

**IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)  
DALAM ESTIMASI QUANTITY TAKE OFF MATERIAL PADA  
PEMBANGUNAN GEDUNG PERAWATAN BEDAH TERPADU  
RSUD DR. H. ABDUL MOELOEK (ZONA A)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**WINDI RETNO ASIH  
NPM 1815011006**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

**IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)  
DALAM ESTIMASI QUANTITY TAKE OFF MATERIAL PADA  
PEMBANGUNAN GEDUNG PERAWATAN BEDAH TERPADU  
RSUD DR. H. ABDUL MOELOEK (ZONA A)**

**Oleh**  
**WINDI RETNO ASIH**

**Skripsi**

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

**Pada**  
**Jurusan Teknik Sipil**  
**Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## **ABSTRAK**

### **IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DALAM ESTIMASI QUANTITY TAKE OFF MATERIAL PADA PEMBANGUNAN GEDUNG PERAWATAN BEDAH TERPADU RSUD DR. H. ABDUL MOELOEK (ZONA A)**

**Oleh**

**WINDI RETNO ASIH**

Kemajuan teknologi terus mendorong perubahan dan inovasi dalam digitalisasi industri konstruksi. Penggunaan BIM yang semakin populer dan tidak terbatas, seperti penggunaan Autodesk Revit sebagai aplikasi berbasis BIM yang dapat merencanakan estimasi *Quantity Take Off* (QTO) secara rinci. QTO sebagai komponen penting dalam proyek konstruksi yang memerlukan ketelitian dalam estimasi volume material. Maka dari itu, penggunaan *software* berbasis BIM diterapkan untuk meningkatkan akurasi dalam estimasi *quantity take off* material. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran implementasi *quantity take off* berbasis BIM yang lebih efektif, efisien, serta mampu memperhitungkan *waste* material pada proyek konstruksi. Pemodelan dengan *software* Autodesk Revit dilakukan mulai dari tahap persiapan, pembuatan *family* elemen struktur, pemodelan struktur, pemodelan tulangan, input informasi, *clash check detection*, dan *quantity take off* material. QTO berbasis BIM untuk struktur pelat pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zona A) menghasilkan volume sebesar 888,99 m<sup>3</sup> untuk material beton, dengan selisih 1,67% lebih efektif dari metode konvensional. Untuk material tulangan diperoleh nilai 119.762,03 kg, dengan selisih 3,32% lebih efektif dari metode konvensional. Hasil perhitungan *Waste Material Ratio* (WMR) untuk penulangan pelat sebesar 2,48%, dengan total *waste* material 3.049,23 kg dari total estimasi pengadaan sebesar 122.814,28 kg.

Kata kunci: *Building Information Modeling* (BIM), Autodesk Revit, *Quantity Take Off* (QTO), *Quantity Take Off* berbasis BIM

## **ABSTRACT**

### **IMPLEMENTATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN ESTIMATION OF QUANTITY TAKE OFF MATERIAL ON INTEGRATED SURGICAL CARE BUILDING CONSTRUCTION RSUD DR. H. ABDUL MOELOEK (ZONE A)**

*By*

**Windi Retno Asih**

Technological advances continue to drive change and innovation in the digitization of the construction industry. The popularity and unlimited uses of BIM, such as the use of Autodesk Revit as a BIM-based software, can plan detailed Quantity Take Off (QTO) estimates. QTO is an essential component in construction projects that requires accuracy in calculating material volumes. Therefore, the use of BIM-based software is applied to improve accuracy in estimating the quantity take off material. This study aimed to provide an overview of the implementation of BIM-based quantity take off that is more effective, efficient, and able to count waste material in construction projects. Modeling with Autodesk Revit software was carried out starting from the preparation stage, making structural element families, structural modeling, reinforcement modeling, input information, clash check detection, and quantity take off material. BIM-based QTO for slab structure in the Integrated Surgical Treatment Building RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zone A) produces 888.99 m<sup>3</sup> volume of concrete material, with a difference of 1.67% more effective than the conventional method. For reinforcement material, the value is 119,762.03 kg, with a difference of 3.32% more effective than the conventional method. The result of the Waste Material Ratio (WMR) calculation for slab reinforcement is 2.48%, with total waste material of 3,049.23 kg of the total estimated procurement of 122,814.28 kg.

**Keywords :** Building Information Modeling (BIM), Autodesk Revit, Quantity Take Off (QTO), BIM based Quantity Take Off.

Judul Skripsi

**: IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION  
MODELING (BIM) DALAM ESTIMASI  
QUANTITY TAKE OFF MATERIAL PADA  
PEMBANGUNAN GEDUNG PERAWATAN  
BEDAH TERPADU RSUD DR. H. ABDUL  
MOELOEK (ZONA A)**

Nama Mahasiswa

**: Windi Retno Asih**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1815011006

Program Studi

: Teknik Sipil

Fakultas

: Teknik



1. Komisi Pembimbing

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

NIP 19730514 200003 1 001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**

NIP 19720829 199802 1 001

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

NIP 19740530 200012 2 001

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil

**Ir. Laksmi Irianti, M.T.**

NIP 19620408 198903 2 001

## **MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

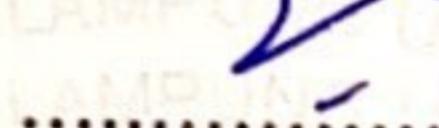
Ketua

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



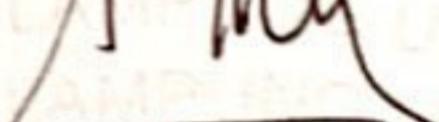
Sekretaris

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



Penguji

Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **10 November 2022**

## **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, adalah:

Nama : Windi Retno Asih

NPM : 1815011006

Prodi/jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu 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.

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

Bandar Lampung, 11 November 2022

Penulis,



**Windi Retno Asih**

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Purbolinggo, Lampung Timur, Provinsi Lampung pada tanggal 22 Maret 2000 sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari Bapak Pribadi dan Ibu Basriyah.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Pertiwi Tegal Gondo yang diselesaikan pada tahun 2006, Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Tegal Gondo yang diselesaikan pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Purbolinggo yang diselesaikan pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Purbolinggo yang diselesaikan pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Pada tahun 2019 sampai 2020 penulis tercatat sebagai anggota Departemen Penelitian dan Pengembangan pada Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung. Kemudian pada tahun 2021, penulis tercatat sebagai Sekretaris Umum Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS). Selama masa perkuliahan, penulis pernah diangkat menjadi Asisten Mekanika Fluida, dan Hidrolik, untuk jurusan Teknik Sipil di Universitas Lampung, Universitas Malahayati dan Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai pada periode 2019/2020 dan 2020/2022 serta menjadi asisten Analisis Statis Tertentu pada tahun ajaran 2021/2022. Penulis telah melaksanakan Kerja Praktik (KP) selama 3 bulan pada Agustus hingga November tahun 2021 di Proyek Pembangunan Gedung Perawatan Neurologi RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Provinsi Lampung.

## *Persembahan*

Alhamdulillahirabbilalamin, puji syukur kepada Allah SWT atas karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, saya persembahkan skripsi ini untuk:

Ibu, Bapak, dan Kakak yang selalu memberikan dukungan moral, materi, dan doa untuk penulis. Terima kasih atas dukungan dan kepercayaan yang telah diberikan kepada penulis, semoga keluarga kita selalu diberi keberkahan dan perlindungan oleh Allah SWT.

Dosen Pembimbing dan Penguji yang sangat berjasa dan selalu memberikan ilmu dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.

Sahabat dan saudara-saudaraku yang selalu memotivasi dan mendoakan penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Semua dosen yang telah mengajarkan banyak hal. Terima kasih atas ilmu, pengetahuan, dan pelajaran hidup yang telah diberikan.

Keluarga Teknik Sipil Angkatan 2018 yang selalu menemani dan memberikan dukungan kepada penulis

*"Hidup tidak seperti air. Hal-hal dalam hidup tidak selalu mengalir melalui rute yang sesingkat mungkin"*

*(Haruki Murakami)*

*"Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu."*

*(Abi bin Abi Thalib)*

*"Sometimes, saying that we can do something can be even more discouraging. We haven't learned about a world where you don't have to do well and can fail. Still, let's do our best. Let's do our best. But I still hope that even if we fail, we will be strong enough to bounce back"*

*(2521)*

## **SANWACANA**

Puji Syukur penulis ucapkan karena dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) Dalam Estimasi *Quantity Take Off* Material Pada Pembangunan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zona A)” dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan Terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Bapak Bayzoni, S.T., M.T., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu pengetahuan, saran, kritik, semangat dan bimbingan dalam penelitian ini.
5. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T., selaku Pembimbing Kedua yang sudah memberikan banyak ilmu pengetahuan, saran, kritik, serta semangat dalam membimbing penelitian ini.
6. Ibu Prof. Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T., selaku Penguji yang telah memberikan saran, kritik, dan bimbingan dalam penelitian ini.
7. Ibu Vera Agustriana Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran, kritik, dan bimbingan dalam bidang akademik.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu yang telah diberikan selama perkuliahan.
9. Keluarga tercinta Ibu, Bapak, serta Kakak yang selalu mendukung dan memberikan do'a terbaik.

10. Mellynia Saputri, Reni Anjar Wati, Alda Alfiah Dzakiroh dan Felin Khasanah sebagai tim BIM terbaik yang telah bersedia membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Sahabat-sahabatku Mawng, Dinda, Anggun, Wanda, Ami, Indah, Yola, dan Reni yang telah mendukung semua hal dalam dunia akademis maupun non akademis, juga tentunya dorongan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Rekan-rekan Orang Hebat yang telah memberikan dukungan selama menempuh pendidikan di Teknik Sipil Universitas Lampung.
13. Terimakasih juga kepada keluargaku, rekan seperjuangan ku, Angkatan 2018 Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah memberikan masukan, kritikan, saran, serta doa nya kepada saya selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari isi maupun cara penyampaiannya. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Akhir kata, Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan ilmu baru dan membawa manfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 11 November 2022

Penulis,

**Windi Retno Asih**

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>I</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>III</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>IX</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Penelitian .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1. <i>Building Information Modeling (BIM)</i> .....	6
2.1.1. Manfaat <i>Building Information Modeling (BIM)</i> .....	7
2.1.2. Tingkatan implementasi dan dimensi <i>Building Information Modeling (BIM)</i> .....	9
2.1.3. <i>Workflow Building Information Modeling (BIM)</i> dalam proses konstruksi.....	12
2.1.4. Tahapan Keluaran/ <i>Output Building Information Modeling (BIM)</i> .	15
2.2. Autodesk Revit .....	16
2.2.1. Kelebihan menggunakan <i>software Autodesk Revit</i> .....	16
2.3. <i>Quantity Take Off Material</i> .....	18
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1. Objek Penelitian .....	20
3.2. Data Penelitian .....	21
3.3. <i>Software Pendukung Penelitian</i> .....	24
3.4. Tahapan Penelitian .....	24
3.4.1. Studi Literatur .....	25
3.4.2. Pengumpulan Data .....	26
3.4.3. Pemodelan 3D dengan <i>Software Autodesk Revit</i> .....	26
3.4.4. Analisis <i>Quantity Take Off</i> .....	29
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1. Gambaran Umum .....	31
4.2. Langkah Pemodelan Elemen Struktur Menggunakan <i>Software Autodesk Revit</i> .....	32
4.2.1. Pekerjaan Persiapan .....	32
4.2.2. Pemodelan <i>Family Elemen Struktur</i> .....	36
4.2.3. Pemodelan Struktur.....	49
4.2.4. Pemodelan Tulangan.....	64

4.2.5. Input Informasi pada Model .....	88
4.2.6. <i>Clash Check Detection</i> .....	91
4.2.7. <i>Quantity Take Off</i> Material .....	93
4.3. Analisis <i>Quantity Take Off</i> Material .....	96
4.3.1. Hasil <i>Quantity Take Off</i> Material dengan <i>Software Autodesk Revit 2022</i> .....	96
4.3.2. Perbandingan Volume Material antara Metode Konvensional dengan BIM-based <i>Quantity Take Off</i> .....	98
4.4. Pembahasan.....	100
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>109</b>
5.1. Kesimpulan.....	109
5.2. Saran.....	110

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tingkatan implementasi dan dimensi pada BIM. ....	11
2. Implementasi BIM dalam tahap perencanaan. ....	13
3. Implementasi BIM pada tahap <i>handover</i> dan <i>facility</i> . ....	14
4. Lokasi objek penelitian. ....	20
5. <i>Site plan</i> Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. ....	21
6. Tampak Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul Moeloek. ....	22
7. Potongan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul .....	23
8. Denah Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul .....	23
9. Diagram alir penelitian.....	25
10. Diagram alir persiapan pemodelan 3D pada Autodesk Revit. ....	26
11. Diagram alir pembuatan <i>family</i> komponen struktur. ....	27
12. Diagram alir pemodelan struktur. ....	28
13. Diagram alir pemodelan tulangan. ....	29
14. Diagram alir analisis <i>quantity take off</i> material. ....	29
15. Membuat <i>new project</i> . ....	32
16. Klik “ <i>Project Unit</i> ”....	33
17. Mengatur satuan.....	33
18. Data <i>as built drawing</i> potongan Gedung Perawatan Bedah Terpadu. ....	34
19. Klik ikon “Level”....	34
20. Mengatur level. ....	34
21. Level pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. ....	35
22. Klik “ <i>Import CAD</i> ”....	35
23. Pemodelan <i>grid</i> .....36	36
24. Hasil pemodelan <i>grid</i> pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. ....	36

25. Memilih “ <i>New Family</i> ”.....	37
26. Memilih <i>template family</i> untuk pondasi. ....	37
27. Data <i>as built drawing</i> detail pondasi Gedung Perawatan Bedah Terpadu....	38
28. Membuat <i>Reference Plane family</i> pondasi.....	39
29. Klik “ <i>Aligned Dimension</i> ”.....	39
30. Membuat parameter <i>family</i> pondasi.....	40
31. <i>Create extrusion</i> . ....	40
32. Menggambar <i>extrusion</i> pada <i>family</i> pondasi. ....	40
33. Parameter yang telah dibuat pada <i>family</i> pondasi.....	41
34. Hasil 3D <i>family</i> pondasi <i>bore pile</i> . ....	42
35. Data <i>as built drawing</i> detail kolom Gedung Perawatan Bedah Terpadu.....	43
36. Klik ikon “ <i>column</i> ”.....	44
37. Pilih “ <i>edit type</i> ” untuk mengedit <i>family</i> dan <i>type</i> kolom. ....	44
38. Proses <i>load family</i> kolom.....	45
39. Edit tipe kolom sesuai dengan data.....	45
40. Data <i>as built drawing</i> detail balok Gedung Perawatan Bedah Terpadu. ....	46
41. Klik ikon “ <i>beam</i> ”.....	47
42. Pilih “ <i>edit type</i> ” untuk mengedit <i>family</i> dan <i>type</i> balok.....	47
43. Proses <i>load family</i> balok.....	47
44. Mengedit tipe balok sesuai dengan data gambar. ....	48
45. Data <i>as built drawing</i> pelat pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu.....	48
46. Memilih “ <i>floor Structural</i> ”.....	49
47. Proses “ <i>Edit Type</i> ” <i>family</i> pelat dan mengatur ketebalan pelat. ....	49
48. <i>Load family</i> pondasi.....	50
49. Proses <i>load family</i> pondasi.....	50
50. Data denah pondasi Gedung Perawatan Bedah Terpadu. ....	51
51. Klik “ <i>Isolated</i> ” pada proses pemodelan pondasi. ....	51
52. Pilih tipe pondasi.....	52
53. Menempatkan setiap tipe pondasi sesuai pada <i>grid</i> .....	52
54. Denah kolom lantai 1 Gedung Perawatan Bedah Terpadu. ....	53
55. Klik “ <i>Column</i> ” untuk memodelkan kolom. ....	53
56. Pilih tipe kolom.....	54

57. Pengaturan sebelum memodelkan kolom pada <i>grid</i> .....	54
58. Hasil pemodelan kolom. ....	54
59. Tampak 3D pemodelan kolom.....	55
60. Klik “ <i>Beam</i> ” pada tab “ <i>Structure</i> ” .....	55
61. Denah balok lantai 2 Gedung Perawatan Bedah Terpadu.....	56
62. Pilih tipe balok yang akan dimodelkan.....	56
63. Pemodelan balok.....	56
64. Tampak 3D pemodelan balok. ....	57
65. Denah pelat lantai 2 Gedung Perawatan Bedah Terpadu.....	57
66. Pilih “ <i>Floor:Structural</i> ” pada tab “ <i>Structure</i> ”.....	58
67. Pilih tipe pelat. ....	58
68. Menentukan <i>boundary line</i> .....	58
69. Memodelkan pelat lantai.....	59
70. Klik “ <i>Finish Edit Mode</i> ” .....	59
71. <i>Edit join</i> elemen. ....	59
72. Hasil pemodelan pelat lantai.....	60
73. Tampak 3D pemodelan pelat lantai. ....	60
74. Denah dan potongan <i>ramp</i> Gedung Perawatan Bedah Terpadu. ....	61
75. Membuat <i>opening</i> pelat lantai.....	61
76. Membuat “ <i>Boundary Line</i> ” untuk <i>opening</i> pelat lantai. ....	62
77. Pilih <i>floor:Structural</i> untuk pemodelan <i>ramp</i> .....	62
78. Edit tipe pelat <i>ramp</i> .....	62
79. Memodelkan pelat <i>ramp</i> . ....	63
80. Pilih <i>Modify Sub Element</i> .....	63
81. Edit kemiringan pelat <i>ramp</i> . ....	63
82. Hasil pemodelan <i>ramp</i> . ....	64
83. Tampilan <i>split window</i> pada Revit.....	64
84. Klik pada “ <i>Load family</i> ”. ....	65
85. <i>Load</i> semua <i>family rebar shapes</i> . ....	65
86. Detail penulangan pondasi.....	66
87. Memilih ikon “ <i>Section</i> ” .....	67
88. Buat garis potongan, lalu klik ” <i>Go to View</i> ”.....	67

89. Pilih pondasi yang akan dimodelkan penulangannya. ....	68
90. Memilih tipe, diameter, dan mengatur jarak tulangan <i>pile cap</i> . ....	68
91. Hasil penulangan <i>pile cap</i> .....	68
92. Memilih tipe, diameter, dan mengatur jarak tulangan sengkang <i>bore pile</i> ....	69
93. Memilih tipe tulangan utama <i>bore pile</i> .....	69
94. Menggambarkan bentuk tulangan utama pada <i>bore pile</i> . ....	70
95. Klik “ <i>Array</i> ” untuk memperbanyak jumlah tulangan. ....	70
96. Hasil pemodelan tulangan utama pada <i>bore pile</i> . ....	71
97. Hasil pemodelan tulangan pondasi. ....	71
98. Tampak 3D penulangan pondasi.....	71
99. Detail penulangan balok.....	72
100.Membuat potongan pada kolom.....	73
101.Pilih <i>rebar</i> pada kolom yang akan dimodelkan tulangan. ....	73
102.Mengatur diameter dan jarak tulangan sengkang pada kolom.....	74
103.Klik “ <i>Reference Plane</i> ”.....	74
104.Menentukan wilayah tumpuan dan lapangan.....	75
105.Mengatur sengkang tumpuan dan lapangan pada kolom.....	75
106.Klik “ <i>Rebar</i> ” untuk memodelkan tulangan utama kolom. ....	76
107.Mengatur diameter dan jumlah tulangan utama pada kolom.....	76
108.Penempatan tulangan utama pada kolom.....	76
109.Hasil pemodelan tulangan kolom.....	77
110.Detail penulangan <i>tie beam</i> .....	77
111.Detail penulangan balok.....	78
112.Membuat potongan pada balok.....	79
113.Klik kanan pada Section dan pilih <i>Go to View</i> . ....	79
114.Klik “ <i>Rebar</i> ” untuk memodelkan tulangan balok. ....	79
115.Menentukan wilayah tumpuan dan lapangan.....	80
116.Mengatur sengkang tumpuan dan lapangan pada balok. ....	80
117.Klik “ <i>Rebar</i> ” untuk memodelkan tulangan utama balok. ....	81
118.Mengatur diameter dan jumlah tulangan utama pada balok. ....	81
119.Penempatan tulangan utama pada balok.....	82
120.Pengaturan panjang penyaluran tulangan pada balok. ....	82

121. Hasil pemodelan tulangan balok .....	82
122. Data pelat Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek zona A .....	83
123. Klik “ <i>Rebar</i> ” untuk memodelkan tulangan pelat. ....	83
124. Pengaturan <i>Rebar Set</i> tulangan pelat. ....	84
125. Meletakkan tulangan pelat. ....	84
126. Pengaturan posisi dan panjang tulangan. ....	84
127. Hasil pemodelan tulangan pelat. ....	85
128. Membuat potongan memanjang pada <i>ramp</i> . ....	85
129. Pilih pelat <i>ramp</i> lalu klik <i>Rebar</i> . ....	86
130. Mengatur tipe, diameter, dan gambar bentuk tulangan memanjang pelat <i>ramp</i> . ....	86
131. Klik “ <i>Finish Edit Mode</i> ” setelah selesai menggambar tulangan.....	86
132. Pengaturan orientasi tulangan melintang pada <i>ramp</i> . ....	87
133. Mengatur tipe, diameter, dan jarak tulangan melintang pada pelat <i>ramp</i> ....	87
134. Potongan memanjang pelat <i>ramp</i> .....	87
135. Mengatur tulangan penyaluran pada pelat <i>ramp</i> .....	88
136. Hasil pemodelan tulangan <i>ramp</i> . ....	88
137. Klik “ <i>Shared Parameters</i> ”.....	89
138. Membuat parameter <i>group</i> .....	89
139. Mengedit parameter <i>properties</i> . ....	90
140. Klik <i>Project Parameters</i> . ....	90
141. Mengedit parameter <i>properties</i> pada <i>project</i> . ....	90
142. Proses input informasi pada elemen struktur. ....	91
143. Tampilan 3D model. ....	91
144. Klik <i>Interference Check</i> .....	92
145. Ceklis elemen-elemen yang akan dilakukan proses <i>Clash Check Detection</i> .....	92
146. Hasil <i>Clash Check Detection</i> . ....	92
147. Klik tab “ <i>View</i> ”, pilih “ <i>Schedule/Quantities</i> ” .....	93
148. Memilih kategori pekerjaan. ....	93
149. Mengatur <i>Fields</i> pada <i>Schedule Properties</i> . ....	94
150. Mengatur <i>Sorting/Grouping</i> pada <i>Schedule Properties</i> .....	94

151.Mengatur <i>Formatting</i> pada <i>Schedule Properties</i> .....	95
152.Tampilan tabel <i>quantity material</i> .....	95
153.Grafik perbandingan <i>quantity take off</i> beton pada struktur pelat.....	101
154.Pendetailan struktur pelat pada BIM model.....	102
155.Grafik perbandingan <i>quantity take off</i> beton pada struktur pelat.....	103
156.Tampak pendetailan tulangan pelat.....	104
157.Tulangan pelat.....	104
158.Nilai <i>Waste Material Ratio (WMR)</i> . .....	108

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. <i>Output BIM</i> .....	15
2. Perbandingan QTO Konvensional dan QTO Berbasis BIM .....	19
3. Dimensi Pondasi pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek .....	37
4. Dimensi Kolom pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Zona A .....	42
5. Dimensi Balok pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Zona A .....	46
6. Detail Penulangan Pondasi .....	65
7. Detail Penulangan Kolom .....	73
8. Detail Penulangan <i>Tie Beam</i> .....	77
9. Detail Penulangan Balok.....	78
10. Volume Beton Pelat .....	97
11. Volume Tulangan Pelat.....	98
12. Perbandingan Volume Material .....	99
13. Rekapitulasi Selisih Perhitungan Volume Beton dan Tulangan .....	100
14. Rekapitulasi Perbandingan Volume Beton pada Struktur Pelat.....	101
15. Rekapitulasi Perbandingan Volume Tulangan pada Struktur Pelat.....	102
16. Rekapitulasi QTO berbasis BIM pada penulangan pelat.....	105
17. <i>Waste Material Ratio</i> pada Tulangan Pelat.....	105
18. Skema <i>Cutting Plan</i> Tulangan Pelat .....	106

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi yang pesat terus mendorong perubahan dan inovasi dalam industri konstruksi. Digitalisasi industri yang berkelanjutan menawarkan kesempatan untuk menemukan desain konstruksi modern guna pengembangan di masa depan. *Building Information Modeling* (BIM) disebut sebagai n-D Modeling atau *Virtual Prototyping Technology*, yang merupakan perkembangan revolusioner dalam industri *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC). BIM adalah teknologi dan proses. Dengan teknologi BIM, model bangunan yang akurat dalam bentuk virtual dibangun secara digital. Model ini, dikenal sebagai model informasi bangunan yang dapat digunakan untuk perencanaan, desain, konstruksi, dan pengoperasian fasilitas. Hal ini membantu arsitek, insinyur, dan kontraktor dalam memvisualisasikan apa yang akan dibangun untuk mengidentifikasi potensi desain, konstruksi, atau masalah operasional (Azhar, 2011).

Pada awalnya BIM dianggap sebagai alternatif untuk gambar bangunan 3D dengan kemampuan parametrik. Dalam perkembangannya, BIM tidak hanya berguna untuk pemodelan geometri bangunan tetapi juga dapat membantu dalam pengelolaan proyek konstruksi. Manfaat yang paling sering disebutkan terkait implementasi BIM dalam proyek adalah pengurangan biaya, pengendalian melalui proyek, dan penghematan waktu (Azhar *et al.*, 2012).

Saat ini, penggunaan BIM dalam desain dan konstruksi tidak terbatas. Salah satu *software* pendukung BIM yaitu Autodesk Revit, kemampuannya dalam merencanakan proyek dengan pemodelan komponen dalam 3D dan bersamaan dengan penyajian gambar kerja 2D, serta memperoleh QTO untuk setiap pekerjaan secara otomatis. Perhitungan volume dan pemodelan elemen struktur

menggunakan *software* Autodesk Revit dapat dilakukan secara efektif, cepat, akurat, dan mampu meminimalisir adanya kesalahan akibat *human error* saat proses desain maupun hasil *quantity take off* material (Laily dkk., 2021).

Aplikasi berbasis BIM seperti Autodesk Revit dapat mengekstrak banyak informasi dari model bangunan untuk memperoleh QTO secara otomatis. BIM mengintegrasikan semua informasi yang berkaitan dengan desain, konstruksi, bangunan, dan pengoperasian & pemeliharaan untuk mengungkapkan informasi proyek secara rinci. Sebagai perangkat lunak yang banyak diterapkan di BIM, Revit mampu membangun model dengan cepat, menghasilkan volume secara otomatis, sehingga dapat memenuhi permintaan untuk semua jenis bangunan kompleks.

Sebagai salah satu komponen penting dalam konstruksi bangunan bertingkat ialah pekerjaan struktur, hal ini dijadikan sebagai dasar atau rangka bangunan yang kuat dan kokoh. Umumnya proyek pembangunan gedung bertingkat memiliki kompleksitas yang lebih tinggi. Salah satunya tahap estimasi *quantity take off* material. Pada pembangunan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek memiliki item pekerjaan yang banyak dan cukup kompleks, sehingga diperlukan ketelitian dalam estimasi volume material. Proses mengestimasi volume disebut sebagai *Quantity Take Off* (QTO). Secara umum QTO adalah proses yang mencakup identifikasi item dan hubungannya pada gambar, memperoleh dimensi dan menghitung satuan pengukuran seperti panjang, luas, dan volume (Shen and A Issa, 2010).

Dalam dunia konstruksi pekerjaan pemasangan adalah salah satu bagian terpenting dalam proyek struktur beton bertulang. Kualitasnya mempengaruhi kualitas struktur secara keseluruhan. Berdasarkan data Rencana Anggaran Biaya (RAB) Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek pekerjaan pemasangan pada struktur pelat diketahui sebagai pekerjaan yang membutuhkan banyak biaya. Selain itu, perhitungan volume kebutuhan tulangan struktur pelat juga menjadi tantangan lebih karena kompleksitasnya yang tinggi. Maka dari itu diperlukan estimasi *quantity take off* material yang

akurat. BIM menawarkan kemampuan *quantity take off* yang lebih cepat, lebih akurat, dan lebih andal daripada QTO dengan metode konvensional (Khosakitchalert, Yabuki and Fukuda, 2019).

Estimasi *Quantity Take Off* (QTO) konstruksi sebagai komponen penting yang harus dipertimbangkan dalam penyelenggaraan sebuah proyek konstruksi. Merencanakan *quantity take off* material secara detail membutuhkan akurasi dalam menghitung volume pekerjaan. *Quantity take off* sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari proyek konstruksi karena digunakan untuk penjadwalan dan perhitungan biaya. QTO diperlukan selama fase desain dan proses konstruksi. Secara konvensional, estimasi *quantity take off* telah dilakukan dan dikembangkan dengan gambar 2D. Namun, mendapatkan QTO yang akurat dari cara konvensional itu memakan waktu. Oleh sebab itu, penggunaan *software* komputer merupakan solusi alternatif untuk meningkatkan akurasi dalam estimasi *quantity take off* material agar lebih efektif dan efisien (Olsen and Taylor, (2017); Cepni, Akcamete and Klein, (2020)).

Penelitian tugas akhir ini akan membahas implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan pemodelan 3D menggunakan *software* Autodesk Revit pada pekerjaan struktur pelat untuk mendapatkan hasil *quantity take off*, kemudian akan dilakukan perbandingan antara hasil *quantity take off* yang diperoleh dari *software* Autodesk Revit dengan *quantity take off* metode konvensional. Hal ini diharapkan dapat memberikan gambaran penerapan estimasi *quantity take off* berbasis BIM yang lebih efektif dan efisien serta mampu meminimalisasi *waste* dan meningkatkan *value* pada suatu proyek konstruksi. Penelitian dilakukan dalam bentuk implementasi BIM untuk estimasi *quantity take off* pekerjaan struktur pelat pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zona A).

## 1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam pemodelan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zona A)?
2. Bagaimana memperoleh hasil *quantity take off* dengan menggunakan *software Autodesk Revit*?
3. Berapa selisih perhitungan volume metode konvensional dengan volume hasil *quantity take off* dengan *software Autodesk Revit*?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui hasil dari implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam pemodelan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zona A).
2. Memperoleh hasil *quantity take off* dengan menggunakan *software Autodesk Revit*.
3. Mengetahui selisih perhitungan volume metode konvensional dengan volume hasil *quantity take off* dengan *software Autodesk Revit*.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pembelajaran dan ilmu dalam implementasi *Building Information Modeling* (BIM).
2. Mengetahui hal-hal yang harus diperhatikan dalam mengimplementasikan konsep *Building Information Modeling* (BIM) pada perencanaan gedung.
3. Mengetahui keuntungan *Building Information Modeling* (BIM) dalam memperoleh *quantity take off* material secara efisien dan akurat.

### **1.5. Batasan Penelitian**

Batasan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada data struktur proyek pembangunan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek.
2. Pemodelan yang dilakukan adalah struktur Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zona A).
3. Pemodelan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zona A) dilakukan menggunakan *software* Autodesk Revit.
4. Hasil *quantity take off* pada pekerjaan struktur pelat pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zona A).
5. Analisis perbandingan *quantity take off* dilakukan pada volume beton dan tulangan pelat lantai.
6. Dalam pemodelan tidak melakukan proses perhitungan analisis struktur, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan penjadwalan.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. *Building Information Modeling (BIM)***

*Building Information Modeling (BIM)* adalah representasi suatu bangunan berupa karakteristik fisik dan fungsional dalam bentuk digital yang di dalamnya memuat seluruh informasi terkait elemen-elemen dari bangunan (obyek BIM), yang kemudian dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan selama siklus bangunan mulai dari awal dan seterusnya (*Whole Building Design Guide (WBDG)*, 2021). BIM menerapkan dasar pemikiran pada kolaborasi oleh pemangku kepentingan yang berbeda pada fase konstruksi yang berbeda. BIM mampu menunjukkan siklus bangunan termasuk proses konstruksi dan operasi fasilitasnya, kualitas dan kuantitas material, penentuan pembagian dan pemisahan lingkup pekerjaan.

*Building Information Modeling (BIM)* merupakan proses dokumentasi yang terdiri dari berbagai informasi tentang fase yang berbeda dari setiap proyek seperti desain konstruksi, perencanaan konstruksi, manajemen fasilitas dan operasi. Sebagai salah satu proses dokumentasi secara menyeluruh yang bermanfaat bagi visualisasi operasional, dan aplikasi konstruksi seperti estimasi, penjadwalan, dan koordinasi desain (Khochare and Waghmare, 2018).

Menurut Eastman *et al.*, 2011 *Building Information Modeling (BIM)* adalah salah satu perkembangan pada dunia industri *Architecture, Engineering, and Construction (AEC)* yang paling menjanjikan. Dengan teknologi BIM dapat membangun model konstruksi bangunan yang akurat secara digital. BIM dapat mendukung desain sesuai fase-fasenya, sehingga memungkinkan analisis dan kontrol lebih baik daripada proses manual. Teknologi BIM dapat membuat model bangunan secara digital serta menghasilkan geometri dan data yang

relevan untuk mendukung konstruksi, fabrikasi, dan kegiatan pengadaan yang dibutuhkan untuk merealisasikan bangunan tersebut. BIM mampu mengakomodasi banyak fungsi yang diperlukan dalam memodelkan bangunan, memberikan dasar untuk desain baru dan kemampuan konstruksi, serta melakukan perubahan peran dan hubungan di antara tim proyek. Ketika diadopsi dengan baik, BIM mampu memfasilitasi proses desain dan konstruksi yang lebih terintegrasi dan menghasilkan bangunan dengan kualitas yang lebih baik dengan biaya yang lebih rendah dan durasi proyek yang lebih singkat.

#### 2.1.1. Manfaat *Building Information Modeling* (BIM)

Manfaat teknologi BIM terkait bagaimana desain bangunan dan proses konstruksi dapat merespons kompleksitas yang lebih besar, mampu melakukan pengembangan yang lebih cepat, serta peningkatan keberlanjutan sekaligus mengurangi biaya bangunan dan penggunaan. Dimana proses tradisional tidak mampu merespon hal-hal tersebut. BIM mampu mengintegrasikan seluruh sistem, sehingga semua pihak dapat mengakses untuk bekerja sama. BIM tidak hanya menghasilkan gambar namun juga menghasilkan informasi. Menurut Eastman *et al.*, 2011 manfaat penggunaan BIM berupa:

- a. Manfaat pra konstruksi untuk *owner*, meliputi:
  1. Peningkatan kinerja dan kualitas bangunan
  2. Peningkatan kolaborasi dengan *Integrated Project delivery*.
- b. Manfaat desain, meliputi:
  1. Visualisasi desain lebih awal dan lebih akurat
  2. Koreksi otomatis saat terjadi perubahan pada desain
  3. Pembuatan gambar 2D yang akurat dan konsisten di setiap fase desain
  4. Kolaborasi lebih awal dari berbagai disiplin ilmu
  5. Kemudahan verifikasi terhadap konsistensi maksud desain
  6. Rangkuman perkiraan biaya selama tahap desain
  7. Peningkatan efisiensi dan keberlanjutan energi

- c. Manfaat konstruksi dan fabrikasi, meliputi:
  - 1. Penggunaan model desain sebagai dasar untuk komponen fabrikasi
  - 2. Reaksi cepat terhadap perubahan desain
  - 3. Penemuan kesalahan dan kelalaian desain sebelum konstruksi
  - 4. Sinkronisasi desain dan perencanaan konstruksi
  - 5. Implementasi yang lebih baik dari teknik *lean construction*
  
- d. Manfaat *pasca* konstruksi, meliputi:
  - 1. Peningkatan komisioning dan serah terima informasi fasilitas
  - 2. Manajemen dan pengoperasian fasilitas yang lebih baik
  - 3. Integrasi dengan sistem operasi dan manajemen fasilitas

(Rayendra *and* Soemardi, 2014) menyebutkan bahwa BIM mampu menyajikan potensi untuk pemodelan informasi dalam bentuk model virtual dengan menawarkan visualisasi, *clash detection*, tahap konstruksi, dan pengujian model yang kemudian diserahkan dari tim desain kepada kontraktor kemudian kepada *owner*. BIM mampu mengantisipasi untuk mengurangi kehilangan informasi yang terjadi dalam proses perpindahan informasi yang dibutuhkan dari proyek-proyek sebelumnya. Keunggulan BIM lainnya antara lain ialah:

- 1. Meminimalisir *lifecycle* desain dengan meningkatkan kolaborasi antara *owner*, konsultan, dan kontraktor
- 2. Kualitas tinggi dengan akurasi dokumentasi dari proses konstruksi
- 3. Teknologi BIM digunakan pada seluruh *lifecycle* bangunan, termasuk fasilitas *operation and maintenance*
- 4. Produk kualitas tinggi yang memperkecil kemungkinan konflik
- 5. Pemotongan biaya proyek dan kemampuan meminimalisir *waste* material sejak tahap awal
- 6. Meningkatkan manajemen konstruksi

### 2.1.2. Tingkatan Implementasi dan Dimensi *Building Information Modeling* (BIM)

*Building Information Modeling* (BIM) memiliki beberapa dimensi yang menunjukkan tingkatan level implementasi (*maturity level*) terhadap suatu proses konstruksi. Menurut (BIM PUPR and Institut BIM Indonesia, 2018) beberapa tingkat implementasi BIM antara lain:

- a. Level 0 BIM
  1. Tidak adanya kolaborasi.
  2. 2D format CAD untuk penggambaran dan dokumentasi (*drafting*).
- b. Level 1 BIM
  1. Pekerjaan desain konseptual dengan model 3D, gambar-gambar 2D CAD digunakan untuk dokumentasi, perizinan serta informasi konstruksi.
  2. Terdapat standar CAD dan informasi yang dikolaborasikan dalam bentuk elektronik.
  3. Setiap disiplin, dan pelaku memiliki standar tersendiri.
- c. Level 2 BIM
  1. Bekerja dengan kolaborasi. Semua pelaku bekerja dengan sistem dan lingkungan sendiri, namun model atau objek yang dikolaborasikan.
  2. Pertukaran informasi berdasarkan dengan protokol dan format yang disetujui.
- d. Level 3 BIM
  1. Kolaborasi penuh antar semua disiplin dan pelaku dengan satu objek (*shared object*).
  2. Dinamakan dengan konsep *OpenBIM*.

Saat ini, teknologi *Building Information Modeling* (BIM) telah berkembang dari dimensi dasar 3D dan 4D ke dimensi 5D, 6D, dan 7D yang lebih canggih. Dimensi ini meningkatkan tingkat data yang

dilampirkan ke model dengan tujuan untuk meningkatkan tingkat pemahaman suatu proyek konstruksi (Panteli, Kyllili *and* Fokaides, 2020). Berikut penjelasan dimensi-dimensi pada BIM:

a. *3D/parametric data for collaborative work*

BIM 3D membantu pihak proyek untuk kolaborasi antar multidisiplin secara lebih efektif dalam memodelkan dan menganalisis masalah yang kompleks. Manfaat dominan dari BIM adalah peningkatan visualisasi dan komunikasi maksud desain, peningkatan kolaborasi antar multidisiplin dan mengurangi penggerjaan ulang karena kesalahan komunikasi pada tahap desain.

b. *4D/scheduling*

BIM 4D *Scheduling* memungkinkan untuk mengekstraksi dan memvisualisasikan kemajuan kegiatan selama masa proyek dari proses awal, pengawasan jadwal, sehingga pekerjaan menjadi optimal.

c. *5D/estimating*

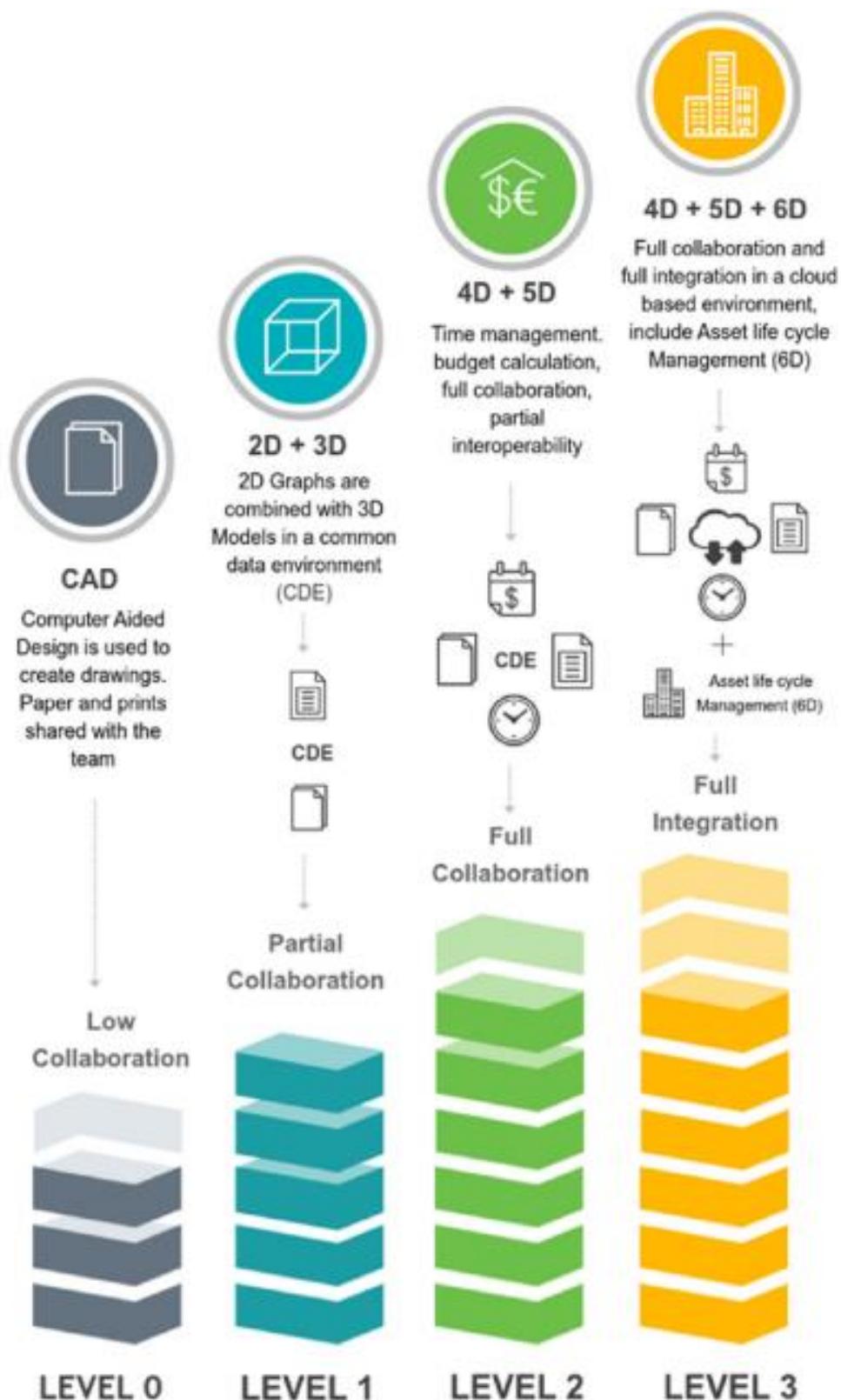
BIM 5D digunakan untuk pengecekan anggaran biaya kegiatan terkait proyek. 5D dilakukan bersamaan dengan 3D (model) dan 4D (waktu) yang memungkinkan pihak yang terkait dalam proyek untuk memvisualisasikan progres kegiatan dan biaya dari waktu ke waktu.

d. *6D/sustainability*

6D BIM, mengacu pada pemodelan informasi bangunan 6 dimensi yang banyak digunakan yang diterapkan dalam industri Konstruksi. Dimensi ini menghubungkan komponen model 3D dengan semua aspek informasi manajemen dalam fase proyek. Beberapa elemen utama yang termasuk dalam analisis BIM 6D adalah analisis emisi CO<sub>2</sub>, pengelolaan limbah, analisis energi, dan analisis termal.

e. *7D/building management*

BIM 7D memungkinkan pihak terkait manajemen bangunan untuk memperoleh informasi dan aset data yang relevan seperti status komponen, spesifikasi, manual pemeliharaan/operasi, dan lainnya dengan lebih detail serta relevan terhadap kondisi bangunan.



Gambar 1. Tingkatan implementasi dan dimensi pada BIM.

Sumber : Panteli *et al.*, 2020

### 2.1.3. *Workflow Building Information Modeling (BIM) dalam Proses Konstruksi*

Menurut Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPSDM) Kementerian PUPR, 2018 *workflow* implementasi BIM adalah aliran kerja yang memuat proses kerja terkait proyek BIM secara sistematis, yang berjalan dari satu ke pihak ke pihak lain untuk memperoleh tindakan lanjutan (termasuk revisi, masukan, penolakan, dan pembatalan) sesuai prosedur yang telah disepakati bersama dalam suatu organisasi. Tahapan implementasi konsep BIM pada proses konstruksi adalah sebagai berikut:

- a. Tahap perencanaan, meliputi:

1. Persiapan dan desain konseptual

Kegiatan ini mewujudkan kesepahaman antara klien/*owner* dan tim konsultan terkait tujuan umum dan tujuan spesifik, menciptakan *site model BIM*, dan menghasilkan model 3D.

2. Desain skematik

Kegiatan yang dilakukan berupa pengembangan massa model ke dalam model arsitektural, kemudian mengembangkannya untuk analisis struktur awal, mengidentifikasi model MEP, menerapkan koordinasi desain antara model arsitektural dan model struktural dengan *pre clash detection*. Selanjutnya dihasilkan estimasi biaya awal.

3. Desain detail

Pada tahap ini dilakukan pengembangan model arsitektural, struktural, dan MEP serta mengkoordinasikannya. Selanjutnya diidentifikasi konflik dari berbagai elemen. Dilanjutkan dengan memperoleh hasil estimasi biaya detail dan *Bill of Quantity* (BoQ) berdasarkan model BIM. Berikut gambar *workflow* implementasi BIM pada tahap perencanaan.

<i>Stake Holder</i>	Desain Konseptual		Desain Skematik			Desain Detail							
<i>Owner</i>	Kebutuhan												
<i>Project Manager</i>	Program	Persiapan Pemasukan Perizinan											
<i>Arsitek</i>	FS Site Model				<i>Laporan Preliminary Coordination Design</i>	<i>Preliminary Cost Design</i>	Model Arsitektural	Persiapan Tender					
		Model 3D	Model Arsitektural										
			Analisis Struktur Awal	Model Struktural			Model Struktural dan perhitungannya						
	Struktural MEP Kontraktor Subkontraktor <i>Facility Management</i>		Analisis Awal MEP	Model MEP			Model MEP dan Analisisnya	Clash Detection dan penyelesaiannya					
								Laporan Validasi Spasial	<i>Detailed Quantity Cost Estimate (BoQ)</i>	Model dan gambar kerja untuk tender			

Gambar 2.Implementasi BIM dalam tahap perencanaan.

Sumber: (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPSDM) Kementerian PUPR, 2018)

b. Tahap pelaksanaan

1. Tahap konstruksi

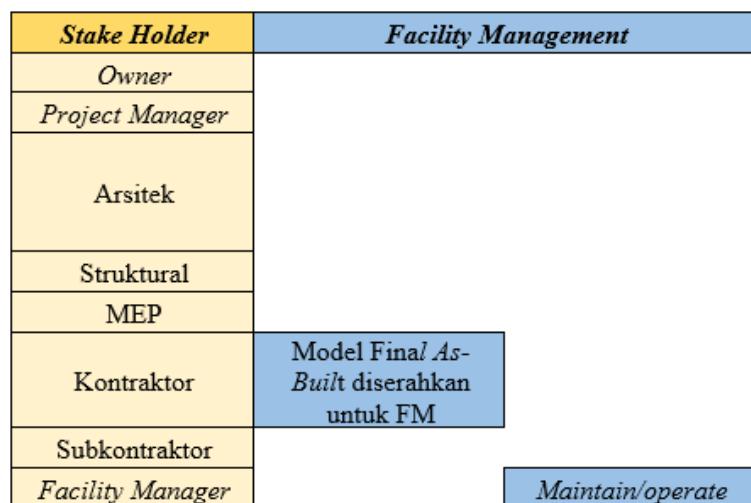
Pada fase konstruksi, elemen BIM dimodelkan melalui fabrikasi dan perakitan detail yang direpresentasikan melalui gambar CAD 2D.

2. *As-built*

Menyiapkan model *As-Built* berbasis BIM untuk menggambarkan perubahan/perbaikan pada model arsitektural, struktural, dan MEP sebelum diverifikasi oleh konsultan. *Output* yang diharapkan adalah tersedianya model final *As-built* bagi tiap disiplin dengan persetujuan dari pihak ketiga.

c. Tahap *handover* dan *facility*

Berikut *workflow* implementasi pada tahap *handover* dan *facility* ditunjukkan pada Gambar 4. Secara umum kegiatan ini bertujuan untuk menyediakan informasi *Operation and Maintenance* (O&M) di berbagai elemen model BIM untuk keperluan *facility manager*. BIM berpotensi untuk mengatasi tantangan masalah informasi dengan ketersediaannya kaya akan data dan informasi mengenai fasilitas yang mampu mendukung kegiatan *Facility Management* (FM).



Gambar 3. Implementasi BIM pada tahap *handover* dan *facility*.

Sumber: Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPSDM)  
Kementerian PUPR, 2018

#### 2.1.4. Tahapan Keluaran/*Output Building Information Modeling* (BIM)

Proses BIM pada setiap proyek yang tipikal dapat memberikan panduan (*outline*) mengenai apa saja yang dapat disampaikan/dikeluarkan dalam setiap tahapan proyek. Berikut tabel keluaran/*output Building Information Modeling* (BIM) (BIM PUPR and Institut BIM Indonesia, 2018)

Tabel 1. *Output BIM*

<b>Tahap</b>	<b>Keluaran/<i>Output</i> (Hanya MEP)</b>
Persiapan dan Konsep Desain	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memahami kebutuhan klien berdasarkan <i>brief</i> proyek</li> <li>2. Memahami dan mengartikan BIM <i>execution plan</i></li> <li>3. <i>Setup BIM project template, coordinate system, grids, level height</i>, dan lainnya</li> </ol>
Desain Skematis (Prarancangan)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Model pra rencana MEP berdasarkan <i>massing</i> dari disiplin Arsitektur dan struktur, serta model <i>site</i> (identifikasi tinggi langit-langit, bukaan, struktur utama dan pendukung, koneksi MEP di lahan/<i>site</i>)</li> <li>2. Menentukan kriteria desain (<i>design criteria</i>), <i>key service connection</i>, <i>service routes</i> dan <i>plant room</i></li> <li>3. Model tata letak (<i>layout</i>) MEP secara Prarancangan/ skematis</li> <li>4. Gambar-gambar Skematis</li> <li>5. <i>Alternatif desain</i></li> </ol>
<i>Detailed Engineering Design</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memahami dan memvalidasi model arsitektur dan model struktur</li> <li>2. Menentukan <i>zona (zones)</i>, <i>spaces</i>, <i>service routes</i> dan <i>plant room</i></li> <li>3. Kalkulasi layanan MEP (<i>load and sizing</i>)</li> <li>4. Tata letak model MEP dan detail BoQ</li> <li>5. Laporan <i>clash detection</i> dan resolusinya di antara Disiplin MEP: <i>plumbing</i>, <i>fire protection</i>, <i>hvac</i>, elektrikal</li> <li>6. Laporan <i>clash detection</i> dan resolusinya di antara MEP dan Arsitektur, Struktur</li> <li>7. Dokumen Tender</li> </ol>
Konstruksi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laporan validasi desain</li> <li>2. <i>Shop drawing</i></li> <li>3. <i>Detailed schedule</i> material dan kuantitasnya</li> </ol>
<i>As Built</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Model dan gambar <i>As Constructed Manual O&amp;M</i></li> <li>2. Laporan Desain dan Konstruksi</li> </ol>
Manajemen fasilitas	Model <i>As Built</i>

Sumber: BIM PUPR and Institut BIM Indonesia, 2018

## 2.2. Autodesk Revit

Autodesk Revit adalah salah satu BIM *software* yang membantu tim *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC) dalam menciptakan bangunan dan infrastruktur berkualitas tinggi. Revit dapat digunakan untuk bentuk pemodelan, struktur, dan sistem 3D dengan akurasi, presisi, dan kemudahan parametrik. Revit juga mampu menyederhanakan pekerjaan dokumentasi dengan revisi instan untuk rencana, elevasi, jadwal, dan bagian saat proyek berubah. Revit mendukung pemberdayaan multidisiplin tim dengan perangkat khusus dan lingkungan proyek terpadu (Autodesk, 2022).

Revit merupakan *software* yang mendukung *Building Information Modeling* (BIM) dari Autodesk. Revit digunakan untuk perencanaan desain arsitektur, struktur serta mekanikal, elektrikal dan *plumbing* (MEP). Autodesk Revit mendukung konsep kolaborasi pada proyek, dengan membuat desain secara terpisah sesuai perannya tersendiri, kemudian *software* Autodesk Revit mampu mengintegrasikan seluruhnya. Revit dapat memodelkan suatu bangunan dalam bentuk 3D serta menampilkan hasil gambar 2D. Lebih lanjut lagi, Revit mampu digunakan untuk melakukan perencanaan serta menentukan tahapan pelaksanaan berdasarkan elemen bangunan, Revit juga mampu menyajikan informasi berupa volume material.

### 2.2.1. Kelebihan Menggunakan *Software* Autodesk Revit

Beberapa kelebihan *software* Autodesk Revit adalah sebagai berikut:

a. Kemudahan untuk Bekerja Secara Tim

Pada *software* Autodesk Revit terdapat fitur *worksharing* yang berguna untuk memudahkan bekerja dalam tim yang sangat bermanfaat dalam proyek. Dengan menggunakan fitur *worksharing*, seluruh tugas tiap disiplin ilmu dapat terintegrasi secara virtual. Perubahan-perubahan yang dilakukan oleh satu pengguna akan ter-update pada unit kerja lainnya.

b. Rencana Anggaran Biaya (RAB)/BoQ (*Schedule*)

*Schedule* merupakan fitur pada *software* Autodesk Revit untuk mengetahui tipe komponen yang ada pada model bangunan, contohnya untuk mengetahui tipe balok, kolom, pelat, dll serta mengetahui kuantitasnya. Pengguna dapat mengatur tabel *schedule* berdasarkan kebutuhan, serta dapat membuat formula, filter, serta kalkulasi.

c. Komponen Parametrik

Komponen parametrik atau pada *software* Autodesk Revit dikenal sebagai *family*, adalah model komponen bangunan yang dapat diambil dari *library* yang telah tersedia. Pengguna dapat membuatnya *custom* sesuai dengan yang dibutuhkan. Autodesk Revit memungkinkan pengguna dapat mengubah ukuran komponen dan menambahkan bentuk detail, serta menjadikan *library* baru yang tidak memerlukan bahasa pemrograman ataupun *coding* untuk dapat melakukan hal itu.

d. Material *Take Off*

Memperhitungkan jumlah kebutuhan material secara rinci, seperti menghitung volume seluruh material beton pada pelat. Informasi yang diperoleh dapat dilakukan dengan secara cepat dan akurat, hal ini dapat membantu pengguna dalam mengetahui estimasi biaya proyek.

e. Terkoneksi antar *Software* Autodesk

Pada proyek yang berbasis konvensional, biasanya menggunakan banyak *software* yang berbeda-beda pada setiap pekerjaannya. seperti penggunaan *software* analisis kekuatan struktur, *software* untuk desain dan menggambar, *software* untuk menghitung volume dan penjadwalan. Dengan menggunakan *software* Autodesk Revit, *output* yang dikeluarkan dapat diekstrak dan dibaca dengan baik oleh *software* Autodesk lainnya.

### 2.3. *Quantity Take Off Material*

*Quantity take off* adalah salah satu tugas utama dalam proses konstruksi yang menjadi dasar untuk beberapa tugas lain. Elemen bangunan diukur, dan nilai ini kemudian digunakan untuk memperkirakan biaya dan beban kerja yang relevan. *Quantity take off* dapat berupa pengukuran skema bangunan atau pekerjaan yang dilakukan di lokasi. Informasi ini dikumpulkan dalam apa yang secara tradisional disebut *Bill of Quantity* (BoQ) (Monteiro and Poças Martins, 2013). Pada tahap awal *quantity take off* memberikan dasar untuk perkiraan biaya awal proyek; dalam tahap tender digunakan untuk membantu dalam perkiraan biaya proyek dan durasi kegiatan konstruksi; sebelum tahap konstruksi digunakan untuk meramalkan dan merencanakan kegiatan konstruksi; dan selama tahap konstruksi digunakan untuk pengendalian ekonomi proyek. *quantity take off* yang akurat menentukan keseimbangan ekonomi keuangan kontraktor. *Quantity take off* sebagai satu-satunya cara untuk memperoleh analisis produktivitas dan berbagai jenis biaya dalam suatu proyek.

*Building Information Modeling* (BIM) adalah pendekatan pemodelan digital yang mewakili informasi geometris dan detail dari fasilitas yang telah merevolusi proses *quantity take off*. *Quantity* dapat diukur secara otomatis dari model BIM dengan mengekstraksi data geometris dan informasi dari setiap elemen bangunan. Metode ini disebut *BIM-based quantity take off* (Eastman, C.M, Teicholz, P.Sacks, R. and Liston, 2018).

Diperlukan tingkat ketelitian tinggi saat menghitung kebutuhan material dalam proses QTO pada proyek konstruksi. Seluruh material harus ditentukan, sehingga jumlah yang dipesan tepat, serta agar estimasi harga mencerminkan biaya sebenarnya. QTO secara manual harus melakukan perhitungan yang rumit. QTO digunakan untuk memberikan daftar seluruh material yang diperlukan pada proyek konstruksi.

BIM diterapkan untuk mengatasi kompleksitas proyek dan meningkatkan nilai proyek. Untuk meningkatkan manfaat dari BIM, yang diakui memiliki berbagai keunggulan, salah satunya ialah *Quantity Take Off* (QTO) berbasis BIM. QTO yang akurat diakui sebagai faktor penting dalam meningkatkan nilai proyek. Menurut (Whang and Park Min, 2016), pendekatan berbasis BIM lebih layak untuk proyek karena akurasi dan kenyamanannya. Pendekatan berbasis BIM menunjukkan tingkat akurasi (95%) yaitu lebih tinggi dari pendekatan manual (89%). BIM dapat memberikan informasi yang diperlukan terkait manajemen biaya. Model BIM 3D bersifat geometris yang memungkinkan proses ekstraksi QTO secara otomatis. *Quantity take off* berbasis BIM merupakan model parametrik yang menjamin pembaruan secara otomatis pada hasil QTO setelah adanya perubahan. Model BIM mampu memuat banyak informasi terkait geometri, sifat material, biaya, dan karakteristik lainnya. Nilai-nilai ini dapat diambil dari model dan diperbarui bersama perubahan yang ada pada *project* (Sampaio, 2017).

Tabel 2. Perbandingan QTO Konvensional dan QTO Berbasis BIM

Aspek	QTO Konvensional	QTO berbasis BIM
Kualitas informasi	Risiko berkerja dengan data usang dan dokumen yang tidak konsisten; Gambar 2D mungkin mengandung kesalahan	Kolaborasi berbasis BIM membantu untuk bekerja dengan model perencanaan terkini; pengecekan sebelum melakukan QTO untuk menghindari kemungkinan <i>clash</i>
Kuantitas informasi	Tergantung pada dokumen yang tersedia	Model berisi informasi yang sesuai dengan fase perencanaan terkini
Ketersediaan informasi	Manual (memakan waktu, rawan kesalahan)	Mudah dan cepat karena berbasis <i>central model organization</i>
Kualitas QTO	Pengukuran manual mungkin berisi kesalahan	Kesalahan yang disebabkan oleh salah pengukuran dapat dihindari
Transparansi QTO	Pemetaan manual antara gambar dan WBS dapat mengakibatkan penurunan transparansi; Situasi kompleks yang membutuhkan interpretasi gambar (subjektif)	Penawaran opsi transparansi visual yang lebih besar
Penggunaan kembali QTO	Tergantung pada format data QTO (MS Excel, database, dll)	Tautan langsung ke analisis 4D atau 5D; digunakan kembali untuk mengatur pesanan material
Fleksibilitas terhadap perubahan desain	Perlu merevisi QTO secara manual	Revisi efektif QTO; Kemungkinan membandingkan desain alternatif dengan sedikit usaha

Sumber: Mattern, Scheffer and König, 2018

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Objek Penelitian**

Pada Bab Metode Penelitian dibahas mengenai metode penelitian yang digunakan, berupa tahapan-tahapan yang harus dilalui. Dengan objek penelitian adalah Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul Moeloek (Zona A). Objek penelitian berlokasi di RSUD DR. H. Abdul Moeloek yang berada pada Jl. Dr. Rivai No.6, Penengahan, Kecamatan Tj. Karang Pusat, Bandar Lampung. Denah lokasi objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



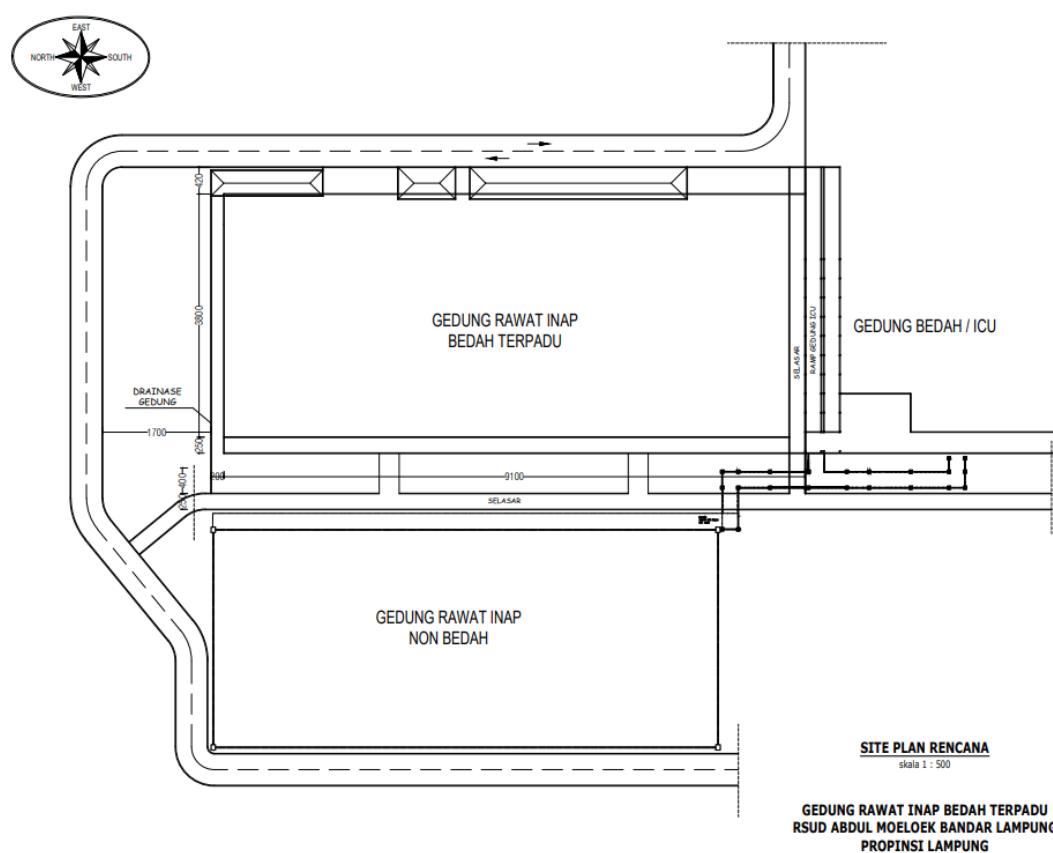
Gambar 4. Lokasi objek penelitian.

Koordinat:  $5^{\circ}24'06.4''S$   $105^{\circ}15'26.6''E$

Sumber : Google Earth, 2022

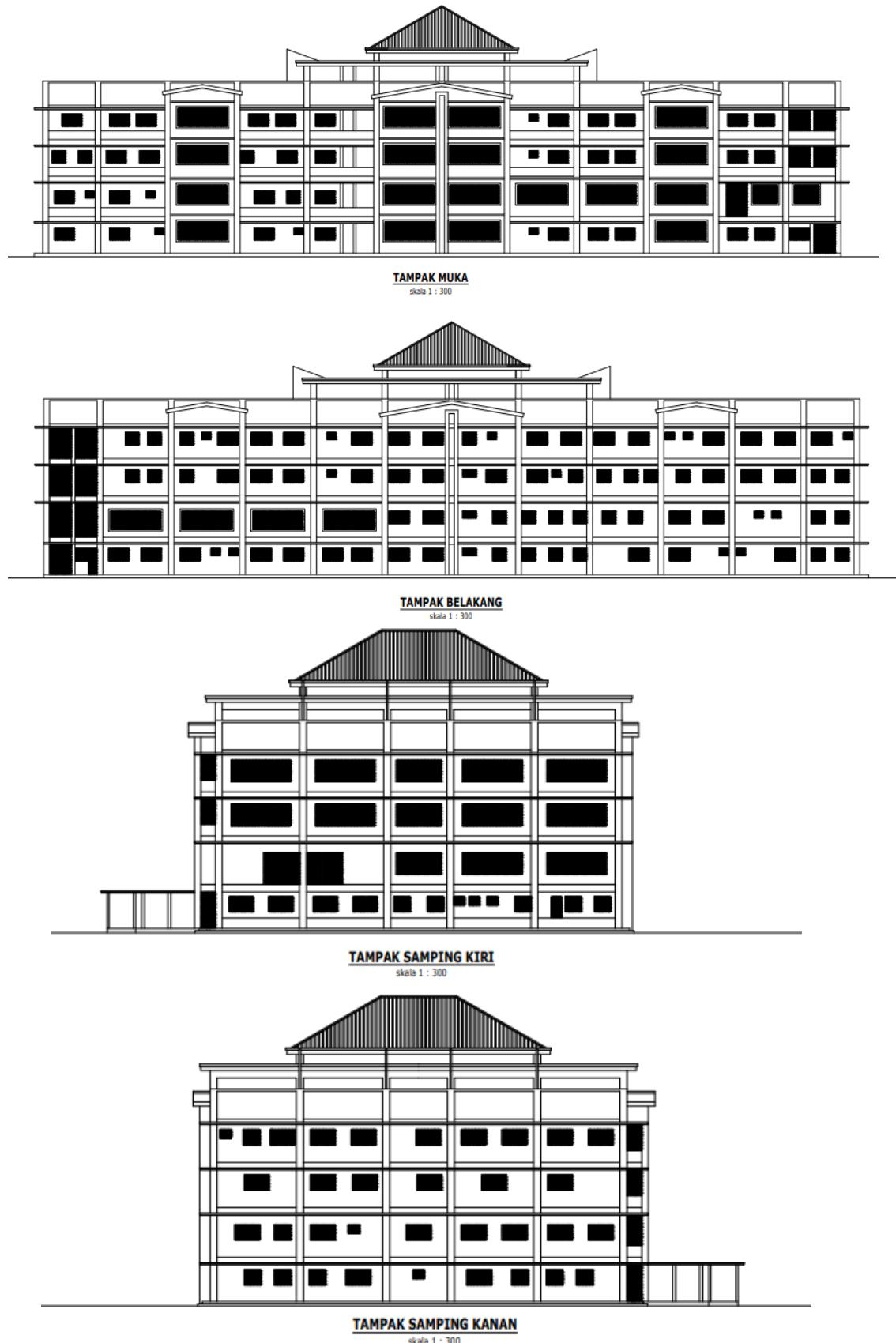
### 3.2. Data Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan data sekunder pada proyek pembangunan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul Moeloek. Data ini diperoleh dari kontraktor pelaksana. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data *as built drawing* dan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Berikut data gambar Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul Moeloek.

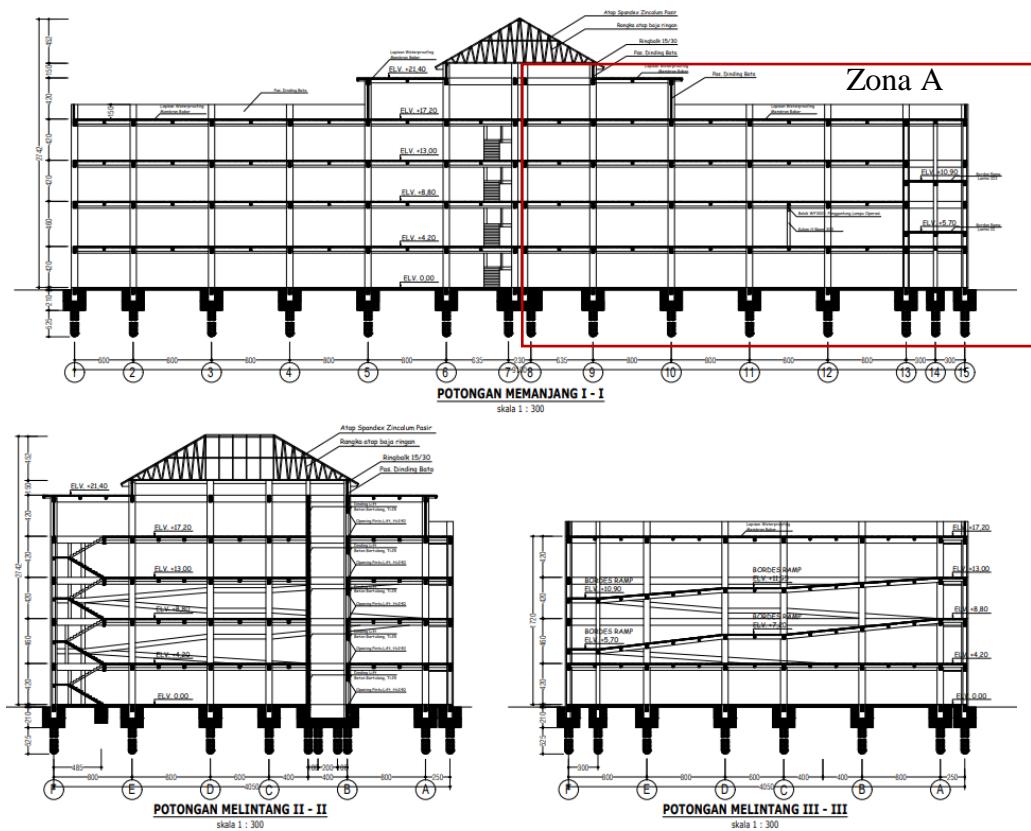


Gambar 5. *Site plan* Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek.

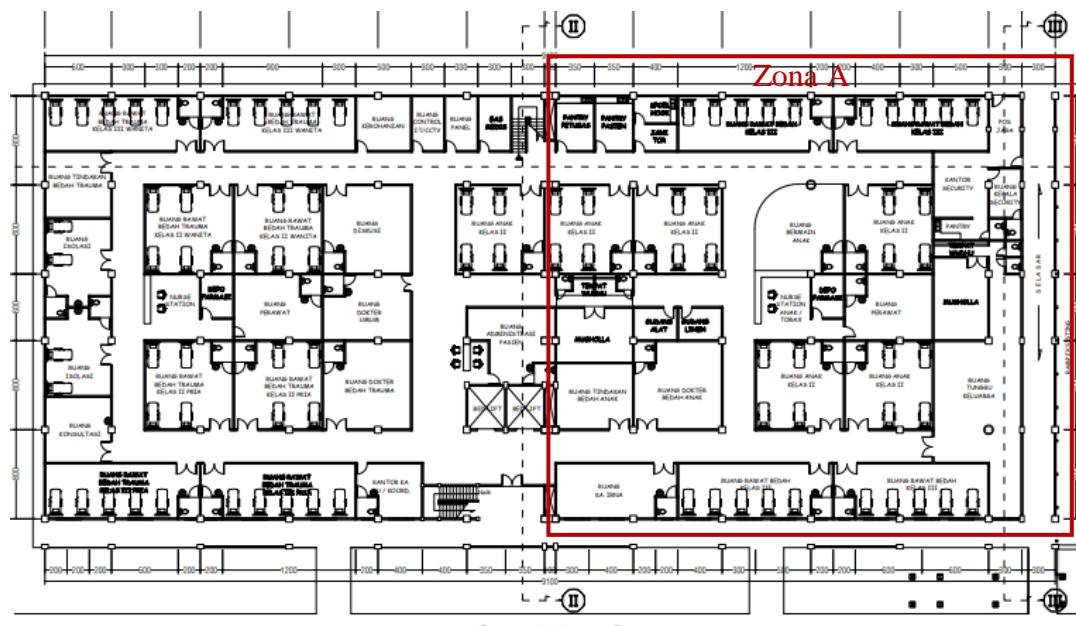
Berikut gambar tampak Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul Moeloek.



Gambar 6. Tampak Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul Moeloek.



Gambar 7. Potongan Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul Moeloek.



Gambar 8. Denah Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul Moeloek.

### 3.3. *Software Pendukung Penelitian*

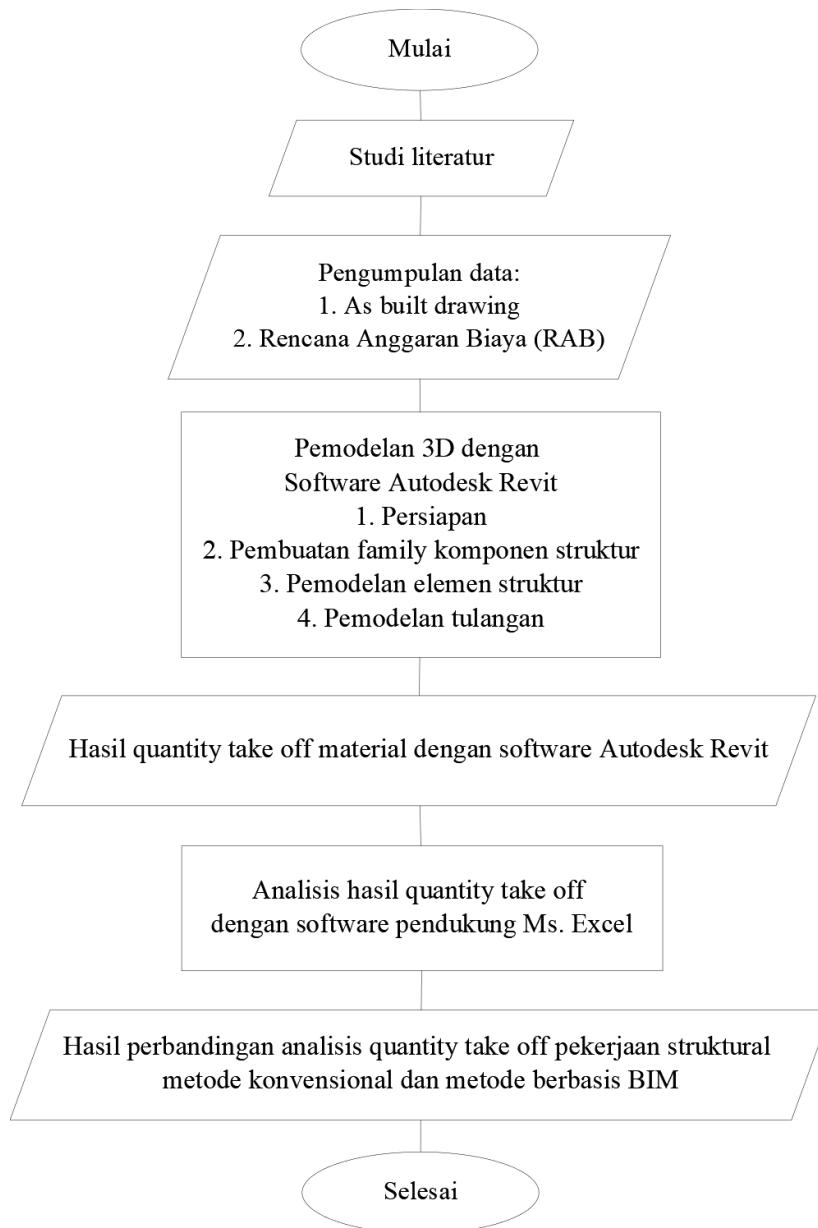
*Software* pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* Autodesk Revit. Dipilih *software* Autodesk Revit versi 2022 (*student version*). Faktor dipilihnya *software* ini karena Revit mampu menghasilkan *output quantity take off* yang diperlukan dalam suatu proyek. Dengan *software* Autodesk Revit, tahapan pekerjaan untuk mendapatkan *quantity take off* menjadi lebih sederhana jika dibandingkan dengan cara konvensional. Penggunaan *software* Autodesk Revit ini masih terbilang jarang diimplementasikan dalam analisis *quantity take off* pada suatu proyek konstruksi. Selain itu Revit juga mampu mengintegrasikan berbagai fase atau tahapan proyek konstruksi. Oleh karena hal tersebut, kajian yang lebih dalam untuk implementasi BIM dalam penentuan *quantity take off* menggunakan *software* Autodesk Revit ini perlu dilakukan.

### 3.4. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil *quantity take off* material pekerjaan struktur pelat pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek dengan mengimplementasikan konsep *Building Information Modeling* (BIM) dengan *software* Autodesk Revit versi 2022. *Software* pendukung yakni Ms. Excel juga digunakan untuk tahapan analisis perbandingan hasil *quantity take off* material. Tahapan penelitian dilakukan dengan empat metode yaitu:

1. Studi literatur
2. Pengumpulan data
3. Pemodelan 3D dengan *software* Autodesk Revit
4. Analisis *quantity take off*

Berikut Gambar 9. Diagram alir penelitian yang menggambarkan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 9. Diagram alir penelitian.

### 3.4.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan membaca literatur berupa buku, jurnal, serta artikel yang berkaitan dengan Implementasi *Building Information Modeling* (BIM), BIM *based quantity take off*, serta hal-hal yang berhubungan dengan penulisan penelitian, juga buku panduan *software* Autodesk Revit yang digunakan untuk mempelajari dan mengetahui cara penggunaannya.

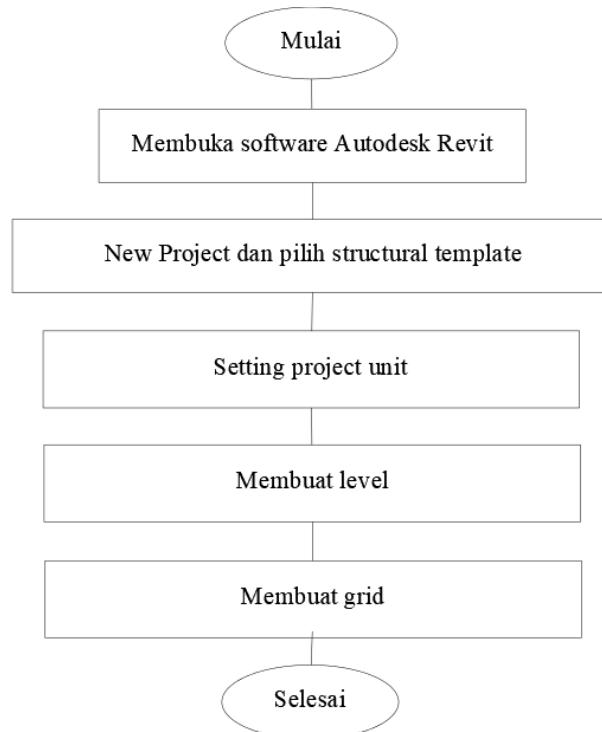
### 3.4.2. Pengumpulan Data

Data yang dihimpun berupa data *as built drawing* (2D) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan struktural dengan menggunakan metode konvensional. Selanjutnya data yang dikumpulkan menjadi bahan acuan dalam proses pemodelan bangunan dan sebagai sumber informasi yang diinputkan dalam model revit.

### 3.4.3. Pemodelan 3D dengan *Software Autodesk Revit*

Pada tahap pemodelan dilakukan input data yang telah didapatkan dari proyek, berupa data *as built drawing* (2D) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Data ini digunakan dalam proses pemodelan 3D dengan menggunakan *software Autodesk Revit* dengan tahapan-tahapan sebagai berikut.

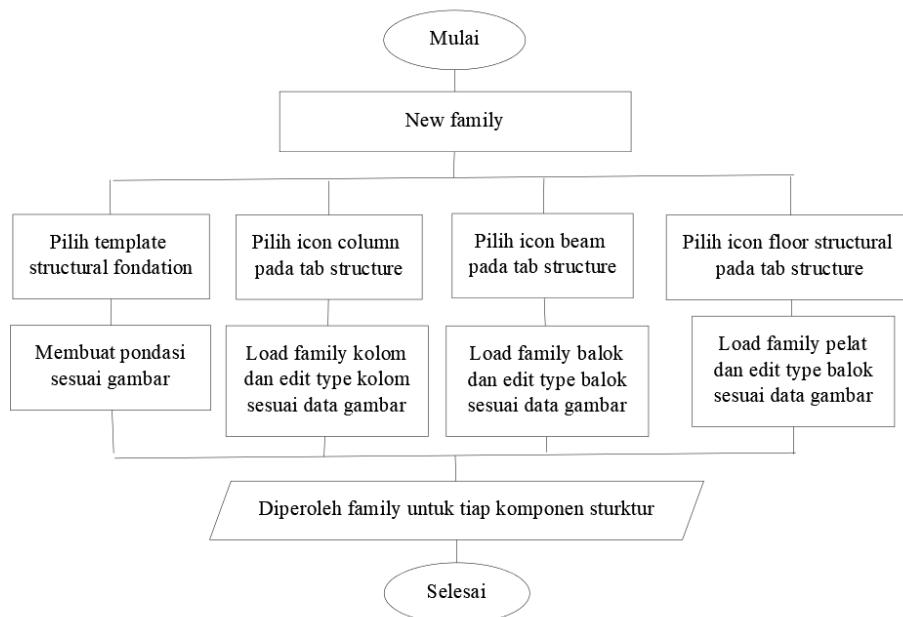
#### 1. Persiapan



Gambar 10. Diagram alir persiapan pemodelan 3D pada Autodesk Revit.

Persiapan merupakan tahap awal dari proses pemodelan 3D yang dilakukan. Pada tahap ini segala persiapan dalam proses pemodelan yaitu melakukan *setting* pada *software Autodesk Revit* dengan cara membuat *new project*, mengatur satuan yang akan digunakan dalam *project unit*, membuat *level* yang dibutuhkan sesuai dengan gambar, dan membuat *grid* yang digunakan dalam proses pemodelan gedung.

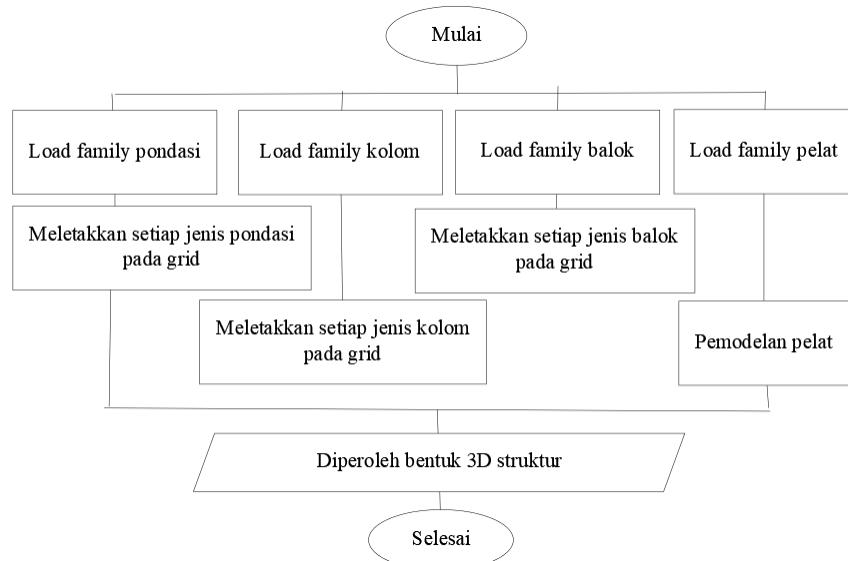
## 2. Pembuatan *Family* Komponen Struktur



Gambar 11. Diagram alir pembuatan *family* komponen struktur.

Semua elemen yang ditambahkan ke model Revit diatur ke dalam beberapa kelompok. Kelompok-kelompok ini dinamakan dengan *Family*. *Family* juga mencakup member struktur yakni: kolom, balok, pelat, pondasi. Kelompok atau *family* merupakan kumpulan elemen dengan penggunaan yang sama atau identik, parameter umum, dan geometri serupa. Contohnya, pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD DR. H. Abdul Moeloek memiliki ukuran kolom yang berbeda-beda, semua ukuran bisa menjadi milik *family* kolom. Jika melihat di *project browser*, pengguna dapat melihat cabang yang disebut *family* ini.

### 3. Pemodelan Struktur

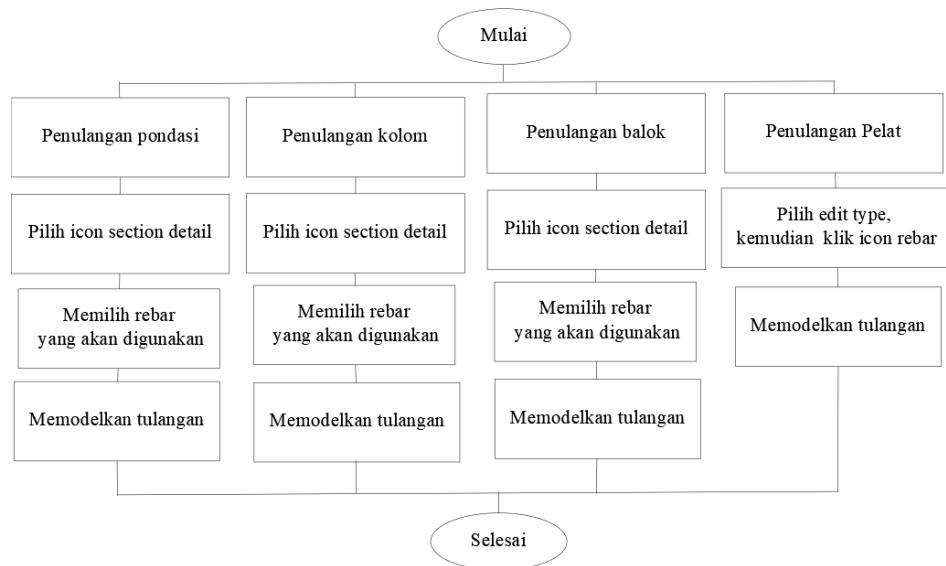


Gambar 12. Diagram alir pemodelan struktur.

Pemodelan struktur yang dilakukan meliputi struktur bawah dan struktur atas. Proses pemodelan struktur dilakukan mulai dari struktur pondasi sesuai dengan denah pondasi dan jenis pondasi yang telah dibuat pada *family* struktur. Setelah tahap pemodelan struktur pondasi telah dibuat lalu dilanjutkan dengan pemodelan struktur *tie beam* sesuai dengan denah *tie beam* dan dilanjutkan ke tahap pemodelan kolom, balok, dan pelat sesuai dengan data gambar yang telah diperoleh.

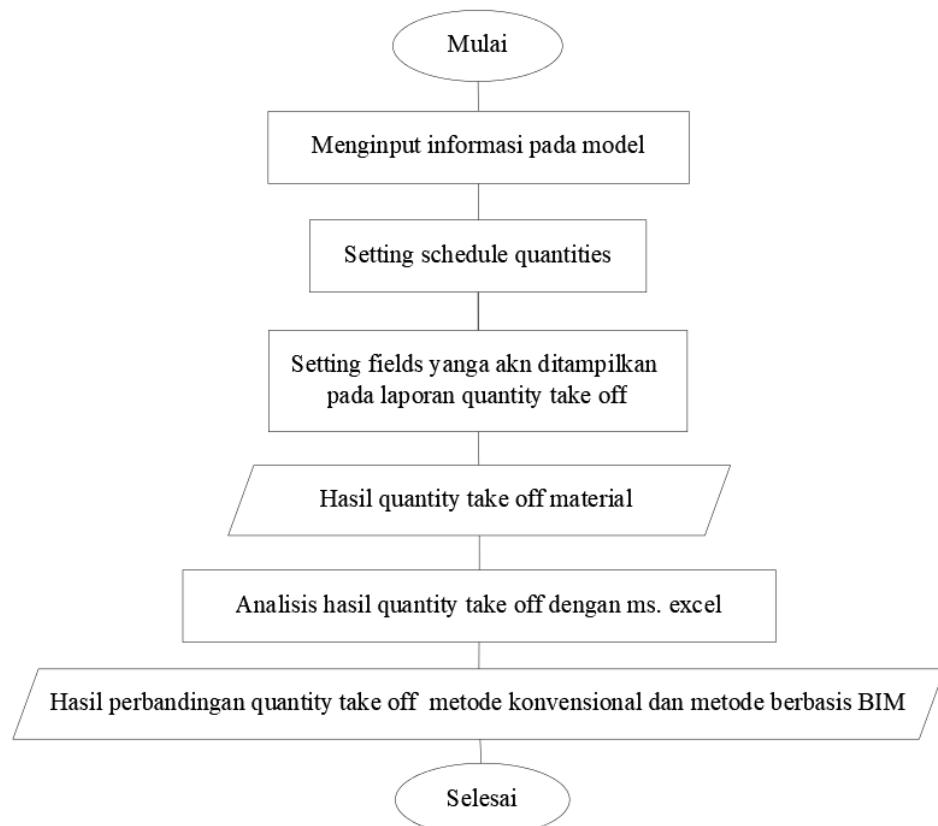
### 4. Pemodelan Tulangan

Pemodelan tulangan dilakukan ke semua elemen struktur beton seperti pondasi, kolom, balok, dan pelat yang telah dibuat sebelumnya dalam proses pemodelan. Pemodelan tulangan dibuat sesuai dengan data yang ada pada gambar *as built drawing*. Pemodelan tulangan dilakukan dengan *tools* yang ada pada menu di Autodesk Revit dengan menggunakan *tools Rebar* yang tersedia setelah memilih elemen struktur.



Gambar 13. Diagram alir pemodelan tulangan.

#### 3.4.4. Analisis *Quantity Take Off*



Gambar 14. Diagram alir analisis *quantity take off* material.

Setelah proses pemodelan 3D bangunan gedung telah selesai dimodelkan, maka dilakukan proses *output quantity take off* material menggunakan *software* Autodesk Revit. Langkah awal dilakukan input informasi dalam model 3D untuk keperluan *quantity take off*. Kemudian mengatur *setting* pada *schedule quantities*. Dilanjutkan untuk pengaturan *fields*, apa saja yang ditampilkan pada laporan *quantity take off*. Setelah *output quantity take off* material sebagai hasil akhir dari pemodelan 3D telah diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan dari hasil *quantity take off* berbasis BIM menggunakan *software* Autodesk Revit dengan data *quantity take off* dari metode konvensional..

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan kajian analisis dan pembahasan mengenai Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dalam estimasi *quantity take off* material pada struktur pelat Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek dapat disimpulkan :

1. BIM mampu melakukan perhitungan volume material secara rinci dengan lebih cepat dan tepat. *Quantity take off* berbasis BIM memperkirakan volume material secara lebih detail jika dibandingkan dengan metode konvensional. *Quantity take off* berbasis BIM mampu mendukung estimasi *waste* material, sehingga akan mempermudah pelaksanaan pekerjaan dan memiliki potensi untuk meminimalisir *waste* material sejak tahap awal.
2. Persentase selisih perbandingan antara metode konvensional dan metode berbasis BIM sebesar 1,67% untuk material beton. Diperoleh total volume beton sebesar 888,99 m<sup>3</sup> dari metode berbasis BIM, sebesar 904,11 m<sup>3</sup> dengan metode konvensional. Selisih sebesar 15,12 m<sup>3</sup>. Untuk tulangan pelat menghasilkan persentase selisih perbandingan sebesar 3,32%. Total kebutuhan tulangan sebesar 119.762,03 kg dengan metode berbasis BIM, dan 123871,07 kg dengan metode konvensional. Selisih sebesar 4.109,04 kg.
3. Diperoleh nilai *Waste Material Ratio* (WMR) untuk penulangan pelat pada Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek (Zona A) sebesar 2,48%. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui total *waste* material tulangan Ø10 untuk pelat sebesar 3.049,23 kg, dari total estimasi pengadaan sebesar 122.814,28 kg.

## 5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dibuat, terdapat beberapa saran yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan implementasi BIM pada dimensi lanjutan sampai 8D.
2. Untuk penelitian lanjutan dapat membahas lebih dalam mengenai peran implementasi BIM dalam meminimalisir *waste* material dengan menggunakan *software/program* pendukung untuk estimasi *waste* material dalam proyek konstruksi.
3. Untuk penelitian lanjutan dapat menggunakan *software* berbasis BIM lainnya untuk mengetahui konsep *Open BIM*, sehingga dapat berkolaborasi antara disiplin ilmu yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Autodesk. (2022). *Revit: BIM software for designers, builders, and doers, Revit: BIM software for designers, builders, and doers.* Available at: <https://www.autodesk.com> (Accessed: 3 March 2022).
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for The AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering.* 11(3). pp. 241–252. doi:10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127.
- Azhar, S., Khalfan, M. and Maqsood, T. (2012). Building Information Modeling (BIM): Now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building.* 12(4). pp. 15–28. doi:10.5130/ajceb.v12i4.3032.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPSDM) Kementrian PUPR. (2018). Workflow dan Implementasi BIM pada Level Kolaborasi dalam Proses Monitoring Proyek. Available at: <https://bpsdm.pu.go.id>.
- BIM PUPR and Institut BIM Indonesia. (2018). *Panduan Adopsi BIM dalam Organisasi.* Mei 2018. Jakarta: Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi Gedung. Available at: <http://bim.pu.go.id>.
- Cepni, Y., Akcamete, A. and Klein, R. (2020). Automated BIM-Based Formwork Quantity Take-Off. *Enabling The Development And Implementation of Digital Twins - Proceedings of the 20th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality. (30th Sep - 2nd Oct 2020).* (October). pp. 220–227.
- Eastman, C.M, Teicholz, P.Sacks, R. and Liston, K. (2018). *A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.* Third Edit, Wiley and Sons. Third Edit. Canada: Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Eastman, C. et al. (2011). *BIM Handbook, a Guide to Building Information Modeling 2nd ed.* Second Edi, John Wiley & Sons Inc. Hoboken. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Google Earth. (2022). *Lokasi Objek Penelitian.* Available at: <https://earth.google.com> (Accessed: 9 April 2022).

- Khochare, S.D. and Waghmare, A.P. (2018). 3D, 4D and 5D of Building Information Modeling For Real Estate Projects. *Journal of Advances and Scholarly Researches in Allied Education*. 15(2), pp. 293–298. doi:10.29070/15/56833.
- Khosakitchalert, C., Yabuki, N. and Fukuda, T. (2019). Improving the Accuracy of BIM-Based Quantity Takeoff for Compound Elements. *Automation in Construction*. 106(May), p. 102891. doi:10.1016/j.autcon.2019.102891.
- Laily, F.N., Husni, H.R. and Bayzoni, B. (2021). Perbandingan Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Revit 2019 Terhadap Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Metode Konvensional pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Gedung G Fakultas Pertanian Universitas Lampung). *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*. 25(2), pp. 27–31. doi:10.23960/rekrjits.v25i2.30.
- Mattern, H., Scheffer, M. and König, M. (2018). BIM-Based Quantity Take-Off. *Building Information Modeling* pp 383–391, pp. 383–391. doi:10.1007/978-3-319-92862-3\_23.
- Monteiro, A. and Poças Martins, J. (2013). A survey on Modeling Guidelines for Quantity Takeoff-Oriented BIM-Based Design. *Automation in Construction*, 35, pp. 238–253. doi:10.1016/j.autcon.2013.05.005.
- Olsen, D. and Taylor, J.M. (2017). Quantity Take-Off Using Building Information Modeling (BIM), and Its Limiting Factors. *Procedia Engineering*, 196(June). pp. 1098–1105. doi:10.1016/j.proeng.2017.08.067.
- Panteli, C., Kylili, A. and Fokaides, P.A. (2020). Building Information Modeling Applications in Smart Buildings: From Design to Commissioning and Beyond A Critical Review. *Journal of Cleaner Production*. 265, p. 121766. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121766.
- Rayendra and Soemardi, B.W. (2014). Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling Untuk Pra-Konstruksi', *Simposium Nasional RAPI XIII*, 13, pp. 14–21.
- Sampaio, A.Z. (2017). BIM as a Computer-Aided Design Methodology in Civil Engineering. *Journal of Software Engineering and Applications*, 10(02), pp. 194–210. doi:10.4236/jsea.2017.102012.
- Shen, Z. and A Issa, R.R. (2010). Quantitative Evaluation of the BIM-Assisted Construction Detailed Cost Estimates. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 15, pp. 234–257. Available at: <https://digitalcommons.unl.edu/constructionmgmt/4http://www.itcon.org/2010/18>.

Whang, S.W. and Park Min, S. (2016). Building Information Modeling (BIM) for Project Value: Quantity Take-Off of Building Frame Approach. *International Journal of Applied Engineering Research*. 11(12), pp. 7749–7757. Available at: <https://repository.uel.ac.uk>.

Whole Building Design Guide (WBDG). (2021). *Building Information Modeling (BIM)*. Available at: <https://www.wbdg.org/bim> (Accessed: 1 March 2022).