyak digunakan di Indonesia antara lain semen, beton, dan baja. Material sangat mempengaruhi biaya (*cost*) dari nilai suatu proyek, sehingga diperlukan manajemen kebutuhan material dengan efisien.

2.2. Baja Tulangan

Dalam proyek konstruksi bangunan gedung, pekerjaan struktur berkontribusi 30% – 50% dari total nilai anggaran proyek. Struktur kolom, balok dan pelat lantai dengan material penyusun baja tulangan dan beton menjadi elemen struktur yang menyumbang persentase terbesar. Untuk itu pengendalian terhadap kebutuhan dari setiap pekerjaan struktur perlu dicermati. Rasio struktur dapat digunakan untuk menghitung estimasi kebutuhan pada bangunan gedung (Syafira Nurul Permatasari dkk., 2023).

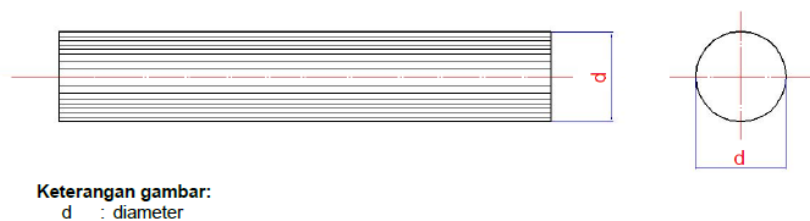
Baja tulangan adalah batang baja dengan diameter tertentu yang digunakan sebagai penguat pada campuran beton. Baja terbuat dari baja karbon ataupun baja paduan yang memiliki kekuatan dan ketahanan yang tinggi sehingga sangat dibutuhkan untuk perkuatan beton. Pada penggunaannya baja tulangan dibentuk dan dipotong sesuai dengan kebutuhan penulangan pada beton. Pada umumnya panjang baja tulangan yaitu 12 m yang kemudian terbagi menjadi 2 jenis baja tulangan, baja tulangan polos (BjTP) dan baja tulangan sirip/ulir (BjTS). Tulangan baja dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Baja Tulangan.
Sumber : (dokumen pribadi).

2.2.1. Baja Tulangan Polos (BjTP)

Dalam Badan Standarisasi Nasional SNI 2052 2017 6.2.1 menyatakan bahwa baja tulangan polos (BjTP) merupakan batang baja berpenampang bundar dan memiliki permukaan yang rata. Pada permukaan tulangan baja biasanya tertulis fabrikasi dan tipe tulangan serta titik leleh dari tulangan baja tersebut. Baja tulangan polos (BjTP) dapat dilihat dalam Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Baja tulangan polos.
Sumber : SNI 2052 2017 tentang Baja Tulangan Beton hal 10.

Pada realisasinya tulangan baja terbagi kedalam beberapa dimensi yang telah ditentukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 2052 Tahun 2017 Tentang Baja Tulangan Beton yang dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Dimensi Tulangan Baja Polos (BjTP)

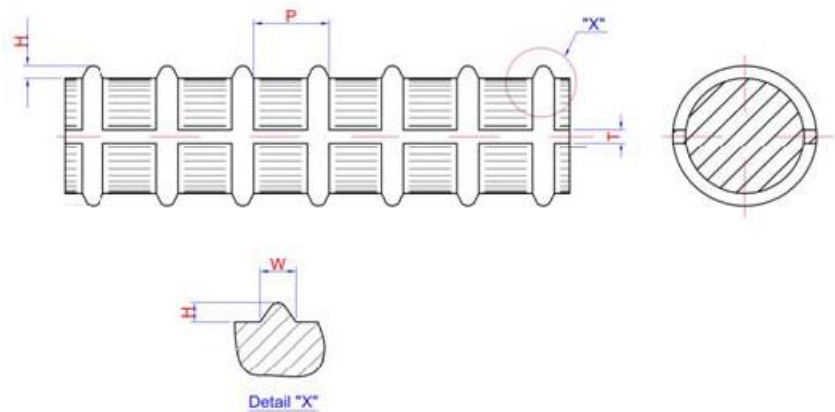
No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Berat nominal per meter*
		mm	mm ²	kg/m
1	P 6	6	28	0,222
2	P 8	8	50	0,395
3	P 10	10	79	0,617
4	P 12	12	113	0,888
5	P 14	14	154	1,208
6	P 16	16	201	1,578
7	P 19	19	284	2,226
8	P 22	22	380	2,984
9	P 25	25	491	3,853
10	P 28	28	616	4,834
11	P 32	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 Tahun 2017 tentang Tulangan Baja Beton).

2.2.2. Baja Tulangan Sirip/Ulir (BjTS)

Baja tulangan sirip/ulir (BjTS) ialah batang baja yang serupa baja tulangan polos, hal yang membedakan adalah pada baja tulangan sirip memiliki sirip/ulir yang melintang terhadap sumbu batang tulangan. Sirip/ulir pada Baja tulangan sirip/ulir (BjTS) memiliki bentuk dan ukuran yang sama dan teratur.

Berdasarkan SNI 2052 tentang Tulangan Baja Beton terdapat dua jenis baja tulangan beton sirip/ulir yaitu sirip/ulir bambu dan sirip/ulir curam yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.

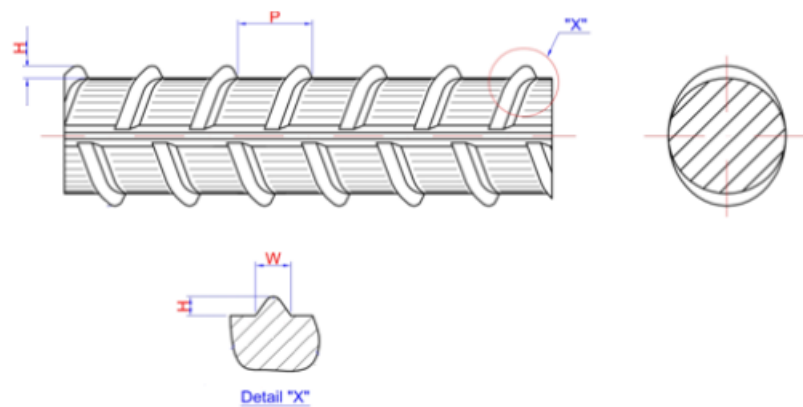


Keterangan gambar:

- H : tinggi sirip/ulir
- P : jarak sirip/ulir melintang
- W : lebar sirip/ulir membujur
- T : Gap/rib

Gambar 3. Tulangan sirip/ulir bambu.

Sumber : (SNI 2052 Tahun 2017 tentang Tulangan Baja Beton hal 11).



Keterangan gambar:

- H : tinggi sirip/ulir
- P : jarak sirip/ulir melintang
- W : lebar sirip/ulir membujur

Gambar 4. Tulangan sirip/ulir runcing

Sumber : (SNI 2052 Tahun 2017 tentang Tulangan Baja Beton hal 11).

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 2052 tentang Tulangan Baja Beton sirip/ulir pada posisi melintang dan tidak diperkenankan membentuk sudut $< 45^\circ$ terhadap sumbu batang. Ukuran dan diameter tulangan baja sirip/ulir sangatlah beragam. Seperti yang telah tercantum dalam Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Dimensi Tulangan Baja 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
		mm		min	maks			
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 Tahun 2017 tentang Tulangan Baja Beton).

2.3. Balok

Balok adalah struktur bangunan yang berfungsi menyalurkan beban ke kolom. Balok sendiri memiliki struktur dengan terpasang secara horizontal untuk menahan gaya vertikal. Balok beton bertulang adalah jenis balok sangat banyak diminati di Indonesia. Pada

pembuatannya balok beton bertulang memerlukan tulangan berupa tulangan baja sebagai penguat struktur balok. Seperti pada bagian struktur lain, beton yang akan digunakan untuk pembuatan balok akan dilakukan pengujian dan perawatan (*curing*) untuk menghindari terjadinya penurunan kualitas yang berimbas pada kekuatan beton dalam menerima beban. Sifat balok yang kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik adalah salah satu kelemahan dari beton yang kemudian ditanggulangi dengan memasang tulangan baja dimana sifat baja sendiri kuat terhadap tarik dan lemah terhadap tekan.

2.4. *Waste Material*

Waste material adalah sisa material dari sebuah proyek selama pelaksanaan yang sudah tidak digunakan lagi. *Waste material* atau sampah sisa material konstruksi pada dasarnya selalu terjadi pada setiap proyek. Hal ini mengakibatkan kontribusi sampah pada bidang infrastruktur sebesar 40% dari sampah dunia. Sehingga diperlukan manajemen penanganan sampah sisa material konstruksi. *Waste* dapat ditimbulkan oleh kegiatan konstruksi yang disebabkan oleh faktor-faktor luar seperti kerusakan atau kesalahan pekerja. *Waste material* berasal dari beberapa sumber diantaranya :

1. Perencanaan

Sampah sisa pada tahap perencanaan mencakup kertas print laporan, sampel penelitian, alat yang sudah tidak digunakan lagi.

2. Pelaksanaan

Sisa material yang berasal dari tahap pelaksanaan dari suatu proyek konstruksi berupa bekisting, tulangan baja, dan lainnya.

3. Perawatan (*Maintenance*)

Pada tahap perawatan sampah sisa material tidak sebanyak saat pada tahap pelaksanaan. Pada tahap perawatan lebih terfokus pada beberapa bagian pengecatan maupun memastikan bahwa struktur masih dalam kondisi yang layak hingga kurun waktu tertentu.

2.5. *Building Information Modeling (BIM)*

Perkembangan zaman yang kian pesat mendukung terciptanya teknologi modern yang sangat diperlukan guna mempermudah pembangunan infrastruktur. *Building Information Modeling (BIM)* adalah model berisi informasi terstruktur yang memungkinkan pengguna berkolaborasi atau berbagi informasi untuk mengambil keputusan terkait siklus hidup proyek. Dengan penggunaan *Building Information Modeling (BIM)* para pelaku konstruksi dapat dengan mudah melakukan kolaborasi dan juga analisis dengan tingkat akurasi yang tinggi sehingga dapat menghemat waktu, tenaga dan juga biaya.

2.5.1. Pengaruh Penggunaan *Building Information Modeling (BIM)*

Dengan adanya teknologi yang dapat memudahkan para pelaku konstruksi untuk menyelesaikan pekerjaan. Teknologi yang tercipta inilah wujud revolusi dari kemajuan infrastruktur, penggambaran yang mudah dan detail serta hemat waktu. Manajemen yang telah tersusun serta rekayasa yang menekankan resiko serta ancaman-ancaman yang dapat dihindari. Kolaborasi yang lebih mudah untuk dilakukan, keefektifan waktu yang dapat disesuaikan dengan rencana yang telah disepakati. Analisis struktur yang memakan waktu lebih singkat dibandingkan perhitungan manual serta hasil yang lebih akurat mengakibatkan terjadi lebih banyak kemajuan pada pelaksanaannya.

2.5.2. Perkembangan *Building Information Modeling (BIM)*

Perangkat lunak berbasis *Computer Aided Manufacturing (CAM)* pertama kali dikembangkan oleh Dr. Patrick J. Hanratty pada tahun 1957. Selanjutnya pada tahun 1961 Dr. Patrick J. Hanratty mengembangkan *Design Automated by Computer (CAD)* yang

menggunakan grafik interaktif serta digunakan untuk cetakan kompleks *General Motors*.

Hingga pada tahun 1975, Charles Eastmen berhasil menerbitkan makalah yang berisikan prototipe *Building Description System* (BDS) dengan program yang dapat memberikan akses kepada pengguna ke database secara kategoris. Pada tahun 1980-an beberapa sistem telah dikembangkan di banyak negara, perkembangan pesat terjadi di Amerika, Hongaria dan Inggris. Mengutip dari laman www.builder.co.id *timeline* perkembangan *Building Information Modeling* (BIM) dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. *Timeline* Perkembangan *Building Information Modeling* (BIM) di Dunia.

No	Tahun	Keterangan
1	1957	Terciptanya pronton, komputer komersil pertama
2	1963	Terciptanya <i>skecthpad</i>
3	1975	BDS (<i>Building Description System</i>)
4	1977	<i>Graphical Language for Interactive Design</i> (GLIDE)
5	1982	2D <i>Computer Aided Design</i> (CAD)
6	1984	Radar CH
7	1985	<i>Vectorworks</i>
8	1986	<i>Really Universal Computer Aided Production System</i> (RUCAPS)
9	1987	<i>ArchiCAD</i>
10	1988	<i>Pro/Engineer</i>
11	1992	Nama <i>Building Information Modeling</i> sebagai istilah resmi

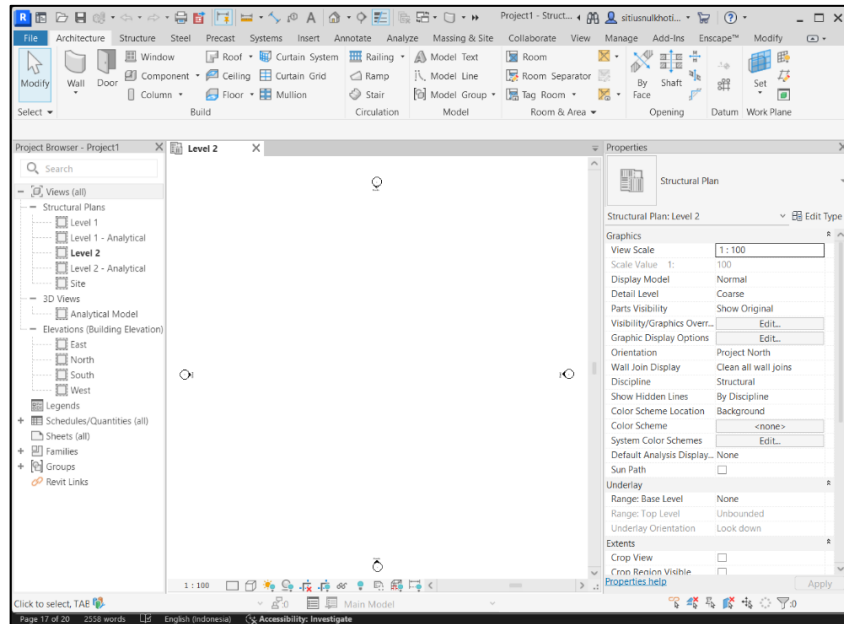
Tabel 3. (Lanjutan)

No	Tahun	Keterangan
12	1993	<i>Building Design Advisor</i>
13	1944	<i>MiniCAD</i>
14	1995	<i>International Foundation Class</i>
15	1997	Kerja tim <i>ArchiCAD</i>
16	1999	Onuma
17	2000	Terciptanya Revit
18	2001	<i>Navisworks</i>
19	2002	Revit diakusisi <i>Autodesk</i>
20	2003	Peningkatan komponen generatif
21	2004	Pembaruan revit
22	2006	Proyek <i>digital</i>
23	2007	<i>Navisworks</i> diakusisi <i>Autodesk</i>
24	2008	<i>Parametricist Manifesto</i>
25	2012	<i>Formit</i>

Sumber : (www. builder. co. id)

2.5.3. *Autodesk Revit*

Autodesk Revit adalah salah satu *software Building Information Modeling* (BIM) yang dikembangkan sejak tahun 2000 dengan basic MEP (*Mecanical Electrical and Plumbing*). *Revit* juga merupakan salah satu *Building Information Modeling* yang telah banyak digunakan *engineers* dimana di dalamnya dapat menggambarkan visualisasi dari sebuah objek secara 2D maupun 3D sekaligus memberikan informasi terkait BOQ (*Bill of Quantity*), BBS (*Bar Bending Schedule*) dan penggambaran dengan detail yang cukup memadai.



Gambar 5. Tampilan pada *Autodesk Revit 2024*.
Sumber : (dokumen pribadi).

1. Kelebihan *Autodesk Revit*

Pada prakteknya penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) sangat berpengaruh pada suatu proyek konstruksi. Para pelaku profesional dapat bekerja secara kolaboratif dan dapat mengintegrasikan data-data dari banyak sumber serta menganalisis untuk pengambilan keputusan. Berikut ini adalah kelebihan *Autodesk Revit* :

a. Mengurangi resiko dan meningkatkan keamanan

Dengan melakukan rekayasa yang dapat dibuat pada *Building Information Modeling* (BIM) menjadikan prakiraan resiko yang dimungkinkan terjadi pada pelaksanaannya. Hal ini dapat mengurangi resiko serta dapat meningkatkan keamanan pada semua pekerja.

b. Efisiensi Konstruksi

Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) dapat menekankan penggunaan waktu hingga material dan juga tenaga kerja pada proyek konstruksi. Dengan begitu

seluruh kebutuhan yang digunakan pada pelaksanaan dilakukan seefektif mungkin.

c. Kemudahan koordinasi dengan *stakeholder*.

Building Information Modeling (BIM) yang dapat memvisualisasikan dan juga menggambarkan rekayasa visual bagaimana sebuah proyek tersebut dapat memudahkan koordinasi dengan berbagai pihak. Tampilan visual yg informatif juga memudahkan pelaku konstruksi dalam penyampaian.

d. Volume dan penjadwalan yang terstruktur

Tidak hanya menampilkan visual yang menarik, *Autodesk Revit* dapat mengeluarkan *output* berupa volume pekerjaan dan juga penjadwalan.

2. Kekurangan *Autodesk Revit*

Selain kelebihan dari *Autodesk Revit* juga memiliki beberapa kekurangan yang kedepannya dapat ditingkatkan, berikut adalah kekurangan *Autodesk Revit* :

a. Harga Program instalasi yang mahal.

Harga program untuk instalasi *Autodesk Revit* resmi masih sangat mahal.

b. Ketergantungan terhadap plugin untuk program bantu analisis struktural.

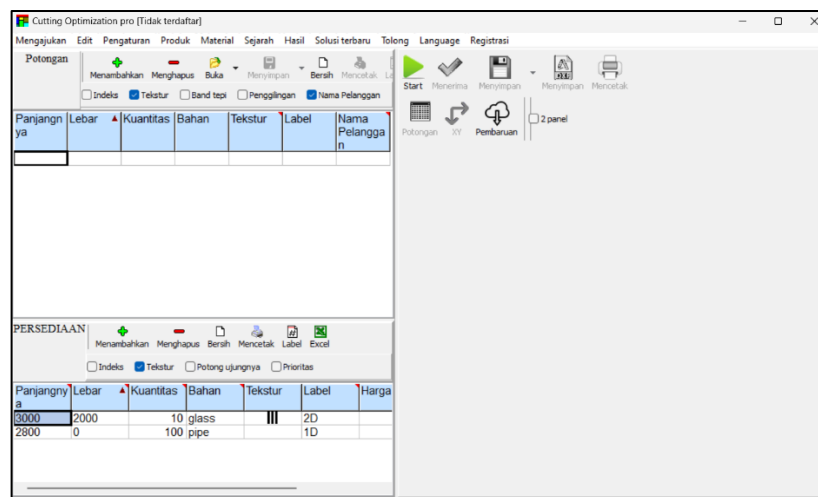
Autodesk Revit tidak dapat menganalisis sebuah struktur sehingga perlu integrasi dengan *software* analisis struktur lainnya.

c. Spesifikasi perangkat tinggi

Untuk pemasangan *Autodesk Revit* diperlukan spesifikasi perangkat yang tinggi sehingga pada pengguna dengan perangkat dengan spesifikasi tidak dapat digunakan dengan maksimal.

2.5.4. *Cutting Optimization Pro*

Cutting Optimization Pro merupakan *software* pemotongan yang digunakan untuk mendapatkan letak pemotongan yang optimum. *Cutting Optimization Pro* juga memungkinkan pengguna untuk menentukan struktur yang kompleks. *Software* ini biasa digunakan pada pemotongan kayu, logam, lembaran kaca serta plastik. Upaya dalam pengoptimalan kebutuhan tulangan baja dapat dihitung dengan menggunakan *software Cutting Optimization Pro* dengan penggunaan tulangan yang optimal sehingga dapat menekankan angka *waste material* yang tercipta.



Gambar 6. Tampilan pada *Cutting Optimization Pro*.
Sumber : (dokumen pribadi).

2.5.5. *Bar Bending Schedule (BBS)*

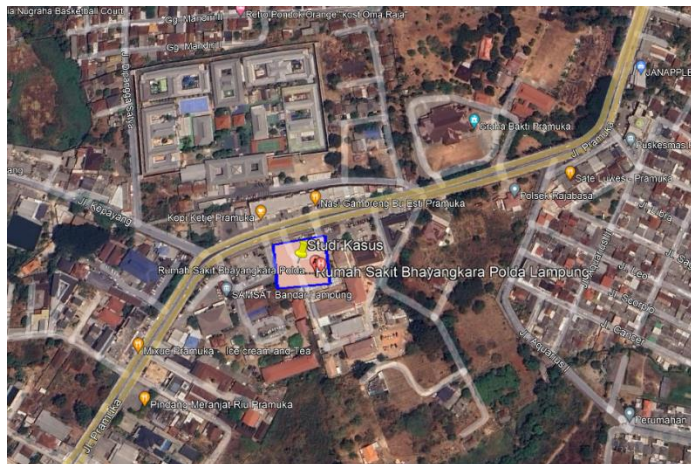
Bar Bending Schedule (BBS) merupakan sistem pola pembengkokan tulangan baja yang meliputi data bentuk, diameter, jumlah tulangan dan panjang. Dokumen *Bar Bending Schedule (BBS)* menjadi salah satu dokumen yang dijadikan acuan untuk memulai pekerjaan fabrikasi tulangan baja dan pemasangannya (M. Alimin, 2023). Dengan adanya *Bar Bending Schedule* daftar kebutuhan tulangan untuk memenuhi

seluruh pekerjaan suatu proyek telah tersusun secara terstruktur. BBS menghasilkan kebutuhan besi dalam satuan batang yang kemudian menghasilkan satuan berat. Dimana dalam perhitungan manual tidak memperhatikan pola potongan besi, sehingga pemotongan besi dilapangan belum memanfaatkan sisa potongan atau *waste* material dengan optimal (Lintang Sinipati dkk., 2022).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Studi Kasus

Penelitian ini mengambil studi kasus pada Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung yang berlokasi di Jalan Pramuka No 88 Rajabasa, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung. Peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Lokasi studi kasus.

Sumber : (Google Earth).

Tampak pada gambar lokasi studi kasus penelitian ini berada pada lokasi yang strategis dan di pusat perkotaan dengan batas-batas berikut.

1. Batas sebelah timur : Western Union
2. Batas sebelah selatan : Lahan kosong
3. Batas sebelah barat : Samsat Bandar Lampung
4. Batas sebelah utara : Jl. Pramuka

3.2. Data Penelitian

Data adalah kumpulan informasi atau dokumen yang diperoleh dari hasil pengamatan, penelitian, dan pemberian. Data penelitian adalah keterangan sesuai dengan bahan maupun hasil penelitian yang dapat dijadikan dasar kajian. Data sangat diperlukan pada proses penelitian, untuk mencapai tujuan dari penelitian. Dalam penyusunan penelitian diperlukan data yang berkaitan dengan proyek yang menjadi studi kasus. Pada penelitian ini didapatkan data penelitian berupa gambar rencana Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung. Dengan kontraktor PT Pembangunan Bumi Baru dan Konsultan Perencana Gumilang Sajati.

3.3. *Software* Pendukung Penelitian

Software adalah perangkat lunak yang menjalankan perangkat keras komputer serta menyediakan platform untuk menjalankan aplikasi tertentu. Pada penelitian ini penulis menggunakan *software* pendukung Autodesk Revit dan Cutting Optimization Pro. Autodesk Revit yang dipilih karena dapat menampilkan visualisasi gambar 2D maupun 3D yang terintegrasi dengan *schedule plan* serta dapat mengeluarkan *output* berupa *Quality Take Off* dan *Bar Bending Schedule* dengan cepat. Cutting Optimization Pro digunakan sebab dengan *software* ini dapat menghasilkan pola pemotongan (*cutting list*) yang optimal dalam penggunaannya. Dibandingkan dengan metode konvensional yang banyak digunakan di Indonesia, penggunaan *Building Information Modeling* dengan kombinasi Autodesk Revit dan Cutting Optimization Pro dapat mengoptimalkan kebutuhan tulangan serta meminimalisir *waste*. Implementasi BIM di pembangunan infrastruktur diharapkan dapat membantu dalam percepatan lama waktu perencanaan suatu pekerjaan.

3.4. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan alur bagaimana penelitian dilakukan dengan baik. Pendekatan penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental murni. Metode kuantitatif eksperimental murni merupakan metode yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perlakuan yang diberikan kepada satu atau lebih variabel yang sedang diteliti. Pentingnya metode penelitian eksperimental terdapat pada kemampuannya untuk memastikan korelasi sebab-akibat yang kuat.

Melalui penerapan metode eksperimental, penelitian berupaya tidak hanya meneliti hubungan antara variabel, tetapi juga menganalisis dampak sebab-akibat secara sistematis. Penelitian metode ini berupaya memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemahaman dalam bidang tersebut dan menyajikan temuan untuk pengembangan pengetahuan lebih lanjut (Luki Adhar dkk., 2023).

Penelitian ini menggunakan variabel kontrol yaitu pemotongan tulangan, kebutuhan untuk pemotongan, serta tipe tulangan yang dijadikan sebagai pembanding terhadap keseluruhan kebutuhan tulangan dan angka *waste* tulangan baja. Oleh karena itu penelitian ini tergolong penelitian kuantitatif eksperimental. Metode penelitian yang akan digunakan terbagi menjadi beberapa tahapan mencakup studi literatur, pengumpulan data, pemodelan dan analisis.

3.4.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan apabila telah didapatkan landasan teori, teknik analisis data serta pembanding temuan yang terkait dan pendukung dari penelitian terdahulu. Studi literatur bertujuan untuk mengetahui ide dan sumber referensi yang dijadikan sebagai pengembangan aspek teoritis dan aspek praktik dengan capaian

kerangka berfikir serta hipotesis penelitian. Studi literatur pada penelitian ini dilakukan dengan mencari literatur, membaca serta memahami jurnal-jurnal, buku dan artikel terkait implementasi *Building Information Modeling* serta panduan/tutorial dalam penggunaan *software* dari pendukung penelitian.

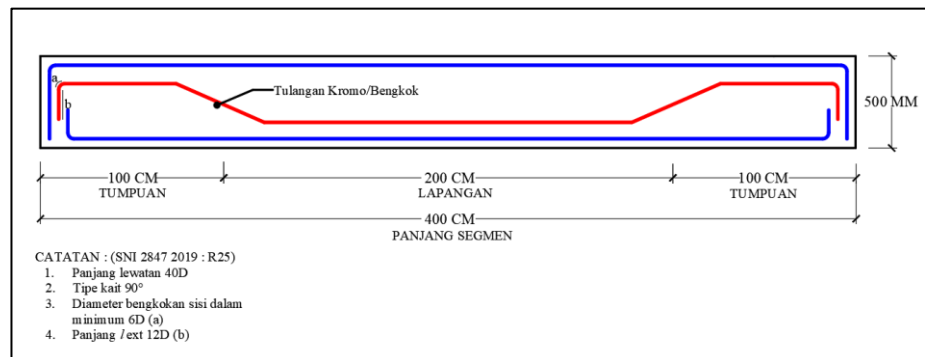
3.4.2. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahap yang dilakukan sebelum dimulainya sebuah penelitian. Pengumpulan data dilakukan oleh penulis berupa data-data yang dibutuhkan dalam penelitian. Berdasarkan tujuan dan batasan masalah diperlukan data berupa gambar rencana dari Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung. Dari data tersebut yang kemudian dimodelkan menggunakan *Autodesk Revit* dan perhitungan pemotongan tulangan dengan *Cutting Optimization Pro*.

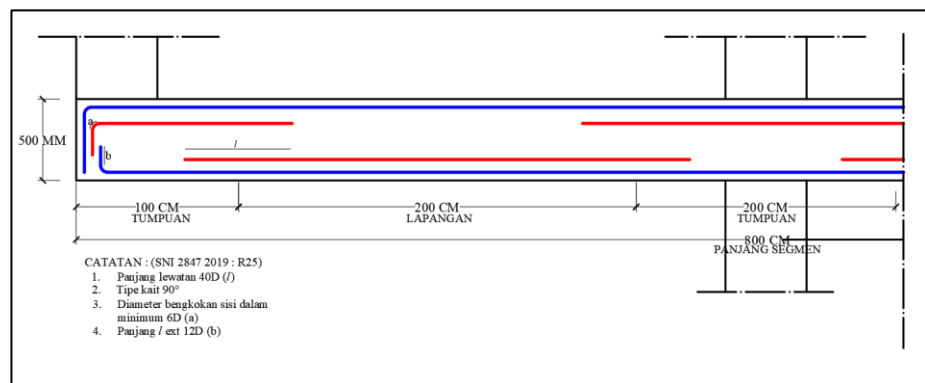
3.4.3. Tahap Pemodelan

Pada tahap pemodelan dilakukan setelah semua data terkumpul dengan menggunakan visualisasi Gedung Rumah Sakit Bhayangkara Polda Lampung di *Autodesk Revit* sesuai dengan gambar yang telah didapatkan. Pemodelan struktural yang akan dilakukan meliputi *bore pile*, *pilecap*, *tie beam*, kolom, balok, pelat, ringbalk dan rangka baja. Dilanjutkan dengan pemodelan tulangan pada semua struktur beton. Pada pemodelan pemotongan tulangan struktur balok digunakan 2 tipe penulangan. Pemodelan pemotongan tulangan 1 nampak di Gambar 8 pada halaman 23 yaitu pemotongan tulangan sesuai dengan segmen ruangan pada bangunan perantai. Dengan pemotongan tulangan pada ujung segmen serta bentuk tulangan pokok, tulangan pinggang dan tulangan kromo yang bengkok. Pemodelan pemotongan tulangan

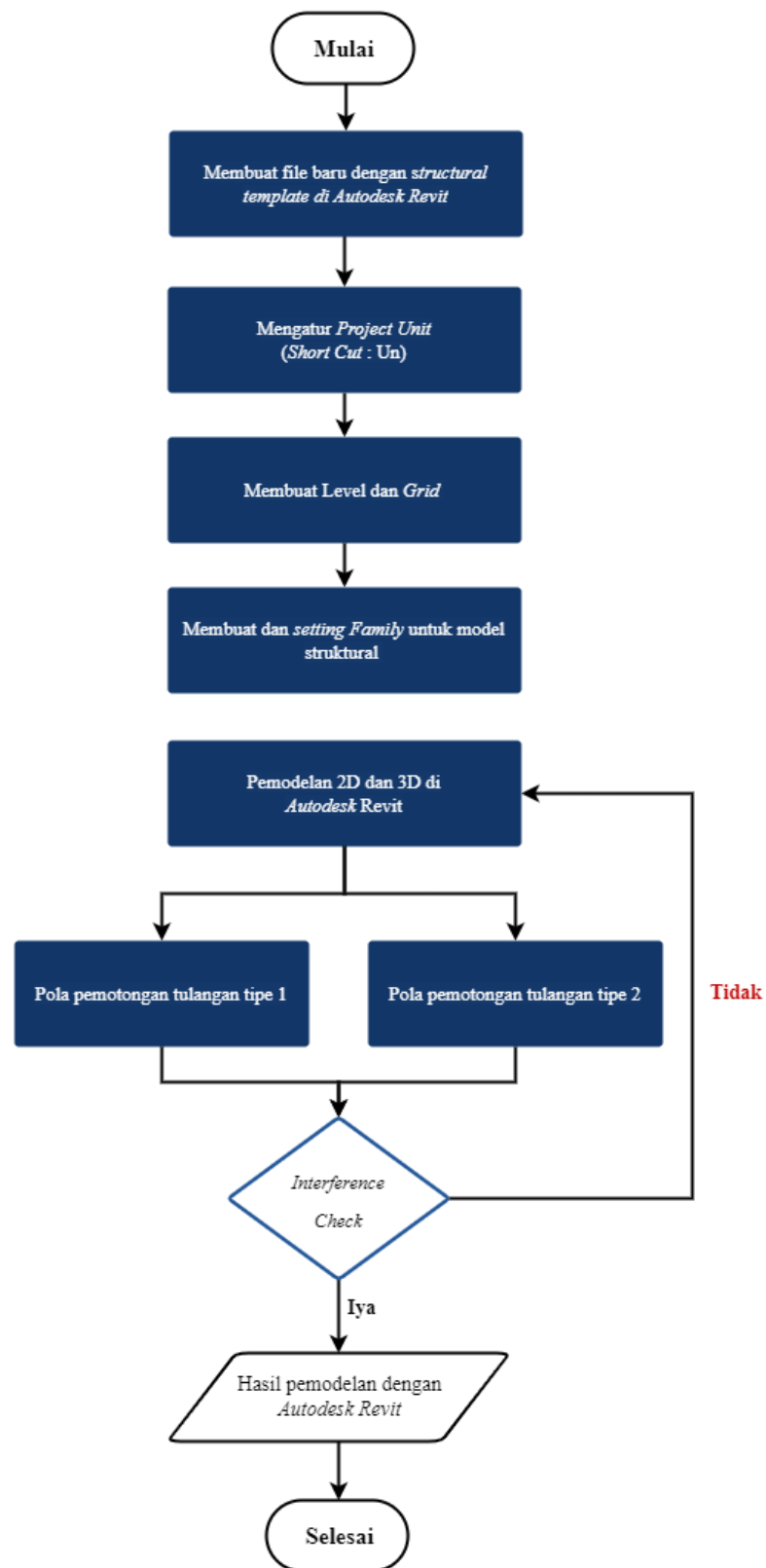
tipe 2 nampak di Gambar 9 pada halaman 23 yaitu pemotongan tulangan berdasarkan kebutuhan optimum tulangan terpasang. Seperti pada Gambar 9 yaitu pemasangan tulangan yang melewati bentang segmen dan memanfaatkan sambungan lewatan (*overlap*) sesuai dengan regulasi SNI 2847 2019..



Gambar 8. Pola pemotongan tulangan tipe 1.



Gambar 9. Pola pemotongan tulangan tipe 2.



Gambar 10. Diagram alir pemodelan.

3.4.4. Tahap Analisis

Analisis data adalah proses menyusun, mengkategorikan data, mencari pola atau tema, dengan maksud untuk mengetahui maknanya. Menyusun data berarti menggolongkannya menjadi sebuah tema, pola atau kategori sesuai dengan yang dimaksud (Elma Sutriani dkk. , 2019). Analisis dilakukan berdasarkan perspektif penulis mengenai pembahasan tertentu. Kedua tipe pemotongan tulangan di analisis kemudian dibandingkan hingga menghasilkan tipe dengan angka *waste* yang paling efisien. Analisis dilakukan untuk mewujudkan tujuan dari pemodelan. Dalam penelitian ini ada dua tahap dalam analisis yaitu *Bar Bending Schedule* menggunakan *Building Information Modeling* serta Pola Pemotongan Tulangan dan Analisis *Waste Material*.

a. *Bar Bending Schedule* (BBS) menggunakan BIM

Analisis *Bar Bending Schedule* (BBS) sangat perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil berupa diameter tulangan, jenis, bentuk, panjang dan jumlah tulangan. Dengan adanya *Building Information Modeling* tahap analisis BBS dapat dilakukan secara efektif, sebab waktu yang digunakan relatif lebih singkat. Setelah pemodelan selesai *output Bar Bending Schedule* (BBS) dapat dengan otomatis dihasilkan.

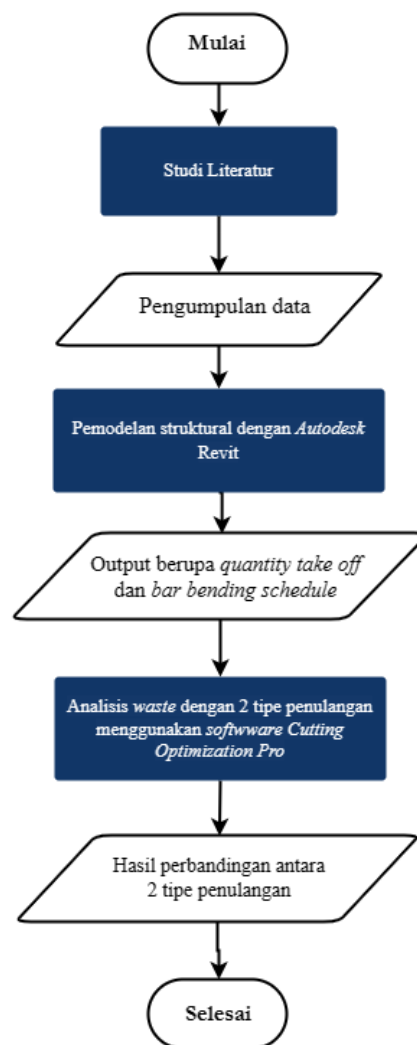
b. Pola Pemotongan Tulangan dan Analisis *Waste*

Menggunakan data *Bar Bending Schedule* kemudian mengatur pola pemotongan tulangan dengan *software Cutting Optimization Pro* yang kemudian dilanjutkan dengan analisis *waste* dari kedua jenis pemotongan tulangan. *Cutting Optimization Pro* bekerja dengan mengkombinasikan pola pemotongan maksimum yang berdampak pada mengecilnya nilai *waste*. Hasil dari angka *waste*

dua jenis pemotongan selanjutnya dibandingkan untuk mengetahui berapa perbedaan nilai *waste*.

3.4.5. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan diagram alir dengan tahapan yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 11. Diagram alir penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari pemodelan 3D, pemodelan penulangan, dan analisis data, kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan pemodelan 3D dan penulangan struktur menggunakan *software Autodesk Revit* yang meliputi pemodelan pondasi, sloof, kolom, balok, pelat lantai dan tangga. *Autodesk Revit* yang merupakan *software* berbasis *Building Information Modeling (BIM)* yang dapat menghasilkan *output* berupa *Bar Bending Schedule* dengan memanfaatkan *fitur Schedule/Quantity* untuk mendapatkan hasil dari *Bar Bending Schedule* yang dapat menghasilkan volume dan berat dari tulangan balok.
2. Perhitungan analisis *waste material* tulangan balok berdasarkan hasil dari *Bar Bending Schedule (BBS)* dan *cutting list* dari *Cutting Optimization Pro* yang menghasilkan berat kebutuhan, berat *waste*, dan *waste level*. Berdasarkan berat kebutuhan tulangan tipe 2 lebih hemat 33,28%, berdasarkan berat *waste* tulangan tipe 2 lebih hemat sebesar 17,18%, berdasarkan *waste level* tulangan tipe 2 lebih hemat sebesar 37,75% dibandingkan tulangan tipe 1.
3. Penggunaan *software Autodesk Revit* untuk memodelkan objek serta mengeluarkan *output Bar Bending Schedule* guna mendapatkan *cutting list* pada *software Cutting Optimization Pro*, dikarenakan kedua *software* tersebut belum terintegrasi. Penggunaan *Cutting Optimization Pro* yang dapat menghasilkan *cutting list* dengan *waste* yang optimal serta meminimalisir *human error*. Efisiensi waktu dan

juga kesalahan adalah pertimbangan digunakannya *software Cutting Optimization Pro*.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, beberapa saran yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan adalah sebagai berikut :

1. Dibutuhkan pengetahuan mendalam terkait pengoperasian *Autodesk Revit* sehingga memudahkan dan mempercepat proses pemodelan karena dapat memaksimalkan fitur-fitur yang ada.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menerapkan *Building Information Modeling* (BIM) dalam analisis pada struktur lain.
3. Tingginya angka *waste* yang dihasilkan diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode lain sebagai pembanding.
4. Ketelitian serta pemahaman yang cukup sangat dibutuhkan untuk menghindari *human error* yang mengakibatkan semakin banyak diperlukan waktu untuk menyelesaikan penelitian.
5. Dikarenakan hasil *waste* masih cukup tinggi untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan metode lain guna mendapatkan hasil analisis dengan angka *waste* yang lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- 'Abidah, G., & Wiguna, I. P. A. (2023). Perbandingan Kombinasi Pemotongan Pembesian dengan Metode Manual *Bar Bending Schedule* dan Tekla *Structures*. *Jurnal Teknik ITS*, 12(2), 2–7. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i2.112943>
- ACI. (1993). *Manual of Concrete Inspection*. 1(19), 226.
- Adhar, L., Komarudin, & Nanda, M. P. (2023). Perubahan desain bangunan gedung 4 lantai dengan menggunakan konstruksi beton. *Jurnal Statika*, 9(2), 12–20.
- Alimin, M., & Taulani, M. (2023). Penerapan *Bulding Information Modelling* (BIM) *Autodesk Revit* dalam Pembuatan *Bar Bending Schedule* (BBS) Pondasi Pile Cap Proyek Apartemen Jkt Living Star-Jakarta Timur. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik (JURRITEK)*, 2(2). <https://doi.org/10.55606/jurritek.v2i2.1599>
- Apriansyah, R. (2021). Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (BIM) Dalam Estimasi Quantity Take Off Material Pekerjaan Struktural. *Universitas Islam Indonesia*, 126.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Baja Tulangan Beton. *Sni 2052-2017*, 13.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- Baja, P., Beton, T., Bjtp, P., Ichsan, M., Kurniawannasution, F., & Irwan, A. (2000). *Pengaruh Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik*. 3814(70), 268–272.
- INA-Rxiv Papers | Analisis Data Dan Pengecekan Keabsahan Data. (n.d.). <https://osf.io/preprints/inarxiv/3w6qs/>

- Intan, S., Alifen, R. S., & Arijanto, L. (2005). Analisa Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi : *Civil Engineering Dimension*, 7(1), 36–45.
- Kensek, K. M. (2014). *Building information modeling. Building Information Modeling*, 1–285. <https://doi.org/10.4324/9781315797076>
- Kurniawan, D., & Ujianto, M. (2023). Optimasi Perhitungan Kebutuhan Tulangan Sisa (Waste) *Shear Wall* Menggunakan *Software Cutting Optimization Pro* pada Proyek Pembangunan Gedung MRT Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023*, 610–617.
- Mieslenna, C. F., & Wibowo, A. (2019). Mengeksplorasi Penerapan *Building Information Modeling* (Bim) Pada Industri Konstruksi Indonesia Dari Perspektif Pengguna *Exploring the Implementation of Building Information Modeling* (Bim) in the Indonesian Construction Industry From Users ' *Perspecti. Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum*, 11(1), 44–58.
- Musyaffa, M. F., & Jafar, J. (2022). Perbandingan Kinerja Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Sambungan Lewatan Dan Sambungan Mekanis (Clamp). *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 12(1), 101. <https://doi.org/10.24127/tp.v12i1.2327>
- Nugroho, A. S. B., Permatasari, S. N., & Supriyadi, B. (2023). Model Persamaan Kebutuhan Material Baja Tulangan dan Beton Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan Hasil Analisis *Software Cubicost*. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 21(2), 161. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v21i2.14875>
- Pertiwi, I. M., Herlambang, F. S., & Kristinayanti, W. S. (2019). Analisis *Waste* Material Konstruksi Pada Proyek Gedung (Studi Kasus Pada Proyek Gedung Di Kabupaten Badung). *Jurnal Simetrik*, 9(1), 185–190. <https://doi.org/10.31959/js.v9i1.204>
- Qatrannada, A. (2022). Manajemen Baja Tulangan Dengan Metode *Just in Time* (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung X). *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 10(2). <https://doi.org/10.33019/fropil.v10i2.3306>
- Qwensi, I. C. F., Yanuar, Y. A., & Alifen, R. S. (2021). *Direct Waste* dan *Indirect*

Waste Material pada Pekerjaan Struktur Beton dan Dinding Bata (Studi Kasus: Proyek Gedung Apartemen di Surabaya). Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil, 10(1), 98–105.

Rahmawati, L., Bua, A. T., Dewi, T. K., Artikel, I., Ki, J. L., Pemanahan, A., Dan, H., Di, L., Dasar, S., Ertika, Y. O., Putra, M. J. A., Kurniaman, O., Fauziyah, S. L., Norra, B. I., Pengetahuan, I., Di, S., Dasar, S., Rosyidah, N., Hidayat, J. N., ... Wahyuni, S. (2020). *Panduan Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung. Bandar Lampung. 9(1), 1–76.*

SNI-2847. (2013). SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Bsn*, 265.