

SKRIPSI

**PENERAPAN TEKNOLOGI BUILDING INFORMATION
MODELING (REVIT) DALAM PERHITUNGAN VOLUME STRUKTUR
PADA BANGUNAN SPA DI KAWASAN EKONOMI KHUSUS SANUR, BALI**



OLEH :
I MADE SURYA WIRA GUNA
NIM. 2415164023

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
PROGRAM STUDI S1 TERAPAN MANAJEMEN PROYEK
KONSTRUKSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2025

**PENERAPAN TEKNOLOGI BUILDING INFORMATION
MODELING (REVIT) DALAM PERHITUNGAN VOLUME STRUKTUR
PADA BANGUNAN SPA DI KAWASAN EKONOMI KHUSUS SANUR, BALI**

I Made Surya Wira Guna

Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil,
Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan,
Kabupaten Badung, Bali – 80364 Telp. (0361)701980 Fax. 701128
E-mail: suryawiraguna09@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam industri konstruksi telah mendorong penerapan Building Information Modeling (BIM) guna meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam perencanaan proyek. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan volume dan biaya pekerjaan struktur beton bertulang antara metode konvensional dengan metode digital menggunakan software Revit Structure (BIM). Objek studi adalah proyek pembangunan SPA (Solus Per Aqua) di Kawasan Ekonomi Khusus Sanur, Bali. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui pemodelan 3D struktur, perhitungan volume dan biaya, serta simulasi penjadwalan (4D) menggunakan Navisworks.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat selisih volume pekerjaan struktur antara metode manual dan BIM, yaitu 9,7% lebih kecil pada pekerjaan beton dan 5,64% lebih kecil pada pekerjaan pembesian. Hal ini berdampak pada efisiensi biaya sebesar Rp 348.682.676,86 atau sekitar 7,08% lebih hemat jika menggunakan Revit Structure. Selain itu, simulasi 4D menghasilkan visualisasi proyek yang membantu pengendalian waktu dengan durasi pekerjaan struktur selama 60 hari kalender. Penelitian ini membuktikan bahwa BIM mampu meningkatkan ketepatan perhitungan volume dan estimasi biaya, serta mendukung visualisasi penjadwalan secara efektif.

Kata Kunci: BIM, Revit, Volume, Biaya, Navisworks

APPLICATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (REVIT) IN STRUCTURAL VOLUME CALCULATION FOR A SPA BUILDING IN THE SANUR SPECIAL ECONOMIC ZONE, BALI

I Made Surya Wira Guna

Study Program of Project Management, Department of Civil Engineering,
Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran Campus, Kuta Selatan,
Badung, Bali – 80364 Tel. (0361)701980 Fax. 701128
E-mail: suryawiraguna09@gmail.com

ABSTRACT

The development of technology in the construction industry has encouraged the implementation of Building Information Modeling (BIM) to improve efficiency and accuracy in project planning. This study aims to analyze the comparison of reinforced concrete structural volumes and costs between conventional methods and digital methods using Revit Structure (BIM). The case study is the construction of a SPA (Solus Per Aqua) building in the Sanur Special Economic Zone, Bali. The research was conducted using a quantitative approach through 3D structural modeling, volume and cost calculation, as well as scheduling simulation (4D) using Navisworks.

The results indicate a difference in structural work volumes between manual and BIM methods, with 9.7% less in concrete works and 5.64% less in reinforcement works when using BIM. This leads to a cost efficiency of IDR 348,682,676.86, or approximately 7.08% savings with Revit Structure. Moreover, the 4D simulation provided project visualization that supported time control, resulting in a structural work duration of 60 calendar days. This research demonstrates that BIM enhances the accuracy of volume calculation and cost estimation while effectively supporting scheduling visualization.

Keywords: BIM, Revit, Volume, Cost, Navisworks

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	4
BAB II STUDI PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Proyek Konstruksi	7
2.3 Building Information Modeling (BIM).....	8
2.3.1 Keunggulan Penggunaan BIM	9
2.3.2 Dimensi Konstruksi BIM	10
2.3.3 Tingkat Implementasi BIM	12
2.3.4 Perangkat Lunak BIM.....	13
2.3.5 Revit Structures dan Naviswork	15
2.4 Pekerjaan Struktur	17
2.4.1 Pondasi	18
2.4.2 Sloof.....	19
2.4.3 Kolom	19
2.4.4 Balok.....	19
2.4.5 Ring Balok	19
2.4.6 Pelat Lantai.....	19
2.4.7 Pelat Atap	19
2.5 Beton Bertulang.....	19
2.5.1 Material Penyusun Beton Bertulang	20
2.5.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton Bertulang	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Rancangan Penelitian	21
3.2 Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian.....	21

3.1.1 Lokasi Penelitian	21
3.1.2 Waktu Penelitian.....	22
3.2 Penentuan sumber Data	22
3.3 Pengumpulan Data	22
3.4 Instrumen Penelitian	22
3.5 Analisis Data	23
3.6 Uraian Tahap Penelitian.....	24
3.7 Bagan Alir Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Data Penelitian	27
4.1.1 Data Kualitatif	27
4.1.2 Data Kuantitatif	27
4.2 Analisis Data Kuantitatif.....	28
4.2.1 Detail Pembesian Menggunakan Spesifikasi Teknis yang Ada pada RKS.....	28
4.2.2 Pemodelan Struktur Pada <i>Perangkat Lunak</i> BIM.....	29
4.2.3 <i>Quantity Take Off</i> Pada <i>Perangkat Lunak</i> Revit Struktur	40
4.2.4 Perbandingan Volume Menggunakan Perangkat Lunak Revit Struktur dengan Volume Manual	42
4.2.4 Export Output Revit ke Microsoft Excel.....	43
4.2.5 Rekapitulasi Hasil Perbandingan Volume Struktur Antara Revit Struktur dengan perhitungan manual	43
4.2.6 Rekapitulasi Hasil Selisih Biaya Struktur Antara Revit Struktur dengan Perhitungan Manual.....	46
4.2.7 Simulasi Penjadwalan.	50
4.2.8 Simulasi Timeliner dalam bentuk Barcode	53
4.2.9 Data Timeliner dari Naviswork	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Dimensi Konstruksi BIM	12
Gambar 2. 2 Logo Revit Structures	16
Gambar 2. 3 Logo Naviswork	17
Gambar 3. 1 Lokasi Proyek Pembangunan SPA (Bagian dari Kawasan Ekonomi Khusus Sanur)	21
Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian	26
Gambar 4. 1 Tabel Kait Standar Pada RKS.....	28
Gambar 4. 2 Tampilan awal Perangkat Lunak Revit	30
Gambar 4. 3 Gambar Grid pada Revit	31
Gambar 4. 5 Gambar Pemodelan Pondasi pada Revit	35
Gambar 4. 6 Gambar Pemodelan Kolom Pedestal pada Revit.....	32
Gambar 4. 7 Gambar Pemodelan Kolom pada Revit.....	32
Gambar 4. 8 Gambar Pemodelan Sloof, Balok dan Ring balok atap pada Revit..	33
Gambar 4. 9 Gambar Pemodelan Plat beton pada Revit.....	33
Gambar 4. 10 Gambar Pemodelan besi pondasi pada Revit	34
Gambar 4. 11 Gambar Pemodelan besi kolom pada Revit	34
Gambar 4. 12 Gambar Pemodelan besi Sloof kolom pada Revit	35
Gambar 4. 13 Gambar Pemodelan besi balok kolom pada Revit.....	35
Gambar 4. 14 Gambar Pemodelan besi plat pada Revit	36
Gambar 4. 15 Setingan Fileds (Parameter)	40
Gambar 4. 16 Gambar tampilan output volume struktur	41
Gambar 4. 17 Gambar tampilan output volume balok struktur.....	41
Gambar 4. 18 Gambar Tampilan output volume plat struktur.....	41
Gambar 4. 19 Tampilan output volume kolom struktur.....	42
Gambar 4. 20 tampilan volume Rebar (Parameter)	42
Gambar 4. 21 Gambar Output Option pada Revit	42
Gambar 4. 22 Gambar Output kedalam Microsoft Excel	43
Gambar 6. 1 Tampilan Append & Selection Tree	52
Gambar 6. 2 Tampilan Penjadwalan	52
Gambar 6. 3 Export Simulasi Video Timeliner	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perangkat Lunak BIM.....	14
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian.....	22
Tabel 2. 1 Perangkat Lunak BIM	14

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri Konstruksi terus mengalami kemajuan seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan bangunan yang efisien, berkualitas dan berkelanjutan. Salah satu tahapan atau pekerjaan penting dalam kegiatan proyek konstruksi adalah perhitungan volume hal itu disebabkan hal ini berkaitan dengan jumlah material yang harus disiapkan dan akan berpengaruh langsung terhadap estimasi biaya proyek. Volume pekerjaan umumnya dihitung menggunakan kalkulator atau Microsoft Excel [1]. Namun, metode ini cenderung memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan karena kurangnya ketelitian.

Perkembangan teknologi informasi yang begitu cepat di banyak bidang, terutama pada bidang konstruksi, membawa berbagai keuntungan dalam pelaksanaan proyek yang umumnya memiliki tingkat kesulitan dan kompleksitas tinggi. Era Revolusi Industri 4.0 hadir bersamaan dengan pesatnya perkembangan teknologi yang saling bersaing diberbagai sector industry. Dalam bidang *Architect Engineering Construction* (AEC), berbagai upaya dilakukan untuk mengadopsi kemajuan teknologi digital secara optimal. Salah satu bentuk implementasinya adalah pemanfaatan perangkat lunak guna mempercepat penyelesaian proyek konstruksi, meningkatkan mutu hasil pekerjaan, dan menekan biaya seminimal mungkin. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan metode yang tepat dan menyeluruh yang mencakup seluruh tahapan konstruksi, mulai dari perencanaan, perancangan, pengadaan, hingga pelaksanaan lapangan [2]

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk menjawab tantangan tersebut adalah *Building Information Modeling* (BIM). BIM merupakan teknologi berbasis digital yang memungkinkan pemodelan tiga dimensi (3D) dari suatu bangunan. Yang mencakup semua informasi

terkait desain, struktur, dan perhitungan volume dengan lebih akurat dan efisien dibandingkan metode konvensional. Selain itu BIM juga mampu memberikan visualisasi bangunan dan memberikan integritas data yang lebih baik, sehingga setiap komponen Konstruksi dapat dihitung dan dianalisis secara lebih teliti [3]. Building Information Modeling (BIM) merupakan teknologi pemodelan yang disertai dengan sejumlah proses untuk membuat, menyampaikan dan mengevaluasi model bangunan (Eastman et al, 2008)[4], teknologi ini berperan penting dalam membantu sector konstruksi meningkatkan efisiensi dan produktifitas kerja. Salah satu Perangkat Lunak yang mendukung sistem BIM yaitu Revit Structures merupakan software milik Autodesk yang tersedia secara resmi melalui pembelian lisensi atau dengan mengunduh versi trial yang disediakan oleh pihak Autodesk. Revit Structure merupakan inovasi dalam bidang rekayasa struktur yang menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan perangkat lunak sejenis. Sebagai bagian dari teknologi BIM, Revit ini memungkinkan pengguna untuk memungkinkan pengguna untuk membangun dan mengelola proyek secara detail dan akurat. Perangkat lunak ini memodelkan sampai ke 3D sampai 5D. Revit juga mendukung berbagai fitur penting seperti pemodelan, detail, perencanaan Teknik, Pelaporan dan penjadwalan.[4] Penerapan BIM dapat memberikan berbagai keuntungan, terutama dalam hal perhitungan volume struktur serta visualisasi simulasi, yang menjadi elemen penting dalam menentukan jumlah material yang dibutuhkan. Estimasi biaya, serta jadwal proyek. Teknologi ini dapat membantu meminimalisir kesalahan dalam perhitungan, yang sering terjadi jika menggunakan metode manual [3].

Bangunan Solus Per Aqua (SPA) di Kawasan Ekonomi Khusus Sanur, memiliki standar yang tinggi dalam hal desain dan struktur. Bangunan ini sering kali mengutamakan kombinasi antara fungsi praktis, kenyamanan, serta estetika, sehingga memerlukan perancangan yang cermat. Dalam proses perencanaan Proyek SPA ini, perhitungan volume, waktu, maupun estimasi biaya masih dilakukan secara manual. Dimana hal

ini, memerlukan ketelitian dan waktu yang cukup lama. Melalui pendekatan manual terkadang menghambat efektivitas dan efisiensi dalam proses perencanaan, sehingga metode yang lebih terkomputersisasi dapat membantu meningkatkan ketepatan serta mempercepat keseluruhan proses perencanaan. Dari latar belakang inilah Penulis tertarik untuk menerapkan perhitungan volume struktur pada Pembangunan SPA menggunakan teknologi BIM.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat disusun dalam Skripsi ini yaitu :

1. Berapa hasil perhitungan volume pekerjaan struktur beton dan pembesian yang diperoleh melalui penggunaan Perangkat Lunak Revit Structure (BIM)?
2. Berapa selisih biaya yang timbul pada pekerjaan struktur beton bertulang jika dihitung menggunakan Perangkat Lunak Revit structure (BIM) dengan perhitungan yang sudah ada dalam RAB kontrak yang menggunakan analisa harga satuan yang sama?
3. Seperti apa simulasi Timeliner dan waktu pelaksanaan pekerjaan Struktur SPA menggunakan Autodesk Naviswork ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan, tujuan dari penulisan Skripsi ini yaitu :

1. Mendapatkan volume pekerjaan struktur beton dan pembesian dengan menerapkan teknologi BIM.
2. Mengetahui perbandingan biaya yang ditimbulkan Perangkat Lunak Revit Structure (BIM) dengan hasil yang didapatkan dalam RAB kontrak melalui perhitungan manual .
3. Mengetahui simulasi Timeliner pekerjaan Struktur SPA

1.4 Manfaat penelitian

Penulisan Skripsi ini diharapkan mampu memberikan kontribusi bagi pembaca, mahasiswa, institusi, pelaku industri konstruksi, serta masyarakat. Manfaat penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Bagi Penulis

Memberikan wawasan dan pengalaman praktis dalam penerapan teknologi *Building Information Modeling* (BIM), khususnya penggunaan Perangkat Lunak Revit Structure dalam menghitung volume dan estimasi biaya pekerjaan struktur Bagi Institusi

2. Bagi Penyedia Jasa Konstruksi

Memberikan informasi penerapan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) pada industri konstruksi yang dapat mendukung pekerjaannya dari proses perencanaan desain proyek, anggaran biaya, dan informasi-informasi lainnya sehingga dapat membantu industri konstruksi dalam meningkatkan produktivitasnya

3. Bagi Masyarakat pada Dunia Konstruksi

Menyajikan pemahaman tentang *Building Information Modeling* (BIM), menjelaskan implementasi teknologi 3D scanning dalam industry konstruksi, serta mengungkap manfaat penggunaan perangkat lunak berbasis open BIM.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Karena cakupan analisis yang cukup luas, maka penulisan ini dibatasi pada ruang lingkup berikut agar pembahasan tetap terarah dan focus :

1. Analisis perhitungan volume dan biaya hanya meninjau pekerjaan struktur beton bertulang, struktur yang akan ditinjau yaitu Struktur atas dan bawah
2. Volume yang dibahas yaitu volume besi tulangan dan beton sesuai ukuran dan mutu yang dipakai diproyek.

3. Informasi-informasi yang di-*input* pada Revit Structures 2021 terkait pekerjaan struktur mengikuti standar-standar yang digunakan pada proyek pembangunan SPA .
4. Perhitungan volume dengan bantuan Perangkat Lunak Revit Structures 2021 yang menggunakan teknologi 3D hingga memperoleh *output* volume pekerjaan struktur.
5. Pemodelan memakai standar pada RKS.
6. Detail pemodelan beton pada struktur disesuaikan dengan pedoman dan spesifikasi yang digunakan oleh kontraktor.
7. Volume pekerjaan struktur secara manual diperoleh dari RAB kontrak.
8. Waktu dan timeliner dari Autodesk Naviswork

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data, dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat perbandingan volume pekerjaan struktur yang diperoleh melalui pemodelan menggunakan Perangkat Lunak Revit Structure, yang menunjukkan efektivitas metode digital dalam menghasilkan data kuantitatif yang lebih akurat dan sistematis dibandingkan metode konvensional.

Struktur yaitu :

1. Perhitungan Volume Beton dan Pembesian Menggunakan Revit Structure: Berdasarkan hasil pemodelan digital dengan perangkat lunak Revit Structure, diperoleh volume pekerjaan struktur sebesar 753,59 m³ untuk elemen beton dan 171.619,82 kg untuk pekerjaan pembesian. Seluruh angka tersebut merupakan hasil otomatisasi perhitungan berdasarkan model 3D yang akurat dan sesuai dengan kondisi geometrik aktual bangunan.
2. Efisiensi Biaya dari Hasil Pemodelan BIM Dibandingkan Metode Manual: Dengan menggunakan analisa harga satuan yang sama, ditemukan bahwa total biaya pekerjaan struktur yang dihasilkan dari Revit Structure lebih rendah dibandingkan perhitungan manual, yakni terdapat penghematan sebesar Rp 348.682.676,86 atau sekitar 7,08%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan BIM dapat meningkatkan efisiensi biaya melalui estimasi volume yang lebih tepat dan minim risiko kelebihan perhitungan.
3. Visualisasi Jadwal Proyek Menggunakan Simulasi 4D di Navisworks: Pemanfaatan fitur Timeliner pada Autodesk Navisworks yang terintegrasi dengan model Revit mampu menampilkan urutan tahapan pembangunan secara kronologis dan interaktif. Berdasarkan simulasi tersebut, pekerjaan struktur direncanakan selesai dalam waktu 60 hari kalender, mulai tanggal 1 Juli hingga 30 Agustus, dengan target capaian progres 100%. Fitur visualisasi waktu ini mempermudah

proses pemantauan proyek dan membantu pengambilan keputusan terkait kendala atau percepatan pelaksanaan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis data dan kesimpulan sebelumnya, ada beberapa saran pada penulisan ini diantaranya :

1. Pemahaman Dasar Konstruksi Sebelum Pemodelan
Sebelum melakukan pemodelan menggunakan Perangkat Lunak Revit Structures, diperlukan pemahaman menyeluruh terhadap aspek dasar pekerjaan konstruksi, seperti membaca dan menafsirkan gambar kerja, memahami spesifikasi teknis bangunan, serta dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang menjadi acuan dalam proses pemodelan digital.
2. Integrasi Dimensi Kelima dalam Estimasi Quantity Take Off
Estimasi volume pekerjaan (Quantity Take Off) dalam penelitian ini telah mengintegrasikan dimensi kelima (5D) dari konsep Building Information Modeling (BIM), yang menggabungkan informasi biaya dengan model tiga dimensi dan jadwal pelaksanaan, sehingga memungkinkan evaluasi volume pekerjaan sekaligus estimasi biaya secara otomatis dan terpadu

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shalsabila Maulani and S. T. , M. Sc. E. Toriq Arif Ghuzdewan, “Analisis Perhitungan Volume Pekerjaan Menggunakan Pemodelan 3D SketchUp (Studi Kasus : Proyek Relokasi Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi),” 2020.
- [2] Wibowo, Edy Purwanto, and Ahmad Yusuf Winarno, “Pengaplikasian Building Information Modeling (BIM) dalam Rancangan Pembangunan Gedung Induk Universitas Aisyiyah Kartasura,” vol. 8, no. 4, 2020, doi: 10.20961/mateksi.v8i3.
- [3] Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Manajemen t in Engineering*, 11(3), 241-252.
- [4] Retno Minawati, Herry P. Chandra, and Paulus Nugraha, “Manfaat Penggunaan Perangkat Lunak Revit Structures Building Information Modeling (BIM)”.
- [5] “Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomoer 22/PRT/M/2018 Tentang Pembangunan Gedung Negara,” 2018.
- [6] Julieta Salsabila and Vendie Abma, “Perbandingan Realisasi Biaya Pelaksanaan terhadap RAB Berbasis BIM 5D Pada Pekerjaan Struktural Bangunan,” vol. 3, 2023.
- [7] Reza Pahlevi, “Jenis Proyek Konstruksi.” Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://nibiobank.org/jenis-proyek-konstruksi/>
- [8] Yosua Eric, “Jenis-Jenis Proyek Konstruksi, Pengertian dan Contohnya.” Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://stellamariscollege.org/jenis-proyek-konstruksi/>
- [9] S. Sangadji, S. Kristiawan, and dan Inton Kurniawan Saputra, “Pengaplikasian Building Information Modeling (BIM) Dalam Desain Bangunan Gedung.”
- [10] M. broquetas, J. M. V. David Bryde, “The Project Benefits of Building Information Modeling (BIM),” vol. 31, no. 7, pp. 971–980, Oct. 2013, Accessed: Dec.08, 2023. [Online]. Available: www.sciencedirect.com/science/article
- [11] F. C. Nugrahini and T. A. Permana, “Building Information Modeling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi Di Indonesia, Peluang dan Tantangan : Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya,” 2020.

- [12] Imam Agung Baskoro, “Penerapan Building Information Modeling Menggunakan Revit Structures dalam Perhitungan Volume Besi Tulangan dan Bar bending Schedule,” 2019. [Online]. Available: <http://www.wikagedung.com>
- [13] I. A. Baskoro, “Penerapan Building Information Modeling (BIM) menggunakan Revit Structures,” *Student Res. Binus Univ*, 2019.
- [14] Ni Luh Ayu Sri Martini, “Analisis Perbandingan Volume dan Biaya antara Perangkat Lunak Revit Structures dengan Menerapkan Metode Konvensional pada Proyek Pembangunan Kantor Baru PT. Tunas Jaya Sanur,” 2023.
- [15] Muchlisin Riadi, “Pondasi (Pengertian, Aspek, Jenis-jenis, dan Pembebanan).” Accessed: Dec. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.kajianpustaka.com/2020/11/pondasi.html>
- [16] J. Muara Sains, dan Ilmu Kesehatan, D. Kevin Renaldy, and S. W. Alisjahbana, “Analisis Kenyamanan Pelat Lantai Terhadap Beban Mesin Bergetar,” vol. 2, no. 1, pp. 87–95, 2018.
- [17] S. A. Rahayu and D. F. Manalu, “Analisis Perbandingan Rangka Atap Baja Ringan dengan Rangka Atap Kayu Terhadap Mutu, Biaya dan waktu.”
- [18] Dian Ariestadi, “Teknik Struktur Bangunan,” 2008.
- [19] Mas Civeng, “Kelebihan dan Kekurangan Beton Bertulang.” Accessed: Dec. 08, 2023. [Online]. Available: <https://www.ilmutekniksipilindonesia.com/2015/05/kelebihan-dan-kekurangan-beton-bertulang.html>
- [20] Akbar, F. A. (2021). Implementasi konsep 4D BIM dalam rencana penjadwalan pekerjaan elektrik dan plambing (implementation of 4D BIM concept in electrical and plumbing job scheduling plan) (studi kasus proyek pembangunan'kos 2 lantai sleman yogyakarta).