

TESIS

**PENYIMPANGAN VOLUME MC-0 DENGAN
VOLUME BERBASIS BIM 5D**

**PADA PROYEK KONSTRUKSI BESERTA FAKTOR -
FAKTOR PENYEBABNYA**

**(Studi Kasus Pekerjaan Struktur Pondasi Tower
Proyek Pembangunan Transmisi 500 kV di Kota XYZ)**



Disusun oleh:

AMALINA FARHANA
21914002

KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

**PENYIMPANGAN VOLUME MC-0 DENGAN
VOLUME BERBASIS BIM 5D
PADA PROYEK KONSTRUKSI BESERTA FAKTOR -
FAKTOR PENYEBABNYA**

**(Studi Kasus Pekerjaan Struktur Pondasi Tower
Proyek Pembangunan Transmisi 500 kV di Kota XYZ)**



Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M

Dosen Pembimbing

Tanggal : 03 April 2024

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**PENYIMPANGAN VOLUME MC-0 DENGAN
VOLUME BERBASIS BIM 5D PADA PROYEK
KONSTRUKSI BESERTA FAKTOR-FAKTOR
PENYEBABNYA**

**(Studi Kasus Pekerjaan Struktur Pondasi Tower
Proyek Pembangunan Transmisi 500 kV di Kota XYZ)**

Disusun oleh:

AMALINA FARHANA

21914002

Telah diuji di depan Dewan Penguji
pada tanggal 21 Desember 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Dewan Penguji:

Pembimbing

**Ir. Fitri Nugraheni, S.T.,
M.T., Ph.D., IP-M.**

Penguji I,

**Dr. Ir. Taufik Dwi L.,
S.T., M.T., IP-M**

Penguji II,

**Ir. Vendie Abma, S.T.,
M.T., IP-M**

Yogyakarta, **02 MAY 2024**



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program “*Software*” komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 2 April 2024

Yang membuat pernyataan,



METERAI
TEMPEL
1000
10ALX104549048

Amalina Farhana

21914002

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah Robbil 'alamin. Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat dan karunia-Nya yang telah diberikan dalam penyelesaian Tesis ini yang berjudul “PENYIMPANGAN VOLUME MC-0 DENGAN VOLUME BERBASIS BIM 5D PADA PROYEK KONSTRUKSI BESERTA FAKTOR-FAKTOR PENYEBABNYA (Studi Kasus Pekerjaan Struktur Pondasi Tower Proyek Pembangunan Transmisi 500 kV di Kota XYZ)”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurah kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Tesis ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Pascasarjana di Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tesis ini tentunya banyak hambatan yang dihadapi dan menjadi penghambat dalam proses penyelesaiannya. Namun, berkat saran, kritik, dan dorongan dari beberapa pihak, Alhamdulillah Tesis ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, saya sebagai penulis ingin mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan memberikan tambahan ilmu dengan saran-saran yang membangun selama penyusunan Tesis ini.
3. Bapak Dr. Ir. Taufik Dwi L., S.T., M.T., IP-M. selaku Dosen Penguji kesatu Seminar Hasil yang telah memberikan tambahan ilmu dengan saran-saran yang membangun.

4. Bapak Ir. Vendie Abma, S.T., M.T., IP-M. selaku Dosen Penguji kedua Seminar Hasil yang telah memberikan tambahan ilmu dengan saran-saran yang membangun.
5. Seluruh dosen pengajar dan karyawan Program Studi Magister Teknk Sipil Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan memfasilitasi kegiatan belajar penulis selama masa kuliah.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tesis ini. Atas segala doa, bantuan, dan dorongannya saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Mohon maaf apabila terdapat banyak kesalahan baik yang disengaja maupun tidak.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tesis ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Tesis ini sangat diharapkan.

Akhir kata, semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya bagi proyek konstruksi di kemudian hari.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, November 2023



Penulis,

Amalina Farhana

21914002

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Rangkuman Penelitian Terdahulu	5
2.3 Penelitian Terdahulu	8
2.4 Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Proyek	11
3.2 Proyek Konstruksi	11
3.2.1 Pengertian Proyek Konstruksi	11
3.2.2 Tahapan Proyek Konstruksi	12
3.2.3 Jenis – Jenis Proyek Konstruksi	14

3.3	Manajemen proyek	14
3.4	Manajemen Konstruksi	15
3.5	Pelaksana Proyek Konstruksi	15
3.6	<i>Mutual Check 0% (MC 0)</i>	16
3.7	BIM (<i>Building Information Modelling</i>)	17
3.7.1	Manfaat penggunaan BIM	18
3.7.2	Dimensi BIM	18
3.7.3	<i>Level Of Development (LOD)</i>	20
3.7.4	Level BIM	23
3.7.5	Peran Dalam Organisasi Proyek Berbasis BIM	24
3.7.6	<i>Tools</i> BIM Autodesk Revit 2018	26
3.8	<i>Literature Review</i>	27
3.9	<i>Forum Group Discussion (FGD)</i>	28
3.10	Tower Saluran Transmisi	29
3.9.1	Pengertian Tower Transmisi	29
3.9.2	Konstruksi Tower Transmisi	29
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		33
4.1	Tinjauan Umum	33
4.2	Jenis dan Sifat Penelitian	33
4.3	Lokasi Penelitian	33
4.4	Subjek dan Objek Penelitian	34
4.5	Data dan Metode Pengumpulan Data	34
4.5.1	Sumber data	34
4.5.2	Metode pengumpulan data	35
4.6	Instrumen penelitian	36
4.7	Tahapan Penelitian	39
4.8	<i>Flow Chart</i>	43

BAB V DATA, ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
5.1 Cek Model	45
5.2 Data Proyek	47
5.2.1 Model BIM 3D	47
5.2.2 MC-0/BAPB	47
5.3 Pengolahan Data Model 3D BIM	48
5.2.1 Volume Pembesian Revit	52
5.2.2 Volume Pembetonan Revit	53
5.3 Komparasi volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D	54
5.3.1 Komparasi Volume Pembesian MC Dengan Revit	55
5.3.2 Komparasi Volume Pembetonan MC Dengan Revit	61
5.4 FGD Dengan Pihak Proyek Tower Tranmisi di Kota XYZ	62
5.5 Pembahasan	64
5.5.1 Perbedaan volume MC-0 dengan BIM 5D	67
5.5.2 Faktor Penyebab Penyimpangan Volume MC-0 dengan BIM 5D	69
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1 Kesimpulan	73
6.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3. 1 Normal Foundation	30
Gambar 3. 2 Pondasi Pancang	31
Gambar 3. 3 Flowchart Quantity Takeoff	27
Gambar 4. 1 Flowchart Extract Quantity Takeoff Revit	40
Gambar 4. 2 Flowchart Pengolahan Data Sekunder	40
Gambar 4. 3 Flowchart Pengumpulan Data Primer Dengan Wawancara	41
Gambar 4. 5 Flowchart Analisis Data	42
Gambar 4. 6 Flowchart Penelitian	44
Gambar 5. 1 Model 3D BIM Struktur Bawah Pondasi Tower Transmisi	47
Gambar 5. 2 Membuka File 3D BIM Pada Revit	48
Gambar 5. 3 Schedule/quantities Pada Revit	49
Gambar 5. 4 Membuat New Schedule Pada Revit	49
Gambar 5. 5 Add Fields Untuk Pembesian Pada Revit	50
Gambar 5. 6 Add Fields Untuk Pembetonan Pada Revit	50
Gambar 5. 7 Rebar Schedule Pada Revit	51
Gambar 5. 8 Beton Pondasi Pada Revit	51
Gambar 5. 9 Detail besi pada model BIM 3D, (a) model pondasi dan (b) detail model jumlah besi S10 dan S8	65
Gambar 5. 10 Jumlah Besi S8D13 dan S10D13 T.039 Pada MC-0	65
Gambar 5. 11 Bar Length dan Length each of bar	66
Gambar 5. 12 detail besi T.039	67

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian-Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Saat Ini	10
Tabel 5. 1 Kategori Definisi Dasar LOD	45
Tabel 5. 2 volume BAPB/MC0	48
Tabel 5. 3 Volume Besi T.039 Dari Revit	52
Tabel 5. 4 Volume Besi T.048 Dari Revit	52
Tabel 5. 5 Volume Besi T.060 Dari Revit	53
Tabel 5. 6 Volume Beton T.039 Dari Revit	53
Tabel 5. 7 Volume Beton T.048 Dari Revit	54
Tabel 5. 8 Volume Beton T.060 Dari Revit	54
Tabel 5. 9 Komparasi Volume Besi T.039 MC Dengan Revit	55
Tabel 5. 10 Rekapitulasi Komparasi Volume Besi T.039 MC Dengan Revit	56
Tabel 5. 11 Komparasi Volume Besi T.048 MC Dengan Revit	57
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Komparasi Volume Besi T.048 MC Dengan Revit	58
Tabel 5. 13 Komparasi Volume Besi T.060 MC Dengan Revit	59
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Komparasi Volume Besi T.060 MC Dengan Revit	60
Tabel 5. 15 Penyimpangan Paling Signifikan Pada Pembesian 3 Titik Lokasi Pondasi Tower	60
Tabel 5. 16 Komparasi Volume Beton T.039 MC Dengan Revit	61
Tabel 5. 17 Komparasi Volume Beton T.048 MC Dengan Revit	61
Tabel 5. 18 Komparasi Volume Beton T.060 MC Dengan Revit	62
Tabel 5. 19 Penyimpangan Paling Signifikan Pada Pembetonan 3 Titik Lokasi Pondasi Tower	62
Tabel 5. 20 Hasil FGD Dengan Pihak Proyek Tower Tranmisi di Kota XYZ Terkait Faktor Adanya Perbedaan Volume	63
Tabel 5. 21 Faktor Penyebab Terjadinya Penyimpangan Berdasarkan Hasil FGD	64

Tabel 5. 22 Perbedaan Volume Mendekati Sesuai dan Sesuai Pada Pembetonan 3
Titik Lokasi Pondasi Tower 68

Tabel 5. 23 Perbedaan Volume Mendekati Sesuai dan Sesuai Pada Pembetonan 3
Titik Lokasi Pondasi Tower 69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya penggunaan komputer untuk pengolahan data dan pengendalian adalah akibat dari semakin membesarnya skala proyek-proyek Teknik sipil, semakin kompleksnya sistem atau teknologi yang digunakan, dan semakin membaiknya komunikasi (Lock, 1992). *Building Information modelling* (BIM) merupakan salah satu sistem atau teknologi yang digunakan di bidang AEC (*Architecture, Engineering dan Construction*) yang mampu mensimulasikan seluruh informasi di dalam proyek pembangunan ke dalam model tiga dimensi (Kementerian PUPR, 2018a). BIM bukan hanya alat menggambar tiga dimensi tapi sebuah cara baru dalam mengelola informasi yang terkait dengan proyek konstruksi secara keseluruhan, mulai dari perencanaan hingga desain, konstruksi dan pelaksanaan. Penerapan BIM merupakan metode atau alat dalam dunia konstruksi yang dapat meminimalisir permasalahan dan mengurangi ketidakpastian serta dapat meningkatkan efisiensi. BIM menjadi alat yang dapat mengurangi disintegrasi dalam dunia konstruksi serta dapat meningkatkan efisiensi. Karena dukungan dan standarisasi pemerintah, BIM telah menjadi umum di beberapa bagian dunia (Tomek & Matějka, 2014 dalam Qureshi dkk, 2019).

BIM menjadi topik penting dalam dunia konstruksi di Indonesia dilihat dari telah dikeluarkannya peraturan dalam Lampiran Permen PUPR Nomor 22 Tahun 2018 tentang “kewajiban menerapkan penggunaan BIM pada Bangunan Gedung Negara tidak sederhana dengan kriteria luas di atas 2000 m² dan di atas dua lantai”. Peraturan pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 mengenai kewajiban menggunakan BIM paling sedikit sampai dimensi kelima (5D) untuk metode pelaksanaan konstruksi bangunan. *BIM 5D* digunakan untuk pelacakan anggaran dan kegiatan biaya terkait proyek. Salah satu aspek dalam BIM 5D adalah *quantity extraction to cost estimation* (Kementerian PUPR, 2018b). *Quantity take-off* (QTO) adalah proses pengukuran beban kerja yang merujuk pada perkiraan jumlah bahan/material, yang

hasilnya dikenali dengan istilah daftar kuantitas atau *Bill of Quantity* (BoQ) (Soemardi, 2020). Lebih lanjut, QTO merupakan dasar dari tugas-tugas lain dalam manajemen konstruksi, seperti perkiraan biaya dan perencanaan jadwal sehingga, keakuratan dari QTO dapat secara langsung mempengaruhi analisis dan keputusan hilir (Kementrian PUPR, 2018b). Dapat dikatakan QTO merupakan hal penting dan krusial dalam manajemen konstruksi.

Pada penelitian sebelumnya yang melakukan penelitian dengan BIM 5D menghasilkan selisih 7% lebih kecil dibandingkan dengan metode konvensional dikarenakan BIM modeler yang tidak memodelkan seluruh elemen struktur (Farhana & Abma, 2022). Lebih lanjut, perhitungan menggunakan BIM 5D terdapat selisih 9% lebih kecil dibandingkan dengan rekapitulasi biaya realisasi (Salsabila & Abma, 2023). Volume metode konvensional memiliki keakuratan yang lebih mendekati volume realisasi lapangan dibandingkan dengan volume metode BIM (Dwianto dkk, 2023). Penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Qureshi, dkk (2019) yang berjudul “*Comparison of Physical Attributes of Real Time Project Using BIM (Building Information Modelling): A Case Study*”. Penelitian tersebut berorientasi pada studi kasus implementasi BIM perbandingan atribut kualitatif dan kuantitatif serta validasi dari data yang tersedia di tempat.

Upaya pencegahan terhadap terjadinya penyimpangan antara volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D salah satunya dengan mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan dan melakukan Langkah preventif terhadap faktor-faktor tersebut. Penggunaan BIM sudah diwajibkan pada beberapa kategori bangunan. Berdasarkan peraturan pemerintah tentang kewajiban menggunakan BIM yaitu Lampiran Permen PUPR Nomor 22 Tahun 2018 dan Peraturan pemerintah Nomor 16 Tahun 2021, fenomena yang telah terjadi, dan penelitian terdahulu. Untuk itu perlu dilakukan penelitian pada volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D proyek tower transmisi di kota XYZ sehingga dapat meminimalisir terjadinya penyimpangan volume pembesian dan pembetonan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dirumuskan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana penyimpangan volume antara volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D pada Pekerjaan Struktur Bawah Pondasi Proyek Pembangunan Tower Transmisi 500 kV di Kota XYZ?
2. Faktor apa saja yang dapat menjadi penyebab jika terjadi penyimpangan pada Pekerjaan Struktur Bawah Pondasi Proyek Pembangunan Tower Transmisi 500 kV di Kota XYZ?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah tersebut, didapatkan tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui penyimpangan volume antara volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D pada Pekerjaan Struktur Bawah Pondasi Proyek Pembangunan Tower Transmisi 500 kV di Kota XYZ.
2. Untuk mengetahui faktor yang menjadi penyebab penyimpangan antara volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D pada Pekerjaan Struktur Bawah Pondasi Proyek Pembangunan Tower Transmisi 500 kV di Kota XYZ.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk dunia konstruksi
Diharapkan dapat memberikan informasi mengenai implementasi BIM pada proyek konstruksi sehingga dapat memberikan gambaran kepada *stakeholder* terkait penyimpangan volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D beserta faktor-faktor penyebabnya. Sehingga, dapat membantu pihak kontraktor dalam mengambil keputusan atas kebijakan volume berbasis BIM yang berdampak pada biaya.

2. Untuk dunia pendidikan

Diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk pengembangan serta kemajuan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang konstruksi terkait implementasi BIM pada proyek konstruksi di Indonesia.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk membatasi penelitian ini agar tidak keluar dari topik pembahasan maka, diperlukan pembatasan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Pengolahan data berdasarkan data dokumen yang diperoleh dari kontraktor berupa DED, model BIM 3D, dan laporan progress pada proyek tower transmisi di kota XYZ serta data hasil FGD.
2. Menggunakan konsep BIM 5D untuk memperoleh volume dengan bantuan *software Autodesk Revit Student Version*.
3. Penelitian dilakukan pada proyek konstruksi pekerjaan struktur bawah pondasi pada tower transmisi meliputi pekerjaan pad bawah, pad atas, dan chimney.
4. Pekerjaan struktur meliputi pekerjaan besi tulangan dan pembetonan.
5. Tidak melakukan analisis pada biaya dan waktu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan Pustaka menurut Creswell, (2012) adalah ringkasan dari artikel jurnal maupun lainnya yang menggambarkan keadaan informasi yang terkait dengan topik penelitian yang dilakukan saat ini. Pada BAB Tinjauan Pustaka ini berisikan mengenai penelitian-penelitian yang sudah dilaksanakannya sebelumnya mengenai topik “BIM”, “5D BIM”, dan “Perbedaan Volume Pelaksanaan Terhadap Perencanaan”.

2.2 Rangkuman Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan rangkuman dari penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi tinjauan Pustaka pada penelitian ini.

1. Mengeksplorasi Penerapan *Building Information Modelling* (BIM) Pada Industri Konstruksi Indonesia Dari Perspektif Pengguna (Mieslenna dan Wibowo, 2019)

Penelitian tersebut bertujuan untuk mengeksplorasi penerapan BIM di Indonesia dari prespektif penggunanya. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan pendekatan kualitatif melalui wawancara semi-terstruktur dengan praktisi yang berpengetahuan dan berpengalaman dengan BIM. Hasil yang didapatkan adalah alasan responden menggunakan BIM karena mendapatkan manfaat yaitu dapat mengontrol proyek konstruksi lebih baik, mendeteksi lebih dini potensi konflik selama fase desain, dan menjadi sarana promosi guna mendapatkan proyek baru. Dalam penelitian ini belum ditemukan kekeurangan pada BIM.

2. *Comparison of Physical Attributes of Real time Project Using BIM (Building Information Modelling): A Case Study Evaluation and Management of Construction Project* (Qureshi dkk, 2019)

Penelitian tersebut bertujuan untuk merangkum studi kasus implementasi BIM pada proyek bangunan tempat tinggal dan perbandingan atribut kualitatif dan khususnya kuantitatif dan validasinya dari data yang tersedia di tempat. Tujuan utama dari penelitian tersebut untuk memeriksa perkiraan kuantitas dengan membandingkan kuantitas yang dihasilkan oleh perangkat lunak BIM dan jumlah yang diperoleh dari perhitungan manual dengan metode konvensional. Metode yang digunakan yaitu membandingkan data yang telah diperoleh pada saat fase perencanaan menggunakan *software* Revit dan Naviswork dan saat fase pelaksanaan kemudian dibandingkan dengan metode konvensional menggunakan Excel. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah Estimasi berbasis excel terbukti lebih akurat daripada estimasi berbasis aturan praktis yang digunakan oleh para pemangku kepentingan akan tetapi, Jumlah yang diambil di Navisworks adalah yang paling dapat diandalkan di antara semua metode yang digunakan dalam penelitian ini.

3. *Implementasi Konsep BIM 5D Pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung* (Farhana dan Abma, 2022)

Penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya dengan menerapkan konsep BIM 5D. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut adalah menggunakan bantuan *software* PriMus. Hasil yang didapatkan pada penelitian tersebut adalah terdapat selisih 7% lebih kecil dari anggaran biaya rencana awal, hal tersebut dikarenakan perencanaan modeling tidak memodelkan semua elemen konstruksi.

4. *Penilaian Efektivitas Implementasi Building Information Modelling (BIM) Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung* (Sarju dkk, 2022)

Penelitian tersebut bertujuan untuk menilai secara nyata efektivitas dari implementasi BIM dengan sampel penelitian diambil pada proyek konstruksi bangunan Gedung yang telah menerapkan aplikasi BIM. Metode yang

digunakan yaitu dengan mengamati respon dari tim perencana, kontraktor dan manajemen konstruksi. Hasil yang didapatkan bahwa implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan Gedung di Indonesia adalah efektif, dibuktikan dengan nilai rata-rata setiap variable di atas empat.

5. Evaluasi Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) Pada Proyek Gedung *Workshop* Politeknik Pekerjaan Umum di Semarang (Wibowo, dkk, 2022)

Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kekuatan, kelemahan, serta faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi penerapan BIM pada proyek pembangunan Gedung *workshop* Politeknik Pekerjaan Umum. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut dengan melakukan wawancara dan FGD (*Focus Group Discussion*). Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut yaitu penerapan BIM di Proyek tersebut berjalan dengan baik, meskipun menemui beberapa kendala seperti kurangnya sinergi antar elemen karena pemilik proyek belum sepenuhnya memahami BIM.

6. Perbandingan Perhitungan MC-0 Metode konvensional & BIM Terhadap Realisasi Pekerjaan (Dwianto dkk., 2023)

Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui metode yang paling akurat dalam perhitungan volume bata ringan untuk realisasi di lapangan, dengan perbandingan metode antara metode BIM dengan metode konvensional terhadap realisasi lapangan. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah metode konvensional memiliki keakuratan yang lebih mendekati dengan realisasi di lapangan, dengan deviasi 442,507 m².

7. Perbandingan Realisasi Biaya Pelaksanaan Terhadap RAB berbasis BIM 5D Pada Pekerjaan Struktural Bangunan (Salsabila dan Abma, 2023)

Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui berapa besar perbedaan atau perbandingan dari estimasi biaya dengan konsep BIM terhadap realisasi biaya pelaksanaan. Metode dilakukan dengan membandingkan BIM 5D dengan RAB Proyek dan juga BIM 5D dengan biaya realisasi proyek. Hasil yang didapatkan RAB Proyek lebih besar 43% dibandingkan dengan BIM 5D dan juga biaya realisasi lebih besar 9% dibandingkan BIM 5D.

2.3 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan ringkasan dari penelitian-penelitian terdahulu.

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian-Penelitian Terdahulu

Peneliti	Mieslenna dan Wibowo (2019)	Qureshi, dkk (2019)	Farhana dan Abma (2022)	Sarju, dkk (2022)
Judul	Mengeksplorasi Penerapan <i>Building Information Modelling</i> (BIM) Pada Industri Konstruksi Indonesia Dari Perspektif Pengguna	<i>Comparison of Physical Attributes of Real time Project Using BIM (Building Information Modelling): A Case Study Evaluation and Management of Construction Project</i>	Implementasi Konsep BIM 5D Pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung	Penilaian Efektivitas Implementasi <i>Building Information Modelling</i> (BIM) Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung
Tujuan	Mengeksplorasi penerapan BIM di Indonesia dari prespektif penggunanya	Memeriksa perkiraan kuantitas dengan membandingkan kuantitas yang dihasilkan oleh perangkat lunak BIM dan jumlah yang diperoleh dari perhitungan manual dengan metode konvensional	Mendapatkan estimasi biaya dengan menerapkan konsep BIM 5D	Menilai secara nyata efektivitas dari implementasi BIM dengan sampel penelitian diambil pada proyek konstruksi bangunan Gedung yang telah menerapkan aplikasi BIM
Metode	Pendekatan kualitatif melalui wawancara semi-terstruktur dengan praktisi yang berpengalaman dan berpengalaman dengan BIM	Membandingkan data yang telah diperoleh pada saat fase perencanaan menggunakan software Revit dan Naviswork dan saat fase pelaksanaan kemudian dibandingkan dengan metode konvensional menggunakan Excel	Menggunakan bantuan software PriMus.	Metode yang digunakan yaitu dengan mengamati respon dari tim perencana, kontraktor dan manajemen konstruksi
Hasil	Alasan responden menggunakan BIM karena mendapatkan manfaat yaitu dapat mengontrol proyek konstruksi lebih baik, mendeteksi lebih dini potensi konflik selama fase desain, dan menjadi sarana promosi guna mendapatkan proyek baru	Estimasi berbasis excel terbukti lebih akurat daripada estimasi berbasis aturan praktis yang digunakan oleh para pemangku kepentingan akan tetapi, Jumlah yang diambil di Navisworks adalah yang paling dapat diandalkan di antara semua metode yang digunakan dalam penelitian ini	Terdapat selisih 7% lebih kecil dari anggaran biaya rencana awal, hal tersebut dikarenakan perencanaan modeling tidak memodelkan semua elemen konstruksi	Implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan Gedung di Indonesia adalah efektif, dibuktikan dengan nilai rata-rata setiap variable di atas empat

Lanjutan Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian-Penelitian Terdahulu

Peneliti	Wibowo, dkk (2022)	Dwianto dkk, (2023)	Salsabila dan Abma, (2023)	Farhana (2023)
Judul	Evaluasi Penerapan <i>Building Information Modeling</i> (BIM) Pada Proyek Gedung Workshop Politeknik Pekerjaan Umum di Semarang	Perbandingan Perhitungan MC-0 Metode konvensional & BIM Terhadap Realisasi Pekerjaan	Perbandingan Realisasi Biaya Pelaksanaan Terhadap RAB berbasis BIM 5D Pada Pekerjaan Struktural Bangunan	Penyimpangan Volume Berbasis Bim 5d Dengan Realisasi Di Lapangan Proyek Konstruksi Beserta Faktor-Faktor Penyebabnya
Tujuan	Mengetahui kekuatan, kelemahan, serta faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi penerapan BIM pada proyek pembangunan Gedung workshop Politeknik Pekerjaan Umum	Untuk mengetahui metode yang paling akurat dalam perhitungan volume bata ringan untuk realisasi di lapangan	Untuk mengetahui berapa besar perbedaa atau perbandingan dari estimasi biaya dengan konsep BIM terhadap realisasi biaya pelaksanaan	Mengetahui perbedaan volume antara perencana berbasis BIM 5D dengan volume realisasi beserta faktor yang menjadi penyebab adanya perbedaan antara volume perencanaan berbasis BIM 5D dengan volume realisasi pada Pekerjaan Struktur Pondasi Proyek Pembangunan Tower Transmisi 500 kV di Kota XYZ.
Metode	Wawancara dan FGD (<i>Focus Group Discussion</i>)	Perbandingan metode antara metode BIM dengan metode konvensional terhadap realisasi lapangan	Metode dilakukan dengan membandingkan BIM 5D dengan RAB Proyek dan juga BIM 5D dengan biaya realisasi proyek	QTO BIM 5D dengan bantuan <i>software Revit</i> dan FGD (<i>Focus Group Discussion</i>)
Hasil	Penerapan BIM di Proyek tersebut berjalan dengan baik, meskipun menemui beberapa kendala seperti kurangnya sinergi antar elemen karena pemilik proyek belum sepenuhnya memahami BIM	Metode konvensional memiliki keakuratan yan lebih mendekati dengan realisasi di lapangan, dengan deviasi 442,507 m2	Hasil yang didapatkan RAB Proyek lebih besar 43% dibandingkan dengan BIM 5D dan juga biaya realisasi lebih besar 9% dibandingkan BIM 5D	

2.4 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, dilakukan perbandingan kesamaan dan perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut,

Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Saat Ini

No.	Penelitian Terdahulu	Kesamaan Dengan Penelitian Saat Ini	Perbedaan Dengan Penelitian Saat Ini
1	Qureshi, dkk (2019)	Membandingkan volume berbasis BIM dengan volume di lapangan	Perbedaan lokasi, Perbandingan dengan metode konvensional dan menggunakan tools BIM lebih dari satu, dan tidak mencari faktor-faktor penyebabnya
2	Mieslenna dan Wibowo (2019)	Kesamaan topik mengenai BIM	Perbedaan lokasi dan tidak melakukan komparasi
3	Farhana dan Abma (2022)	Kesamaan Topik BIM QTO	Perbedaan lokasi dan tidak melakukan perbandingan dengan volume di lapangan
4	Sarju, dkk (2022)	Kesamaan topik mengenai BIM	Perbedaan lokasi dan tidak melakukan komparasi
5	Wibowo, dkk (2022)	Melakukan Evaluasi Penerapan BIM	Perbedaan lokasi dan tidak melakukan evaluasi terhadap penyebab perbedaan volume
6	Dwianto dkk, (2023)	Membandingkan BIM 5D dengan realisasi di lapangan	Perbedaan lokasi dan melakukan perbandingan dengan metode konvensional
7	Salsabila dan Abma (2023)	Membandingkan BIM 5D dengan realisasi di lapangan	Perbedaan lokasi dan tidak melakukan evaluasi terhadap penyebab perbedaan volume

Dari perbandingan kesamaan dan perbedaan penelitian terdahulu dengan saat ini, maka dapat diketahui belum pernah ada yang melakukan penelitian saat ini yaitu penelitian terhadap penyimpangan volume perencanaan berbasis BIM 5D dengan volume MC-0 proyek konstruksi (Studi Kasus Pekerjaan Struktur Pondasi Proyek Pembangunan Tower Transmisi 500 kV di Kota XYZ).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek

Proyek merupakan sekumpulan aktivitas yang saling berhubungan dimana ada titik awal dan titik akhir serta hasil tertentu, proyek biasanya bersifat lintas fungsi organisasi sehingga membutuhkan bermacam keahlian (*skills*) dari berbagai profesi dan organisasi. Proyek merupakan kegiatan dalam mencapai tujuan tertentu dengan menggunakan sumber daya yang tersedia dan diselesaikan dalam waktu tertentu sesuai dengan kesepakatan tanpa mengabaikan sasaran dari proyek itu sendiri (Dipohusodo, 1996).

Proyek menurut Schwalbe (2002) dalam Dimiyati dan Nurjaman (2016) merupakan serangkaian aktivitas temporer atau sementara dalam usaha untuk mencapai tujuan yang unik, sehingga proyek memerlukan sumber daya yang bersifat *ad-hoc* dan lintas disiplin ilmu. Proyek membutuhkan sumber daya dari berbagai area atau bidang, yang meliputi manusia, *hardware*, *software*, dan aset lainnya yang bersifat sementara.

Proyek terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu proyek konstruksi, proyek manufaktur, proyek penelitian dan pengembangan, proyek kelayakan manajemen, dan proyek kapital. Pada penelitian studi kasus ini ada pada proyek konstruksi.

3.2 Proyek Konstruksi

3.2.1 Pengertian Proyek Konstruksi

Menurut *Peraturan Pemerintah Tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 Tentang Jasa Konstruksi* (2020) Pasal 1, Konstruksi adalah rangkaian kegiatan untuk mewujudkan, memelihara, menghancurkan bangunan yang sebagian dan/atau seluruhnya menyatu dengan tanah atau tempat kedudukannya menyatu dengan tanah. Pekerjaan Konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian kegiatan yang meliputi pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, pembongkaran, dan pembangunan kembali suatu bangunan.

Suatu kegiatan bisa dikategorikan sebagai proyek konstruksi jika memenuhi beberapa ciri sebagai berikut (J. Weiss, 1992):

1. Memiliki awal dan akhir kegiatan dari suatu rangkaian kegiatan.
2. Jangka waktu kegiatan terbatas.
3. Rangkaian kegiatan yang terjadi tidak berulang sehingga menghasilkan produk yang unik.
4. Memiliki tujuan yang spesifik, produk akhir atau hasil kerja akhir.

3.2.2 Tahapan Proyek Konstruksi

Menurut A.D Austen dan R.H Neale (1994) dalam Suyatno (2010), tahapan utama proyek konstruksi terdiri dari 5 tahap, yaitu :

5. Tahap briefing bertujuan memungkinkan klien menjelaskan fungsi proyek dan biaya yang diijinkan, sehingga para arsitek, insinyur, surveyor kuantitas dan anggota lain kelompok perancang dapat secara tepat menafsirkan keinginannya dan menafsirkan biaya. Yang harus dilakukan selama tahap briefing adalah :
 - a. Menyusun rencana kerja dan menunjuk para perancang dan ahli;
 - b. Mempertimbangkan kebutuhan pemakai, keadaan lokasi dan lapangan, merencanakan rancangan, taksiran biaya, persyaratan mutu;
 - c. Mempersiapkan : Program data departemen, program data ruangan, jadwal waktu, sketsa dengan skala 1 : 1000, 1 : 1500 atau 1 : 2000, yang menggambarkan denah dan batas-batas proyek, taksiran biaya dan implikasinya dan rencana pelaksanaan.
6. Tahap perencanaan dan perancangan bertujuan untuk melengkapi penjelasan proyek dan menentukan tata letak, rancangan, metode konstruksi dan taksiran biaya agar mendapat persetujuan yang perlu dari klien dan pihak berwenang yang terlibat. Kegiatan pada tahap ini meliputi :
 - a. Memeriksa masalah teknis
 - b. Meminta persetujuan dari klien

- c. Mempersiapkan rancangan sketsa/prarancangan, termasuk taksiran biaya, rancangan terinci, spesifikasi dan jadwal, daftar kuantitas, taksiran biaya akhir, program pelaksanaan pendahuluan, termasuk jadwal waktu.
7. Tahap pelelangan (tender) menunjuk kontraktor bangunan, atau sejumlah kontraktor yang akan melaksanakan konstruksi. Kegiatan pada tahap ini untuk mendapatkan penawaran dari para kontraktor untuk pembangunan gedung dan untuk menyerahkan kontrak. Dalam tahap ini klien terkait kuat pada sebagian besar pengeluaran proyek, jadi prosedur serta proses harus didefinisikan secara cermat dan ketat.
 8. Tahap konstruksi atau tahap pelaksanaan pembangunan bertujuan membangun bangunan dalam batasan biaya dan waktu yang telah disepakati, mutu yang telah disyaratkan. Kegiatan dalam tahap ini adalah : merencanakan, mengkoordinasi dan mengendalikan operasi lapangan.
Lebih lanjut, pada tahap pelaksanaan ini dapat dimulai setelah terbitnya surat perintah mulai kerja (SPMK) oleh PPK kemudian dikeluarkan Berita Acara Perhitungan Bersama (BAPB) atau *Mutual Check* 0% (MC-0). Menurut Dirjen PUPR (2019) MC-0 dilakukan untuk mengukur dan memeriksa detail kondisi lapangan antara lain gambar rencana dan volume sebagaimana tertuang dalam daftar kuantitas dan harga.
 9. Tahap persiapan penggunaan bertujuan menjamin agar bangunan yang telah selesai dibangun sesuai dokumen kontrak, dan semua fasilitas bekerja sebagaimana mestinya. Kegiatannya adalah :
 - a. Mempersiapkan catatan pelaksanaan
 - b. Meneliti bangunan dengan cermat dan memperbaiki kerusakan
 - c. Menguji sifat kedap air bangunan
 - d. Memulai menguji dan menyesuaikan semua fasilitas
 - e. Mempersiapkan petunjuk operasi serta pedoman pemeliharaan
 - f. Melatih staf

3.2.3 Jenis – Jenis Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua jenis kelompok bangunan, yaitu (Ervianto, 2005):

1. Bangunan gedung: rumah, kantor, pabrik, apartemen, dan lain-lain. Ciri-ciri kelompok bangunan ini adalah:
 - a. Proyek konstruksi menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal.
 - b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang relatif sempit dan kondisi pondasi pada umumnya sudah diketahui.
 - c. Manajemen dibutuhkan, terutama untuk progressing pekerjaan.
2. Bangunan sipil: jalan, jembatan, bendungan, tower transmisi, dan infrastruktur lainnya. Ciri-ciri dari kelompok bangunan ini adalah:
 - a. Proyek konstruksi dilaksanakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi kepentingan manusia.
 - b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang luas atau panjang dan kondisi pondasi sangat berbeda satu sama lain dalam suatu proyek.
 - c. Manajemen dibutuhkan untuk memecahkan permasalahan.

3.3 Manajemen proyek

Manajemen proyek menurut Husen (2011) yaitu suatu penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu, serta keselamatan. Lebih lanjut manajemen proyek Menurut H. Kerzner dan H.J. Thanhain (1986) dalam Dimiyati dan Nurjaman (2016) adalah merencanakan, menyusun organisasi, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Tujuan dari manajemen proyek yaitu untuk mengelola fungsi-fungsi manajemen sedemikian rupa yang akan memperoleh hasil optimum sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan serta penggunaan sumber daya dengan seefektif dan seefisien mungkin. Selain itu, tujuan manajemen menurut Belferik dkk, (2023) adalah sebagai berikut.

1. Mengelola risiko yang mungkin terjadi, risiko bisa berupa perubahan lingkungan dan kebijakan pemerintah.
2. Memaksimalkan potensi tim, bahwa setiap anggota tim memiliki peran yang jelas dan tanggung jawab
3. Menciptakan perencanaan yang tepat guna membantu memastikan bahwa proyek berjalan sesuai rencan dan dapat diselesaikan tepat waktu.

3.4 Manajemen Konstruksi

Manajemen konstruksi menurut Wismanto (2022) dalam KNS dkk. (2023) adalah dilakukannya suatu usaha dnegan proses manajemen yaitu perencanaan, pelakasanaan, dan pengendalian terhadap seluruh kegiatan proyek dari awal sampai akhir dengan mengalokasikan sumber-sumber daya secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu hasil yang memuaskan sesuai sasaran yang diinginkan.

3.5 Pelaksana Proyek Konstruksi

Pelaksana adalah perorangan atau badan hukum, swasta atau pemerintah yang melaksanakan suatu proyek yang diperoleh suatu pelelangan, penunjukan langsung atau pengadaan langsung. Hubungan antara kontraktor pelaksana dengan konsultan pengawas yaitu pengawas mengawasi pekerjaan kontraktor sesuai atau tidak dengan bestek.

Tujuan dan tanggung jawab pelaksana adalah sebagai berikut:

1. Melaksanakan sarana penunjang bagi kelancaran pekerjaan;
2. Mempersiapkan bahan yang berkualitas dan memenuhi persyaratan bestek;
3. Mengadakan tenaga kerja yang berpengalaman serta peralatan yang diperlukan;
4. Melaksanakan pekerjaan sesuai dengan gambar bestek dan peraturan yang tercantum dalam RKS;
5. Menyelesaikan dan menyerahkan pekerjaan tepat pada waktu yang telah ditentukan dalam perjanjian/kontrak;

6. Mengadakan pemeliharaan selama proyek tersebut masih dalam tanggung jawabnya;
7. Bertanggung jawab terhadap fisik bangunan selama dalam masa pemeliharaan.

Dalam manajemen proyek tidak menutup kemungkinan terjadi kesalahan berupa ketidaktepatan dan atau ketidakpastian dalam pengestimasiannya, data dan informasi proyek kurang lengkap. Untuk meminimalisasi kesalahan dalam manajemen proyek, maka antar unsur pelaksana atau *stakeholder* dapat melakukan koordinasi dan kolaborasi menggunakan konsep *BIM*.

3.6 Mutual Check 0% (MC 0)

Dalam pelaksanaan pekerjaan sebelum proyek dilaksanakan maka akan ada segala tertib urutan pekerjaan dilakukan. Sebelum pekerjaan utama dilapangan dimulai maka secara administrasi dan pelaporan setiap perangkat komponen pelaksanaan pekerjaan akan duduk bersama untuk rapat yang disebut dengan rapat PCM (*PreConstruction Meeting*). Didalam rapat ini dibahas bagaimana kondisi real lapangan situasi lingkungan potensi kendala yang akan dihadapi dan juga langkah-langkah real pelaksanaan pekerjaan agar mencapai target yang sudah direncanakan.

Pelaksana pekerjaan atau Kontraktor akan memulai memasuki lapangan pekerjaan setelah berita acara serah terima lapangan dikeluarkan. Dengan surat tersebut pelaksana memulai aktifitas di lokasi pekerjaan dengan membersihkan lokasi dan juga penempatan barak atau bedeng kerja dan pengesetan struktur lapangan kerja. Sebelum Pelaksana pekerjaan atau kontraktor memulai melaksanakan pekerjaan utama maka pelaksana akan menghitung ulang terhadap item pekerjaan dan volume real kondisi lapangan. Perhitungan tersebut disebut *Mutual Check Awal (MC – 0)* (KNS dll., 2023).

Mutual check awal atau disebut MC-0 adalah kegiatan penghitungan kembali *volume item* pekerjaan dan disesuaikan antara gambar rencana dengan kondisi lahan eksisting, sehingga mendapatkan volume aktual sesuai dengan kondisi real pekerjaan. Hasil daripada perhitungan tersebut, baik ada kelebihan volume atau kekurangan volume akan dituangkan dalam sebuah laporan kerja yang dinamakan

laporan *Mutual Check* Awal (MC-0). Laporan MC-0 dilengkapi dengan Berita Acara Pemeriksaan Lapangan Bersama (BAPB MC 0%), Berita Acara Serah Terima Lapangan (BA MC 0%), *Schedule*, Dan Rekap MC 0%. Tujuan daripada melakukan MC-0 adalah untuk menghitung ulang seluruh komponen pekerjaan agar didapatkan volume pekerjaan yang real serta aktual sehingga potensi kekurangan volume dan kelebihan volume dapat dihindarkan.

Menurut (Fachrurozi, n.d.) Didalam Komponen MC-0 terdapat satu item yang sangat penting dan menjadi dasar adalah *Back Up Data (Back Up Volume Real)*. *Back up data* adalah proses penghitungan kembali terhadap item pekerjaan dalam BOQ (*Bill Of Quantity*) dan perhitungan dilakukan dengan menyesuaikan kondisi real dilapangan. Setelah *back up data* dilakukan kemungkinan dapat terjadi selisih perbedaaan volume antara BoQ dan *back up data*. Bilamana terdapat perbedaan atau selisih antara BoQ dengan *back up data*, akan terjadi CCO (*Contract Change Order*). *Contract change order (CCO)* adalah persetujuan tertulis untuk mengubah dokumen kontrak yang berisikan modifikasi, penambahan, atau memberi alternatif lain pada pekerjaan.

Menurut KNS dkk. (2023) MC-0 adalah melakukan pemeriksaan bersama yang dilaksanakan dengan cara melakukan pengukuran dan pemeriksaan detail kondisi lapangan, mencakup:

1. Pemeriksaan terhadap desain awal dilakukan untuk menilai kesesuaian desain dengan kondisi lapangan, desain awal yang dimaksud adalah gambar yang telah dibuat oleh DEDC yaitu gambar DED yang memiliki format CAD;
2. Jika diperlukan penyesuaian terhadap desain, maka dilakukan *review design*; dan
3. Penyesuaian terhadap kuantitas (volume) awal berdasarkan *review design* yang dilakukan.

3.7 BIM (*Building Information Modelling*)

BIM menurut Kusumartono, dkk (2018) adalah representasi dari karkter fisik dan karakter fungsional dari suatu bangunan atau bisa disebut dengan obyek BIM. Karena itu, di dalam obyek tersebut terkandung semua informasi mengenai elemen-

elemen bangunan yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan tersebut.

3.7.1 Manfaat penggunaan BIM

BIM PUPR (2018) menyebutkan manfaat dari penerapan BIM, antara lain yaitu:

1. Mampu memodelkan bangunan/infrastruktur dalam bentuk 3D;
2. Kolaborasi perencanaan dan desain;
3. Mendeteksi bentrok antar elemen struktur (*pre-clash detection*);
4. Mengkalkulasi volume pekerjaan (*quantity take-off*);
5. Mensimulasikan pelaksanaan konstruksi; dan
6. Mampu memitigasi potensi kegagalan bangunan (*mitigating construction failure*).

3.7.2 Dimensi BIM

Sebagai suatu alir kerja, *BIM* memiliki tahapan (dimensi) yang merepresentasikan tingkat implementasi/*maturity level* terhadap proses konstruksi. menurut Kementerian PUPR (2018c) Secara umum terdapat 5 dimensi dengan penjelasan sebagai berikut.

1. *3D/Parametric Data for Collaborative Work*

BIM 3D membantu pihak terkait proyek untuk mengelola kolaborasi multidisiplin secara lebih efektif dalam memodelkan dan menganalisis masalah spesial dan komunikasi maksud desain, meningkatkan multidisiplin dan mengurangi pengerjaan ulang karena kesalahan komunikasi pada tahap desain. Ada beberapa aspek yang ada pada dimensi ini di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. *3D building data and information*
- b. *Data prefabrication BIM*
- c. *Existing model data*
- d. *Reinforcement and structure analysis*
- e. *Field layout and civil data*

2. 4D/Scheduling

BIM 4D memungkinkan untuk mengekstraksi dan memvisualisasikan *progress* kegiatan selama masa proyek sehingga dari pembuatan hingga pengawasan jadwal pekerjaan menjadi lebih optimal. Ada beberapa aspek yang ada pada dimensi ini di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. *Project schedule and phasing*
- b. *Just in time schedule*
- c. *Installation schedule*
- d. *Payment visul approval*
- e. *Last planner schedule*
- f. *Critical Point*

3. 5D/Estimating

BIM 5D digunakan untuk pelacakan anggaran dan kegiatan biaya terkait proyek. 5D dilakukan bersamaan dengan 3D dan 4D yang memungkinkan pihak terkait proyek untuk memvisualisasikan data kemajuan kegiatan mereka dan biaya dari waktu ke waktu. Ada beberapa aspek yang ada pada dimensi ini di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. *Conceptual cost planning*
- b. *Quantity extraction to cost estimation*
- c. *Trade verification*
- d. *Value engineering*
- e. *Prefabrication*

4. 6D/Susstainabilty

BIM 6D mengintegrasikan perancangan dengan analisis performa bangunan yang fokus pada keberlanjutan dan konsep ramah lingkungan. Ada beberapa aspek yang ada pada dimensi ini di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. *Energy analysis*
- b. *Green building element*
- c. *Green building certification tracking*
- d. *Green building point tracking*

5. 7D/*Building Management*

BIM 7D memungkinkan pihak terkait manajemen bangunan untuk mengetahui dan melacak data aset yang relevan seperti status komponen, spesifikasi, manual pemeliharaan/operasi, data garansi dan lain sebagainya dengan lebih detail serta relevan terhadap kondisi bangunan. Ada beberapa aspek yang ada pada dimensi ini di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. *Building life cycles*
- b. *BIM as built data*
- c. *BIM cost operation and maintenance*
- d. *BIM digital lend lease planning*

3.7.3 *Level Of Development (LOD)*

Dalam dunia BIM (*Building Information Modeling*), *Level of Development* (LoD) merujuk pada tingkat detail dan keandalan informasi yang disajikan dalam model BIM. LoD bertindak sebagai panduan untuk memahami sejauh mana elemen model telah dikembangkan, mulai dari representasi geometris dasar hingga detail teknis yang lebih rinci dan data terkait. *Level of Development (LoD)* merupakan kerangka kerja yang memungkinkan para pemangku kepentingan dalam proyek konstruksi untuk memiliki pemahaman yang jelas tentang tingkat detail dan informasi yang ada dalam model BIM di berbagai tahapan proyek. Dengan menggunakan LoD, tim proyek dapat memastikan bahwa informasi yang tepat disajikan pada waktu yang tepat, meminimalkan ketidaksesuaian dan meningkatkan efisiensi (Latiffi dkk., 2015).



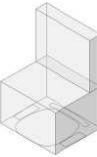


Konsep LOD diperkenalkan di BIM untuk memungkinkan pelaku konstruksi di industri *Architecture, Engineering and Construction (AEC)* untuk menentukan dan mengartikulasikan dengan kejelasan yang tinggi serta keandalan model 3D di berbagai tahap. LOD dikaitkan dengan *Level of Detail*. *Level of Detail* adalah jumlah *detail* yang termasuk dalam elemen model bangunan.

Di sisi lain, LOD adalah sejauh mana geometri elemen dan informasi terkait mengenai komponen telah dipikirkan oleh pelaku konstruksi saat menggunakan model. Artinya LOD adalah sejauh mana anggota tim proyek dapat mengandalkan

informasi saat menggunakan model. Intinya, *Level of Detail* merupakan masukan terhadap elemen, sedangkan LOD mendefinisikan keluaran yang dapat diandalkan.

LOD digunakan untuk mencakup beberapa permasalahan yang terjadi pada tahap desain. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan interpretasi yang berakibat terjadinya kesalahan ketepatan suatu elemen yang akan dimodelkan. Selain itu, hal ini memungkinkan pengguna model untuk menentukan penggunaan model bangunan, serta memungkinkan pelaku konstruksi memahami dengan jelas kegunaan dan keterbatasan model bangunan yang diterima.

Ada lima level LOD, yang terdiri dari LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 dan LOD 500. Level-level ini mencakup mulai dari konseptual hingga manajemen fasilitas. Informasi masing-masing karakteristik LOD ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut.

LEVEL of DEVELOPMENT				
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Concept (Presentation)	Design Development	Documentation	Construction	Facilities Management
DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: DEPTH: HEIGHT: MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 100	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 200	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 300	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 400	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra PURCHASE DATE: 01/02/2013

Gambar 3. 1 The Level of Development (LOD)

(sumber: *Journal of Building Information Modeling (BIM): Exploring Level of Development (LOD) in Construction Projects*)

Berdasarkan Gambar 3.3, setiap level mewakili persyaratan konten tertentu, penggunaan model yang diizinkan, serta tujuan spesifik model. LOD 100 adalah level konseptual . Elemen model direpresentasikan secara grafis berupa simbol. Informasi dalam LOD 100 tidak banyak dan biasanya digunakan untuk pra-perencanaan proyek, studi kelayakan dan estimasi biaya dasar . Dari pengembangan LOD 100 dapat diperoleh informasi lain untuk LOD 200 seperti lebar, kedalaman, tinggi serta produsen produk.

LOD 200 merupakan pengembangan desain suatu produk . Elemen model bangunan di LOD 200 direpresentasikan sebagai sistem generik, objek dengan kuantitas, ukuran, bentuk, lokasi, serta orientasi produk yang akurat . Pada level ini analisis kinerja dapat dilakukan untuk menentukan elemen model bangunan mana yang akan digunakan . Level LOD berikutnya adalah LOD 300 dimana hal ini terdapat pada dokumentasi suatu produk. Selain itu, LOD 300 juga berisi informasi nongrafis seperti estimasi dan penjadwalan. Selain itu, LOD 300 lebih tepat dalam hal kuantitas, ukuran, bentuk, lokasi serta orientasi seperti yang ditentukan oleh klien. Rincian spesifik mengenai aspek kinerja komponen dapat ditambahkan dengan informasi yang diperlukan yang ditentukan oleh klien untuk mengembangkan dokumen konstruksi. Dari LOD 300 dapat dikembangkan informasi detail untuk LOD 400 yang merupakan fabrikasi elemen.

LOD 400 kompatibel dengan konstruksi produk dan lebih cocok untuk perakit dan kontraktor. Hal ini dikarenakan elemen model pada LOD 400 direpresentasikan sebagai sistem dan objek spesifik yang berisi detail informasi orientasi, fabrikasi dan instalasi. Terakhir, LOD 500 direpresentasikan sebagai model bawaan yang berisi informasi yang diperlukan dalam manajemen fasilitas. LOD 500 dapat dianggap sebagai representasi digital yang sepenuhnya akurat dari produk manufaktur.

Dengan kemajuan teknologi dan kemampuan untuk mengumpulkan serta menganalisis data dalam jumlah besar (Big Data), LoD dapat diperkaya dengan informasi tambahan yang diperoleh dari sumber-sumber data lainnya. Hal ini memungkinkan model BIM untuk tidak hanya mencakup informasi desain dan konstruksi, tetapi juga informasi operasional, pemeliharaan, dan lainnya yang relevan untuk siklus hidup bangunan. Dalam industri konstruksi modern, integrasi antara *Level of Development (LoD)*, *Building Information Modeling (BIM)*, dan *Big Data* menjadi semakin penting. Dengan menggabungkan ketiga elemen ini, industri konstruksi memiliki potensi untuk mencapai tingkat efisiensi, akurasi, dan kolaborasi yang belum pernah terjadi sebelumnya.

Integrasi antara LoD, BIM, dan Big Data memungkinkan informasi dari berbagai sumber dan dalam berbagai format untuk dikombinasikan dalam satu

platform. Ini memastikan bahwa semua *stake holder* memiliki akses ke informasi yang sama, diperbarui secara *real-time*, dan dapat diandalkan. Dengan *Level of Development*, tim proyek dapat memahami sejauh mana informasi dalam model BIM telah dikembangkan. Ini memberikan kerangka kerja untuk mengetahui kapan dan bagaimana mengintegrasikan data dari sumber lain, termasuk *Big Data*.

3.7.4 Level BIM

Terdapat berbagai definisi tentang tingkat atau level penerapan BIM pada suatu proyek. Secara umum, pendefinisian level penerapan BIM dikelompokkan dalam empat tingkatan, dimulai dari level 0 (nol) hingga level 3 (tiga). Beberapa negara seperti Inggris dan Singapore telah menyaratkan penggunaan BIM level 2 pada proyek infrastruktur. Berikut adalah definisi dari tiap tingkatan BIM menurut (KNS dkk., 2023):

1. Level 0 BIM
 - a. Tidak ada kolaborasi
 - b. 2D CAD untuk penggambaran dan dokumentasi (*drafting*)
2. Level 1 BIM
 - a. Pekerjaan desain konseptual dengan 3D model, gambar – gambar 2D CAD digunakan untuk dokumentasi, perijinan dan informasi konstruksi.
 - b. Terdapat standar CAD dan informasi yang dikolaborasikan dalam bentuk elektronik.
 - c. Setiap disiplin, pelaku memiliki standar sendiri-sendiri.
3. Level 2 BIM
 - a. Bekerja secara kolaborasi. Semua pelaku bekerja dengan sistem dan lingkungan sendiri namun model atau obyek dikolaborasikan.
 - b. Informasi dipertukarkan dengan protokol dan format yang disetujui IFC (*Industry Foundation Class*)
4. Level 3 BIM
 - a. Kolaborasi penuh antar semua disiplin dan pelaku menggunakan satu objek (*shared object*). Semua pelaku dapat mengerjakan dan memodifikasi objek yang sama.

- b. Dinamakan sebagai *open BIM*.

3.7.5 Peran Dalam Organisasi Proyek Berbasis BIM

Proyek berbasis BIM memiliki organisasi dan perannya masing-masing. Berikut peran serta tanggung jawab dalam organisasi proyek menurut Kusumartono, dkk ((2018).

1. *Project BIM Manager*

Peran dari *project BIM manager* adalah *set-up* dan mengelola standar BIM di *project*, mengidentifikasi kebutuhan *hardware* dan software BIM, dan mengembangkan program pelatihan BIM. *Project BIM manger* terdiri dari manajer konstruksi BIM dan Manajer Desain BIM. Tugas dari *project BIM Manager* memfasilitasi definisi dan implementasi dari:

- a. *BIM Execution Plan*
- b. Tujuan dan Penggunaan BIM
- c. Matrix Tanggung Jawab (*Responsibility Matrix*)
- d. *BIM Deliverables*
- e. *Jadwal Delivery*
- f. Kontrol Kualitas Pemodelan BIM
- g. Koordinasi BIM

2. *BIM specialist/ BIM Coordinator/ BIM Lead*

Peran dari *BIM specialist/ BIM Coordinator/ BIM Lead* adalah sebagai tokoh kunci BIM yang telah memiliki sertifikasi pelatihan BIM, memberikan *mentoring* kepada TIM BIM untuk pelaksanaan proyek berbasis BIM, merekam, mengkonsolidasikan *lesson-learned* untuk dijadikan bahan pembelajaran, dan melakukan eksperimen dan mengevaluasi teknologi dan proses baru berkaitan dengan BIM.

- a. *BIM Coordinator* untuk konsultan

Pada tahap desain dan konstruksi:

- 1) Merumuskan dan dokumentasinya
- 2) Mendefinisikan penggunaan BIM spesifik untuk disiplin tertentu dan analisisnya

- 3) Koordinasi antar pemodel BIM/BIM *Modeller*, konsultan desain dan kontraktor
 - 4) Koordinasi dengan kontraktor dan sub kontraktor
 - 5) Memastikan kontrol kualitas atas proses pemodelan
- b. BIM *Coordinator* untuk Kontraktor

Pada tahap konstruksi:

- 1) Koordinasi dengan konsultan perencana dan sub-kontraktor
- 2) Mempelajari dokumen tender
- 3) Melakukan review atas model desai BIM, model fabrikasi dan gambar-gambar
- 4) Menggunakan BIM untuk koordianasi, *sequencing* dan konstruktabilitas pelaksanaan konstruksi
- 5) Membuat model konstruksi dan *as-built*
- 6) Memastikan konstrol kualitas atas proses pemodelan.

Peran dan tanggung jawab dalam proyek berbasis BIM menurut Wenman dkk, (2015) terbagi menjadi tiga berdasarkan fungsi utama dari setiap proses, sebagai berikut.

1. *Strategic (BIM Management)*

Peran dalam fungsi dari *strategic* ada di dalam suatu perusahaan yang bukan berfokus pada proyek tertentu akan tetapi, fungsi ini berdampak pada setiap proyek yang ada di perusahaan tesebut. Dalam proyek berbasis BIM, peran ini adalah BIM *Management*. BIM *Management* berperan penting dalam mencapai: visi, menarik *stakeholder* pihak luar / mitra kerja, berkerjasama dengan mitra dan tim *internal*.

Dalam fungsi *strategic* ini seorang *BIM Manager* memiliki tanggung jawab sebagai berikut.

- a. *Corporate BIM objective*
- b. *Best practice / research*
- c. *Creating processes and workflows*
- d. *Creating standrads and protocols*
- e. *Implementation*

f. *Training strategy*

2. *Management (BIM Coordination)*

Peran dalam fungsi dari *management* hanya dilakukan khusus untuk proyek dan BIM. Setiap proyek membutuhkan peran dari *BIM coordination* dalam membantu menyiapkan proyek, mengaudit model dan berkoordinasi dengan semua rekan kerja. Dalam fungsi *management* ini seorang *BIM Coordination* memiliki tanggung jawab sebagai berikut.

- a. *In-house ownership of the Project BIM Execution Plan*
- b. *Performing regular audits of the project information and project-specific model philosophies*
- c. *Represent the team at interdisciplinary model co-ordination meetings*
- d. *Management and quality control of the content creation and dissemination process*

3. *Production (BIM Modeller/Author)*

Peran dalam fungsi dari produksi bersifat spesifik proyek. Pengalaman BIM tidak penting untuk menghasilkan model tapi keterampilan teknologi. Oleh karena itu, semua staf di level ini harus memiliki yang sesuai keterampilan teknologi. Dalam fungsi *productin* ini seorang *BIM Modeller* memiliki tanggung jawab sebagai berikut.

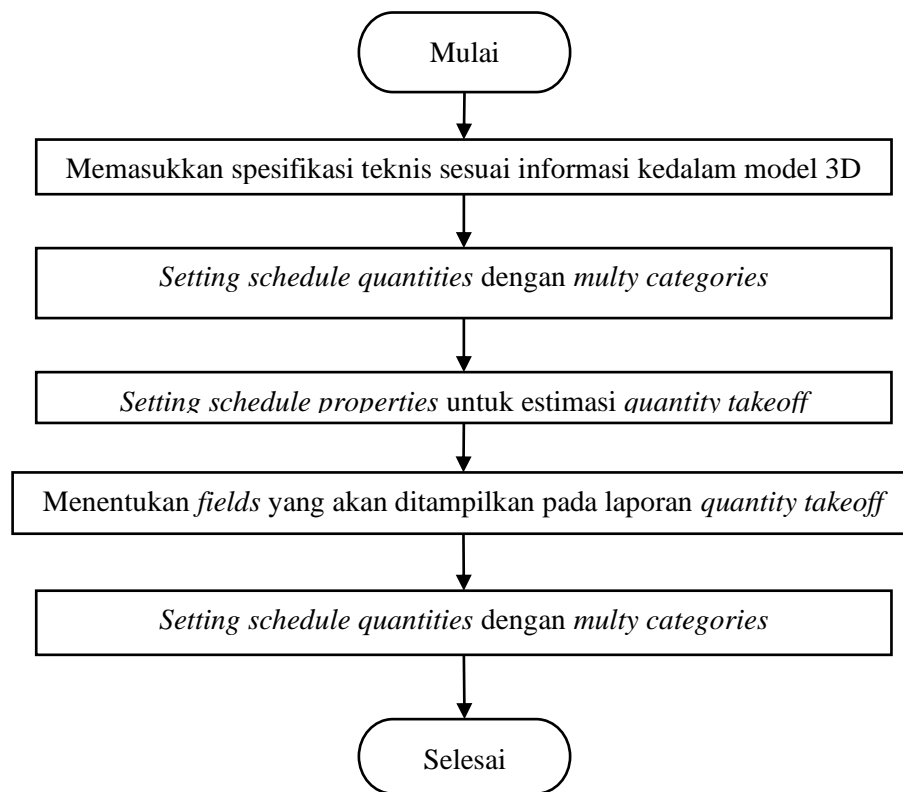
- a. *Content creation*
- b. *Modelling*
- c. *Drawing production*

3.7.6 Tools BIM Autodesk Revit 2018

BIM menggunakan *software* atau biasa disebut dengan *tools BIM* dan proses secara digital mengembangkan data bangunan dengan cara yang kolaboratif dan integratif (Rumane, 2017). *Tools BIM* yang digunakan pada penelitian ini adalah *software Revit*, sesuai dengan data yang diperoleh dari proyek menggunakan *software Revit*. *Software Autodesk Revit* adalah salah satu dari banyak alat yang dapat digunakan untuk membantu dalam proses seperti komunikasi, koordinasi serta

kolaboratif antar pemangku kepentingan proyek pada suatu pekerjaan proyek (Kirby dkk, 2018).

Dalam penelitian ini *software Revit* digunakan untuk melakukan volume *quantity takeoff*. Langkah-langkah memasukan spesifikasi material kedalam model 3D dan analisis untuk keperluan *quantity takeoff* menggunakan *software Revit* dapat dilihat sesuai dengan Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3. 2 Flowchart Quantity Takeoff

Sumber: Apriansyah (2019)

3.8 Literature Review

Narrative review adalah jenis tinjauan yang berguna dalam mengumpulkan sejumlah literatur dalam bidang subjek tertentu dan mensintesisnya. Tujuan dari *narrative review* adalah untuk memberikan pembaca latar belakang yang komprehensif, mengidentifikasi dan menggambarkan suatu masalah yang diminati saat ini, dan memahami pengetahuan atau menyoroti pentingnya penelitian baru tersebut (Demiris dkk,2019). Langkah-langkah dalam melakukan ulasan naratif

yaitu melakukan pencarian, mengidentifikasi kata kunci, meninjau isi abstrak dan artikel, serta meringkas dan mensintesis temuan dari artikel dan mengintegrasikannya ke dalam tulisan (Demiris dkk., 2019).

Ford (2020) dalam Fani dan Rukmana (2022) menjelaskan bahwa *narrative review* merupakan jenis penelitian kualitatif dimana fokus mendeskripsikan kehidupan manusia dengan meniti pengalaman, wawancara, biografi, fotografi, dan metode narrative pada pengalaman-pengalaman manusia lainnya. Selain itu, jenis *narrative review* adalah studi untuk mengevaluasi publikasi yang mendukung penelitian dalam ilmu *Library and Information Science* (LIS).

3.9 Forum Group Discussion (FGD)

Bugin (2012) menyatakan bahwa *focus group discussion* (FGD) adalah suatu proses pengumpulan data yang dimaksudkan untuk memperoleh data dan informasi dari suatu kelompok berdasarkan hasil diskusi yang terpusat pada suatu permasalahan tertentu. Diskusi kelompok terpusat merupakan pengumpulan berbagai informasi dan pemecahan masalah melalui beberapa pendapat peserta diskusi dari berbagai pengalaman sosial dan interaksi antar peserta diskusi yang diatur dan diarahkan oleh moderator. Setiap peserta diskusi mengemukakan pendapatnya sesuai dengan pengetahuan dan pengalaman masing-masing peserta diskusi yang ada kaitannya dengan topik yang dibahas. Melalui FGD inilah dapat mengetahui sejauhmana tingkat pemahaman dan penguasaan peserta diskusi terhadap materi yang dibahas. Bisjoe (2018:18) menyatakan bahwa “FGD sebagai suatu proses pengumpulan data dan informasi kualitatif dengan cara sistematis mengenai suatu masalah yang dilakukan melalui diskusi kelompok”.

FGD mengandung tiga kata kunci yaitu diskusi, kelompok, dan terfokus/terarah/terpusat (Siregar, 2018). Saat diskusi, materi yang akan didiskusikan yaitu permasalahan yang sedang dihadapi, akan difokuskan dalam bentuk pertanyaan, tugas, dan pendapat yang harus disampaikan oleh peserta (Elfi, 2017). Dalam kegiatan diskusi tersebut para pakar atau ahli dapat membagi pengalaman. Carey (1994) menjelaskan bahwa informasi atau data yang diperoleh melalui FGD lebih kaya atau lebih informatif dibanding dengan data yang diperoleh

dengan metode-metode pengumpulan data lainnya. Hal ini dimungkinkan karena partisipasi individu dalam memberikan data dapat meningkat jika mereka berada dalam suatu kelompok diskusi.

3.10 Tower Saluran Transmisi

3.9.1 Pengertian Tower Transmisi

Menurut *Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 15/M-IND/PER/3/2016 Tentang Standar Spesifikasi Dan Standar Harga Tower Transmisi Dan Konduktor Produk Dalam Negeri Dalam Rangka Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan*, (2016) Pasal 1 Tower Transmisi adalah struktur tower rangka baja yang digunakan untuk mendukung proses transmisi tenaga listrik tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi. Saluran Transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari generator station/ pembangkit listrik sampai distributor station hingga sampai konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik di transmisikan oleh suatu bahan konduktor. Berdasarkan sistem transmisi dan kapasitas tegangan yang disalurkan terdiri:

1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 30kV-150kV
2. Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 30kV-150kV
3. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTET) 200kV-500kV
4. Saluran Udara Tegangan Ultra Tinggi (SUTUT) >500kV

3.9.2 Konstruksi Tower Transmisi

Secara garis besar konstruksi tower transmisi terbagi menjadi tiga bagian antara lain struktur bagian bawah, struktur bagian tengah, dan struktur bagian atas. Penjelasan ketiga struktur tersebut sebagai berikut.

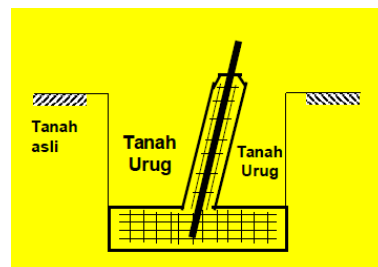
1. Struktur bagian bawah

Struktur bagian bawah pada tower transmisi terdiri atas pondasi, patok batas tanah, as tower, dan pembumian. Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi

bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dan menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban – beban berguna dan gaya – gaya luar ,seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain – lain, dan tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat ataupun penurunan pondasi yang merata lebih dari batas tertentu (Gunawan, 1991). Pondasi tower terdiri dari beberapa jenis tergantung kepada kondisi tanah tempat tapak tower berada. Jenis – jenis pondasi tower sebagai berikut.

a. *Normal Foundation*

Pondasi tipe normal dipergunakan untuk tanah yang masuk kategori normal dimana tanah memiliki daya dukung yang cukup untuk menerima beban dari jenis tower yang dipasang.

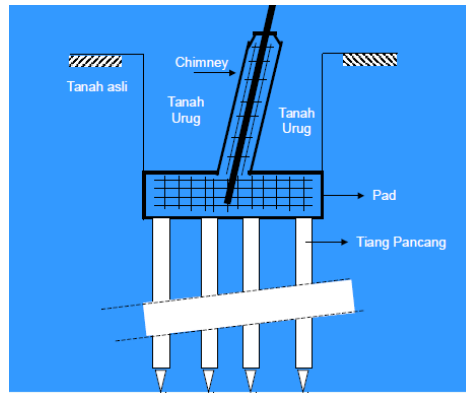


Gambar 3. 3 Normal Foundation

Sumber : PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan (2021)

b. Pondasi tipe pancang / bor

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam (Bowles, 1991).



Gambar 3. 4 Pondasi Pancang

Sumber : PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan (2021)

Chimney merupakan *isolated column footing* dengan beberapa bentuk antara lain berbentuk kolom lingkaran (*circular*), berbentuk persegi (*square*), serta *truncated cone* dan *truncated pyramid*. *Pad* merupakan dasar (*base pad*) dengan beberapa bentuk seperti lingkaran (*circular*), persegi panjang (*square*), dan segi empat (*rectangular*). Bentuk daripada tepi *pad* ada yang bertepi tegak (*vertical pad*) dan ada yang berbentuk miring (*undercut*).

2. Struktur bagian tengah

Struktur tower bagian tengah terdiri atas tower dan *pole*. Tower adalah konstruksi besi siku dengan syarat-syarat yang dapat memikul beban konduktor yang cukup berat sesuai dengan konduktor yang akan dipergunakan.

Jenis-jenis tower:

- a. Piramid Tower
- b. Portal Tower
- c. Guyed tower dimana tower tersebut hanya diperkuat dengan kawat skur

Pole berfungsi sebagai penopang dari palang dan insulator. *Pole* terbuat dari beton kuat berpampang bulat

3. Struktur bagian atas

Struktur bagian atas tower terdiri dari konduktor, kawat *Ground Steel Wire* (GSW) dan *insulation*. Pada tiang SUTT / SUTET yang berlokasi di daerah petir

tinggi biasanya dipasang konduktor penghubung. Konduktor penghubung ini berfungsi sebagai media berjalannya surja petir dengan nilai induktansi yang lebih rendah dari pada induktansi tower agar arus petir yang menyambar kawat maupun tower SUTT / SUTET dapat langsung disalurkan ke tanah. Kawat GSW / OPGW adalah media untuk melindungi konduktor fasa dari sambaran petir. Kawat ini dipasang di atas konduktor fasa dengan sudut perlindungan yang sekecil mungkin, dengan anggapan petir menyambar dari atas konduktor. Namun, jika petir menyambar dari samping maka dapat mengakibatkan konduktor fasa tersambar dan dapat mengakibatkan terjadinya gangguan. *Insulation* berfungsi untuk mengisolasi bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan / *ground*, baik saat *normal continous operation* dan saat terjadi surja (termasuk petir) didalam saluran transmisi.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metodologi menurut Safi (2001) dalam Rahmadi (2011) adalah bidang penelitian ilmiah yang berhubungan dengan pembahasan tentang metode-metode yang digunakan dalam mengkaji ilmu-ilmu alam dan manusia. Penelitian menurut Margono (1997) dalam Rahmadi (2011) adalah semua kegiatan penyelidikan dan pencarian secara alamiah dalam suatu bidang tertentu untuk mendapatkan fakta-fakta atau prinsip-prinsip baru yang bertujuan untuk mendapatkan pengertian baru. Berdasarkan pengertian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa metodologi penelitian adalah metode-metode atau cara-cara yang sistematis dalam suatu kegiatan penyelidikan yang bertujuan untuk mendapatkan pengertian terbaru.

4.2 Jenis dan Sifat Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif. Penelitian kualitatif deskriptif menurut Sugiyono (2008) adalah metode penelitian yang digunakan untuk meneliti kondisi objektif yang alamiah dengan berlandaskan pada filsafat *postpositivisme* dimana peneliti berperan sebagai instrument kunci. Metode kualitatif diperuntukkan untuk mendapatkan data yang mendalam yaitu suatu data yang mengandung makna, dalam artian metode kualitatif menyajikan secara langsung hakikat hubungan antar peneliti dan informan, objek dan subjek penelitian Sugiyono (2012). Oleh karena itu, untuk mendapatkan analisis penelitian kualitatif yang tajam, sangat dipengaruhi oleh kekuatan kata-kata dan kalimat yang digunakan dalam laporannya.

4.3 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini mengambil studi kasus pada Proyek Pembangunan Tower Transmisi di kota XYZ.

4.4 Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian menurut Arikunto (2010) adalah sebuah batasan penelitian dimana peneliti bisa menentukannya dengan benda, hal atau orang untuk melekatnya variable penelitian. Subjek penelitian pada penelitian ini adalah perbandingan volume berbasis BIM 5D dengan volume MC-0 menggunakan metode komparasi.

Objek penelitian menurut Supriyati (2015) adalah variable yang diteliti oleh peneliti di tempat penelitian yang dilakukan. Objek pada penelitian ini adalah pekerjaan struktur pondasi Proyek Pembangunan Tower Transmisi 500 kV di Kota XYZ.

4.5 Data dan Metode Pengumpulan Data

Data menurut idrus (2009) dalam Rahmadi (2011) adalah segala keterangan/informasi mengenai suatu hal yang berkaitan dengan tujuan penelitian, data yang dimaksud bisa berupa angka maupun fakta. Lebih lanjut pengertian data menurut (Riduwan, 2007) ialah bahan mentah yang perlu diolah sehingga menghasilkan informasi atau keterangan, baik kualitatif maupun kuantitatif yang menunjukkan fakta. Data-data tersebut didapat dari berbagai sumber dan metode pengambilan yang beragam.

4.5.1 Sumber data

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan sekunder sebagai berikut.

1. Data primer menurut Amirin (1995) dalam Rahmadi (2011) adalah data yang diperoleh dari sumber-sumber primer atau sumber asli atau sumber pertama yang memuat informasi atau data penelitian. Data primer pada penelitian ini adalah faktor-faktor penyebab adanya perbedaan volume yang diperoleh dengan FGD (*Focus Group Discussion*). Adapun FGD dilakukan kepada tiga narasumber yang bekerja di proyek tower transmisi di kota XYZ. Narasumber tahap FGD dipilih dengan metode *purposive sampling*. Menurut Arikunto (2006) *purposive sampling* adalah metode mengumpulkan ilustrasi dengan tanpa bersumber pada random, wilayah

ataupun strata, melainkan bersumber pada terdapatnya pandangan yang berfokus pada tujuan tertentu. Menurut Sugiyono (2016) *purposive sampling* adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. FGD dilakukan sesuai dengan pihak terkait di proyek transmisi kota XYZ sebagai berikut.

- a. Narasumber kesatu memiliki peran sebagai BIM modeler di proyek transmisi di kota XYZ
 - b. Narasumber kedua memiliki peran sebagai *site engineer* di proyek transmisi di kota XYZ
 - c. Narasumber ketiga memiliki peran sebagai BIM modeler di proyek transmisi di kota XYZ
2. Data sekunder menurut Bungin (2009) dalam Rahmadi (2011) adalah data yang diperoleh dari sumber kedua atau sumber sekunder dari data yang dibutuhkan. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.
- a. Pemodelan BIM 3D
 - b. Laporan progress berupa MC 0%
 - c. Literatur terkait

4.5.2 Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data menurut Riduwan (2007) adalah teknik atau cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Adapun pada penelitian ini metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Studi literatur atau studi Pustaka. Metode ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data dan informasi untuk mendukung penelitian ini yang didapatkan dari buku, artikel, jurnal, penelitian sebelumnya serat internet.
2. Studi kasus. Metode ini dilakukan terhadap pekerjaan pondasi pada Proyek pembanguna tower tranmisi di kota XYZ.

4.6 Instrumen penelitian

Instrument penelitian menurut Darmadi (2011) merupakan alat untuk mengukur informasi atau melakukan pengukuran. Instrument penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pedoman FGD. Adapun pedoman pada FGD merupakan pedoman FGD terhadap pelaku pada proyek transmisi di kota XYZ antara lain BIM *modeller*, *site engineer* dan BIM *Modeller*.

FGD yang akan dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui faktor-faktor penyebab adanya penyimpangan volume antara volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D. Berikut pedoman FGD terhadap pelaku pada proyek transmisi di kota XYZ.

Tabel 4.1 Pedoman FGD Terhadap Pelaku Proyek Transmisi Di Kota XYZ

No.	Judul	Peneliti	Faktor	Setuju/Tidak Setuju
1.	Analisis Quantity Takeoff Pada Pekerjaan Struktur Bawah Jembatan	Nafiyah dan Martina (2022)	Durasi pengalaman dari seorang pengguna mempengaruhi tingkat kedetailan dalam pemodelan, dan akurasi pada saat output	
2.	Analisis Faktor Dan Variabel Yang Menghambat Penerapan 5d Bim Pada Pembiayaan Proyek Konstruksi Di Indonesia	Dalian dan Mochtar (2021)	Kurangnya integrasi model design dan kurangnya informasi yang di butuhkan untuk mengestimasi quantity	
3.	PENGAPLIKASIAN <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> (BIM) DALAM RANCANGAN PEMBANGUNAN GEDUNG INDUK UNIVERSITAS AISYIYAH KARTASURA	Berlian <i>et al.</i> , (2016) didalam Wibowo dkk, 2020	masih banyak perusahaan konstruksi yang ternyata belum menerapkan konsep BIM dikarenakan <i>license</i> dari <i>software</i> yang cukup mahal dan kemampuan sumber daya manusia yang mengalami kesulitan mengimplementasikan BIM, sehingga belum semua pihak yang mendapatkan keuntungan dari pengaplikasian metode BIM	
4.	PENILAIAN EFEKTIVITAS IMPLEMENTASI <i>BUILDING INFORMATION MODELLING</i> (BIM) PADA PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG	(Juan et al., 2017) dalam Sarju	Memperkenalkan teknologi baru ke dalam organisasi untuk merangsang perubahan organisasi sering kali menemui penolakan dari anggotanya, dan setelah teknologi diadopsi anggota harus belajar menggunakan teknologi untuk kolaborasi dan komunikasi lintas organisasi.	
5.	PENILAIAN EFEKTIVITAS IMPLEMENTASI <i>BUILDING INFORMATION MODELLING</i> (BIM) PADA PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG	Sarju dkk, 2022	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model BIM dapat digunakan sebagai shop Drawing 2. Output BIM dapat digunakan untuk persiapan penawaran 	

Lanjutan Tabel 4.1 Pedoman FGD Terhadap Pelaku Proyek Transmisi di kota XYZ

No.	Judul	Peneliti	Faktor	Setuju/Tidak Setuju
6.	Mengeksplorasi Penerapan Building Information Modeling (Bim) Pada Industri Konstruksi Indonesia Dari Perspektif Pengguna	(Larasati dkk, 2018; Mieslenna & Wibowo, 2019)	Penggunaan <i>Building Information Modeling</i> (BIM) oleh perusahaan <i>Architecture, Engineering, dan Construction</i> (AEC) di Indonesia masih sangat terbatas dan belum banyak diterapkan	
7.	Analisis Persepsi Perusahaan <i>Architecture, Engineering, Construction</i> (AEC) terhadap Adopsi <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	Heni Fitriani1 dkk, 2021	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tingginya biaya software yang diperlukan oleh perusahaan, 2. kurangnya pengetahuan dalam menerapkan BIM, dan kurangnya kesadaran atau motivasi dari pimpinan untuk mengadopsi BIM 	

4.7 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam analisis data merupakan urutan langkah yang dilaksanakan secara sistematis dan logis sesuai dasar teori permasalahan sehingga dapat analisis yang akurat untuk mencapai tujuan penulis. Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah bertujuan untuk melihat dengan jelas tujuan dan sasaran penelitian. Masalah yang akan diteliti adalah perbandingan volume perencanaan menggunakan implementasi BIM dengan volume terpakai di lapangan pada saat pelaksanaan.

2. Studi literatur

Studi literatur bertujuan untuk memperoleh informasi berupadata, dasar teori, metode analisis yang didapat dari literatur-literatur, hasil penelitian, hingga media lainnya. Referensi dari penelitian ini diambil dari makalah, jurnal, tugas akhir, tesis, disertasi dan situs internet yang berkaitan dengan implementasi BIM dan perbandingan antara pelaksanaan dengan perencanaan proyek.

3. Penentuan objek dan lokasi penelitian

Dalam penentuan objek dan lokasi penelitian, terlebih dahulu dilakukan observasi terhadap lokasi/lapangan. Apabila kondisi di lapangan sesuai dengan topik yang akan diteliti, kemudian dilanjutkan dengan memproses perizinan kepada pihak terkait.

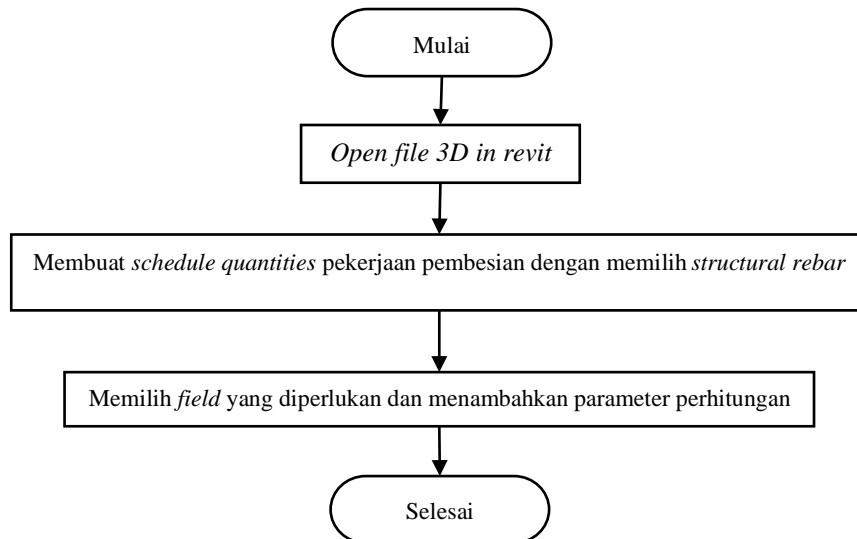
4. Pengumpulan data Sekunder

Metode pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari literatur terdahulu dan proyek pembangunan tower transmisi di kota XYZ dengan mengajukan surat permohonan data yang dikeluarkan kampus dan ditujukan ke pihak proyek terkait.

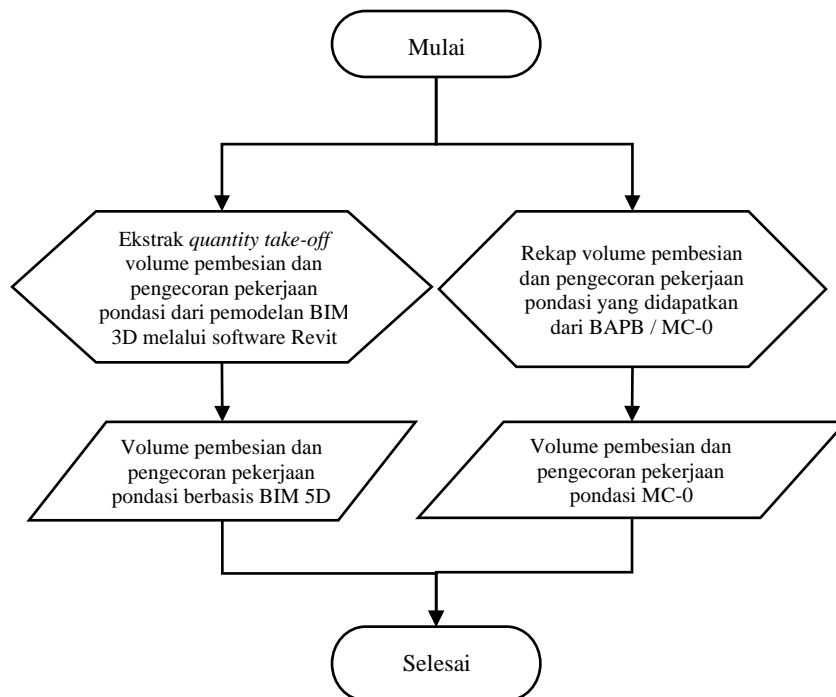
5. Pengolahan data sekunder

Setelah didapat data sekunder, selanjutnya data-data tersebut diolah. Data 3D BIM diolah menggunakan *software Autodesk Revit* untuk dilakukan *extract quantity take off* dalam BIM 5D dan data *mutual check* diolah dengan

melakukan perhitungan total setiap item pekerjaan dari struktur bawah pondasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.1 *flowchart* olah data *extract quantity take off*. Serta bagan alir olah data sekunder pada Gambar 4.2 sebagai berikut.



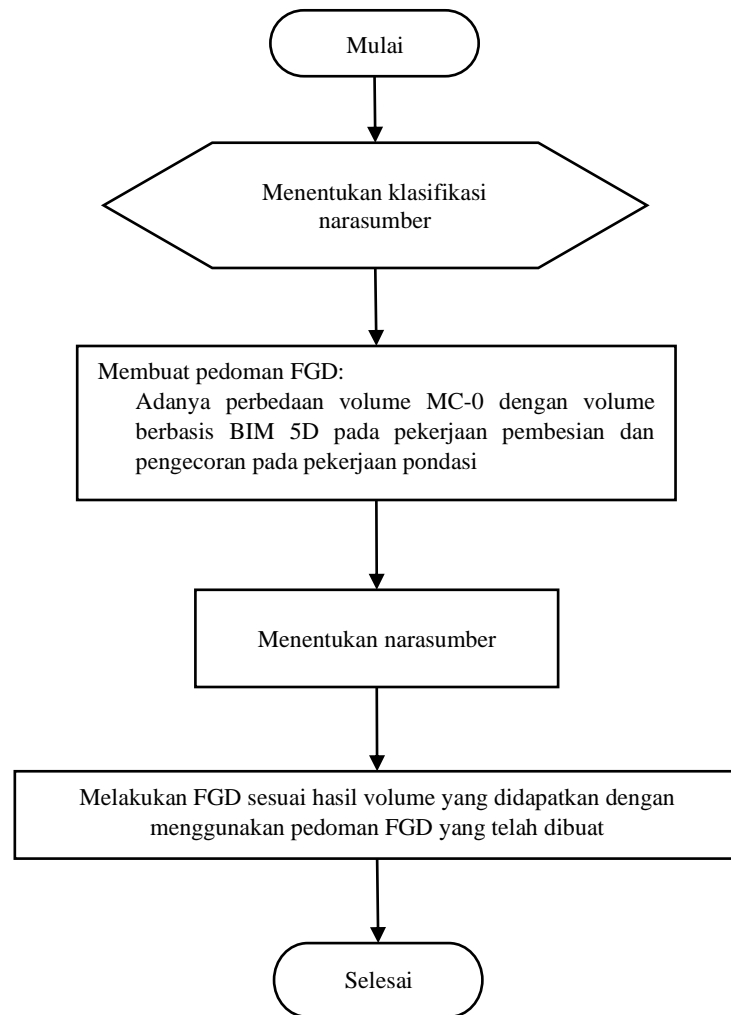
Gambar 4. 1 Flowchart Extract Quantity Takeoff Revit



Gambar 4. 2 Flowchart Pengolahan Data Sekunder

6. Pengumpulan data primer

Metode pengumpulan data primer dilakukan dengan teknik FGD. Tahapan pengumpulan data primer dapat dilihat pada gambar berikut.



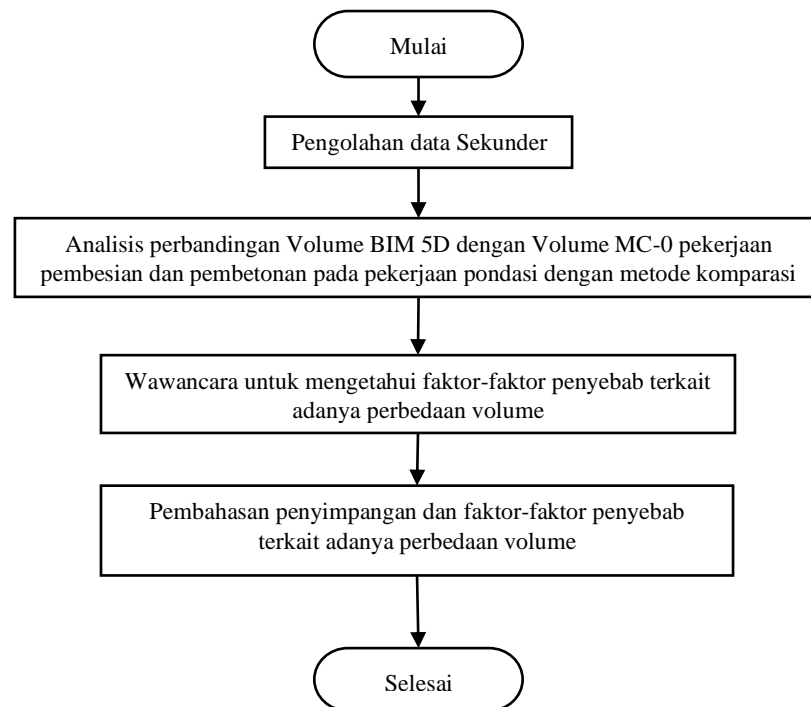
Gambar 4. 3 Flowchart Pengumpulan Data Primer Dengan FGD

Berikut tahapan pengumpulan data primer dengan FGD terhadap kontraktor pelaksana di lapangan terkait pelaksanaan pembesian dan pengbetonan.

7. Analisis data

Setelah melakukan *extract quantity takeoff* pembesian dan pengecoran pekerjaan pondasi proyek tower transmisi menggunakan *software Autodesk Revit* dilanjutkan dengan membandingkan dengan volume MC-0

menggunakan metode komparasi. Dari komparasi kedua volume tersebut akan diketahui adanya perbedaan volume, kemudian dilanjutkan mencari faktor-faktor penyebab dengan metode FGD sesuai pedoman adanya perbedaan kedua volume tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada *flowchart* penelitian sebagai berikut.



Gambar 4. 4 *Flowchart* Analisis Data

8. Pembahasan penelitian

Setelah dilakukan Analisis data, selanjutnya dilakukan pembahasan dengan menguraikan setiap proses hingga hasil akhir dengan jelas dan berpedoman pada tujuan penelitian yang sudah direncanakan sebelumnya.

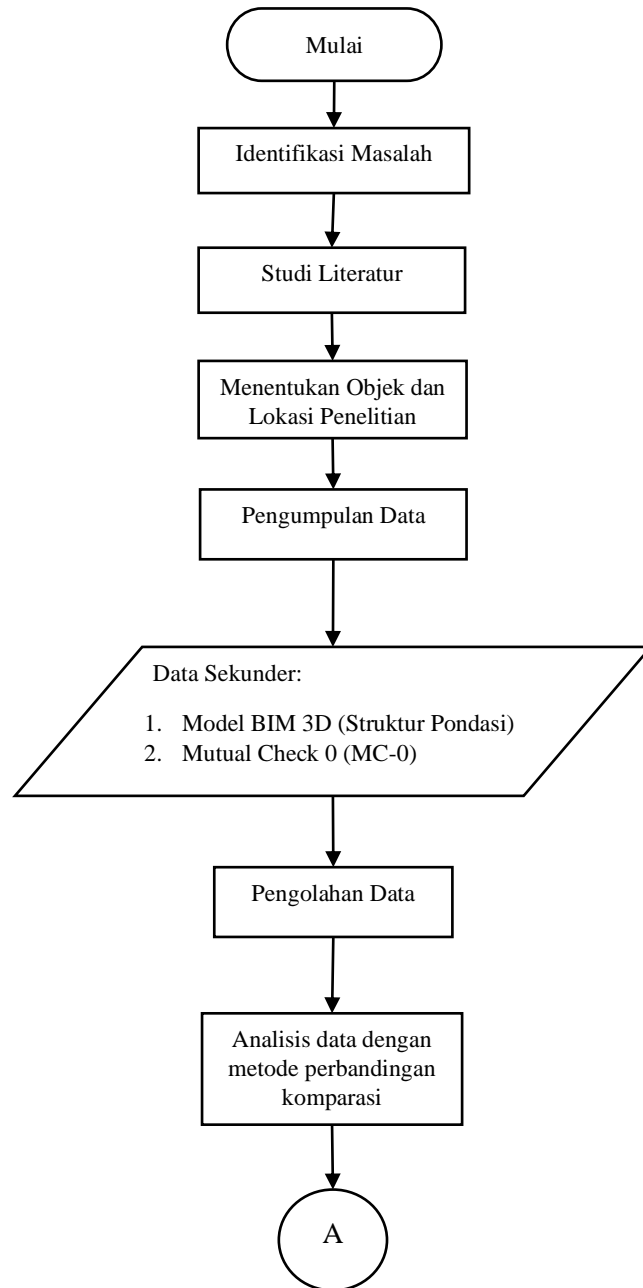
9. Kesimpulan dan saran

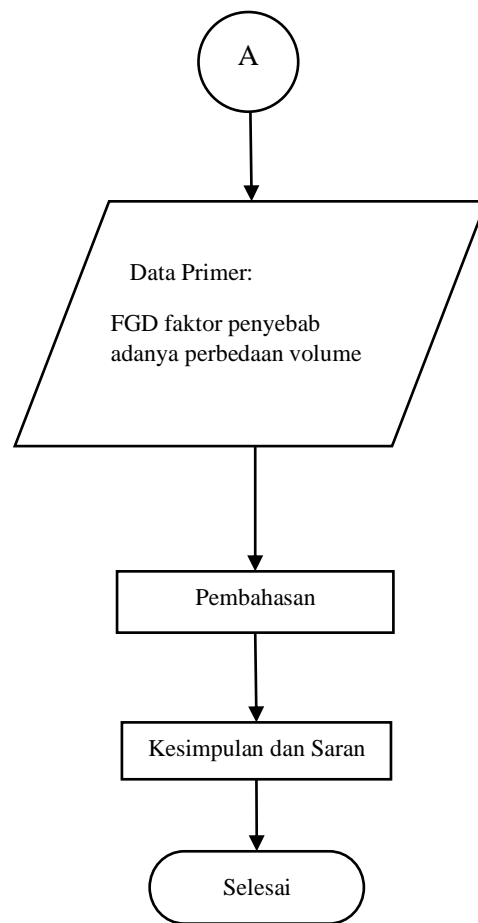
Setelah melakukan pembahasan maka, dilanjutkan dengan membuat kesimpulan yang menjawab rumusan masalah dari penelitian ini. Dengan kata lain isi dari kesimpulan adalah tujuan dari penelitian yang sudah ditentukan pada Bab I Pendahuluan. Kesimpulan dapat ditarik dengan memperhatikan hasil-hasil penelitian yang diteliti. Kemudian menyusun

rekomendasi atau saran untuk pembuatan keputusan bila dilaksanakannya lagi penelitian yang serupa.

4.8 Flow Chart

Adapun langkah-langkah penyelesaian penelitian ini dapat dilihat pada *flow chart* yang disajikan pada Gambar 4.5.





Gambar 4. 5 Flowchart Penelitian

BAB V

DATA, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Cek Model

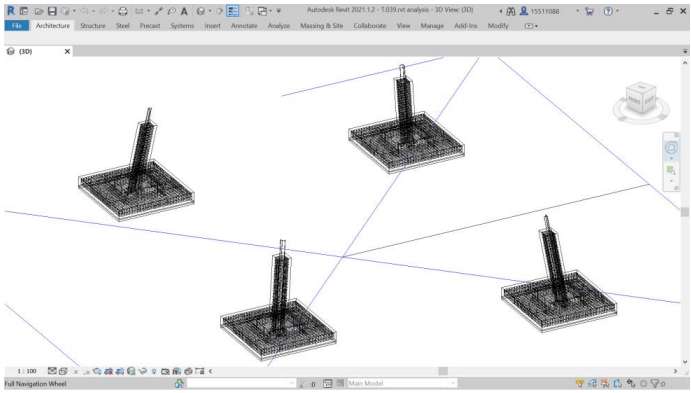
Cek model dilakukan dengan mengecek dari kategori LOD dalam BIM mewakili tingkat presisi model, digunakan untuk mengukur tingkat layanan yang diperlukan. LOD berkisar dari LOD-100 hingga LOD-500 (Panduan Belgia untuk Industri konstruksi, 2015). Kategori *level of development* pada proyek tower transmisi di kota XYZ dapat dilihat pada tabel *checklist* berikut ini.

Tabel 5. 1 Kategori Definisi Dasar LOD

No.	Definisi Dasar LOD	Kategori
1	membuat hanya model konseptual 3-D yang menunjukkan parameter dasar seperti lokasi, orientasi, luas, tinggi, dan volume	LOD-100
2	model dibuat dengan jumlah kasar, lokasi, bentuk, ukuran dan orientasi. Informasi non-geometris juga dapat ke elemen model	LOD-200
3	Objek memiliki pemodelan dan susunan geometris yang akurat	LOD-300
4	Kuantitas, lokasi, ukuran, bentuk, dan orientasi yang tepat	
5	Deteksi <i>clash</i> dan koordinasi dapat dilakukan	
6	Ilustrasi geometris yang tepat dengan berbagai sistem dan komponen bangunan lainnya	
7	LOD 350 Elemen Model direpresentasikan secara grafis dalam Model sebagai sistem, objek, atau rakitan tertentu dalam hal kuantitas, ukuran, bentuk, lokasi, orientasi, dan antarmuka dengan sistem bangunan lainnya. Informasi non-grafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.	LOD-350
8	Perakitan, fabrikasi dan informasi pemasangan digabungkan	LOD-400
9	Dapat dilampirkan dengan informasi non-geometris	
10	Dapat digunakan untuk penjadwalan konstruksi	
11	Elemen-elemen dimodelkan sesuai dengan yang telah dibangun dilapangan, seperti lokasi, ukuran, bentuk, jumlah dan orientasi	LOD-500

Untuk mengetahui kategori LOD pada data proyek, dapat dilihat pada tabel *checklist* berikut ini.

Tabel 5. 2 Kategori LOD Pada Data Proyek

Data Proyek	Definisi	Checklist	Kategori
	Sebagai <i>clash detection</i>		LOD 350
	Tingkat ini memandu pengetahuan pemasangan untuk berbagai komponen bangunan dan bagaimana komponen-komponen tersebut selaras dengan sistem bangunan lainnya.	√	
	LOD 350 Elemen Model direpresentasikan secara grafis dalam Model sebagai sistem, objek, atau rakitan tertentu dalam hal kuantitas, ukuran, bentuk, lokasi, orientasi, dan antarmuka dengan sistem bangunan	√	
	Informasi non-grafis juga dapat dilampirkan ke Elemen Model.	√	LOD 400
	Perakitan, fabrikasi dan informasi pemasangan digabungkan		
Dapat digunakan untuk penjadwalan konstruksi			

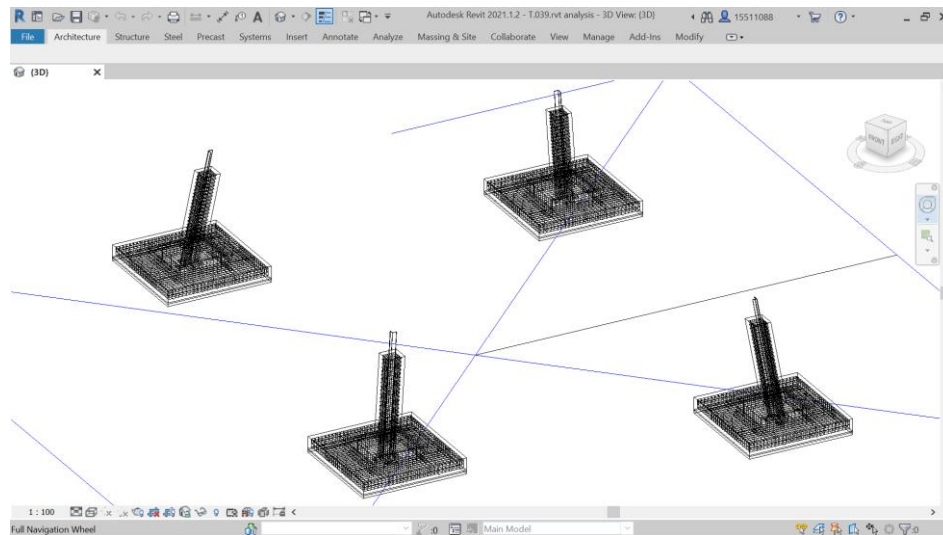
Berdasarkan pada Tabel 5.2 diatas, maka BIM pada proyek tower transmisi di kota XYZ termasuk pada kategori LOD-350 (dokumentasi konstruksi).

5.2 Data Proyek

Data proyek merupakan data sekunder yang diperoleh dari pihak kontraktor pekerjaan struktur bawah pondasi tower proyek pembangunan Transmisi 500 Kv di Kota XYZ. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah model BIM 3D dan laporan progress berupa *mutual check 0* / BAPB (Berita Acara Perhitungan Bersama). Untuk lebih jelasnya data proyek digunakan adalah sebagai berikut.

5.2.1 Model BIM 3D

Model BIM 3D yang berisikan model pondasi tower proyek XYZ, dimana dalam 1 titik lokasi tower terdapat 4 pondasi. Pondasi tower dalam gambar 3D model terdiri dari pasir urug, *lean concrete*, pad bawah, pad atas, dan *chimney*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 5. 1 Model 3D BIM Struktur Bawah Pondasi Tower Transmisi

Sumber: Data Proyek

5.2.2 MC-0/BAPB

Berikut merupakan data sekunder volume pekerjaan tower pondasi yang diperoleh dari MC0/BAPB kontraktor pelaksana proyek pembangunan transmisi

500 Kv pada pekerjaan pondasi tower. Berikut merupakan data volume pekerjaan yang telah dipilah dari data BAPB/MC0.

Tabel 5. 3 volume BAPB/MC0

PONDASI TOWER	Item Pekerjaan	Satuan	Volume
T.039	Concrete K 225	m3	48.80
	BJTD40	ton	6.732
	BJTP24	ton	0.205
T.048	Concrete K 225	m3	75.847
	BJTD40	ton	9.931
	BJTP24	ton	0.205
T.060	Concrete K 225	m3	50.404
	BJTD40	ton	8.076
	BJTP24	ton	0.214

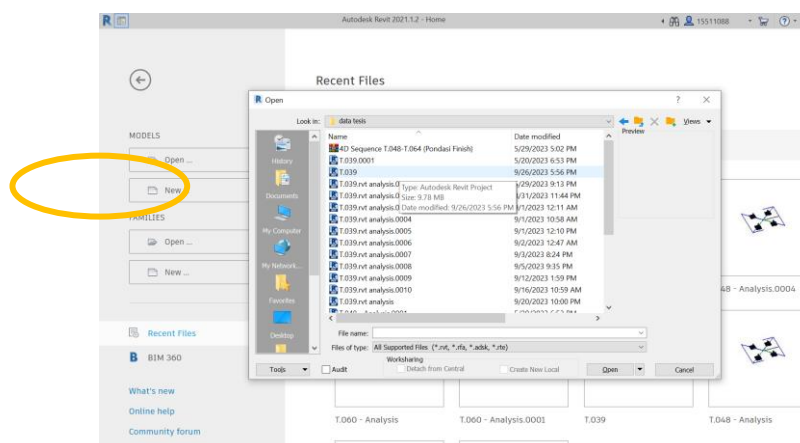
Sumber: Data Proyek

Setelah mengumpulkan kedua data tersebut maka dilanjutkan dengan mengolah kedua data tersebut.

5.3 Pengolahan Data Model 3D BIM

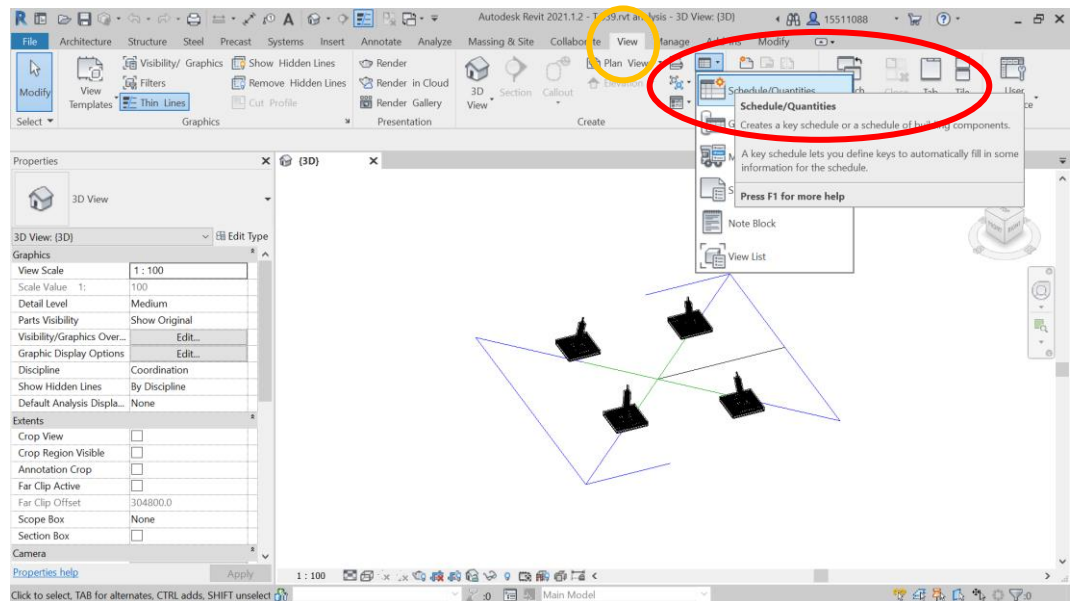
Model 3D BIM diolah dengan melakukan QTO (*Quantity take off*) menggunakan *software Autodesk Revit*. Terdapat 2 pekerjaan struktur dari hasil QTO tersebut, yaitu pekerjaan pembesian dan pembetonan. Dengan langkah-langkah yang dilakukan untuk QTO di *software Autodesk Revit* adalah sebagai berikut

1. Membuka file 3D BIM dengan klik *open* pada *models revit* dan pilih file yang mau dibuka.



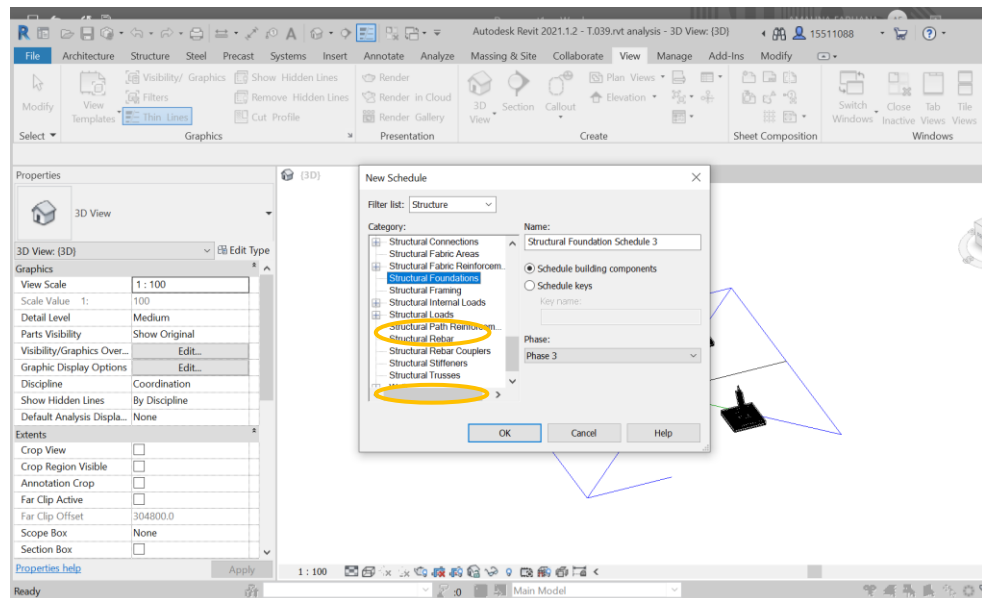
Gambar 5. 2 Membuka File 3D BIM Pada Revit

2. Klik *view* pada *toolbar* dan pilih *schedule/quantities*



Gambar 5. 3 *Schedule/quantities* Pada Revit

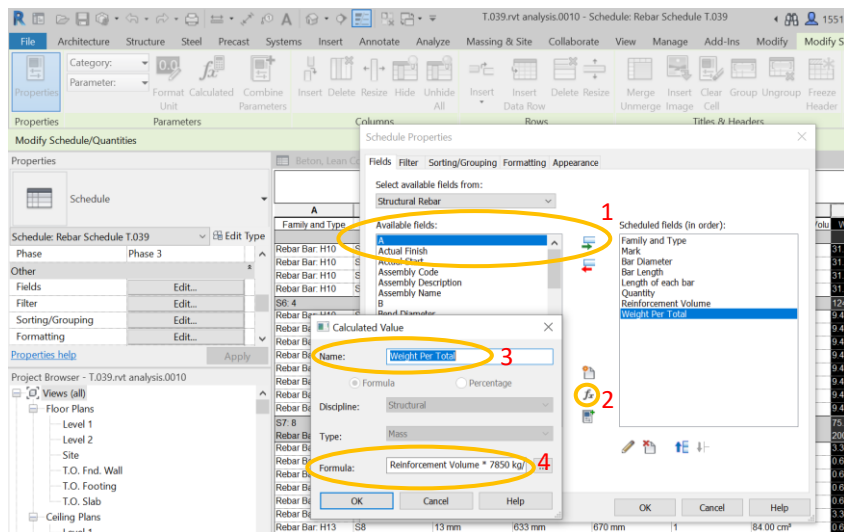
3. Kemudian muncul *new schedule* pada layer, untuk volume pembetonan pilih *structural foundation* dan untuk pembesian pilih *structural Rebar*.



Gambar 5. 4 Membuat *New Schedule* Pada Revit

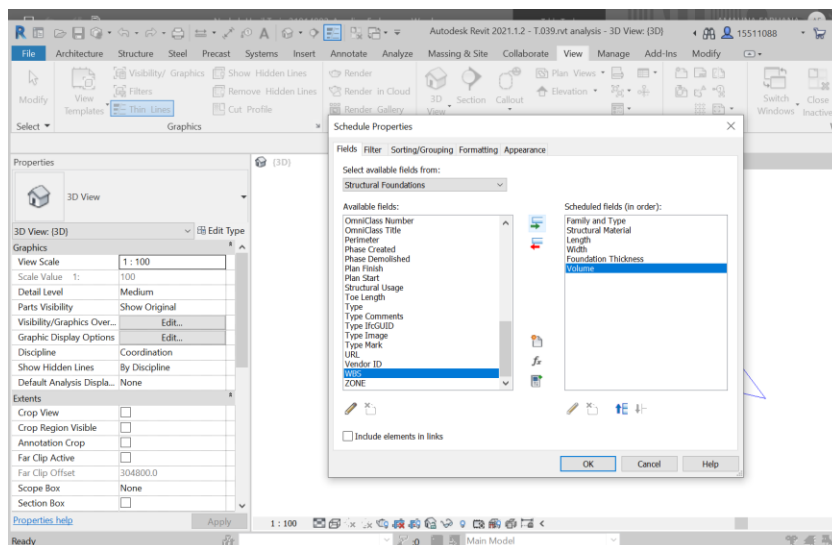
4. Dilakukan pemilihan *field* pada *schedule properties* untuk kemudian ditampilkan pada *report revit*.

- a. *Field* yang dipilih untuk pembesian adalah *family and type, mark, bar diameter, length of each bar, quantity, reinforcement volume*, serta menambahkan perhitungan parameter baru yaitu *weight total* dengan cara klik *add calculated parameter* kemudian isi *name* dan *formula*. *Formula* yang diisi adalah perhitungan berat besi dengan rumus *reinforcement volume * 7850 kg/m3*, untuk lebih jelasnya sebagai berikut.



Gambar 5. 5 Add Fields Untuk Pembesian Pada Revit

- b. *Field* yang dipilih untuk pembesian adalah pembetonan adalah *family and type, structural material, length, width, foundation thickness*, dan *volume* seperti gambar di bawah ini.



Gambar 5. 6 Add Fields Untuk Pembetonan Pada Revit

5.2.1 Volume Pembesian Revit

Volume QTO besi dari Revit dilakukan pada tiap-tiap pondasi tower yaitu pondasi tower T.039, pondasi tower T.048, dan pondasi tower T.060 sebagai berikut.

1. Volume Revit Besi T.039

Berikut merupakan volume QTO besi T.039 dengan total berat besi 6853.2 kg.

Tabel 5. 4 Volume Besi T.039 Dari Revit

REVIT BESI T.039					
Not.	Dimensi besi	Length of each (mm)	Quantity total	volume total (m3)	Weight total (kg)
S6	10	2.28	88	0.0158884	124.72
S7	10	0.71	176	0.0096186	75.51
S8	13	0.67	64	0.0053759	42.2
S9	13	4.31	16	0.0091176	71.57
S10	13	0.97	36	0.0044574	34.99
S1	19	5.09	232	0.3296318	2587.61
S2	19	4.39	128	0.1584326	1243.7
S3	19	3.76	112	0.1159504	910.21
S4	19	1.73	224	0.1061062	832.93
S5	19	4.39	96	0.1184666	929.96
				Σ	6853.4

2. Volume Revit Besi T.048

Berikut merupakan volume QTO besi T.048 dengan total berat besi 9997.22 kg.

Tabel 5. 5 Volume Besi T.048 Dari Revit

REVIT Besi T.048					
Not.	Dimensi besi	Length of each (mm)	Quantity total	volume total (m3)	Weight total (kg)
S6	10	2.28	88	0.01588844	124.72
S7	10	0.71	176	0.00961856	75.51
S8	13	0.67	64	0.00537592	42.2
S9	13	5.51	16	0.01166608	91.58
S10	13	0.97	36	0.0044574	34.99
S1	19	6.29	296	0.52127408	4092
S2	19	5.59	160	0.25247824	1981.95
S3	19	4.36	144	0.17357592	1362.57
S4	19	2.03	288	0.1609192	1263.22
S5	19	4.39	96	0.11827752	928.48
				Σ	9997.22

3. Volume Revit Besi T.060

Berikut merupakan volume QTO besi T.060 dengan total berat besi 8171.78 kg.

Tabel 5. 6 Volume Besi T.060 Dari Revit

REVIT Besi T.060					
Not.	Dimensi besi	Length of each (mm)	Quantity total	volume total (m3)	Weight total (kg)
S6	10	2.28	92	0.01661064	130.39
S7	10	0.71	184	0.01005576	78.94
S8	13	0.47	64	0.00367688	28.86
S9	13	5.41	16	0.01145376	89.91
S10	13	0.77	36	0.00350172	27.49
S1	19	5.79	360	0.5829468	4576.13
S2	19	5.49	96	0.14876512	1167.81
S3	19	3.91	80	0.08622408	676.86
S4	19	1.80	160	0.07919248	621.66
S5	19	4.39	80	0.0985646	773.73
				Σ	8171.78

5.2.2 Volume Pembetonan Revit

Volume QTO besi dari Revit dilakukan pada tiap-tiap pondasi tower yaitu pondasi tower T.039, pondasi tower T.048, dan pondasi tower T.060 sebagai berikut.

1. Volume Revit Beton T.039

Berikut merupakan volume QTO beton T.039 dengan total volume beton 48.92 m³.

Tabel 5. 7 Volume Beton T.039 Dari Revit

REVIT BETON T.039			
Item Pekerjaan	Volume (m3)	Quantity	Volume Total (m3)
Pondasi (Chimney, Pad atas dan Pad Bawah)	12.23	4	48.92

2. Volume Revit Beton T.048

Berikut merupakan volume QTO beton T.060 dengan total volume beton 75.96 m³.

Tabel 5. 8 Volume Beton T.048 Dari Revit

REVIT BETON T.048			
Item Pekerjaan	Volume (m3)	Quantity	Volume Total (m3)
Pondasi (Chimney, Pad atas dan Pad Bawah)	18.99	4	75.96

3. Volume Revit Beton T.060

Berikut merupakan volume QTO beton T.060 dengan total volume beton 50.52 m³.

Tabel 5. 9 Volume Beton T.060 Dari Revit

REVIT BETON T.060			
Item Pekerjaan	Volume (m3)	Quantity	Volume Total (m3)
Pondasi (Chimney, Pad atas dan Pad Bawah)	12.63	4	50.52

Berikut rekapitulasi volume hasil QTO beton Pondasi T.039, T.048 dan T.060 pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Volume Hasil QTO Beton

No	Pondasi	Volume (M ³)
1	T.039	48,92
2	T.048	75,96
3	T.060	50,52

5.3 Komparasi volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D

Setelah mengetahui volume BIM 5D dengan Revit dan volume MC-0, maka selanjutnya adalah membandingkan kedua volume tersebut dengan metode komparasi pada pondasi tower T.039, T.048, dan T.060 sebagai berikut.

5.3.1 Komparasi Volume Pembesian MC Dengan Revit

1. Komparasi Volume Besi T.039

Berikut merupakan komparasi volume besi T.039 MC dengan volume dengan volume dari revit.

Tabel 5. 11 Komparasi Volume Besi T.039 MC Dengan Revit

Pembesian T.039											
Not.		S6	S7	S8	S9	S10	S1	S2	S3	S4	S5
Dimensi besi		D10	D10	D13	D13	D13	D19	D19	D19	D19	D19
Length of each (mm)	MC	2.36	0.71	0.67	4.31	0.97	5.09	4.39	3.76	1.73	4.36
	Revit	2.28	0.71	0.67	4.31	0.97	5.09	4.39	3.76	1.73	4.39
	selisih (MC/Revit) (%)	104%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%
Quantity total	MC	88	176	48	16	16	232	128	112	224	96
	Revit	88	176	64	16	36	232	128	112	224	96
	selisih (MC/Revit) (%)	100%	100%	75%	100%	44%	100%	100%	100%	100%	100%
volume (m3)	MC	0.0163	0.0098	0.0043	0.0092	0.0021	0.3348	0.1593	0.1194	0.1099	0.1187
	Revit	0.0159	0.0096	0.0054	0.0091	0.0045	0.3296	0.1584	0.1160	0.1061	0.1185
	selisih (MC/Revit) (%)	103%	102%	79%	100%	46%	102%	101%	103%	104%	100%
Weight total (kg)	MC	128.04	77.04	33.51	71.85	16.17	2628.29	1250.67	937.29	862.50	931.59
	Revit	124.72	75.51	42.2	71.570	34.99	2587.61	1243.7	910.21	832.93	929.96
	selisih (MC/Revit) (%)	103%	102%	79%	100.4%	46%	102%	101%	103%	104%	100.18%
	selisih MC-Revit (Kg)	3.32	1.53	-8.69	0.28	-18.82	40.67	6.97	27.08	29.57	1.63

Dari tabel komparasi perbandingan volume antara volume MC dengan volume revit pada pondasi tower T.039 di atas maka, dapat diketahui bahwa item besi yang beratnya paling sesuai ada pada not. S5 dengan dimensi besi D19 yaitu 100,18% atau seberat 1,63kg. Untuk item besi dengan berat yang paling tidak sesuai dalam hal nilai MC lebih kecil dibanding revit ada pada not.S10 dengan dimensi besi D13 yaitu 46% atau seberat 18,82kg, hal tersebut dikarenakan jumlah/*quantity* dari besi itu sendiri yang dimana jumlah besi pada MC sebanyak 16 sedangkan pada revit sebanyak 36. Kemudian, untuk item besi yang

tidak sesuai dalam hal nilai MC lebih besar dari revit ada pada not.S4 dimensi D19 yaitu 104% atau seberat 29,57kg. Hasil rekapitulasi komparasi volume besi T.039 terkait penyimpangan dapat dilihat pada tabel 5.12 berikut berdasarkan penyimpangan terbesar sampai terkecil.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Komparasi Volume Besi T.039 MC Dengan Revit

Pembesian T.039										
Not	S10	S8	S4	S6	S3	S1	S7	S2	S9	S5
Dimensi Besi	D13	D13	D19	D10	D19	D19	D10	D19	D13	D19
MC/Revit	46%	79%	104%	103%	103%	102%	102%	101%	100,4%	100,18%
Penyimpangan	54%	21%	4%	3%	3%	2%	2%	1%	0,4%	0,18%

Berdasarkan Tabel 5.12 rekapitulasi komparasi volume besi T.039 di atas dapat dilihat bahwa penyimpangan terbesar terdapat pada Not S10 dengan dimensi besi 13mm. Besaran penyimpangan yang terjadi sebesar 54%.

2. Komparasi Volume Besi T.048

Berikut merupakan komparasi volume besi T.048 MC dengan volume dengan volume dari revit.

Tabel 5. 13 Komparasi Volume Besi T.048 MC Dengan Revit

		Pembesian T.048									
Not.		S6	S7	S8	S9	S10	S1	S2	S3	S4	S5
Dimensi besi		10	10	13	13	13	19	19	19	19	19
Length of each (mm)	MC	2.36	0.71	0.67	5.51	0.97	6.29	5.59	4.36	2.03	4.36
	Revit	2.28	0.71	0.67	5.51	0.97	6.29	5.59	4.36	2.03	4.39
	selisih (MC/Revit) (%)	104%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%
Quantity total	MC	88	176	84	16	16	296	160	144	288	96
	Revit	88	176	64	16	36	296	160	144	288	96
	selisih (MC/Revit) (%)	100%	100%	131%	100%	44%	100%	100%	100%	100%	100%
volume (m3)	MC	0.0163	0.0098	0.0075	0.0117	0.0021	0.5279	0.2536	0.1780	0.1658	0.1187
	Revit	0.0159	0.0096	0.0054	0.0117	0.0045	0.5213	0.2525	0.1736	0.1609	0.1183
	selisih (MC/Revit) (%)	103%	102%	139%	100%	46%	101%	100%	103%	103%	100%
Weight total (kg)	MC	128.04	77.04	58.64	91.86	16.17	4143.90	1990.67	1397.38	1310.23	931.59
	Revit	124.72	75.51	42.2	91.580	34.99	4092	1981.95	1362.57	1263.22	928.48
	selisih (MC/Revit) (%)	103%	102%	139%	100.30%	46%	101%	100.440%	103%	104%	100.33%
	selisih MC-Revit (kg)	3.32	1.53	16.44	0.28	-18.82	51.90	8.72	34.81	47.01	3.11

Dari tabel komparasi perbandingan volume antara volume MC dengan volume revit pada pondasi tower T.048 tersebut maka, dapat diketahui bahwa item besi yang beratnya paling sesuai ada pada not. S9 dengan dimensi besi D13 yaitu 100,30% atau seberat 0,28kg. item besi dengan berat yang paling tidak sesuai dalam hal nilai MC lebih kecil dibanding revit ada pada not.S10 dengan dimensi besi D13 yaitu 46% atau seberat -18,82kg. Kemudian, untuk item besi yang tidak sesuai dalam hal nilai MC lebih besar dari revit ada pada not.S8 dimensi D13 yaitu 139% atau seberat 16,44kg. Hasil rekapitulasi komparasi volume besi T.048 terkait penyimpangan dapat dilihat pada tabel 5.14 berikut berdasarkan penyimpangan terbesar sampai terkecil.

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Komparasi Volume Besi T.048 MC Dengan Revit

Pembesian T.048										
Not.	S10	S8	S4	S6	S3	S7	S1	S9	S2	S5
Dimensi besi	D13	D13	D19	D10	D19	D10	D19	D13	D19	D19
MC/Revit	46%	139%	104%	103%	103%	102%	101%	100%	100%	100%
Penyimpangan	54%	39%	4%	3%	3%	2%	1%	0%	0%	0%

Berdasarkan Tabel 5.14 rekapitulasi komparasi volume besi T.048 di atas dapat dilihat bahwa penyimpangan terbesar terdapat pada Not S10 dengan dimensi besi 13mm. Besaran penyimpangan yang terjadi sebesar 54%.

3. Komparasi Volume Besi T.060

Berikut merupakan komparasi volume besi T.060 MC dengan volume dengan volume dari revit.

Tabel 5. 15 Komparasi Volume Besi T.060 MC Dengan Revit

MC Pembesian T.060											
Not.		S6	S7	S8	S9	S10	S1	S2	S3	S4	S5
Dimensi besi		10	10	13	13	13	19	19	19	19	19
Length of each (mm)	MC	2.36	0.71	0.47	5.41	0.77	5.79	5.49	3.91	1.80	4.36
	Revit	2.28	0.71	0.47	5.41	0.77	5.79	5.49	3.91	1.80	4.39
	selisih(MC/Revit) (%)	104%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%
Quantity total	MC	92	184	64	16	36	360	96	80	160	80
	Revit	92	184	64	16	36	360	96	80	160	80
	selisih(MC/Revit) (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
volume (m3)	MC	0.0171	0.0103	0.0040	0.0115	0.0037	0.5910	0.1494	0.0887	0.0817	0.0989
	Revit	0.0166	0.0101	0.0037	0.0115	0.0035	0.5829	0.1488	0.0862	0.0792	0.0986
	selisih(MC/Revit) (%)	103%	102%	109%	100%	105%	101%	100%	103%	103%	100%
Weight total (kg)	MC	133.86	80.54	31.34	90.19	28.88	4639.25	1173.03	696.20	641.00	776.32
	Revit	130.39	78.94	28.86	89.910	27.49	4576.1	1167.81	676.86	621.66	773.73
	selisih (MC/Revit) (%)	103%	102%	109%	100.3%	105%	101%	100.4%	103%	103%	100.3%
	selisih MC-Revit (Kg)	3.47	1.60	2.48	0.28	1.39	63.12	5.22	19.34	19.34	2.59

Dari tabel komparasi perbandingan volume antara volume MC dengan volume revit pada pondasi tower T.060 tersebut maka, dapat diketahui bahwa item besi yang beratnya paling sesuai ada pada not. S9 dengan dimensi besi D13 yaitu 100,3% atau seberat 0,28kg. Kemudian, untuk item besi yang tidak sesuai dalam hal nilai MC lebih besar dari revit ada pada not.S8 dimensi D13 yaitu 109% atau seberat 2,48kg. Hasil rekapitulasi komparasi volume besi T.060 terkait penyimpangan dapat dilihat pada tabel 5.16 berikut berdasarkan penyimpangan terbesar sampai terkecil.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Komparasi Volume Besi T.060 MC Dengan Revit

Pembesian T.060										
Not.	S8	S10	S6	S3	S4	S7	S1	S9	S2	S5
Dimensi besi	D13	D13	D10	D19	D19	D10	D19	D13	D19	D19
MC/Revit	109%	105%	103%	103%	103%	102%	101%	100,3%	100,4%	100,3%
Penyimpangan	9%	5%	3%	3%	3%	2%	1%	0%	0%	0%

Berdasarkan Tabel 5.16 rekapitulasi komparasi volume besi T.060 di atas dapat dilihat bahwa penyimpangan terbesar terdapat pada Not S8 dengan dimensi besi 13mm. Besaran penyimpangan yang terjadi sebesar 9%.

Dari perbandingan komparasi yang telah dilakukan, Perbandingan yang dilakukan pada volume pembesian dari MC-0 dengan volume pembesian dari Revit yang merupakan *tools* dari BIM 5D, didapatkan hasil penyimpangan dengan nilai paling signifikan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 17 Penyimpangan Paling Signifikan Pada Pembesian 3 Titik Lokasi Pondasi Tower

Pembesian			
	T.039	T.048	T.060
Not	S10	S10	S8
Dimensi	D13	D13	D13
MC/Revit	46%	46%	109%
Penyimpangan	54%	54%	9%

5.3.2 Komparasi Volume Pembetonan MC Dengan Revit

1. Komparasi Volume Beton T.039

Berikut merupakan komparasi volume beton T.039 MC dengan volume dengan volume dari revit.

Tabel 5. 18 Komparasi Volume Beton T.039 MC Dengan Revit

Volume Beton MC T.039					
	Item Pekerjaan	Volume (m3)	Quantity	Volume Total (m3)	
MC	Chimney	1.57	4	6.27	48.80
	Pad Atas	1.39	4	5.55	
	Pad Bawah	9.25	4	36.98	
Revit	Pondasi (Chimney, Pad atas dan Pad Bawah)	12.23	4	48.92	
Selisih (MC/Revit) (%)		99.75%	0.000%		99.75%
Revit lebih besar		0.25%			

Pada tabel komparasi di atas dapat diketahui bahwa kesesuai antara volume beton dari MC dan Revit terjadi selisih atau penyimpangan sebesar 0,25%, dimana volume revit lebih besar dari volume MC.

2. Komparasi Volume Beton T.048

Berikut merupakan komparasi volume beton T.048 MC dengan volume dengan volume dari revit.

Tabel 5. 19 Komparasi Volume Beton T.048 MC Dengan Revit

Volume Beton MC T.048					
	Item Pekerjaan	Volume (m3)	Quantity	Volume Total (m3)	
MC	Chimney	1.57	4	6.27	75.85
	Pad Atas	2.27	4	9.08	
	Pad Bawah	15.13	4	60.50	
Revit	Pondasi (Chimney, Pad atas dan Pad Bawah)	18.99	4	75.96	
Selisih (MC/Revit) (%)		99.85%	0.00%		99.85%
Revit lebih besar		0.15%			

Pada tabel komparasi tersebut dapat diketahui bahwa kesesuai antara volume beton dari MC dan Revit terjadi selisih atau penyimpangan sebesar 0,15%, dimana volume revit lebih besar dari volume MC.

3. Komparasi Volume Beton T.060

Berikut merupakan komparasi volume beton T.060 MC dengan volume dengan volume dari revit.

Tabel 5. 20 Komparasi Volume Beton T.060 MC Dengan Revit

Volume Beton T.060					
	Item Pekerjaan	Volume (m ³)	Quantity	Volume Total (m ³)	
MC	Chimney	1.67	4	6.66	50.40
	Pad Atas	2.19	4	8.75	
	Pad Bawah	8.75	4	34.99	
Revit	Pondasi (Chimney, Pad atas dan Pad Bawah)	12.60	4	50.40	
Selisih (MC/Revit) (%)		100.00%	0.000%	100.000%	

Pada tabel komparasi di atas dapat diketahui bahwa kesesuaian antara volume beton dari MC dan Revit adalah sesuai yaitu 100%.

Dari perbandingan komparasi yang telah dilakukan, Perbandingan yang dilakukan pada volume pembesian dari MC-0 dengan volume pembesian dari Revit yang merupakan *tools* dari BIM 5D, didapatkan hasil yang paling signifikan perbedaannya dan yang paling mendekati sesuai dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 5. 21 Penyimpangan Paling Signifikan Pada Pembetonan 3 Titik Lokasi Pondasi Tower

Pembetonan			
	T.039	T.048	T.060
MC/Revit	99,75%	99,85%	100%
Penyimpangan	0,25%	0,15%	0%

Pada tabel rekapitulasi di atas dapat diketahui bahwa penyimpangan paling signifikan pada pembetonan 3 titik lokasi pondasi terjadi pada titik T.039, yaitu dengan nilai penyimpangan sebesar 0,25%.

5.4 FGD Dengan Pihak Proyek Tower Transmisi di Kota XYZ

FGD dilakukan kepada BIM *Modeller*, *site engineer* dan BIM *Modeller* untuk mengetahui faktor – faktor penyebab adanya penyimpangan volume. FGD dilakukan kepada tiga narasumber dimana narasumber pertama merupakan BIM *Modeller*, narasumber kedua adalah *site engineer* dan narasumber ketiga adalah BIM *Modeller*.

FGD kepada ketiga narasumber yang merupakan pelaku pada proyek tower transmisi di kota XYZ dilakukan pada waktu yang bersamaan. FGD dilakukan

secara *online* melalui zoom pada tanggal 18 Desember 2023. Jawaban atas pertanyaan yang diajukan kemudian dirangkum. Berikut hasil FGD terhadap ketiga narasumber.

**Tabel 5. 22 Hasil FGD Dengan Pihak Proyek Tower Tranmisi di Kota XYZ
Terkait Faktor Adanya Perbedaan Volume**

No	Faktor	Setuju / Tidak Setuju
1	Apakah durasi pengalaman dari seorang pengguna mempengaruhi tingkat kedetailan dalam pemodelan, dan akurasi pada saat output?	Setuju
2	Apakah kurangnya integrasi model design dan kurangnya informasi yang di butuhkan untuk mengestimasi quantity menyebabkan terjadinya perbedaan?	Tidak Setuju
3	Apakah masih banyak perusahaan konstruksi yang ternyata belum menerapkan konsep BIM dikarenakan <i>license</i> dari <i>software</i> yang cukup mahal dan kemampuan sumber daya manusia yang mengalami kesulitan mengimplementasikan BIM, sehingga belum semua pihak yang mendapatkan keuntungan dari pengaplikasian metode BIM ?	Kurang Setuju
4	Apakah memperkenalkan teknologi baru ke dalam organisasi untuk merangsang perubahan organisasi sering kali menemui penolakan dari anggotanya? dan setelah teknologi diadopsi anggota harus belajar menggunakan teknologi untuk kolaborasi dan komunikasi lintas organisasi.	Setuju
5	Apakah model BIM dapat digunakan sebagai shop Drawing dan apakah Output BIM dapat digunakan untuk persiapan penawaran?	Tidak Setuju
6	Apakah penggunaan <i>Building Information Modeling</i> (BIM) oleh perusahaan <i>Architecture, Engineering, dan Construction</i> (AEC) di Indonesia masih sangat terbatas dan belum banyak diterapkan?	Kurang Setuju
7	Apakah biaya software yang diperlukan oleh Perusahaan masih cukup mahal? Dan apakah anda setuju dengan masih adanya kekurangan atau keterbatasan pengetahuan dalam menerapkan BIM, dan kurangnya kesadaran atau motivasi dari pimpinan untuk mengadopsi BIM?	Setuju

Dari hasil FGD dengan pihak proyek tower transmisi di Kota XYZ diatas, didapatkan tiga faktor yang disetujui oleh narasumber, dua faktor mendapatkan hasil kurang setuju dan dua faktor mendapatkan hasil tidak setuju. Faktor yang paling berpengaruh terhadap terjadinya penyimpangan merupakan pertanyaan yang memiliki jawaban “Setuju”. Narasumber memberikan jawaban “Setuju” dengan dasar bahwa faktor tersebut yang menjadi alasan atau penyebab adanya penyimpangan antara volume MC-0 dengan Volume QTO BIM 5D. Berikut faktor – faktor yang paling berpengaruh atau menjadi penyebab terjadinya penyimpangan volume pembesian dan pembetonan pada proyek tower transmisi di Kota XYZ.

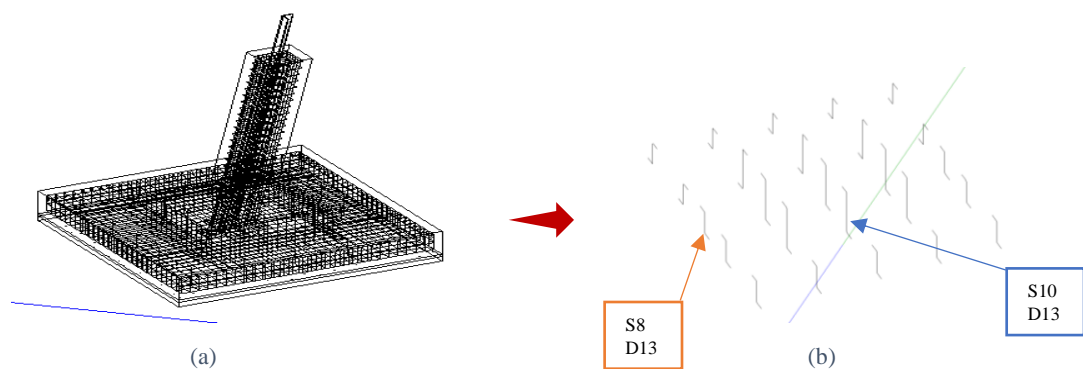
Tabel 5. 23 Faktor Penyebab Terjadinya Penyimpangan Berdasarkan Hasil FGD

No	Faktor Penyebab Terjadinya Penyimpangan Berdasarkan Hasil FGD
1	Durasi pengalaman dari seorang pengguna mempengaruhi tingkat kedetailan dalam pemodelan, dan akurasi pada saat output
2	Memperkenalkan teknologi baru ke dalam organisasi untuk merangsang perubahan organisasi sering kali menemui penolakan dari anggotanya, dan setelah teknologi diadopsi anggota harus belajar menggunakan teknologi untuk kolaborasi dan komunikasi lintas organisasi.
3	Biaya software yang diperlukan oleh Perusahaan masih cukup mahal dan masih adanya kekurangan atau keterbatasan pengetahuan dalam menerapkan BIM serta kurangnya kesadaran atau motivasi dari pimpinan untuk mengadopsi BIM.

Selain daripada ketiga faktor hasil FGD tersebut, terdapat faktor lain yang menyebabkan terjadinya penyimpangan volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D. Faktor – faktor selain dari hasil FGD sebagai berikut.

1. Faktor *human error* dimana terjadi kesalahan input model elemen yang dilakukan oleh BIM *modeller*. Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Piter, (2023) bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi deviasi output QTO

banyak disebabkan oleh faktor dari manusia atau *human error* seperti pengetahuan orang tersebut dalam dalam penggunaan BIM, pemahaman dalam membaca acuan dan material pekerjaan, beda asumsi terkait konsep perhitungan model dan faktor lainnya. Sebagai contoh pada titik lokasi pondasi tower T.039 penyimpangan terjadi pada besi S8D13 dan S10D13, dimana pada jumlah besi di MC-0 lebih kecil dibandingkan BIM 5D. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 5. 9 Detail besi pada model BIM 3D, (a) model pondasi dan (b) detail model jumlah besi S10 dan S8

BAR BENDING SCHEDULE CHIMNEY AA CLASS I																
NO	Reinf. Code	Code Approval	Diameter (mm)	Dimension (cm)						Tot. Length (m)	Qty (nos)	Qty (pcs)	BJ (kg/m3)	Area (m2)	Tot. Weight (kg)	
				a	b	c	d	e	f							
1	B1	S5	19	12.0	389.0	23.0	12.0			4.36	24	4	7850.00	0.00028	931.589	
2	B2	S6	10	8.0	55.0	55.0	55.0	8.0		2.36	22	4	7850.00	0.00008	128.043	
3	B3	S7	10	8.0	55.0	8.0				0.71	44	4	7850.00	0.00008	77.043	
JUMLAH											TOTAL =					1,136.67
BAR BENDING SCHEDULE PAD AA CLASS I																
NO	Reinf. Code	Code Approval	Diameter (mm)	Dimension (cm)						Tot. Length (m)	Qty (nos)	Qty (pcs)	BJ (kg/m3)	Area (m2)	Tot. Weight (kg)	
				a	b	c	d	e	f							
1	B4	S3	19	23.0	65.0	200.0	65.0	23.0		3.76	28	4	7850.00	0.00028	937.287	
2	B5	S4	19	35.0	108.0	30.0				1.73	56	4	7850.00	0.00028	862.503	
3	B6	S2	19	12.0	415.0	12.0				4.39	32	4	7850.00	0.00028	1,250.666	
4	B7	S1	19	12.0	35.0	415.0	35.0	12.0		5.09	58	4	7850.00	0.00028	2,628.285	
5	B8	S8	13	16.0	35.0	16.0				0.67	12	4	7850.00	0.00013	33.509	
6	B9	S10	13	16.0	65.0	16.0				0.97	4	4	7850.00	0.00013	16.171	
7	B10	S9	13	8.0	415.0	8.0				4.31	4	4	7850.00	0.00013	71.853	
JUMLAH											TOTAL =					5,800.27
											GRAN TOTAL =					6,936.95

Gambar 5. 10 Jumlah Besi S8D13 dan S10D13 T.039 Pada MC-0

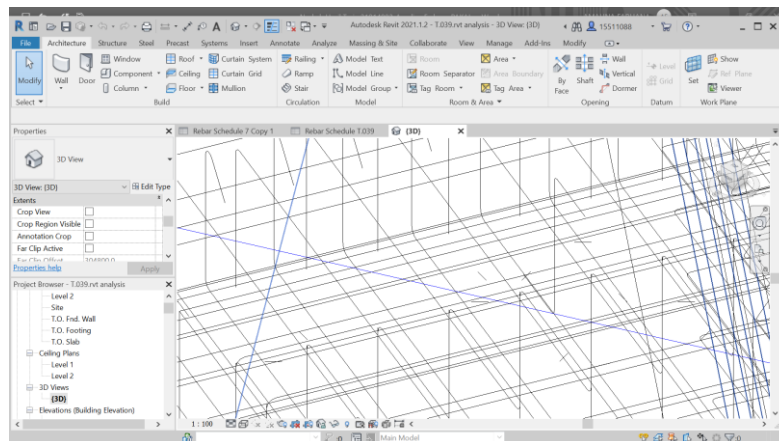
Dari gambar 5.9 dan 5.10 dapat diketahui bahwa jumlah besi pada model BIM 3D di Revit lebih banyak dibandingkan dengan jumlah besi pada *bar bending schedule pad* (MC-0).

2. *Take off volume* pembesian pada revit, menggunakan besi yang sudah ditekuk sehingga ada perbedaan panjang yang mengakibatkan terjadinya penyimpangan. Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Sabil & Erizal, (2023) bahwa perbedaan berat tulangan dapat terjadi karena perhitungan radius atau bengkokan pada tulangan sehingga panjang dan berat yang dihasilkan berbeda. Berikut merupakan penjelasan dari perbedaan penggunaan “*Bar Length*” dengan “*Length each of bar*”. Pada *calculation volume* di revit menggunakan Panjang besi yang sudah ditekuk yaitu *bar length*, dimana *bar length* memiliki Panjang besi yang lebih pendek dari *length each of bar*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.

Rebar Schedule T.039							
A	B	C	D	E	F	G	H
Family and Type	Mark	Bar Diameter	Bar Length	Length of each bar	Quantity	Reinforcement Volu	Weight Per Total
Rebar Bar: H10	S6	10 mm	2299 mm	2279 mm	22	3972.11 cm ³	31.18 kg
Rebar Bar: H10	S6	10 mm	2299 mm	2279 mm	22	3972.11 cm ³	31.18 kg
Rebar Bar: H10	S6	10 mm	2299 mm	2279 mm	22	3972.11 cm ³	31.18 kg
Rebar Bar: H10	S6	10 mm	2299 mm	2279 mm	22	3972.11 cm ³	31.18 kg
S6: 4					88		124.72 kg
Rebar Bar: H10	S7	10 mm	696 mm	709 mm	22	1202.32 cm ³	9.44 kg
Rebar Bar: H10	S7	10 mm	696 mm	709 mm	22	1202.32 cm ³	9.44 kg
Rebar Bar: H10	S7	10 mm	696 mm	709 mm	22	1202.32 cm ³	9.44 kg
Rebar Bar: H10	S7	10 mm	696 mm	709 mm	22	1202.32 cm ³	9.44 kg
Rebar Bar: H10	S7	10 mm	696 mm	709 mm	22	1202.32 cm ³	9.44 kg
Rebar Bar: H10	S7	10 mm	696 mm	709 mm	22	1202.32 cm ³	9.44 kg
Rebar Bar: H10	S7	10 mm	696 mm	709 mm	22	1202.32 cm ³	9.44 kg
S7: 8					176		75.51 kg
Rebar Bar: H10: 12					264		200.23 kg
Rebar Bar: H13	S8	13 mm	633 mm	670 mm	5	419.99 cm ³	3.30 kg
Rebar Bar: H13	S8	13 mm	633 mm	670 mm	1	84.00 cm ³	0.66 kg
Rebar Bar: H13	S8	13 mm	633 mm	670 mm	1	84.00 cm ³	0.66 kg
Rebar Bar: H13	S8	13 mm	633 mm	670 mm	1	84.00 cm ³	0.66 kg
Rebar Bar: H13	S8	13 mm	633 mm	670 mm	1	84.00 cm ³	0.66 kg

Gambar 5. 11 Bar Length dan Length each of bar

3. Tidak adanya detail sambungan (*overlap*) besi pada model. Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Nafiyah & Martina, (2022) bahwa ketelitian dan kedetailan dalam pemodelan akan mempengaruhi *output* QTO. Berikut merupakan gambar detail pembesian pada T.039.



Gambar 5. 12 detail besi T.039

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa tidak terdapatnya besi *overlap* sehingga menyebabkan selisih berat pada besi tersebut.

5.5 Pembahasan

5.5.1 Perbedaan volume MC-0 dengan BIM 5D

1. Komparasi volume pembesian

Perbandingan yang dilakukan pada volume pembesian dari MC-0 dengan volume pembesian dari Revit yang merupakan *tools* dari BIM 5D, didapatkan hasil yang paling signifikan perbedaannya dan yang paling mendekati sesuai sebagai berikut.

a. Pembesian T.039

Berdasarkan pada tabel 5.12 dapat diketahui bahwa pada pondasi tower T.039 terdapat volume BIM 5D Revit lebih besar dibandingkan MC-0 dengan penyimpangan sebesar 54%, hal tersebut disebabkan oleh bedanya berat yang didapatkan. Dimana berat besi dipengaruhi oleh volume besi dan jumlah besi, dalam hal ini disebabkan oleh jumlah besi pada S10D19 yaitu jumlah Revit 36 buah dan MC-0 16 buah.

b. Pembesian T.048

Berdasarkan tabel 5.14 dapat diketahui bahwa pada pondasi tower T.048 mengalami hal yang sama dengan pondasi tower T.039 pada kategori volume tidak sesuai yaitu volume BIM 5D Revit lebih besar

dibandingkan MC-0 dengan penyimpangan sebesar 54%, hal tersebut disebabkan juga oleh bedanya jumlah besi sebanyak 20 buah.

c. Pembesian T.060

Berdasarkan tabel 5.16 dapat diketahui bahwa pada pondasi tower T.060 Prosentase perbandingan yang paling mendekati sesuai dan berat dengan selisih paling kecil ada pada S8D13 penyimpangan sebesar 9%.

Dari ketiga komparasi pondasi tower di atas apabila dilakukan kumulatif pada setiap notasi maka didapatkan prosentase perbandingan sebagai berikut.

Tabel 5. 24 Perbedaan Volume Mendekati Sesuai dan Sesuai Pada Pembesian 3 Titik Lokasi Pondasi Tower

Pekerjaan Pembesian Pondasi Tower				
Lokasi Pondasi Tower		T.039	T.048	T.060
Length of each total (mm)	MC	28.35	32.85	31.07
	Revit	28.30	32.80	31.02
	selisih(MC-Revit)	0.05	0.05	0.05
	selisih(MC/Revit) (%)	99.81%	99.84%	99.84%
Quantity Total (buah)	MC	1,136.00	1,364.00	1,168.00
	Revit	1,172.00	1,364.00	1,168.00
	selisih(MC-Revit) (%)	(36.00)	-	-
	selisih(MC/Revit) (%)	103.17%	100.00%	100.00%
Volume Total (m3)	MC	0.88	1.29	1.06
	Revit	0.87	1.27	1.04
	selisih(MC-Revit) (%)	0.01	0.02	0.02
	selisih(MC/Revit) (%)	98.80%	98.63%	98.57%
Weight Total (Kg)	MC	6,936.95	10,145.53	8,290.63
	Revit	6,853.40	9,997.22	8,171.78
	selisih(MC-Revit) (%)	83.55	148.31	118.85
	selisih(MC/Revit) (%)	98.80%	98.54%	98.57%

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa secara kumulatif pada lokasi pondasi tower T.039 terjadi kesesuaian volume berat besi sebesar 98,80% atau penyimpangan sebesar 1,20%, hal tersebut disebabkan oleh bedanya jumlah besi. Pada lokasi pondasi tower T.048 terjadi kesesuaian volume berat besi sebesar 98,54% atau penyimpangan sebesar 1,46%, dan pada lokasi pondasi tower T.060 terjadi kesesuaian volume berat besi sebesar 98,57% atau penyimpangan sebesar 1,43%.

2. Komparasi volume pembetonan

Perbandingan yang dilakukan pada volume pembetonan dari MC-0 dengan volume pembetonan dari Revit yang merupakan *tools* dari BIM 5D, didapatkan hasil paling mendekati sesuai dan sesuai sebagai berikut.

Tabel 5. 25 Perbedaan Volume Mendekati Sesuai dan Sesuai Pada Pembetonan 3 Titik Lokasi Pondasi Tower

PEMBETONAN					
Pondasi Tower T.039		Pondasi Tower T.048		Pondasi Tower T.060	
Selisih Volume (m3)	Prosentase perbandingan	Selisih Volume (m3)	Prosentase perbandingan	Selisih Volume (m3)	Prosentase perbandingan
-0.12	99.75%	-0.11	99.85%	0.00	100%

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa untuk pembetonan tidak terjadi perbedaan volume yang signifikan. Perbedaan volume yang terjadi paling besar hanya dengan selisih 0,12 m³ pada pondasi tower T.039 yang tergolong kecil untuk pengecoran pondasi. Serta pada pondasi tower T.060 tidak terdapat selisih volume, dengan kata lain volume MC-0 sama dengan volume Revit. Kesamaan volume tersebut disebabkan oleh perhitungan yang dilakukan pada revit sama dengan perhitungan MC-0, yang terjadi pada penelitian ini perhitungan volume pembetonan di revit dilakukan dengan memasukan formula/rumus perhitungan volume bangun bidang, perhitungan tersebut juga dilakukan pada perhitungan volume MC-0.

5.5.2 Faktor Penyebab Penyimpangan Volume MC-0 dengan BIM 5D

Berikut ini pembahasan berdasarkan Tabel 5.22 hasil FGD yang dilaksanakan kepada tiga pelaku proyek tower transmisi di kota XYZ.

Berdasarkan hasil FGD yang disajikan pada Tabel 5.22, terdapat tujuh pertanyaan hasil dari penelitian – penelitian sebelumnya berupa tujuh faktor penyebab terjadinya penyimpangan antara volume MC-0 dengan volume hasil *take off* (BIM 5D). Faktor – faktor merupakan hasil dari *literature review* terhadap beberapa jurnal dan dirangkum dalam bentuk tabulasi. Dari tujuh faktor penyebab penyimpangan volume MC-0 dengan BIM 5D, terdapat dua faktor yang memiliki

hasil “tidak setuju”, dua faktor memiliki hasil “kurang setuju” oleh ketiga narasumber dan tiga faktor memiliki hasil “Setuju” oleh ketiga narasumber. Makna dari penilaian FGD sebagai berikut.

Tabel 5. 26 Penilaian Hasil FGD Terhadap Faktor Penyebab Penyimpangan

No.	Penilaian	Makna
1	Tidak Setuju	Tidak Menjadi Faktor Penyebab Penyimpangan
2	Kurang Setuju	Menjadi Faktor Penyebab Penyimpangan Yang Tidak Signifikan
3	Setuju	Menjadi Faktor Penyebab Penyimpangan Yang Signifikan

Kedua Faktor yang memiliki hasil ”tidak setuju” tersebut sebagai berikut.

1. Kurangnya integrasi *model design* dan kurangnya informasi yang di butuhkan untuk mengestimasi *quantity*
2. Model BIM dapat digunakan sebagai shop Drawing dan Output BIM dapat digunakan untuk persiapan penawaran

Dua faktor yang memiliki hasil “Kurang Setuju” memiliki makna bahwa kedua faktor belum sepenuhnya diterapkan pada proyek tower transmisi di kota XYZ. Kedua faktor yang memiliki hasil “Kurang Setuju” antara lain sebagai berikut.

1. Masih banyak perusahaan konstruksi yang ternyata belum menerapkan konsep BIM dikarenakan *license* dari *software* yang cukup mahal dan kemampuan sumber daya manusia yang mengalami kesulitan mengimplementasikan BIM, sehingga belum semua pihak yang mendapatkan keun-tungan dari pengaplikasian metode BIM
2. Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) oleh perusahaan *Architecture, Engineering, dan Construction* (AEC) di Indonesia masih sangat terbatas dan belum banyak diterapkan

Tiga faktor yang memiliki hasil “Setuju” memiliki makna bahwa ketiga faktor sepenuhnya diterapkan pada proyek tower transmisi di kota XYZ. Ketiga faktor yang memiliki hasil “Setuju” antara lain sebagai berikut.

1. Durasi pengalaman dari seorang pengguna mempengaruhi tingkat kedetailan dalam pemodelan, dan akurasi pada saat output
2. Memperkenalkan teknologi baru ke dalam organisasi untuk merangsang perubahan organisasi sering kali menemui penolakan dari anggotanya, dan setelah teknologi diadopsi anggota harus belajar menggunakan teknologi untuk kolaborasi dan komunikasi lintas organisasi.
3. Tingginya biaya software yang diperlukan oleh perusahaan, kurangnya pengetahuan dalam menerapkan BIM serta kurangnya kesadaran atau motivasi dari pimpinan untuk mengadopsi BIM.

Berdasarkan hasil analisa pada Sub Bab 5.3 didapatkan penyimpangan yang signifikan sebesar 54% pada notasi S10D13. Hasil FGD didapatkan dua faktor utama penyebab terjadinya penyimpangan, dimana kedua faktor tersebut merupakan penilaian yang memiliki hasil penilaian “Tidak Setuju”. Dengan tidak diterapkannya faktor tersebut, dapat menyebabkan terjadinya penyimpangan terhadap volume BIM dengan volume MC-0.

Berdasarkan hasil penilaian terhadap faktor pertama terkait kurangnya integrasi model desain dan kurangnya informasi yang dibutuhkan untuk mengestimasi quantity, narasumber FGD memberikan nilai “tidak setuju” hal ini dikarenakan belum adanya tim khusus atau divisi khusus terkait BIM. Selain daripada itu sumberdaya manusia yang terdapat pada proyek belum cukup memumpuni dan BIM pada proyek Tower transmisi di kota XYZ belum terintegrasi antar *stake holder* dan hanya digunakan untuk internal pelaksana. Uraian faktor tersebut membuktikan bahwa kurangnya integrasi model desain menjadi penyebab terjadinya penyimpangan volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D.

Berdasarkan hasil penilaian terhadap faktor kedua terkait model BIM digunakan sebagai *shop drawing* dan *output* BIM yang dapat digunakan untuk persiapan penawaran, narasumber FGD memberikan nilai “tidak setuju” hal ini mengartikan bahwa permodelan BIM pada proyek Tower Transmisi di kota XYZ

tidak diterapkan dilapangan. Tidak dilakukannya penerapan di lapangan membuktikan bahwa permodelan BIM pada proyek tower transmisi di kota XYZ tidak detail. Tidak detailnya permodelan BIM dapat dilihat dari adanya input formula volume secara manual yang masih terjadi. Dari hasil FGD yang menyatakan bahwa permodelan BIM yang ada di proyek tower transmisi di kota XYZ tidak dijadikan sebagai *shop drawing*, dimana dengan tidak dijadikannya BIM sebagai dasar dari *shop drawing* maka BIM yang ada di proyek tersebut terputus. Terputus yang dimaksud adalah tidak terintergrasinya BIM dari perencanaan sampai ke pelaksanaan. Berdasarkan uraian tersebut maka BIM pada proyek tower transmisi di kota XYZ termasuk kedalam BIM Level 1. BIM level 1 yang ada pada proyek tersebut bermakna bahwa BIM 3D modelling pada proyek tower transmisi di kota XYZ masih sebagai desain konseptual dan digunakan dokumentasi serta perizinan dan informasi konstruksi.

Output BIM yang dapat digunakan untuk persiapan penawaran, penilaian tersebut bermakna bahwa *Output* BIM pada proyek tower transmisi di kota XYZ tidak digunakan untuk persiapan penawaran. Tidak digunakannya BIM untuk persiapan penawaran dikarenakan permodelan BIM dilaksanakan setelah proyek berjalan. Hal ini disebabkan karena diawal berjalannya proyek belum ada regulasi yang mengatur terkait adanya kewajiban penggunaan BIM. Tidak digunakannya *Output* BIM untuk persiapan penawaran menjadi faktor adanya penyimpangan antara volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D serta tingkat kedetailan menjadi menurun yang disebabkan BIM tidak digunakan sebagai persiapan penawaran.

Berdasarkan uraian faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan antara volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D, manfaat penggunaan BIM pada proyek tower transmisi di kota XYZ mengalami penurunan potensi manfaat BIM.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa, perhitungan, dan pengumpulan data, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil penyimpangan volume MC-0 dengan volume berbasis BIM paling signifikan terdapat pada pembesian S10D13 dengan berat pembesian prosentase selisih sebesar 54% di titik lokasi pondasi tower T.039. Pada titik lokasi pondasi tower T.048 dengan berat pembesian prosentase selisih sebesar 54%. Pada titik lokasi pondasi tower T.060 dengan berat pembesian prosentase selisih sebesar 9%. Hasil penyimpangan volume MC-0 dengan volume BIM pada pembetonan yang paling signifikan ada pada titik T.039 sebesar 0,25%.
2. Faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan antara volume BIM dengan volume MC-0 adalah sebagai berikut.
 - a. Hasil FGD
 - 1) Durasi pengalaman dari seorang pengguna mempengaruhi tingkat kedetailan dalam pemodelan, dan akurasi pada saat output.
 - 2) Memperkenalkan teknologi baru ke dalam organisasi untuk merangsang perubahan organisasi sering kali menemui penolakan dari anggotanya, dan setelah teknologi diadopsi anggota harus belajar menggunakan teknologi untuk kolaborasi dan komunikasi lintas organisasi.
 - 3) Tingginya biaya software yang diperlukan oleh perusahaan, kurangnya pengetahuan dalam menerapkan BIM serta kurangnya kesadaran atau motivasi dari pimpinan untuk mengadopsi BIM.
 - b. Hasil Analisa
 - 1) Faktor *human error* dimana terjadi kesalahan input formula yang dilakukan oleh BIM *modeller*

- 2) *Take off volume* pembesian pada revit, menggunakan besi yang sudah ditekuk sehingga ada perbedaan panjang yang mengakibatkan terjadinya penyimpangan
- 3) Tidak adanya detail sambungan (*overlap*) besi pada model

6.2 Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lanjutan terkait faktor penyebab penyimpangan yang paling signifikan terhadap pekerjaan lain.
2. Perlu dilakukannya penelitian lanjutan terkait perbedaan volume MC-0 dengan volume berbasis BIM 5D selain pekerjaan pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Belferik, R., Andiyan, A., Zulkarnain, I., Munizu, M., Samosir, J. M., Afriyadi, H., Rusmiatmoko, D., Adhicandra, I., Syamil, A., Ichsan, M., & Prasetyo, A. (2023). *MANAJEMEN PROYEK : Teori & Penerapannya* (Efitra & Sepriano (Eds.); Issue Mei). PT Sonpedia Publishing Indonesia.
- BIM PUPR. (2018). *BIM, Masa Depan Teknologi Digital Mendukung Pembangunan Infrastruktur*. <http://bim.pu.go.id/berita/baca/7/bim-masa-depan-teknologi-digital-mendukung-pembangunan-infrastruktur.html>
- Bowles, J. E. (1991). *Analisa dan Desain Pondasi* (Edisi keti). Erlangga.
- Cresewell, J. W. (2012). *Educational Research* (P. A. Smith, C. Robb, & M. Buchholtz (Eds.); 4th ed., Issue 1). Pearson Education, Inc.
- Darmadi, H. (2011). *Metode Penelitian Pendidikan*. ALFABETA.
- Dimiyati, H., & Nurjaman, K. (2016). *Manajemen Proyek* (B. A. Saebani (Ed.)). CV Pustaka Setia.
- Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek & Konstruksi*. Kanisius.
- Direktur Jenderal Penyediaan Perumahan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2019). *Surat Edaran No. 04/SE/Dr/2019 tentang Pedoman Umum Pengawasan dan Pembinaan Bantuan Pembangunan Rumah Susun*. 1–34.
- Dwianto, R., Mahya, H. Z., Taurano, G. A., & Wijaya, H. A. (2023). Perbandingan Perhitungan MC-0 Metode Konvensional & Building Information Modelling (BIM) Terhadap Realisasi Pekerjaan. *Konstruksia*, 14(2), 109. <https://doi.org/10.24853/jk.14.2.109-118>
- Ervianto, W. I. (2005). *Manajemen Proyek Konstriksi Edisi - Revisi*. ANDI Yogyakarta.
- Fachrurozi. (n.d.). *Format Back Up Data - Hitung Volume Bangunan Konstruksi Gedung (Panduan)*. Retrieved December 15, 2023, from

<https://www.sudutsipil.site/2019/12/download-sofcopy-form-back-up-data.html>

Farhana, A., & Abma, V. (2022). Implementasi Konsep Bim 5D Pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung. *Racic : Rab Construction Research*, 7(2), 116–127. <https://doi.org/10.36341/racic.v7i2.3004>

Gunawan, R. (1991). *Pengantar Teknik Pondasi*. Kanisius.

Husen, A. (2011). *Manajemen Proyek* (2nd ed.). ANDI.

Kementrian PUPR. (2018a). *Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM) - Modul 3*.

Kementrian PUPR. (2018b). *Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM) - Modul 5*. Kementrian PUPR.

Kementrian PUPR. (2018c). *Roadmap Implementasi BIM “Building Information Modeling.”*

Kirby, L., Krygiel, E., & Kim, M. (2018). *Autodesk® Revit® 2018* (Vol. 20). John Wiley & Sons, Inc.

KNS, M., Amiruddin, J., & Mahir, I. (2023). *Manajemen Konstruksi di Era BIM (Pendekatan Proses)* (S. K. HHs (Ed.)). Cipta Media Nusantara.

Kusumartono, H., Krisbandono, A., Permana, G. P., Andarwati, N., Indraprastha, A., Widyastuti, A. R., Irsan, A., & Rahman, A. (2018). *Adopsi BIM dalam Organisasi*. Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi.

Lampiran Permen PUPR Nomor 22 Tahun 2018. (n.d.).

Latiffi, A. A., Brahim, J., Mohd, S., & Fathi, M. S. (2015). Building Information Modeling (BIM): Exploring Level of Development (LOD) in Construction Projects. *Applied Mechanics and Materials*, 773–774(May), 933–937. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.773-774.933>

Lock, D. (1992). *Manajemen Proyek* (3rd ed.). Erlangga.

Mieslenna, C. F., & Wibowo, A. (2019). Mengeksplorasi Penerapan Building Information Modeling (Bim) Pada Industri Konstruksi Indonesia Dari Perspektif Pengguna Exploring the Implementation of Building Information Modeling (Bim) in the Indonesian Construction Industry From Users ’

- Perspecti. *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum*, 11(1), 44–58.
- Nafiyah, R., & Martina, N. (2022). Analisis Quantity Takeoff Pada Pekerjaan Struktur Bawah Jembatan. *Construction and Material Journal*, 4(2), 91–100. <https://doi.org/10.32722/cmj.v4i2.4755>
- Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 15/M-IND/PER/3/2016 Tentang Standar Spesifikasi Dan Standar Harga Tower Transmisi Dan Konduktor Produk Dalam Negeri Dalam Rangka Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan.* (2016).
- Peraturan Pemerintah Tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 Tentang Jasa Konstruksi* (Vol. 21, Issue 1, pp. 1–9). (2020).
- Piter, M. (2023). *PERBANDINGAN ANALISIS QUANTITY TAKEOFF BERBASIS BIM DENGAN METODE KONVENSIONAL PADA PEKERJAAN STRUKTUR JEMBATAN UNDERPASS* [Politeknik Negeri Jakarta]. <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/13238>
- PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan. (2021). *SUTT/SUTET Dan ROW* (pp. 1–52).
- Qureshi, A. H., Naqvi, S. W. U., Qadeer, A., Masood, H., & Kamran, M. (2019). Comparison of Physical Attributes of Real Time Project Using BIM (Building Information Modeling): A Case Study. *10th International Civil Engineerin Conference (ICEC-2019)*.
- Rahmadi. (2011). Pengantar Metodologi Penelitian. In *Antasari Press*.
- Riduwan. (2007). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian* (Husdarta, A. Rusyana, & Enas (Eds.)). ALFABETA.
- Rumane, A. R. (2017). *Handbook of Construction Management* (A. R. Rumane (Ed.)). CRC Press Taylor & Francis Group.
- Sabil, D., & Erizal. (2023). Penerapan Buidling Information Modeling (BIM) 5D pada Proyek Gedung Simpang Temu Dukuh Atas, Jakarta Pusat. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 8(02), 95–104. <https://doi.org/10.29244/jsil.8.02.95-104>
- Salsabila, J., & Abma, V. (2023). *Perbandingan realisasi biaya pelaksanaan terhadap rab berbasis bim 5d pada pekerjaan struktural bangunan*. 3(1),

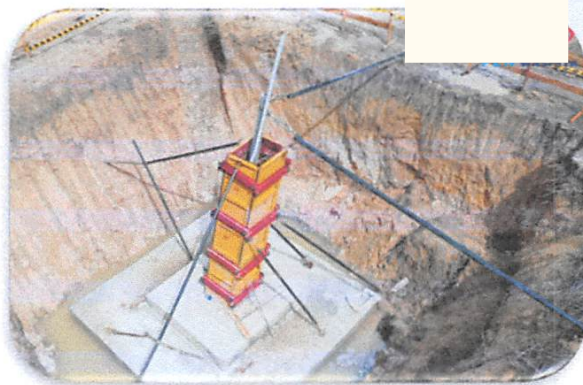
102–110.

- Sarju, Dwi Vera Asmarayani, & Nindyo Cahyo Kresnanto. (2022). Penilaian Efektivitas Implementasi Building Information Modelling (Bim) Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(4), 247–260. <https://doi.org/10.24002/jts.v16i4.5539>
- Soemardi, B. W. (2020). *Kuantifikasi Pekerjaan Quantity Takeoff*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan.
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kualitatif dan R&D*. ALFABETA.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. ALFABETA.
- Supriyati. (2015). *Metodelogi Penelitian*. Labkat Press Unikom.
- Suyatno. (2010). *Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Penyelesaian Proyek Gedung (Aplikasi Model Regresi)*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Wenman, L., Davies, N., Woddy, P., Purvis, R., & Jackson, R. (2015). *AEC (UK) BIM Technology Protocol* (Issue June, pp. 1–47). AEC (UK) BIM Procotol.

LAMPIRAN

BAPB

(Berita Acara Pengukuran Bersama)



No. Berita Acara :
 Jenis Pekerjaan : STRUKTUR PONDASI TOWER (AA +3) Class 1 T.039
 No. Ref Drawing : 44012-MEN-AUR-01-S-TL-DW-AA-3-004

NO	URAIAN PEKERJAAN	STN	VOLUME TIPIKAL	KETERANGAN
	FOUNDATIONS			
	Complete foundation (including stubs, cleats and setting) for standard and extended AA+3 type towers			
1	Class 1	sets		
	b. Geometry and Bouwplank	tower site	1,000	
	Test Concrete Cube	no	20,000	
	Excavation of Soil	m3	277,350	
	2.: Back Filling	m3	218,241	
	Compacted Sand	m3	7,396	
	Lean Concrete	m3	3,698	
	Concrete K 225	m3	48,799	
	2.: Reinforced Steel :			
	U39-BJTD40	ton	6,732	
	U24-BJTP24	ton	0,205	
	Formwork	m2	80,560	
	PVC dia 2 inch for grounding tower	m	16,000	
	Installed stake of concrete for Tower Area	no	0,000	
	Dewatering	tower site	1,000	
	Finishing and site clearing	tower site	1,000	

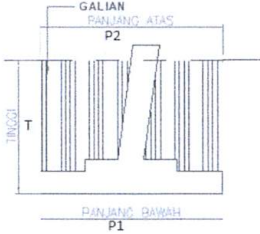
BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : CONCRETE K225

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
	1	Chimney = $b \times b \times (D1+D2)$			
		= $0,700 \times 0,700 \times 3,200$			
		= 1,568			
		x4 = 6,272	6,272	m ³	
	2	Pad Atas = $B1 \times B1 \times D3$			
		= $2,150 \times 2,150 \times 0,300$			
		= 1,387			
		x4 = 5,547	5,547	m ³	
	3	Pad Bawah = $B \times B \times D4$			
		= $4,300 \times 4,300 \times 0,500$			
		= 9,245			
		x4 = 36,980	36,980	m ³	
Total Volume Gambar			48,799	m³	

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : EXCAVATION OF SOIL

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
		$V = P1 \times P1 \times (D2 + D3 + D4 + Tcs + Tic)$			
		$V = 4,300 \times 4,300 \times 3,750$			
		$V = 69,338$			
		$\text{Total Volume} = 69,338 \times 4,000$			
		$= 277,350$			
			277,350	m ³	
		Total Volume Gambar	277,350	m ³	

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : FORMWORK

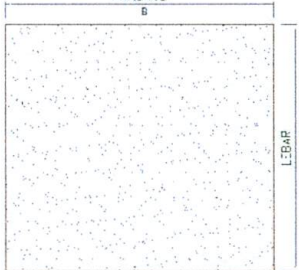
GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
	1	Chimney = b x (D1+D2) x Sisi			
		= 0,700 x 3,200 x 4,000			
		= 8,960			
		x4 = 35,840	35,840	m ²	
	2	Pad Atas = B1 x D3 x Sisi			
		= 2,150 x 0,300 x 4,000			
		= 2,580			
		x4 = 10,320	10,320	m ²	
	3	Pad Bawah = B x D4 x Sisi			
	= 4,300 x 0,500 x 4,000				
	= 8,600				
	x4 = 34,400	34,400	m ²		
		Total Volume Gambar	80,560	m²	

Diperiksa Oleh

Dibuat Oleh

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : COMPACTED SAND

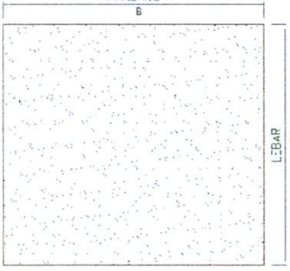
GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
	Pasir	$= B \times B \times T \text{ cs}$ $= 4,300 \times 4,300 \times 0,100$			
		$= 1,849$			
	x4	$= 7,396$	7,396	m ³	
		Total Volume Gambar	7,396	m³	

Diperiksa Oleh
OWNER

Dibuat Oleh
KONTRAKTOR

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : LEAN CONCRETE

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		<p>Volume Gambar :</p> <p>Lantai Kerja = B x B x T lc</p> <p>= 4,300 x 4,300 x 0,050</p> <p>= 0,925</p> <p>x4 = 3,698</p>	3,698	m ³	
		Total Volume Gambar	3,698	m ³	

Diperiksa Oleh
OWNER

Dibuat Oleh
KONTRAKTOR

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : BACK FILLING					
GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
		Volume Pekerjaan Galian - (Volume beton pondasi tertimbun + Urugan Pasir + Lantai Kerja)			
		Volume Timbunan = V. Galian - (Volume beton pondasi tertimbun + Urugan Pasir + Lantai Kerja)			
		= V. Galian - (Volume beton pondasi - Volume beton di atas permukaan + Urugan Pasir + Lantai Kerja)			
		= 277,350 - (48,799 - 0,784 + 7,396 + 3,698)			
		= 218,241	218,241	m ³	
			Total Volume Gambar	218,241	m³

Diperiksa Oleh

Dibuat Oleh

RACKUP DATA PERHITINGAN

SUB PEKERJAAN : REINFORCED STEEL

Uraian Gambar	Not.	D (mm)	Panjang Besi (m)								Panjang (m)	Jumlah	Area (m ²)	Volume (m ³)	Berat Jenis (kg/m ³)	Unit	Total Berat	Keterangan
			a	b	c	d	e	f	g	h								
			2	3	4	5	6	7	8	9								
Volume Gambar :																		
	S6	10	0,080	0,550	0,550	0,550	0,550	0,080			2,360	22	0,000079	0,004078	7850	4	128,043	U24 - BJTP24
	S7	10	0,080	0,550	0,080					0,710	44	0,000079	0,002454	7850	4	77,043	U24 - BJTP24	
Total U24 - BJTP 24																205,085	kg	
	S1	19	0,120	0,350	4,150	0,350	0,120			5,090	58	0,000284	0,083703	7850	4	2628,285	U39 - BJTD40	
	S2	19	0,120	4,150	0,120					4,390	32	0,000284	0,039830	7850	4	1250,666	U39 - BJTD40	
	S3	19	0,230	0,650	2,000	0,650	0,230			3,760	28	0,000284	0,029850	7850	4	937,287	U39 - BJTD40	
	S4	19	0,350	1,080	0,300					1,730	56	0,000284	0,027468	7850	4	862,503	U39 - BJTD40	
	S5	19	0,120	3,890	0,230	0,120				4,360	24	0,000284	0,029668	7850	4	931,589	U39 - BJTD40	
	S8	13	0,160	0,350	0,160					0,670	12	0,000133	0,001067	7850	4	33,509	U39 - BJTD40	
	S9	13	0,080	4,150	0,080					4,310	4	0,000133	0,002288	7850	4	71,853	U39 - BJTD40	
	S10	13	0,160	0,650	0,160					0,970	4	0,000133	0,000515	7850	4	16,171	U39 - BJTD40	
Total U39 - BJTD 40																6.731,864	kg	
																6,732	ton	

Diperiksa Oleh

Dibuat Oleh

BAPB

(Berita Acara Pengukuran Bersama)

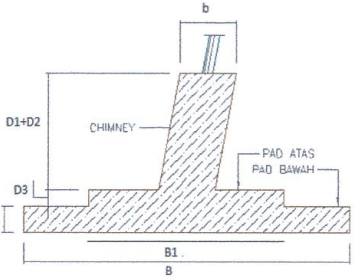


No. Berita Acara :
 Jenis Pekerjaan : STRUKTUR PONDASI TOWER (AA +6) Class 2 T.048
 No. Ref Drawing : 44012-MEN-AUR-01-S-TL-DW-AA-3-004

NO	URAIAN PEKERJAAN	STN	VOLUME TIPIKAL	KETERANGAN
	FOUNDATIONS			
	Complete foundation (including stubs, cleats and setting) for standard and extended AA+9 type towers			
1	Class 2	sets		
	Geometry and Bouwplank	tower site	1,00	
	Test Concrete Cube	no	20,00	
	Excavation of Soil	m3	453,750	
	Back Filling	m3	360,537	
	Compacted Sand	m3	12,100	
	Lean Concrete	m3	6,050	
	Concrete K 225	m3	75,847	
	Reinforced Steel :			
	U39-BJTD40	ton	9,931	
	U24-BJTP24	ton	0,205	
	Formwork	m2	93,040	
	PVC dia 2 inch for grounding tower	m	16,000	
	Installed stake of concrete for Tower Area	no	0,000	
	Dewatering	tower site	1,000	
	Finishing and site clearing	tower site	1,000	

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : CONCRETE K225

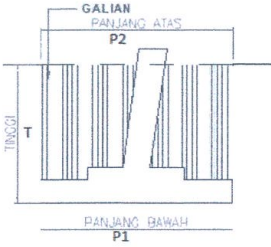
GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN						
		Volume Gambar :									
	1	Chimney	=	b	x	b	x	(D1+D2)			
			=	0,700	x	0,700	x	3,200			
			=	1,568							
			x4						6,272	m ³	
	2	Pad Atas	=	B1	x	B1	x	D3			
			=	2,750	x	2,750	x	0,300			
			=	2,269							
			x4						9,075	m ³	
	3	Pad Bawah	=	B	x	B	x	D4			
		=	5,500	x	5,500	x	0,500				
		=	15,125								
		x4						60,500	m ³		
Total Volume Gambar				75,847	m ³						

Diperiksa Oleh

Dibuat Oleh

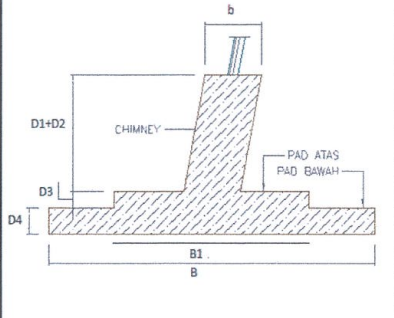
BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : EXCAVATION OF SOIL

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
		V = P1 x P1 x (D2 + D3 + D4 + Tcs + Tic)			
		V = 5,500 x 5,500 x 3,750			
		V = 113,438			
		Total Volume = 113,438 x 4,000			
		= 453,750			
		Total Volume Gambar	453,750	m ³	

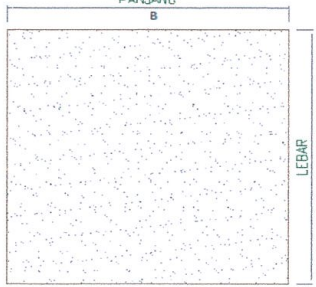
BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : FORMWORK

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN	
		Volume Gambar :				
	1	Chimney	=			
	=	0,700	x	3,200	x	4,000
	=	8,960				
	x4	=	35,840			
		35,840		m ²		
	2	Pad Atas	=			
	=	2,750	x	0,300	x	4,000
	=	3,300				
	x4	=	13,200			
	13,200		m ²			
3	Pad Bawah	=				
=	5,500	x	0,500	x	4,000	
=	11,000					
x4	=	44,000				
	44,000		m ²			
Total Volume Gambar			93,040	m ²		
Diperiksa Oleh OWNER			Dibuat Oleh KONTRAKTOR			

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : COMPACTED SAND

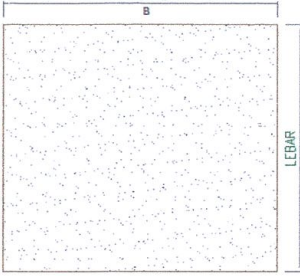
GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
		Pasir = B x B x T cs			
		= 5,500 x 5,500 x 0,100			
		= 3,025			
		x4 = 12,100	12,100	m ³	
			Total Volume Gambar	12,100	m ³

Dineriksa Oleh

Dibuat Oleh

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : LEAN CONCRETE

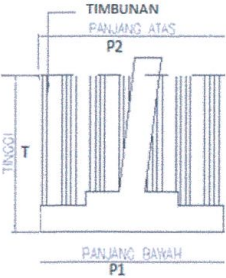
GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
		Lantai Kerja = B x B x T lc			
		= 5,500 x 5,500 x 0,050			
		= 1,513			
		x4 = 6,050	6,050	m ³	
		Total Volume Gambar	6,050	m ³	

Dikawat Oleh

Dikawat Oleh

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : BACK FILLING




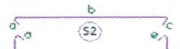
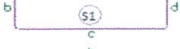
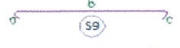
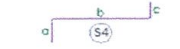



GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
		Volume Pekerjaan Galian - (Volume beton pondasi tertimbun + Urugan Pasir + Lantai Kerja)			
		Volume Timbunan = V. Galian - (Volume beton pondasi tertimbun + Urugan Pasir + Lantai Kerja)			
		= V. Galian - (Volume beton pondasi - Volume beton di atas permukaan + Urugan Pasir + Lantai Kerja)			
		= 453,750 - (75,847 - 0,784 + 12,100 + 6,050)			
		= 360,537		360,537	m ³
			Total Volume Gambar	360,537	m ³

Dinirika Olah

Dikawat Olah

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : REINFORCED STEEL

Uraian Gambar	Not.	D (mm)	Panjang Besi (m)								Panjang (m)	Jumlah	Area (m ²)	Volume (m ³)	Berat Jenis (kg/m ³)	Unit	Total Berat	Keterangan
			a	b	c	d	e	f	g	h								
Volume Gambar :																		
	S6	10	0,080	0,550	0,550	0,550	0,550	0,080			2,360	22	0,000079	0,004078	7850	4	128,043	U24 - BJTP24
	S7	10	0,080	0,550	0,080					0,710	44	0,000079	0,002454	7850	4	77,043	U24 - BJTP24	
Total U24 - BJTP 24																205,085	kg	
																0,205	ton	
	S1	19	0,120	0,350	5,350	0,350	0,120			6,290	74	0,000284	0,131971	7850	4	4143,898	U39 - BJTD40	
	S2	19	0,120	5,350	0,120					5,590	40	0,000284	0,063397	7850	4	1990,667	U39 - BJTD40	
	S3	19	0,230	0,650	2,600	0,650	0,230			4,360	36	0,000284	0,044503	7850	4	1397,384	U39 - BJTD40	
	S4	19	0,350	1,380	0,300					2,030	72	0,000284	0,041441	7850	4	1301,234	U39 - BJTD40	
	S5	19	0,120	3,890	0,230	0,120				4,360	24	0,000284	0,029668	7850	4	931,589	U39 - BJTD40	
	S8	13	0,160	0,350	0,160					0,670	21	0,000133	0,001868	7850	4	58,641	U39 - BJTD40	
	S9	13	0,080	5,350	0,080					5,510	4	0,000133	0,002925	7850	4	91,858	U39 - BJTD40	
	S10	13	0,160	0,650	0,160					0,970	4	0,000133	0,000515	7850	4	16,171	U39 - BJTD40	
Total U39 - BJTD 40																9,931,442	kg	
																9,931	ton	
Diperiksa Oleh OWNER																Dibuat Oleh KONTRAKTOR		

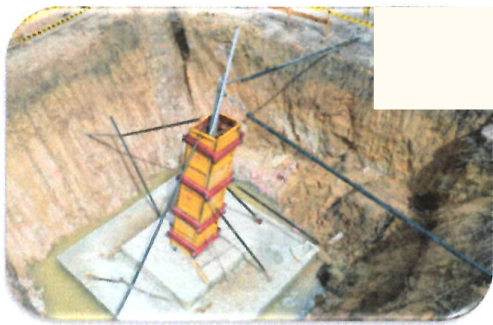
BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : PEKERJAAN LAIN LAIN

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
		Pekerjaan Lain-lain			
	a	Geometry and Bouwplank (Incl Stud Setting)	1,000	tower site	
	b	Test Concrete Cube (15x15x15 cm ³)	20,000	no	
	c	PVC dia. 2 inch for grounding tower	16,000	m	
	d	Installed stake of concrete for tower area	0,000	no	
	e	Dewatering	1,000	tower site	
	f	Finishing and site Clearing	1,000	tower site	

BAPB

(Berita Acara Pengukuran Bersama)



No. Berita Acara :
 Jenis Pekerjaan : STRUKTUR PONDASI TOWER (AA +0) Class 2 T.060
 No. Ref Drawing : 44012-MEN-AUR-01-S-TL-DW-AA-3-004

NO	URAIAN PEKERJAAN	STN	VOLUME TIPIKAL	KETERANGAN
	FOUNDATIONS			
	Complete foundation (including stubs, cleats and setting) for standard and extended AA+3 type towers			
1	Class 2	sets		
	Geometry and Bouwplank	tower site	1,00	
	Test Concrete Cube	no	20,00	
	Excavation of Soil	m3	437,400	
	Back Filling	m3	370,284	
	Compacted Sand	m3	11,664	
	Lean Concrete	m3	5,832	
	Concrete K 225	m3	50,404	
	Reinforced Steel :			
	U39-BJTD40	ton	8,076	
	U24-BJTP24	ton	0,214	
	Formwork	m2	76,960	
	PVC dia 2 inch for grounding tower	m	16,000	
	Installed stake of concrete for Tower Area	no	0,000	
	Dewatering	tower site	1,000	
	Finishing and site clearing	tower site	1,000	

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : CONCRETE K225

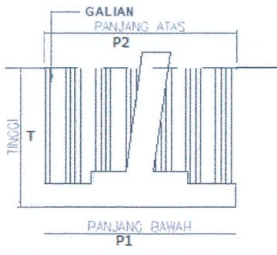
GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
	1	Chimney = $b \times b \times (D1+D2)$			
		= 0,700 x 0,700 x 3,400			
		= 1,666			
		x4 = 6,664	6,664	m ³	
	2	Pad Atas = $B1 \times B1 \times D3$			
		= 2,700 x 2,700 x 0,300			
		= 2,187			
		x4 = 8,748	8,748	m ³	
	3	Pad Bawah = $B \times B \times D4$			
	= 5,400 x 5,400 x 0,300				
	= 8,748				
	x4 = 34,992	34,992	m ³		
		Total Volume Gambar	50,404	m³	

Diperiksa Oleh

Dikurst Oleh

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : EXCAVATION OF SOIL

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
	V	= P1 x P1 x (D2 + D3 + D4 + Tcs + Tlc)			
	V	= 5,400 x 5,400 x 3,750			
	V	= 109,350			
	Total Volume	= 109,350 x 4,000			
		= 437,400			
			Total Volume Gambar	437,400	m³

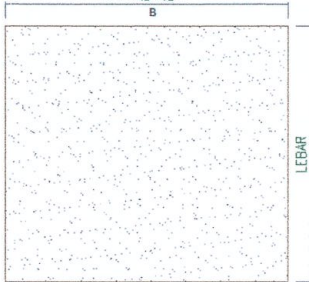
BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : FORMWORK

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
	1	Chimney = $b \times (D1+D2) \times \text{Sisi}$			
		= $0,700 \times 3,400 \times 4,000$			
		= 9,520			
		x4 = 38,080	38,080	m ²	
	2	Pad Atas = $B1 \times D3 \times \text{Sisi}$			
		= $2,700 \times 0,300 \times 4,000$			
		= 3,240			
		x4 = 12,960	12,960	m ²	
	3	Pad Bawah = $B \times D4 \times \text{Sisi}$			
	= $5,400 \times 0,300 \times 4,000$				
	= 6,480				
	x4 = 25,920	25,920	m ²		
Total Volume Gambar			76,960	m²	

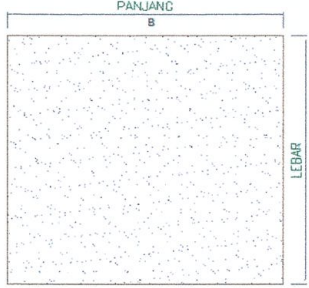
BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : COMPACTED SAND

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
	Pasir	= B x B x T cs			
		= 5,400 x 5,400 x 0,100			
		= 2,916			
		x4 = 11,664	11,664	m ³	
		Total Volume Gambar	11,664	m ³	

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : LEAN CONCRETE

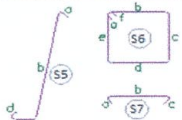

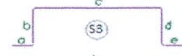
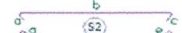

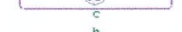
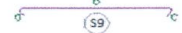


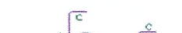
GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN
		Volume Gambar :			
	=	B x B x T lc			
	=	5,400 x 5,400 x 0,050			
	=	1,458			
	x4	= 5,832	5,832	m ³	
		Total Volume Gambar	5,832	m ³	

BACKUP DATA PERHITUNGAN

SUB PEKERJAAN : BACK FILLING

GAMBAR / SKETSA	NO.	DIMENSI/PERHITUNGAN	KUANTITAS	SATUAN	KETERANGAN	
		Volume Gambar :				
		Volume Pekerjaan Galian - (Volume beton pondasi tertimbun + Urugan Pasir + Lantai Kerja)				
		Volume Timbunan = V. Galian - (Volume beton pondasi tertimbun + Urugan Pasir + Lantai Kerja)				
		= V. Galian - (Volume beton pondasi - Volume beton di atas permukaan + Urugan Pasir + Lantai Kerja)				
		= 437,400 - (50,404 - 0,784 + 11,664 + 5,832)				
		= 370,284				
		Total Volume Gambar	370,284	m ³		

BACKUP DATA PERHITUNGAN

Uraian Gambar	Not.	D (mm)	Panjang Besi (m)								Panjang (m)	Jumlah	Area (m ²)	Volume (m ³)	Berat Jenis (kg/m ³)	Unit	Total Berat	Keterangan
			a	b	c	d	e	f	g	h								
			2	3	4	5	6	7	8	9								
Volume Gambar :																		
	S6	10	0,080	0,550	0,550	0,550	0,550	0,080			2,360	23	0,000079	0,004263	7850	4	133,863	U24 - BJTP24
	S7	10	0,080	0,550	0,080						0,710	46	0,000079	0,002565	7850	4	80,544	U24 - BJTP24
Total U24 - BJTP 24																214,407	kg	
																0,214	ton	
	S1	19	0,120	0,150	5,250	0,150	0,120				5,790	90	0,000284	0,147747	7850	4	4639,250	U39 - BJTD40
	S2	19	0,120	5,250	0,120						5,490	24	0,000284	0,037358	7850	4	1173,033	U39 - BJTD40
	S3	19	0,230	0,450	2,550	0,450	0,230				3,910	20	0,000284	0,022172	7850	4	696,199	U39 - BJTD40
	S4	19	0,300	1,350	0,150						1,800	40	0,000284	0,020414	7850	4	641,002	U39 - BJTD40
	S5	19	0,120	3,890	0,230	0,120					4,360	20	0,000284	0,024724	7850	4	776,324	U39 - BJTD40
	S8	13	0,160	0,150	0,160						0,470	16	0,000133	0,000998	7850	4	31,342	U39 - BJTD40
	S9	13	0,080	5,250	0,080						5,410	4	0,000133	0,002872	7850	4	90,191	U39 - BJTD40
	S10	13	0,160	0,450	0,160						0,770	9	0,000133	0,000920	7850	4	28,883	U39 - BJTD40
Total U39 - BJTD 40																8,076,224	kg	
																8,076	ton	

Lampiran 2

Bukti *forum group discussion* secara *online* bersama *stake holder* proyek Transmisi di Kota XYZ

