PENERAPAN *BUIDING INFORMATION MODELING* (BIM) DALAM PERBANDINGAN *QUANTITY TAKE OFF MATERIAL* PADA JEMBATAN KECAMATAN WAY BUNGUR KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

(Skripsi)

Oleh

EMIL SURYA ADHA
NPM 1915011054

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

ABSTRAK

PENERAPAN *BUIDING INFORMATION MODELING* (BIM) DALAM PERBANDINGAN *QUANTITY TAKE OFF MATERIAL* PADA JEMBATAN KECAMATAN WAY BUNGUR KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

Oleh

EMIL SURYA ADHA

Pengaruh digitalisasi dalam industri memberikan kesempatan yang lebih besar dan luas dalam mencari desain konstruksi modern yang inovatif dan berkelanjutan. *Building Information Modeling* (BIM) merupakan perkembangan digital yang berdampak besar dalam sektor industri *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC). Penelitian ini mengimplementasikann *Building Information Modelling* (BIM) di dalam pengerjaannya. Objek model berdasarkan data pada Proyek Pembangunan Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto–Desa Kalipasir, Lampung Timur. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui selisih perhitungan volume *quantity take off* metode konvensional dengan volume *quantity take off output software Autodesk Revit* 2024 *student version*. Metode penelitian yang digunakan berupa pemodelan struktur 3D menggunakan *software Autodesk Revit* yang berfokus pada bagian *rebar* jembatan. Setelah bagian jembatan selesai dimodelkan, *output quantity take off* berdasarkan *software* akan dianalisis lebih lanjut melalui *Microsoft Excel*. Hasilnya, didapat persentase selisih perbandingan antara metode konvensional dan metode berbasis BIM sebesar 4,80 % untuk tulangan. Diperoleh total volume tulangan sebesar 83225.73 kg dari metode berbasis BIM, sebesar 87419.50 kg dengan metode konvensional yang menghasilkan selisih sebesar 4193.76 kg.

Kata kunci: *Building Information Modeling* (BIM), *Autodesk Revit*, *Quantity Take Off Material*, Jembatan.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN COMPARISON OF QUANTITY TAKE OFF MATERIAL ON WAY BUNGUR SUB-DISTRICT BRIDGE EAST LAMPUNG REGENCY

By

EMIL SURYA ADHA

The influence of digitization in the industry has provided wider and greater opportunities in exploring innovative and sustainable modern construction designs. Building Information Modeling (BIM) is a significant digital advancement in the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) sector. This study applies Building Information Modeling (BIM) in its implementation. The model object is based on document from the Kali Pasir Bridge Construction Project in Tanjung Tirto Village–Kalipasir Village, East Lampung. The aim of the research is to determine the discrepancy in volume quantity take-off calculations between conventional methods and the Autodesk Revit 2024 student version software based. The research method involves 3D structural modeling using Autodesk Revit software, with specific attention on the bridge's rebar. Once the bridge is fully modeled, the quantity take-off output based on the software will be further analyzed using Microsoft Excel. The result shows a percentage discrepancy of 4.80% for the reinforcement between the conventional method and the BIM-based method. The obtained total reinforcement volume from the BIM-based method and the conventional method are 83225.73 kg and 87419.50 kg, respectively, leading to a variation of 4193.76 kg.

Key words: *Building Information Modeling* (BIM), *Autodesk Revit, Quantity Take Off Material, Bridge*.

PENERAPAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) DALAM PERBANDINGAN *QUANTITY TAKE OFF* MATERIAL PADA JEMBATAN KECAMATAN WAY BUNGUR KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

Oleh

EMIL SURYA ADHA

1915011054

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2024

Judul Skripsi	:	**PENERAPAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) DALAM PERBANDINGAN *QUANTITY TAKE OFF MATERIAL* PADA JEMBATAN KECAMATAN WAY BUNGUR KABUPATEN LAMPUNG TIMUR**
Nama Mahasiswa	:	Emil Surya Adha
Nomor Pokok Mahasiswa	:	1915011054
Program Studi	:	S1 Teknik Sipil
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

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

Ir. Ashruri, S.T., M.T.
NIP 19870216 201903 1 005

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

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

3. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Ir. Ashruri, S.T., M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Hasti Riakara Husni, 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 : **12 Januari 2024**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: **EMIL SURYA ADHA**
Nomor Pokok Mahasiswa	: **1915011054**
Judul	: PENERAPAN *BUIDING INFORMATION MODELING* (BIM) DALAM PERBANDINGAN *QUANTITY TAKE OFF* MATERIAL PADA JEMBATAN KECAMATAN WAY BUNGUR KABUPATEN LAMPUNG TIMUR
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,
Penulis,

EMIL SURYA ADHA
NPM: 1915011054

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Kota Pekanbaru, Provinsi Riau, pada 21 Februari 2002 sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Dilahirkan oleh pasangan hebat, Bapak Melwani Febria Putra dan Ibu Emma Chodijah. Penulis mengawali masa sekolahnya dengan menempuh Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Al Kautsar Duri, Provinsi Riau, yang diselesaikan pada tahun 2008. Penulis melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi di SD Negeri 34 Duri. Namun, penulis harus pindah ke sekolah baru yang terletak sangat jauh di luar Pulau Sumatera, yaitu SD Negeri 19 Balikpapan, Kalimantan Timur. Kepindahan ini diakibatkan oleh pemindahtugasan orang tua penulis ke tempat baru. Lulus Sekolah Dasar di Balikpapan, SMP Negeri 3 Balikpapan menjadi pelabuhan pendidikan berikutnya. Lima tahun bermukim di Kota Beriman, Balikpapan, penulis harus pindah domisili untuk yang kedua kalinya dengan alasan yang sama. Provinsi Lampung menjadi destinasi pendidikan berikutnya dengan SMA Negeri 9 Bandar Lampung sebagai almameter baru. Penulis berhasil menyelesaikan Pendidikan di SMA tersebut selama dua tahun melalui kelas akselerasi pada tahun 2019.

Penulis resmi terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN pada tahun 2019. Selang setahun, penulis aktif dalam organisasi BEM U KBM Unila, sebagai Staff Ahli di Kementrian Dalam Negeri. Selama aktif di BEM U KBM Unila, penulis mendapatkan prestasi sebagai staff terbaik selama proses berorganisasi. Di tahun berikutnya, penulis diamanahkan menjadi Ketua Divisi Pengembangan pada Departemen Penelitian dan Pengembangan, Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung. Kemudian pada tahun yang sama, penulis juga diamanahkan sebagai Koordinator Lomba Paper Nasional dalam tajuk *Civil Brings Revolution*

(CBR) ke-7. Selama perkuliahan, penulis pernah menjadi Asisten Dosen Laboratorium Hidroteknik untuk Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung, Universitas Malahayati, dan Universitas Saburai. Melalui pengalaman tersebut, penulis dipercaya menjadi *presenter* pada acara jurnal tingkat fakultas hingga internasional seperti Senapati dan iConist.

Selain aktif di dalam kegiatan internal kampus, penulis juga terlibat dalam kegiatan eksternal kampus. Penulis pernah menjabat sebagai Koordinator Utama dalam Komunitas Jendela Lampung pada tahun 2021. Komunitas ini adalah komunitas yang bergerak dalam bidang literasi dan pendidikan anak. Kegiatan yang dilakukan dalam komunitas ini telah mengajarkan penulis banyak hal mengenai anak terutama adab, budaya serta hal positif lainnya.

Penulis juga pernah terlibat di dalam agenda internasional. Penulis merupakan delegasi Indonesia dalam *Jenesys Exchange Program Japan-ASEAN Youth Leaders.* Program tersebut berlangsung selama seminggu lebih di tiga kota besar di Jepang, yaitu Tokyo, Osaka, dan Kyoto. Program pertukaran ini mengusung konsep penguatan hubungan Jepang-ASEAN dalam 50 tahun hubungan bilateral kedua belah pihak. Pada pertengahan tahun 2023, penulis diamanahkan sebagai *Liaison Officer* Palang Merah Indonesia (PMI) bidang tamu luar negeri dalam acara Jumpa Bhakti Gembira (JUMBARA) Palang Merah Remaja (PMR) tingkat Nasional IX 2023. Penulis dianugrahkan penghargaan sebagai Mahasiswa Terbaik kedua tingkat Jurusan Teknik Sipil Universitas lampung atas dedikasi aktif sebagai mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT atas limpahan berkah, rahmat, dan karunia-Nya
skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
Aku persembahkan karya ini kepada :

Orang tua tercinta yang tak henti-hentinya memberi dukungan dan doa terindah.
Terima kasih telah menjadi pelukis terbaik; pemberi warna
dalam setiap sisi kehidupanku.

Dosen Pembimbing dan Penguji yang sangat berjasa dalam membimbing,
mendidik, dan memberi dukungan moral penuh.

Teman-temanku, SOLID 19.
Terimakasih atas rasa ikhlas yang tak terkira: semangat, warna, dan harapan.

Almamaterku Universitas Lampung

KATA INSPIRASI

"Maka nikmat Tuhan mana yang kamu dustakan?"
(Q.S Ar-Rahman)

"Cukuplah Allah menjadi Penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik Pelindung."
(Q.S Ali Imran: 173)

"*Blackbird singing in the dead of night*
Take these broken wings and learn to fly
All your life
You were only waiting for this moment to arise"
(The Beatles)

"Hidup bukan saling mendahului
Bermimpilah sendiri-sendiri"
(Hindia)

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia serta anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **"PENERAPAN *BUIDING INFORMATION MODELING* (BIM) DALAM PERBANDINGAN *QUANTITY TAKE OFF MATERIAL* PADA JEMBATAN KECAMATAN WAY BUNGUR KABUPATEN LAMPUNG TIMUR"** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Sasana Putra S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung
4. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.
5. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Prodi S-1 Teknik Sipil, Universitas Lampung.
6. Bapak Bayzoni, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Utama yang memberikan bimbingan, pengarahan dan saran kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi.

7. Bapak Ir. Ashruri, S.T., M.T., selaku Pembimbing Kedua yang memberikan motivasi saran dan membimbing penulisan skripsi.
8. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T., selaku Pembahas atas kesediaannya memberikan kritik dan saran bagi perbaikan skripsi.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
10. Orangtuaku, Bapak Melwani Febria Putra dan Ibu Emma Chodijah serta adikku Zaidan Zauhair sebagai penyemangat terbesar, yang senantiasa memberikan doa, bimbingan, kepercayaan, dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Rafif Ansori Atullah, Daffa Nurvireza, dan Tiara Anggraini sebagai tim BIM terbaik yang telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. SOLID 19, rekan seperjuanganku, Angkatan 2019 Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan selama ini.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis sehingga masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak dan berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 06 Desember 2023

Penulis,

Emil Surya Adha

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI ..... **I**

DAFTAR GAMBAR ..... **III**

DAFTAR TABEL ..... **VII**

I. PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Manfaat Penelitian 4
1.5. Batasan Penelitian 4

II. TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1. *Building Information Modeling* (BIM) 5
2.1.1. Manfaat *Building Information Modeling* (BIM) 6
2.1.2. Tingkatan implementasi dan dimensi *Building Information Modeling* (BIM) 8
2.1.3. *Software* BIM 10
2.1.4. Tabel Perbandingan Penelitian 11
2.2. Autodesk Revit 15
2.2.1. Kelebihan *Software* Autodesk Revit 16
2.3. *Bill of Quantity(BoQ)* 17

III. METODE PENELITIAN **18**
3.1. Objek Penelitian 18
3.2. Data Penelitian 19
3.3. *Software* dalam Penelitian 23
3.4. Tahapan Penelitian 24
3.4.1. Studi Literatur 24
3.4.2. Pengumpulan Data 24
3.4.3. Pemodelan 3D dengan *Software* Autodesk Revit 25
3.4.4. *Shop Drawing* 26
3.4.5. *Analisis Quantity Take Off* 26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN **29**
4.1. Data Penelitian 29
4.2. Proses Pemodelan Dalam Bentuk 3D Menggunakan *Autodesk Revit* 30
4.2.1. Membuka *Structural template* pada *Revit* 30
4.2.2. *Setting project unit structural* dan *common* 31
4.2.3. Membuat *grid* 31

4.2.4. Pembuatan Level.....32
4.2.5. Pemodelan *Family* struktur.....33
4.2.6. Pemodelan Struktur.....39
4.3. *Clash Check Detection*.....63
4.4. *Quantity Take Off Material*.....65
4.5. *Analisis Quantity Take Off Material*.....73

V. KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan 109
5.2. Saran 110

DAFTAR PUSTAKA.....111

LAMPIRAN.....113

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Lokasi dengan koordinat lokasi penelitian: 4°53'37.9"LS 105°34'23.6"BT.. 18
2. Situasi rencana Jembatan Kali Pasir ruas Jalan Desa Tanjung Tirto– Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.. 19
3. Horizontal *long section* Jembatan Kali Pasir Kecamatan Way Bungur arah Desa Tanjung Tirto. 20
4. Situasi rencana Jembatan Kali Pasir ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.. 20
5. Horizontal *long section* Jembatan Kali Pasir Kecamatan Way Bungur menuju Desa Kali Pasir..... 21
6. Horizontal *long section* ruas Jalan Menuju Desa Kali Pasir..... 21
7. *Cross* Jalan *Section* P3 Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur 22
8. Dinding penahan tanah 01 jembatan. 22
9. Denah dan tampak memanjang bangunan bawah Jembatan Kali Pasir ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur..... 23
10. Tampilan awal *Autodesk Revit* 2024 lisensi pelajar..... 25
11. Diagram alir analisis *quantity take off* material. 27
12. Diagram alir penelitian. 28
13. Tampilan awal pada *software Autodesk Revit* 30
14. Tampilan *Setting Project Units Structural* 31
15. Memilih *icon "grid"* 31
16. Membuat *Grid*..... 32
17. Memilih *icon* "level" 32
18. Membuat *level*..... 32
19. Pemilihan *family template* 33
20. Membuat *reference line*..... 34
21. Menggambar bangunan awal..... 34
22. Pembuatan sisi lebar *abutment* 35

23. Hasil akhir *family model* 35
24. Memilih *family template* 36
25. Membuat *reference line* 36
26. Menggambar bangunan 37
27. Pembuatan sisi lebar *pier* 37
28. Hasil akhir *family model* 37
29. Memilih *family template* 38
30. Membuat *reference line* 39
31. Hasil akhir *family girder* 39
32. Memilih *"Isolated"* 40
33. Melakukan *Load family* 40
34. Meletakan setiap jenis pondasi pada *grid* 41
35. Memilih *"Isolate"* pada tab *"Structure"* 41
36. Memilih jenis *family* yang telah dibuat 42
37. Meletakan setiap jenis pier pada *grid* 42
38. Memilih *"Model In-Place"* 43
39. Memilih *Family Category and Parameters* 43
40. Memasukkan nama *wall* 44
41. Hasil akhir pemodelan *wingwall* 44
42. Memilih *"Model In-Place"* 45
43. Memilih *Family Category and Parameters* 45
44. Memasukkan nama pelat 45
45. Hasil akhir pemodelan pelat 46
46. Hasil akhir pemodelan pelat dari sisi samping 46
47. Memilih *"Isolate"* pada tab *"Structure"* 47
48. Memilih jenis *family* yang telah dibuat 47
49. Meletakan setiap jenis pier pada *grid* 48
50. Gambar detail rangka baja 49
51. Denah rangka baja 50
52. Model rangka baja 50
53. Memilih *icon "section"* 51
54. Garis *section* 52

55. Hasil potongan pada bagian bangunan 52
56. Menentukan selimut beton..... 53
57. *Bar bending* diagram kaki pondasi 53
58. *Bar bending* diagram badan pondasi 54
59. *Bar bending* diagram kepala pondasi..... 54
60. *Bar bending* diagram kepala pondasi lanjutan..... 55
61. Memodelkan penulangan pondasi 56
62. Memilih *icon "section"* 56
63. Menarik garis untuk membuat potongan 57
64. Hasil tampak potongan pada bagian bangunan..... 57
65. Menentukan selimut beton..... 58
66. *Bar bending* pelat..... 58
67. Memilih jenis tulangan 59
68. Memodelkan penulangan pelat 59
69. Memilih *icon "section"* 60
70. Menarik garis untuk membuat potongan 60
71. Potongan pada bagian bangunan..... 61
72. Menentukan selimut beton..... 61
73. *Bar bending* diagram *wingwall*..... 62
74. Memilih jenis tulangan 62
75. Hasil akhir penulangan *wingwall*..... 63
76. Model jembatan 3D-*view*..... 63
77. Memilih *"Inteference Check"* 64
78. Tampilan jendela *"Inteference Check"* 64
79. Hasil *Clash Check Detection* 64
80. Memilih *tab "View"* 65
81. Memilih menu *"Schedule/Quantity"*..... 65
82. Memilih jenis volume pekerjaan..... 66
83. Tampilan *field* 66
84. Tampilan *Calculated Value* 67
85. *Calculated Value* berat besi 67
86. Tampilan *sorting/grouping* 68

87. Tampilan *formatting* 68
88. Tampilan tabel *quantity material* 69
89. Memilih *tab "View"* 69
90. Memilih menu *"Schedule/Quantity"* 69
91. Memilih jenis volume pekerjaan 70
92. Tampilan *field* 70
93. Tampilan *sorting/grouping* 71
94. Tampilan *formatting* 71
95. Tampilan tabel *quantity material* 72
96. Tampilan menu '*File*" 72
97. Memilih lokasi penyimpanan 73
98. Penulangan pelat 90
99. Penulangan kaki *abutment* 91
100. Penulangan kepala *abutment* 94
101. Penulangan kepala *abutment* 2 94
102. Penulangan badan *abutment* 101
103. Penulangan *wingwall* 101

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. *Software* BIM 10
2. Tabel Penelitian-Penelitian Terdahulu 12
3. Data Tabel *Abutment* 33
4. Data Dimensi dan Jumlah *Pier* 35
5. Tabel data Dimensi dan Jumlah girder 38
6. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kaki *Abutment* 01 74
7. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kaki *Abutment* 02 75
8. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Badan *Abutment* 01 76
9. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kepala 1 *Abutment* 01 77
10. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kepala 2 *Abutment* 01 77
11. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Badan *Abutment* 02 80
12. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kepala 1 *Abutment* 02 81
13. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kepala 2 *Abutment* 02 82
14. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kaki *Pier* 83
15. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Badan *Pier* 84
16. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kepala 1 *Pier* 85
17. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Kepala 2 *Pier* 86
18. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian *Wingwall Abutment* 87
19. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Bagian Pelat 88
20. *Output Software Revit* terhadap Tulangan Jembatan 89
21. Tabel Penulangan Pelat 90
22. Tabel Penulangan Kaki *Abutment* 01 dan 02 92
23. Tabel Penulangan Kaki *Pier* 93
24. Tabel Penulangan Kepala *Abutment* 1 (*Abutment* 01) 95
25. Tabel Penulangan Kepala *Abutment* 1 (*Abutment* 02) 96
26. Tabel Penulangan Kepala 1 (*Pier*) 97

27. Tabel Penulangan Kepala *Abutment* 2 (*Abutment* 01) 98
28. Tabel Penulangan Kepala *Abutment* 2 (*Abutment* 02) 99
29. Tabel Penulangan Kepala *Abutment* 2 (*Pier*)..... 100
30. Tabel Penulangan Badan *Abutment* (*Abutment* 01) 102
31. Tabel Penulangan Badan *Abutment (Abutment 02)* 103
32. Tabel Penulangan Badan *Abutment (Pier)*..... 104
33. Tabel Penulangan *Wingwall*..... 105
34. Tabel Rekap Data Proyek..... 106
35. Perbandingan Volume..... 107

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Artika (2014), proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan yang direncanakan sebelumnya yang memerlukan sumber daya, baik biaya, tenaga kerja, material, dan peralatan. Proyek memiliki batas waktu yang telah disepakati sebelumnya dengan kontrak terkait. Hal ini tentunya harus dilakukan secara detail dan teliti agar proyek dapat diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek menjadi tujuan utama bagi pemilik maupun kontraktor. Perencanaan dan desain struktur bangunan gedung oleh ahli struktur maupun arsitek dilakukan sedemikian rupa secara efisien dan ekonomis agar dapat memenuhi tuntutan fungsi bangunan, memiliki bentuk yang menarik, dan dapat beroperasi dengan baik saat bangunan tersebut digunakan (Setiawan, 2016).

Teknologi dan informasi yang terus melesat sangat berpengaruh dalam mendorong inovasi, kreasi, dan ilmu pengetahuan sebagai upaya dalam peningkatan sumber daya manusia maupun mutu produk yang berkelanjutan secara efisien. Perubahan yang sangat pesat ini memiliki dampak besar di segala aspek, khususnya dalam industri konstruksi. Pengaruh digitalisasi dalam industri memberikan kesempatan yang lebih besar dan luas dalam mencari desain konstruksi modern yang inovatif dan berkelanjutan. *Building Information Modeling* (BIM) merupakan perkembangan digital yang berdampak besar dalam sektor industri *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC). Teknologi BIM menawarkan keunggulan dalam pemodelan bangunan yang lebih akurat dalam bentuk virtual. Secara teoritis, teknologi BIM menawarkan sejumlah keunggulan dan telah banyak kajian yang dilakukan tentang penerapan BIM di

sektor konstruksi (Ozorhon dan Cinar 2017). Menurut Permen PUPR No. 22 Tahun 2018, penggunaan Building Information Modelling (BIM) wajib diterapkan pada Bangunan Gedung Negara tidak sederhana dengan kriteria luas diatas 2000 m^2 (dua ribu meter persegi) dan diatas 2 (dua) lantai. Keluaran dari perancangan merupakan hasil desain menggunakan BIM untuk gambar arsitektur, gambar struktur, gambar utilitas (mekanikal dan elektrikal), gambar lansekap, rincian volume pelaksanaan pekerjaan, dan rencana anggaran biaya.

Sebelum adanya BIM, telah dikenal *AutoCAD, SAP*, dan *Ms. Project* yang sudah sering digunakan dalam bidang konstruksi untuk merencanakan suatu proyek. Penggunaan *software* ini dinilai belum efektif dan efisien dalam proses pemakaiannya dikarenakan antar aplikasi masih belum terintegrasi satu sama lain. Oleh karena itu, menurut Azhar (2011), BIM merupakan salah satu dari perkembangan terbaru yang paling menjanjikan dalam bidang industri arsitektur, rekayasa, dan konstruksi. Hingga saat ini, penggunaan BIM di dunia konstruksi sudah sangat luas. Banyak pengembang yang berlomba-lomba untuk menjadi distributor *software* pendukung BIM. *Autodesk Revit* menjadi salah satu *software* pendukung BIM yang cukup popular saat ini. *Software* ini dikembangkan oleh Autodesk yang fokus di bidang desain arsitektur, struktur serta Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing (MEP).

Pekerjaan struktur merupakan hal fundamental di suatu proyek pembangunan. Proyek pembangunan gedung bertingkat pengerjaan yang lebih kompleks. Pengerjaan-pengerjaan ini meliputi banyak item dan bidang yang memiliki tingkat kesulitan berbeda-beda. Pada pembangunan Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur, ketelitian dalam estimasi volume material harus seefisien mungkin. Proses mengestimasi volume disebut sebagai *Quantity Take Off* (QTO). 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).

Pekerjaan konstruksi ini dapat dianalisis dengan menggunakan konsep *Building*

*Information Modelling (*BIM) menggunakan *Software Autodesk Revit* dengan dibantu *software* pendukung lainnya, seperti *Microsoft Excel* pada analisa estimasi *quantity take off material* yang dibandingkan dengan perhitungan secara konvensional. Pada akhirnya, dapat dibandingkan efisiensi dan efektivitas hasil penggunaan *software* agar dapat mengurangi *waste* sehingga terjadi peningkatan nilai *value* pada suatu proyek konstruksi. Penelitian tugas akhir ini akan membahas implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan pemodelan 3D menggunakan *software Autodesk Revit* pada pekerjaan mekanikal dan elektrikal untuk mendapatkan hasil *quantity take off* pada Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kabupaten Lampung Timur.

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 Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur?
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*?
4. Bagaimana memperoleh *soft drawing* melalui *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 Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.
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 jembatan.
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 Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.
2. Pemodelan yang dilakukan adalah struktur Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.
3. Pemodelan Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur dilakukan menggunakan *software Autodesk Revit*.
4. Hasil *quantity take off* hanya pada pekerjaan penulangan struktur *abutment, pier, wingwall,* dan pelat pada Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.
5. Dalam pemodelan tidak melakukan proses perhitungan analisis struktur, Rencana Anggaran Biaya (RAB), geoteknik, dan penjadwalan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Building Information Modeling* (BIM)

Building Information Modelling (BIM) merupakan proses pengelolaan informasi dan data pada suatu bangunan dalam kurun waktu pembangunan. Proses pengelolaan ini menggunakan *software* 3D dalam pemodelan bangunan yang dinamis dan sebenar-benarnya untuk menambah nilai efisiensi sehingga menjadi nilai tambah dalam meningkatkan produktivitas desain dan konstruksi bangunan. Proses produksi BIM yang meliputi geometri bangunan, hubungan ruang, informasi geografis, serta kuantitas dan kualitas komponen bangunan. BIM atau *Building Information Modelling* adalah suatu sistem atau teknologi yang mencakup beberapa Informasi penting dalam proses *Design, Construction, Maintenance* yang terintegrasi pada pemodelan 3D (Dinas PUPR, 2020).

BIM mampu membedakan kuantitas dan kualitas suatu material konstruksi, lingkup kerja konstruksi yang ingin dilaksanakan, proses konstruksi serta operasi fasilitasnya, dan proses pembagian data. BIM menjadi pendekatan untuk desain bangunan, konstruksi, manajemen melalui penggabungan gagasan penting dari suatu desain proyek, jadwal pelaksanaan, data serta informasi yang dikoordinasi dengan baik dalam suatu sistem.

Building Information Modeling (BIM) mewakili keadaan suatu bangunan yang meliputi tanda, ciri, atau fitur fisik bangunan serta manfaat bangunan dalam bentuk digital yang memuat data. Data ini bersumber dari bagian-bagian konstruksi bangunan yang menjadi obyek BIM. Hal ini digunakan sebagai dasar arah pembangunan selama proses pembangunan berlangsung hingga selesai. Dalam beberapa dekade terakhir, terdapat minat yang semakin besar pada sektor

konstruksi untuk menggunakan BIM dalam desain gedungnya karena banyaknya manfaat seperti penghematan sumber daya selama proses desain, perencanaan, dan konstruksi bangunan baru (Volk et al., 2014).

Melalui penerapan teknologi BIM, bidang konstruksi diberikan banyak kemudahan berupa adanya peningkatan kolaborasi antar stakeholder dalam industri konstruksi (Ghaffarianhoseini, 2017). BIM menjadi sarana pendukung desain searah dengan fase-fasenya sehingga tingkat analisis dan kontrol menjadi lebih baik jika dibandingkan dengan proses manual. Teknologi ini mampu memperlihatkan dan memodelkan bangunan secara digital untuk menghasilkan bentuk geometri serta data yang lebih sesuai dalam mengemban proses konstruksi, fabrikasi, dan pengadaan fasilitas yang dibutuhkan untuk mewujudkan suatu bangunan. BIM akan menyuguhkan proses desain konstruksi yang berintegritas sehingga dapat mewujudkan suatu bangunan berkualitas dengan biaya minim serta durasi proyek yang lebih efisien.

2.1.1. Manfaat *Building Information Modeling* (BIM)

Teknologi BIM bermanfaat dalam perancangan bangunan dan segala proses konstruksi yang berlangsung dalam menanggapi kerumitan fase pembangunan yang besar. BIM diharapkan mampu dalam melakukan pengembangan proses konstruksi dengan lebih cepat agar terjadi peningkatan keberlanjutan dan pengurangan biaya pembangunan serta penggunaan. BIM mampu menyatukan seluruh sistem sehingga semua pihak dapat bekerja sama dalam mengakses data dan informasi proyek terkait. Hal ini merupakan suatu kemajuan di bidang konstruksi yang mana proses konvensional tidak mampu untuk merespon hal-hal tersebut dengan lebih baik. Menurut Eastman *et al.*, 2011 manfaat penggunaan BIM berupa:

1. Manfaat pra konstruksi untuk *owner*, meliputi:
    a. Peningkatan kinerja dan kualitas bangunan
    b. Peningkatan kolaborasi dengan *Integrated Project delivery*.

2. Manfaat desain, meliputi:
    a. Visualisasi desain lebih awal dan lebih akurat
    b. Koreksi otomatis saat terjadi perubahan pada desain
    c. Pembuatan gambar 2D yang akurat dan konsisten di setiap fasedesain
    d. Kolaborasi lebih awal dari berbagai disiplin ilmu
    e. Kemudahan verifikasi terhadap konsistensi maksud desain
    f. Rangkuman perkiraan biaya selama tahap desain
    g. Peningkatan efisiensi dan keberlanjutan energi
3. Manfaat konstruksi dan fabrikasi, meliputi:
    a. Penggunaan model desain sebagai dasar untuk komponen fabrikasi
    b. Reaksi cepat terhadap perubahan desain
    c. Penemuan kesalahan dan kelalaian desain sebelum konstruksi
    d. Sinkronisasi desain dan perencanaan konstruksi
    e. Implementasi yang lebih baik dari teknik *lean construction*
4. Manfaat *pasca* konstruksi, meliputi:
    a. Peningkatan komisioning dan serah terima informasi fasilitas
    b. Manajemen dan pengoperasian fasilitas yang lebih baik
    c. Integrasi dengan sistem operasi dan manajemen fasilitas

BIM menyajikan informasi dalam bentuk virtual dengan visualisasi, tahap konstruksi, dan pengujian model. BIM mampu meminimalisasi kehilangan data informasi proyek pada saat pemindahan informasi dibutuhkan. Menurut Soemardi (2014), keuntungan dari layanan Building Information Modelling (BIM) adalah sebagai berikut.:

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, termasukfasilitas *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)

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

1. Level 0 BIM
    a. Tidak adanya kolaborasi.
    b. Hanya berupa 2D dengan format CAD untuk penggambaran dan dokumentasi (*drafting*).
2. Level 1 BIM
    a. Pekerjaan desain dengan *output* model 3D mengacu pada gambar 2DCAD yang dapat digunakan untuk dokumentasi, perizinan serta informasi konstruksi.
    b. Terdapat standar CAD dan informasi yang dikolaborasikan dalambentuk elektronik.
    c. Setiap pengguna memiliki standar tersendiri sesuai dengan kebutuhan masing-masing
3. Level 2 BIM
    a. Pengguna dapat melakukan kolaborasi untuk pengerjaan yang lebih efisien. Semua pengguna bekerja melalui sistem dan bagian pekerjaan sendiri dalam model atau objek yang telah dikolaborasikan.
    b. Pertukaran informasi berdasarkan dengan aturan dan format yang telah ditetapkan.

4. Level 3 BIM

    a. Kolaborasi penuh antar semua pengguna dengan satu objek *(shared object*).
    b. Dinamakan dengan konsep *Open BIM*.

Saat ini, teknologi *Building Information Modeling* (BIM) telah berkembang dari dimensi dasar 3D dan 4D ke dimensi 5D, 6D, serta 7D yang lebih canggih. Dimensi ini meningkatkan tingkat data yang dilampirkan ke model dengan tujuan untuk meningkatkan tingkat pemahaman suatu proyek konstruksi (Panteli, Kylili *and* Fokaides, 2020). Berikut penjelasan dimensi-dimensi pada BIM:

1. 3D/ *parametric data for collaborative work*

    BIM 3D membantu pihak proyek untuk bekerjasama antar pengguna dalam bidang yang berbeda secara lebih efektif saat memodelkan dan menganalisis masalah yang kompleks. Manfaat dominan dari BIM adalah peningkatan visualisasi dan komunikasi dalam mendesain, peningkatan kolaborasi antar pengguna, dan mengurangi pengerjaan berulang karena kesalahan komunikasi pada tahap desain.

2. 4D/*scheduling*

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

3. 5D/*estimating*

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

4. 6D/*sustainability*

    6D BIM mengacu pada pemodelan informasi bangunan enam 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_2, pengelolaan limbah, analisis

energi, dan analisis termal.

5. 7D/*building management*

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

2.1.3. *Software* BIM

Software yang mendukung pekerjaan proyek ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. *Software* BIM

No.	Nama Produk	Pabrik	Fungsi Utama
1	*Revit Architecture*	*Autodesk*	Pemodelan arsitektur 3D dan desain parametrik
2	*AutoCAD Architecture*	*Autodesk*	Pemodelan arsitektur 3D dan desain parametrik
3	*Revit Structure*	*Autodesk*	Pemodelan struktur 3D dan desain parametrik
4	*Revit MEP*	*Autodesk*	Pemodelan MEP 3D secara detail
5	*AutoCAD MEP*	*Autodesk*	Pemodelan MEP 3D
6	*AutoCAD Civil 3D*	*Autodesk*	Pengembangan *site*
7	*Cadpipe HVAC*	*AEC Design Group*	Pemodelan HVAC 3D
8	*Cadpipe Commercial Pipe*	*AEC Design Group*	Pemodelaan pemipaan 3D
9	*DProfiler*	*Beck Technology*	Pemodelan 3D konseptual dengan perkiraan biaya
10	*Bentley BIM Suite*	*Bently System*	Pemodelan dan desain komponen generatif arsitektur, struktur, mekanikal, dan elektrikal secara 3D
11	*Fastrak*	*CSC(UK)*	Pemodelan struktur 3D
12	*SDS/2*	*Design Data*	Pemodelan struktur 3D secara detail
13	*Digital Project*	*Gehry Technology*	CATIA berdasarkan sistem BIM untuk pekerjaan arsitektur, desain, rekayasa, dan pemodelan konstruksi

Tabel 1. (Lanjutan)

No.	Nama Produk	Pabrik	Fungsi Utama
14	*Digital MEP System Routing*	*Gehry Technology*	Desain MEP
15	*ArchiCAD*	*Graphisoft*	Pemodelan arsitektur 3D
16	*MEP Modeler*	*Graphisoft*	Pemodelan MEP 3D
17	*HydraCAD*	*Hydratec*	Pemodelan dan desain pemadam api 3D
18	*AutoSPRINK VR*	*MEP CAD*	Pemodelan dan desain pemadam api 3D
19	*FireCAD*	*Mc4 Software*	Desain dan Pemodelan jarigan pipa api
20	*CAD Duct*	*Micro Application*	Pemodelan MEP 3D secara detail
21	*Vectorworks Designer*	*Nemetschek*	Pemodelan Arsitektur 3D
22	*Duct Designer 3D, Pipe designer 3D*	*Quickpen International*	Pemodelan MEP 3D secara detail
23	*RISA*	*RISA Technologies*	Rangkaian lengkap aplikasi desain 2D dan 3D pekerjaan struktur
24	*Tekla Structures*	*Tekla*	Pemodelan struktural 3D secara detail
25	*Affinity*	*Trelligence*	Aplikasi pemodelan 3D untuk konsep desain awal
26	*Vico Office*	*Vico Software*	Pemodelan 5D untuk menghasilkan data biaya dan *schedule*
27	*PowerCivil*	*Bently System*	Pengembangan *site*
28	*Site Design, Site Planning*	*Eagle Point*	Pengembangan *site*
29	*Solibri*	*Solibri Technologies*	*Review* desain, deteksi *clash*, pemeriksaan kode

(Arayici, 2015)

2.1.4. *State of The Art*

Penelitian terkait terdahulu dapat dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 2. Tabel Penelitian-Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1	Fasya Noor Laily (2021)	PENERAPAN *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) MENGGUNAKAN *SOFTWARE AUTODESK REVIT* 2019 PADA PEKERJAAN STRUKTUR (Studi Kasus: Gedung G Fakultas Pertanian Universitas Lampung)	Gedung G Fakultas Pertanian Universitas Lampung	Mengetahui hasil evaluasi perbandingan terhadap perhitungan BoQ menggunakan *Revit* 2019 dengan perhitungan BoQ menggunakan metode konvensional	Perhitungan BoQ dengan *Revit* 2019 yang hasilnya nanti akan dibandingkan dan dievaluasi dengan perhitungan BoQ metode konvensional	Hasil perhitungan volume beton untuk pelat dengan menggunakan *Revit* 2019 memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dengan perhitungan volume beton manual karena volume pelat yang dihitung dengan *Revit* 2019 langsung dilakukan sesuai gambar yang telah dibuat tanpa mengurangi volume balok dan kolom yang ada
2	Ammaliya Anjani (2022)	Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) Menggunakan *Software Autodesk Revit* Pada Gedung 4 Rumah Sakit Pendidikan Peguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung	Rumah Sakit Pendidikan Peguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung	Mendapatkan informasi menggunakan *software Autodesk Revit* 2019 sebagai bagian dari inventarisasi aset pada Gedung 4 Rumah Sakit yang dapat dijadikan sebagai dasar dari pertimbangan dalam pengambilan keputusan pada tahap *Operational and Maintenance (OM)*	Menggunakan aplikasi *Building Information Modelling* (BIM) yaitu software *Autodesk Revit* untuk mendapatkan Pemodelan struktur gedung perkuliahan	Telah dihasilkan informasi yang dipresentasikan menggunakan software *Autodesk Revit* 2019 yaitu dimensi bangunan serta volume material proyek sebagai bagian dari inventarisasi aset pada Gedung yang dapat dijadikan sebagai dasar dari pertimbangan dalam pengambilan keputusan pada tahap *Operational and Maintenance* (OM).

Tabel 2. (Lanjutan)

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
3	Ardo Saputra (2022)	Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) pada bangunan gedung menggunakan *software Autodesk Revit* (Studi Kasus: Gedung 5 RSPTN Universitas Lampung)	Gedung 5 RSPTN Universitas Lampung	Perhitungan volume pekerjaan struktur yang meliputi pekerjaan pondasi, kolom, balok, pelat, tangga, serta rangka atap dan pekerjaan arsitektur yang meliputi pekerjaan dinding, pintu, jendela, keramik, dan *Cladding ACP* dengan menggunakan bantuan *Revit* 2019 sebagai platform BIM	Menggunakan aplikasi *Building Information Modelling* (BIM) yaitu *software Autodesk Revit* untuk mendapatkan hasil dari perhitungan volume beton dan tulangan	Pemodelan yang telah dilakukan dengan menggunakan konsep *Building Information Modeling* (BIM) menjadi lebih efektif dan efisien dikarenakan semua informasi seperti elemen struktur dan arsitektur dapat dimodelkan dengan lebih cepat dan akurat
4	Ilham Fajar Khairi (2022)	Penerapan *Building Infromation Modeling* (BIM) Menggunakan *Software Autodesk Revit* Studi Kasus Gedung 6 RSPTN Universitas Lampung	Gedung 6 RSPTN Universitas Lampung	Mengetahui cara memodelkan bangunan gedung menggunakan konsep BIM dan mengeluarkan volume menggunakan *software Autodesk Revit* untuk mendapatkan data dan informasi volume bangunannya	Menggunakan aplikasi *Building Information Modelling* (BIM) yaitu *software Autodesk Revit* untuk mendapatkan pemodelan struktur gedung perkuliahan	Memodelkan gedung dengan menggunakan konsep *Building Information Modeling* (BIM) menjadi lebih efektif dan efisien dikarenakan semua informasi dari elemen struktur dan elemen arsitektur tersimpan dalam satu file digital dalam model tiga dimensi (3D).

Tabel 2. (Lanjutan)

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
5	Windi Retno Asih (2022)	Perbandingan *Quantity Take Off* (QTO) Material Berbasis *Building Information Modeling* (BIM) Terhadap Metode Konvensional pada Struktur Pelat	Gedung Perawatan Bedah Terpadu RSUD Dr. H. Abdul Moeloek	Mendapatkan hasil *quantity take off* yang kemudian dibandingkan antara *quantity take off* dengan metode konvensional yang memfokuskan pada elemen struktur pelat	Menggunakan aplikasi *Building Information Modelling* (BIM) yaitu *software Autodesk Revit* untuk mendapatkan membandingkan *quantity take off material* pada struktur pelat	Berdasarkan hasil pemodelan diperoleh volume beton untuk struktur pelat sebesar 888,99 m3 dengan hasil 1,67 % lebih efektif daripada metode konvensional. Untuk material tulangan struktur pelat diperoleh nilai 119.762,03 kg, dengan hasil 3,32 % lebih efektif dari metode konvensional. Hasil perhitungan Waste Material Ratio (WMR) untuk tulangan struktur pelat sebesar 2,48% dari total pengadaan sebesar 122.814,28 kg dengan estimasi waste material sebesar 3.049,23 kg
6	Felin Khasanah (2023)	Pemodelan Gedung Perawatan Neurologi RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Provinsi Lampung Menggunakan *Building Information Modeling* (BIM)	Gedung Perawatan Neurologi RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Provinsi Lampung	Mendapatkan data hasil volume pekerjaan cat dinding, jendela, dan pintu dari pemodelan *Building Information Modeling* (BIM) untuk kebutuhan perawatan dan pemeliharaan pada gedung	Menggunakan aplikasi *Building Information Modelling* (BIM) yaitu *software Autodesk Revit* untuk mendapatkan pemodelan struktur gedung perkuliahan	Hasil output berupa volume pekerjaan cat dinding, pintu dan jendela dari hasil pemodelan menggunakan *software Autodesk Revit* 2022 yang dapat dijadikan bahan pertimbangan pada pengambilan keputusan untuk keperluan pemeliharaan dan perawatan serta inventarisasi aset pada gedung.

2.2. Autodesk Revit

Autodesk Revit merupakan *software Building Information Modeling* yang dikembangkan oleh *Autodesk* untuk untuk desain arsitektur, struktur serta Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing (MEP) sebagai penyokong dalam pembangunan infrastruktur berkualitas tinggi. *Revit* adalah sebuah perangkat lunak *Building Information Modeling* (BIM) yang memfasilitasi pengguna dalam perancangan, pemodelan, dan simulasi infrastruktur bangunan yang memiliki akurasi tinggi. BIM memiliki konsep untuk membentuk suatu konstruksi secara visual sebelum konstruksi tersebut dibangun dalam bentuk fisik yang sebenarnya, untuk mengatasi dan mengurangi ketidakpastian dan masalah, meningkatkan keselamatan, serta menganalisis dampak potensial yang ada (Smith, 2007). *Revit* digunakan oleh pekerja konstruksi profesional untuk membuat model 3D bangunan dan infrastruktur hingga mendokumentasikan proses perencanaan konstruksi sampai akhir. Perangkat lunak ini memudahkan pengguna untuk berkolaborasi dengan pekerja profesional lainnya, seperti insinyur, kontraktor, dan subkontraktor, agar dalam perjalanan proyek tidak ada hambatan yang cukup berarti sehingga diharapkan proyek selesai tepat waktu dan sesuai dengan anggaran.

Revit menyediakan berbagai alat di dalam perangkat lunaknya untuk desain dan konstruksi bangunan. Alat-alat ini mencakup alat arsitektur untuk merancang dinding, atap, lantai, pintu, dan jendela. Selain itu, terdapat alat struktural untuk perancangan balok, kolom, pelat, dan pondasi. Terdapat juga alat mekanikal, elektrikal, dan *plumbing* untuk merancang sistem udara, pemanas, ventilasi, pendingin udara, *plumbing*, dan lain-lain. Dengan adanya *Autodesk Revit*, para profesional di era modern mendapatkan keuntungan besar dalam hal mempercepat alur kerja dan meningkatkan kolaborasi. Ini berarti bahwa tim desainer, insinyur, dan kontraktor dapat bekerja bersama-sama dengan lebih efektif, menghasilkan bangunan yang lebih berkualitas tinggi, efisien, dan sesuai dengan standar yang ketat. Dengan demikian, *Revit* tidak hanya merupakan alat, tetapi juga mitra yang sangat berharga dalam industri konstruksi yang terus berkembang.

2.2.1. Kelebihan *Software Autodesk Revit*

Beberapa kelebihan *software Autodesk Revit* adalah sebagai berikut:

1. Kolaborasi menjadi lebih baik

   Autodesk Revit menyediakan sarana *worksharing* yang memungkinkan pengguna untuk berkolaborasi dengan pekerja lainnya. Hal ini memudahkan pekerjaan dalam tim yang sangat penting adanya dalam suatu proyek. Sarana ini dapat membagi data dan ide secara langsung sehingga alur pekerjaan lebih cepat dan efisien. BIM dapat memfasilitasi pertukaran dan integrasi data, memberikan gambaran mengenai analisis kinerja gedung, dan meningkatkan kolaborasi antar *stakeholders* selama siklus hidup gedung ramah lingkungan (Lu et al., 2017).

2. *Schedule*

   Salah satu fitur di dalam *software Autodesk Revit* adalah *schedule.* Fitur memiliki data yang dapat digunakan untuk mengetahui tipe bagian-bagian yang ada pada model bangunan. Tabel *schedule* didapatkan berdasar kebutuhan.

3. *Family*

   Family adalah model komponen bangunan yang dapat diambil dari *library* yang telah tersedia. *Autodesk Revit* memberi fasilitas bagi pengguna dalam mengubah ukuran komponen dan menambahkan bentuk detail untuk dijadikan *library* baru.

4. Material *Take Off*

   Fitur ini dapat melakukan kalkulasi dalam jumlah kebutuhan material secara rinci, seperti perhitungan volume material pada aspek konstruksi. Data yang diperoleh dapat dapat membantu pengguna dalam mengetahui estimasi biaya proyek secara cepat dan akurat. Perhitungan volume beton dengan menggunakan *Revit* menghasilkan perhitungan yang tepat pada elemen struktur balok dan kolom (Laorent, et al., 2019).

5. Terkoneksi antar *Software Autodesk*

   Autodesk Revit memungkinkan pengguna untuk menyambungkan aplikasi-aplikasi di bawah pengembang yang sama, *Autodesk*, untuk diekstrak ke dalam satu file yang sama melalui *software Autodesk* lainnya. Pada proyek yang tidak menggunakan perangkat lunak ini menggunakanbanyak *software* pendukung yang berbeda-beda pada setiap pekerjaannya sesuai dengan jenis pekerjaannya.

2.3. *Bill of Quantity (BoQ)*

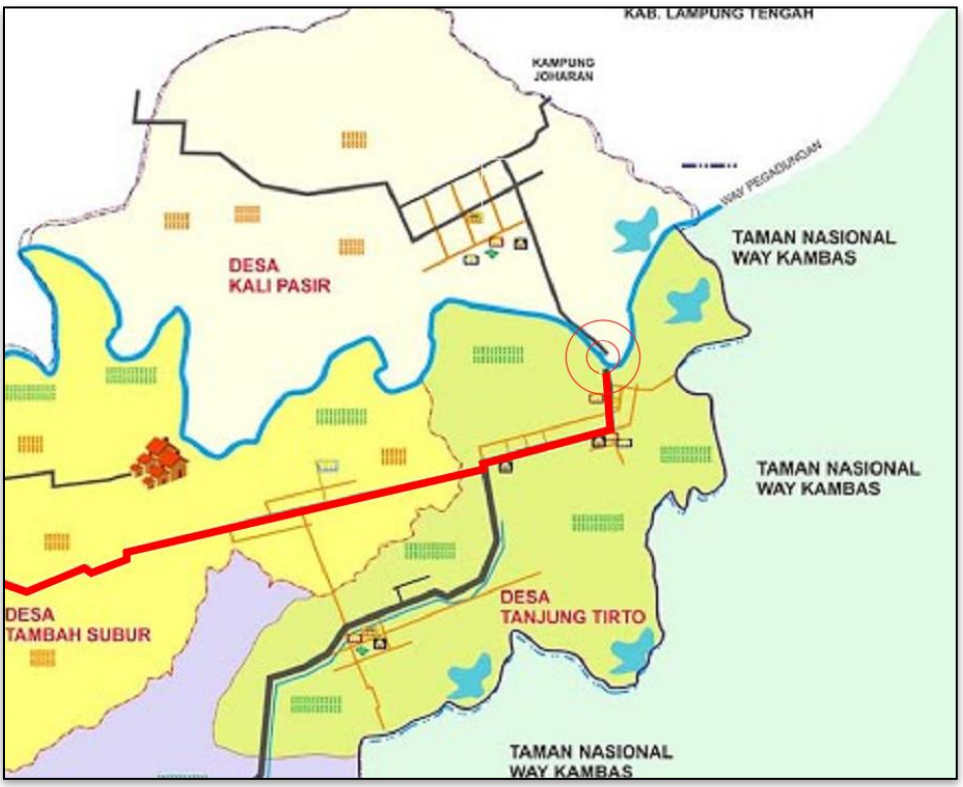
Quantity take off menjadi tugas penting dalam proses konstruksi yang sangat berkesinambungan dengan tugas konstruksi lainnya. Bagian penting yang menjadi komponen utama sebuah bangunan konstruksi diukur dan dinilai sebagai perkiraan pembiayaan serta beban kerja yang relevan. Informasi ini dikumpulkan dalam apa yang secara tradisional disebut *Bill of Quantity* (BoQ) (Monteiro *and* Poças Martins, 2013). Pada tahap awal, *bill of quantity* memberikan dasar-dasar dalam perkiraan biaya awal proyek. Di tahap tender, *bill of quantity* digunakan dalam perkiraan biaya proyek dan durasi pengerjaan konstruksi. Sebelum memulai tahap konstruksi, *bill of quantity* dapat digunakan untuk merencanakan kegiatan konstruksi ke depannya. Selama masa konstruksi, *bill of quantity* dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk mempertahankan keseimbangan ekonomi keuangan proyek. *Bill of quantity* menjadi hal yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi analisis produktivitas dalam suatu proyek. 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).

Bill of quantity menjadi dasar dalam suatu proyek untuk melakukan perampingan keuangan dalam suatu konstruksi (*lean construction).* Menurut Mudzakir dkk (2017) *Lean construction* adalah suatu metode yang digunakan pada pekerjaan konstruksi dengan cara meminimalkan waste berupa material dan waktu, dengan tujuan untuk meningkatkan nilai. *Lean construction* mengadaptasi konsep yang dikembangkan oleh perusahaan manufaktur di Jepang yang dipimpin oleh Taichi Ohno di era 1950 an.

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 Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur. Denah lokasi objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

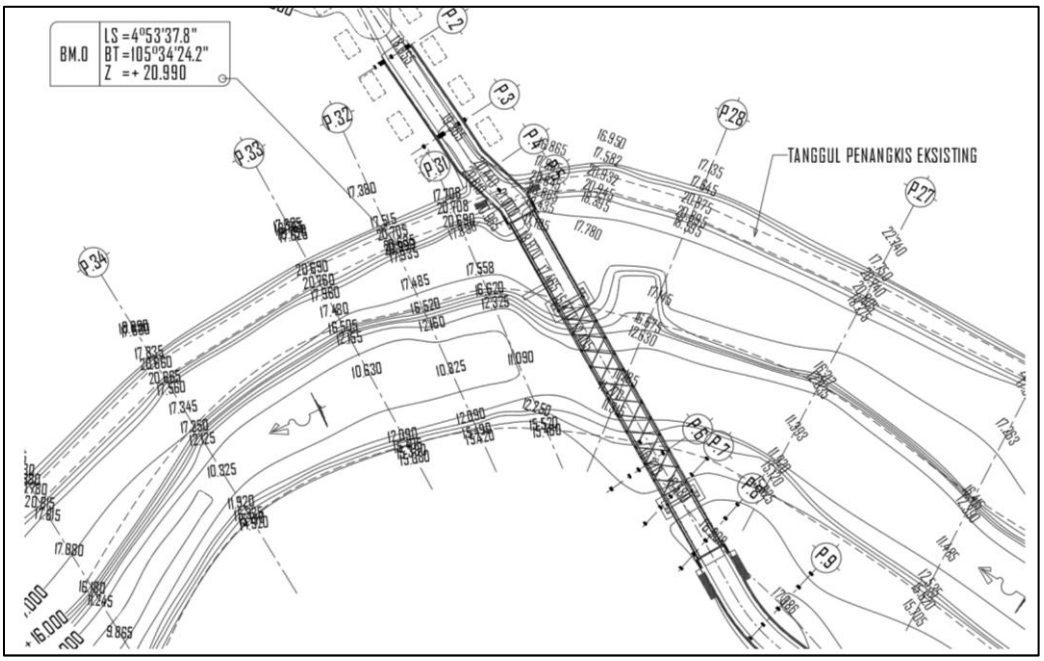


Gambar 1. Lokasi dengan koordinat lokasi penelitian: 4°53'37.9"LS 105°34'23.6"BT.

3.2. Data Penelitian

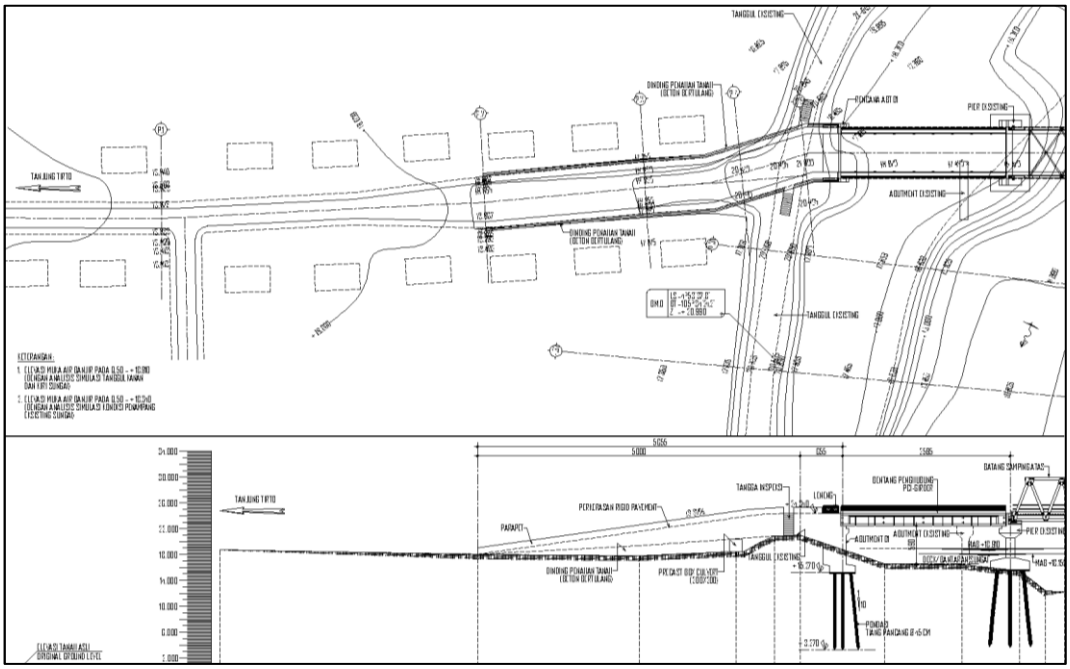
Data merupakan hal penting dalam pembuatan penelitian, data yang akurat dan terstruktur dengan baik akan secara signifikan memfasilitasi peneliti dalam menjalankan proses penelitian. Data penelitian kuantitatif yang digunakan adalah data proyek pembangunan Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur. Data tersebut tersebut menjadi patokan utama dalam memodelkan objek penelitian ini.

Selain data kuantitatif, penelitian ini juga menggunakan data sekunder pada proyek pembangunan Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur. 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 Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.

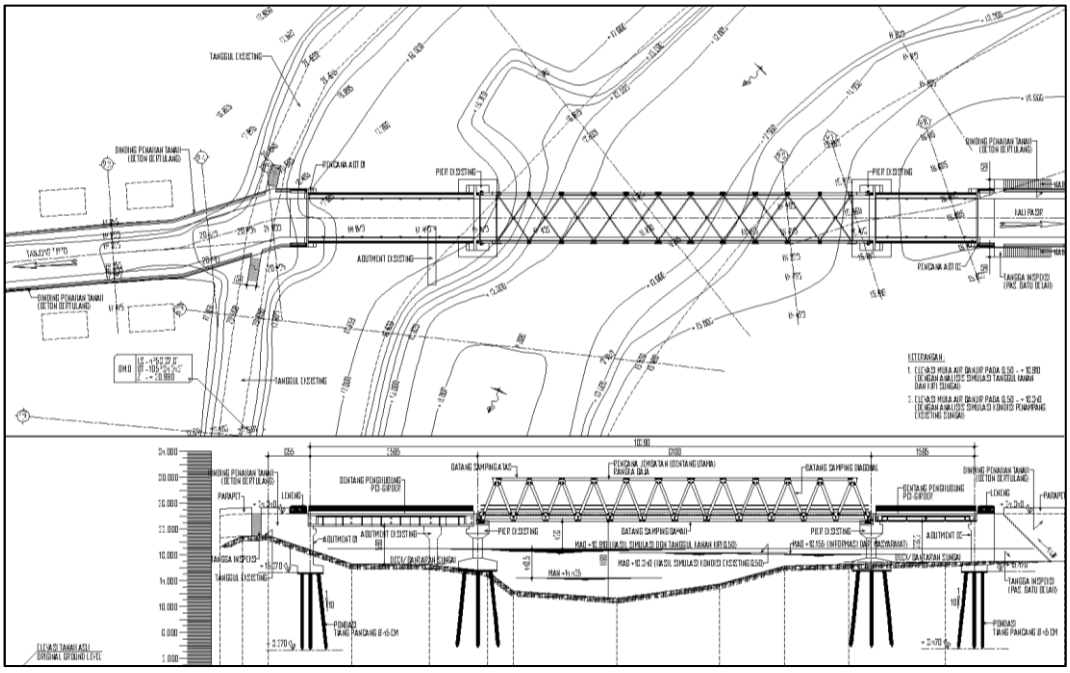


Gambar 2. Situasi rencana jembatan Kali Pasir ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.

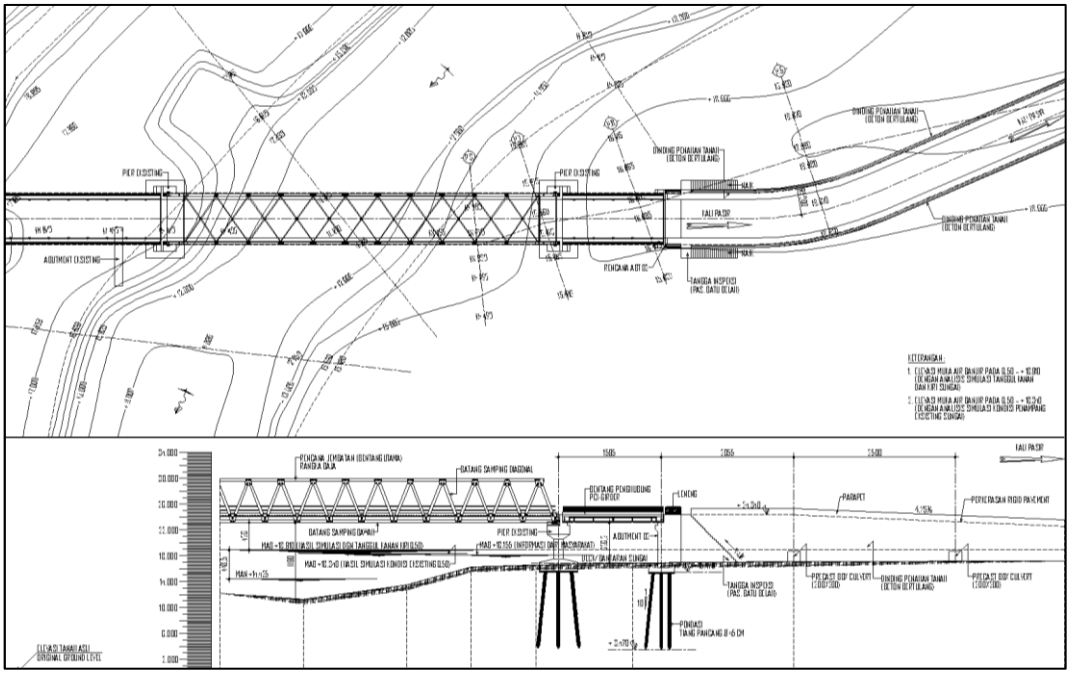
Berikut gambar tampak Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur.



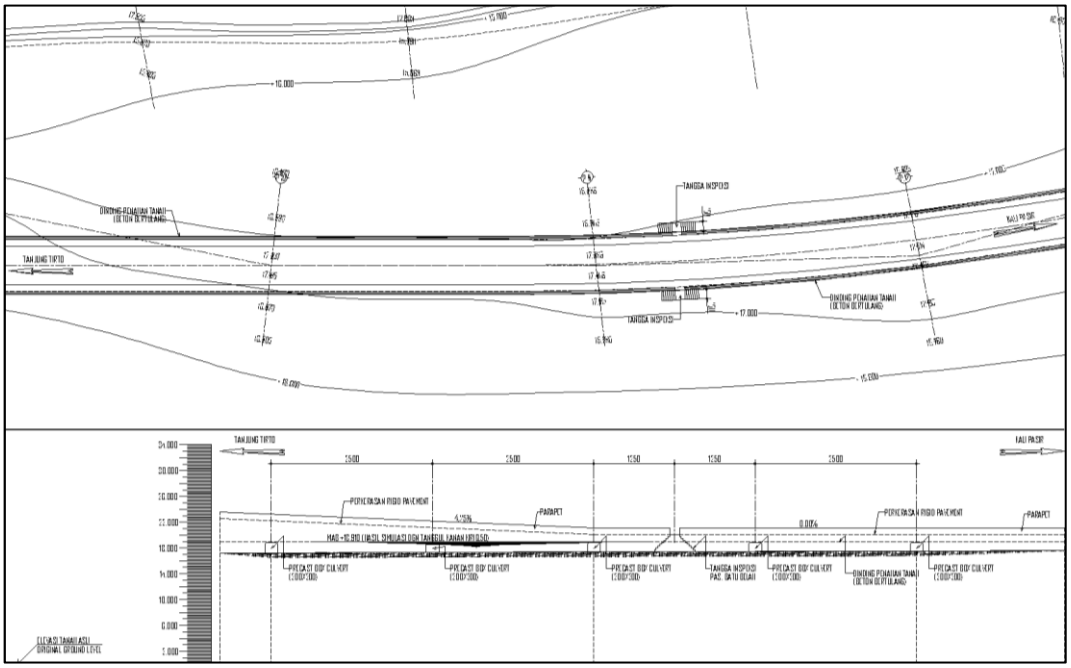
Gambar 3. Horizontal *long section* Jembatan Kali Pasir Kecamatan Way Bungur arah Desa Tanjung Tirto.



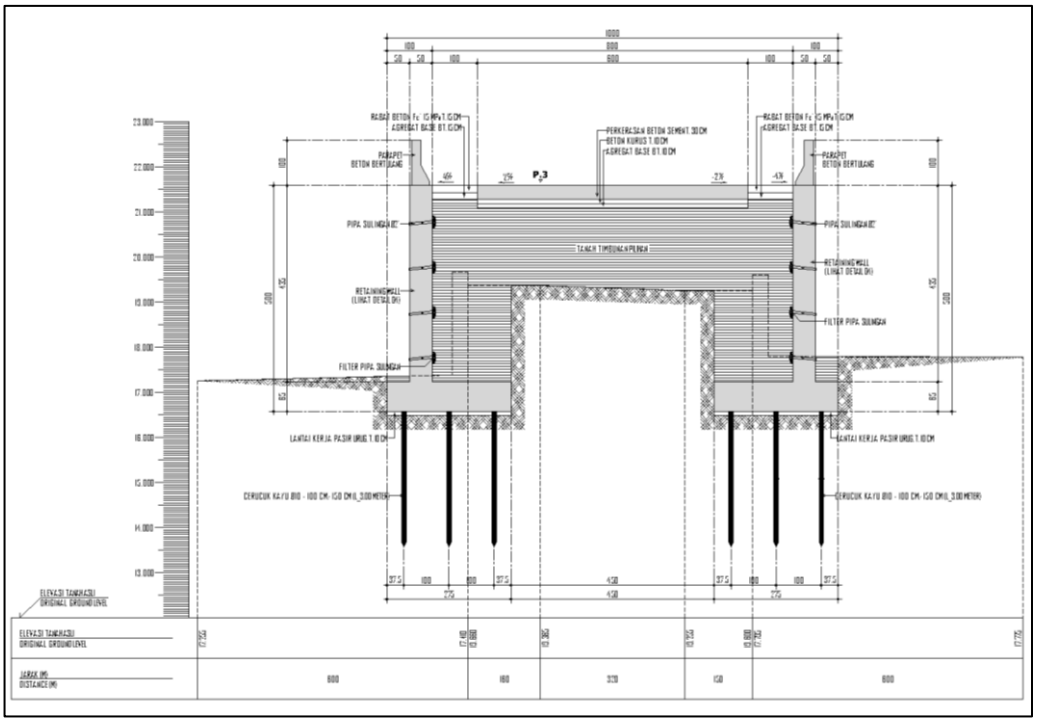
Gambar 4. Situasi rencana Jembatan Kali Pasir ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.



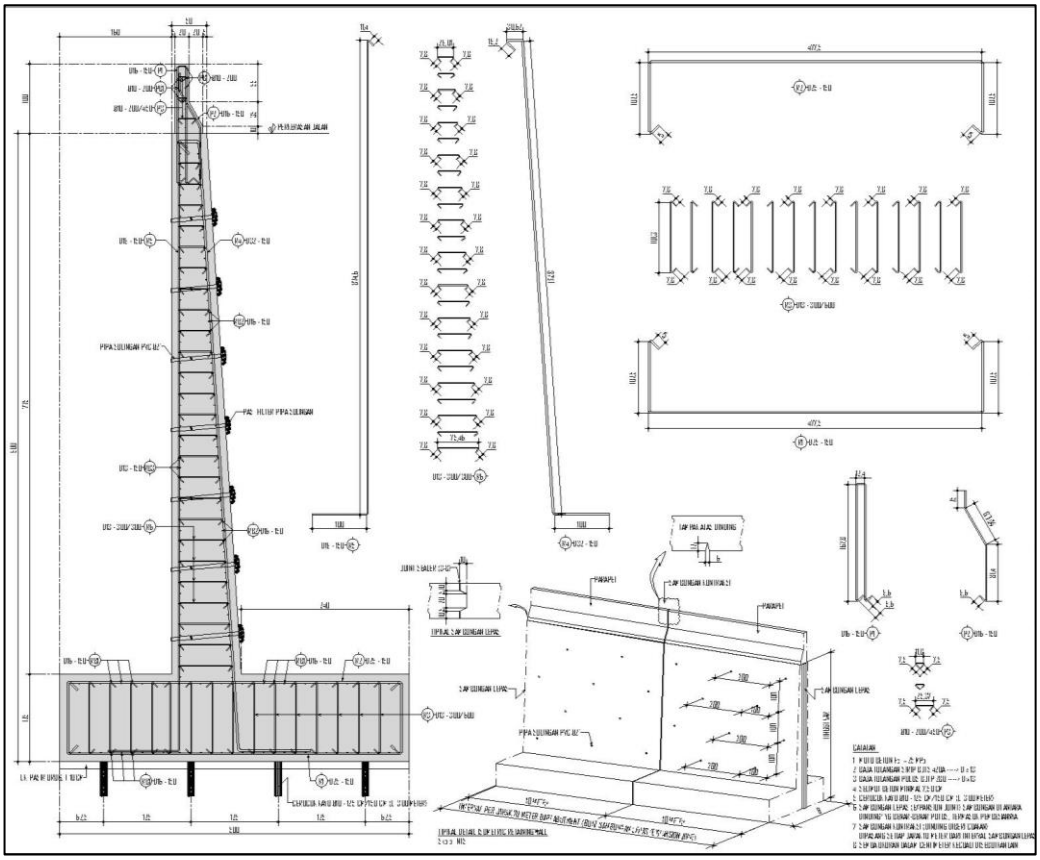
Gambar 5. Horizontal *long section* Jembatan Kali Pasir Kecamatan Way Bungur menuju Desa Kali Pasir.



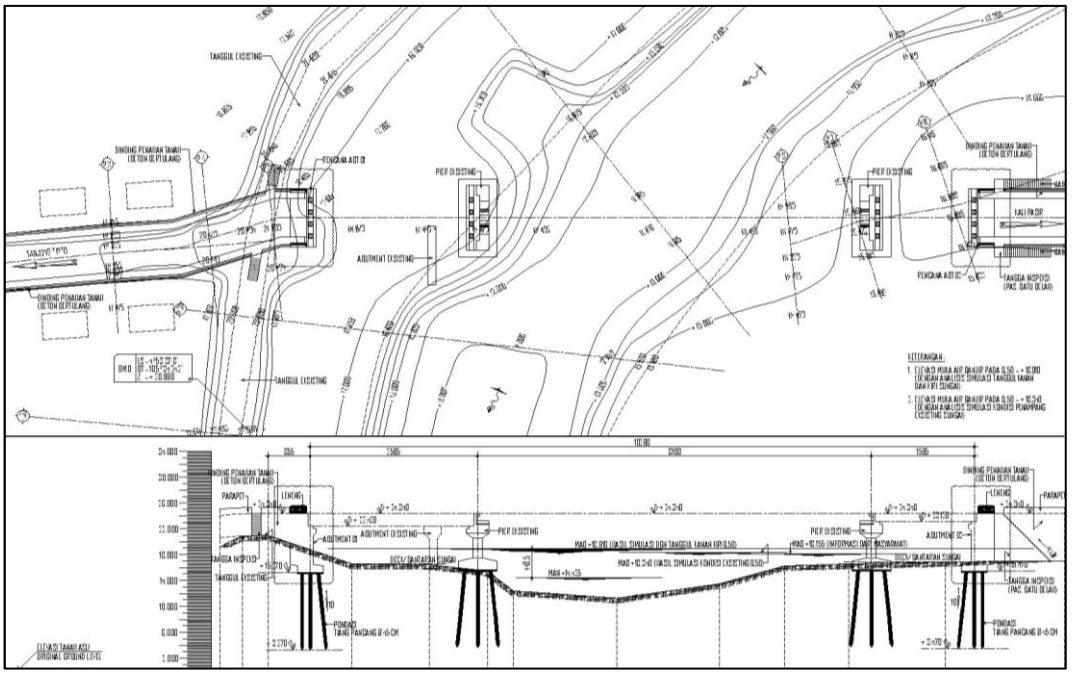
Gambar 6. Horizontal *long section* ruas Jalan menuju Desa Kali Pasir.



Gambar 7. *Cross* Jalan *Section* P3 Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur.



Gambar 8. Dinding penahan tanah 01 jembatan.



Gambar 9. Denah dan tampak memanjang bangunan bawah Jembatan Kali Pasir ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur.

3.3. *Software* dalam Penelitian

Software pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autodesk Revit* dengan lisensi pelajar. *Autodesk Revit* mampu mengeluarkan *output quantity take off* yang menjadi satu tahap penting dalam proyek. Pengerjaan untuk mendapatkan nilai *quantity take off* akan jauh lebih sederhana dan mudah dengan menggunakan *Revit* dibandingkan dengan cara konvensional. Saat ini, penggunaan *Revit* di dalam konteks analisis *quantity take off* masih belum diterapkan secara luas dan merata. Hal ini terasa disayangkan mengingat perangkat lunak ini memiliki kapabilitas untuk mengintegrasikan berbagai tahap proyek konstruksi dengan kelancaran dan efisiensi yang tinggi. Oleh karena itu, perlu adanya studi lebih lanjut, terutama terkait perhitungan kuantitas menggunakan *software Autodesk Revit*, guna mewujudkan penerapan yang efisien dan optimal di lapangan.

3.4. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil *quantity take off* material pekerjaan struktur pada Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto – Desa Kalipasir Kecamatan Way Bungur dengan mengimplementasikan konsep *Building Information Modeling* (BIM) dengan s*oftware Autodesk Revit* versi 2024. *Software* pendukung yakni *Microsoft 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*
5. *Shop drawing*

3.4.1. Studi Literatur

Studi literatur dapat dilakukan melalui telaah mendalam terhadap berbagai sumber literatur, berupa buku, jurnal, artikel, dan panduan yang berkaitan dengan implementasi *Building Information Modeling* (BIM) khususnya *quantity take off.* Pendekatan ini juga mencakup analisis publikasi penelitian terkait yang berpotensi memberikan landasan kuat bagi kelancaran proses penelitian.

3.4.2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dapat berupa data *as built drawing* (2D) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan struktural dengan menggunakan metode konvensional yang akan menjadi acuan dalam proses pemodelan struktur. Data ini dapat menjadi sumber informasi yang akan dimasukkan ke dalam model *Revit*. Dengan memadukan data as built dan RAB ke dalam model Revit, profesional konstruksi dapat memanfaatkan keunggulan pemodelan BIM (Building Information Modeling) untuk mengoptimalkan proses perancangan, konstruksi,

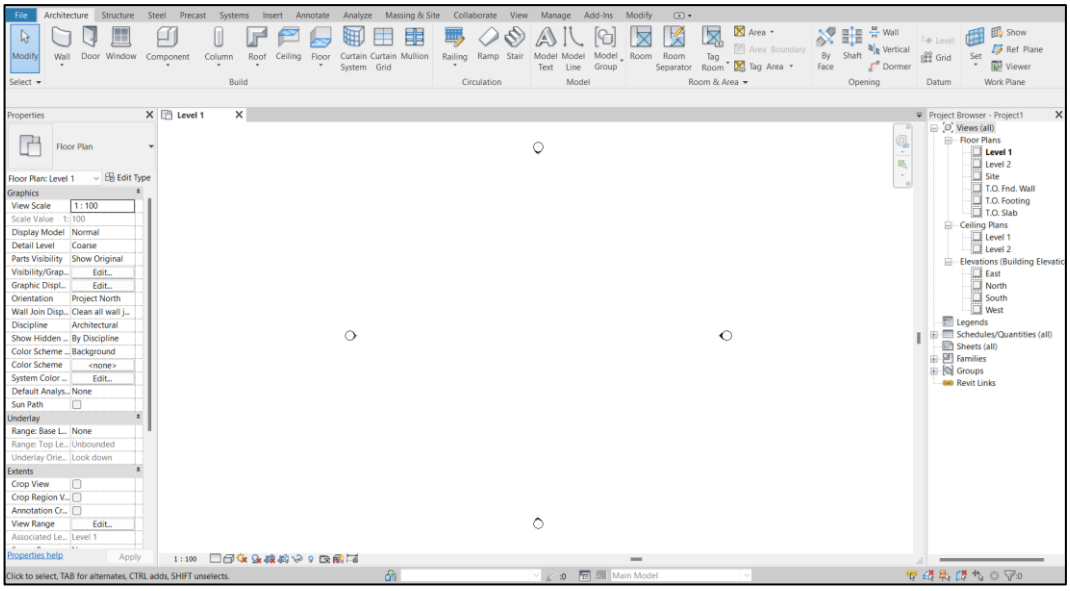
dan pengelolaan bangunan. Hal ini membantu mengurangi kesalahan, mempercepat proyek,

3.4.3. Pemodelan 3D dengan *Software* Autodesk Revit

Data yang telah dihimpun sebelumnya akan diinput ke dalam *Software Autodesk Revit*. Data ini berupa data *as built drawing* (2D) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Data ini digunakan dalam proses pemodelan 3D melalui tahap berikut.

1. Persiapan

   Bagian persiapan mencakup proses *setting* pada *software Autodesk Revit.* Proses ini berupa pembuatan *new project*, pengaturan satuan yang akan digunakan dalam *project unit*, pembuatan *level* yang disesuai dengan gambar dan kebutuhan, dan pembuatan *grid* yang akan digunakan dalam proses pemodelan.



Gambar 10. Tampilan awal *Autodesk Revit* 2024 lisensi pelajar.

2. Pembuatan *Family* Komponen Struktur

   Elemen-elemen yang ditambahkan ke dalam model Revit dapat dimasukkan ke dalam beberapa kelompok. Kelompok-kelompok ini juga disebut *Family*. *Family* mencakup anggota-anggota struktur dengan penggunaan, bentuk, dan ukuran yang relatif sama. Pada *project browser*, pengguna dapat melihat cabang-cabang yang disebut *family.*

3. Pemodelan Struktur

   Pemodelan struktur dilakukan pada bagian struktur bawah dan struktur atas. Proses ini dimulai dari struktur abutmen yang disesuaikan dengan denah perencanaan pondasi dan jenisnya yang sebelumnya telah dibuat pada *family* struktur. Setelah tahap pemodelan telah diselesaikan, dilanjutkan dengan pemodelan struktur selanjutnya sesuai dengan data yang telah diperoleh sebelumnya.

4. Pemodelan Tulangan

   Pemodelan tulangan akan dilakukan pada semua elemen struktur beton yang sebelumnya sudah melalui proses pemodelan. Pemodelan tulangan harus sesuai dengan data yang ada pada *as built drawing*. Pemodelan ini dilakukan dengan *tools* yang tersedia pada *tools rebar* pada *software Autodesk Revit* setelah memilihelemen struktur.

   Setelah pemodelan dilakukan, maka proses analisis *Quantity Take Off* sudah dapat dilakukan. Hasil keluaran dari analisis *Quantity Take Off* dapat dibandingankan dengan perhitungan yang dilakukan secara konvensional.

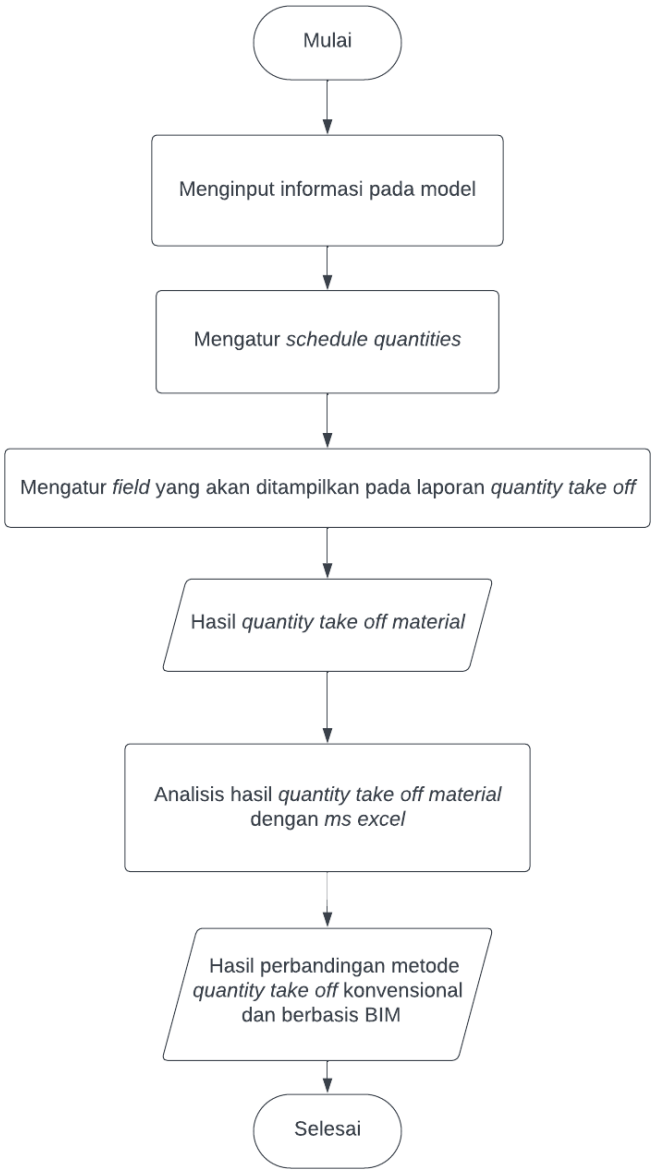
3.4.4. *Shop Drawing*

Selain proses *quantity take off, shop drawing* juga sudah dapat dilakukan dengan *software Autodesk Revit*. Kita dapat membuat gambar *shop drawing* secara otomatis pada *tool shop drawing* bagian *fabrication* lalu *Shop drawings.* Selanjutnya,pilih *assembly* yang akan dibuat *shop drawing* lalu *finish. Revit* akan membuat semua view sesuai dengan parameter dan data yang telah dimodelkan sebelumnya. *Shop drawing* dalam pekerjaan konstruksi berperan sebagai media komunikasi antara perencana dan pelaksana (Sari, 2022).

3.4.5. Analisis *Quantity Take Off*

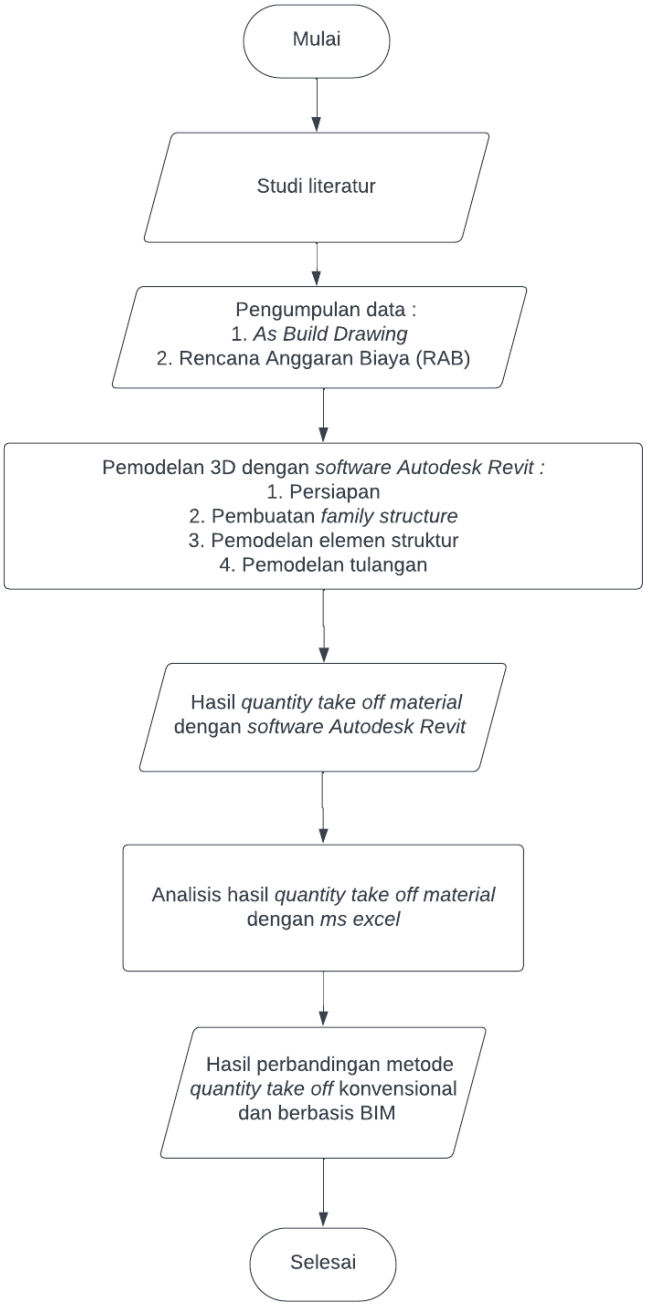
Setelah pemrosesan pemodelan 3D jembatan telah selesai dimodelkan, maka proses *output quantity take off* material sudah dapat dilakukan dengan menggunakan

software Autodesk Revit. Langkah awal yang dapat dilakukan adalah memasukkan data dan informasi dalam model 3D untuk *quantity take off*. Selanjutnya, atur *setting* pada *schedule quantities* dan *fields* untuk mengatur penampilan pada laporan *quantity take off*. *Output quantity take off* akan diperoleh sebagai hasil akhir dari pemodelan 3D. Setelah semua data diperoleh, analisis perbandingan dapat diperoleh antara hasil *quantity take off* berbasis *software Autodesk Revit* dengan data secara konvensional.



Gambar 11. Diagram alir analisis *quantity take off* material.

Berikut Gambar 12. Diagram alir penelitian yang menggambarkan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 12. Diagram alir penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.Kesimpulan

Building Information Modeling (BIM) merupakan suatu metode desain perancangan terbaru yang dapat mempermudah dalam proses pembangunan mulai dari perencanaan sampai dengan perawatan karena dapat mempercepat proses perencanaan dan mempermudah koordinasi antar tim yang terlibat. Hasil dari pemodelan Pembangunan Tahap II Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto –Desa Kali Pasir Kecamatan Way Bungur dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pemodelan pada aplikasi *Autodesk Revit* 2024 mulai dari struktur *abutment, wingwall,* dan pelat lantai beserta dengan penulangannya telah dimodelkan sesuai dengan gambar *Shop Drawing* Pembangunan Tahap II Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto –Desa Kali Pasir Kecamatan Way Bungur.
2. Telah didapatkan hasil *output* berupa volume dan juga berat tulangan dari hasil pemodelan pada aplikasi *Autodesk Revit* 2024 yang dapat dijadikan dasar pertimbangan pada pengambilan keputusan pada tahap *Operational and Maintenance* (OM) Pembangunan Tahap II Jembatan Kali Pasir Ruas Jalan Desa Tanjung Tirto –Desa Kali Pasir Kecamatan Way Bungur.
3. Persentase selisih perbandingan antara metode konvensional dan metode berbasis BIM sebesar 4,80 % untuk tulangan. Diperoleh total volume tulangan sebesar 83225.73 kg dari metode berbasis BIM, sebesar 87419.50 kg dengan metode konvensional. Selisih sebesar 4193.76 kg.

5.2. Saran

Saran yang dapat menjadi masukan bagi penelitian selanjutnya dalam pemodelan *Building Information Modeling* (BIM) dengan menggunakan aplikasi *Autodesk Revit* diantaranya sebagai berikut :

1. Berdasarkan pemodelan dalam aplikasi *Autodesk Revit* 2024 yang telah penulis lakukan, disarankan untuk lebih memperhatikan ketelitian dalam proses memodelkan suatu elemen agar hasil yang didapatkan pada *output* volume dapat sesuai dan dapat mendekati nyata sesuai kondisi lapangan saat di lakukan proses konstruksi dan juga tahap perawatan.
2. Perlu dilakukan pemodelan *Building Information Modeling* (BIM) pada aplikasi *Autodesk Revit* untuk tahap selanjutnya yaitu sampai dengan 8D yang memuat setiap kebutuhan desain sampai dengan integrasi setiap disiplin ilmu.
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

Arayici, Y. 2015. *Building Information Modeling.*

Artika, D.2014. *Penerapan Metode Lean Project Management dalam Proyek Konstruksi pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Ogan Ilir* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).

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.

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.

Dinas PUPR. Pengertian BIM (Building Information Modelling). 2020. *https://dinaspupr.bandaacehkota.go.id/2020/07/29/pengertian-bim-buildinginformationmodelling/#:~:text=Manfaat%20dan%20Tujuan%20BIM&text=Penggunaan%20BIM%20akan%20mempermudah%20menghitung,biaya%20pada%20satu%20komponen%20pekerjaan*. Diakses pada 17 April 2023.

Eastman, C. *et al.* 2011. *BIM Handbook, a Guide to Building InformationModeling 2nd ed.* Second Edi, *John Wiley & Sons Inc. Hoboken*. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Ghaffarianhoseini, A., Doan, D. T., Zhang, T., Naismith, N., & Tookey, J. 2016. A BIM readiness & implementation strategy for SME construction companies in the UK. In Proceedings of the 33rd CIB W78 Conference.

Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat. 2022. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pedoman Pembangunan Bangunan Gedung Negara. Jakarta.

Laorent, D., Nugraha, P., dan Budiman, J. 2019. Analisa Quantity Take-Off Dengan Menggunakan Autodesk Revit. Dimensi Utama Teknik Sipil, 6(1), 1-8.

Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., dan Li, Y. 2017. Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future.

Monteiro, A., & Poças Martins, J. 2013. *A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design*. *Automation in Construction*, 238- 253.

Mudzakir, Ahmad Chasan dkk. 2017. Evaluasi Waste dan Implementasi Lean Construction (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang). Jurnal Karya Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Diponogoro. Hal 145-158 (Vol. 6 No. 2).

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.

SARI, N. N. D. P. 2022. *PERCEPATAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE FAST TRACK BERBASIS MICROSOFT PROJECT (Studi Kasus Pembangunan Ruang Perawatan Wing Utara Tahap 1 RSU Payangan)* (Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar).

Setiawan, A. 2016. Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847: 2013. Erlangga, Jakarta.

Smith, D. 2007. An introduction to building information modeling (BIM). Journal of Building Information Modeling, 2007, 12-14.

Soemardi, B. W. 2014. Studi Aplikasi Teknologi Building InformationModeling untuk Pra Konstruksi.

Volk, R., Stengel, J. dan Schultmann, F. 2014. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. Automation in construction, 38, pp.109-127