

Penerapan Building Information Modelling (BIM) Autodesk Revit dalam Pembuatan Bar Bending Schedule (BBS) Pondasi Pile Cap Proyek Apartemen Jkt Living Star - Jakarta Timur

Muhamad Alimin

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia

E-mail: aliminm22@gmail.com

Imron

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia

E-mail: imcvv111@gmail.com

Muhammad Taulani

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia

E-mail: uj_pesdm@yahoo.co.id

Abstract. Bar bending schedule is a system of bending patterns of reinforcement that includes data on diameter, shape, length and number of reinforcement. The purpose of this study is to obtain images of bar bending schedule documents, pile cap foundation iron volumes and find out whether Autodesk Revit software is more efficient and effective than conventional methods. This research uses quantitative methods and the manufacturing process uses the concept of Building Information Modeling (BIM) with Autodesk Revit software. The results showed that the use of Autodesk Revit software makes it more effective, especially in making bar bending schedule documents, because everything is made automatically. The volume of pile cap iron produced by Autodesk Revit software is 46,878 kg has a difference with the existing (conventional) volume. The volume result of Autodesk Revit software is less with a difference of 1.29%. This shows that Autodesk Revit software is more efficient in terms of calculating the volume of concrete iron.

Keywords: Bar Bending Schedule, BIM, Autodesk Revit Software

Abstrak. Bar bending schedule adalah sistem pola pembengkokan tulangan yang meliputi data diameter, bentuk, panjang dan jumlah tulangan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan gambar dokumen bar bending schedule, volume besi pondasi pile cap serta mengetahui apakah software Autodesk Revit lebih efisien dan efektif dibandingkan dengan metode konvensional. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan proses pembuatannya menggunakan konsep Building Information Modelling (BIM) dengan software Autodesk Revit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan software Autodesk Revit membuat lebih efektif khususnya dalam pembuatan dokumen bar bending schedule, sebab dengan semuanya dibuat otomatis. Hasil volume besi pile cap yang dihasilkan oleh software Autodesk Revit yaitu 46.878 kg memiliki selisih dengan volume existing (konvensional). Hasil volume dari software Autodesk Revit lebih sedikit dengan perbedaan sebesar 1.29%. Hal ini menunjukkan bahwa software Autodesk Revit lebih efisien dalam hal perhitungan volume besi beton.

Kata kunci: Bar Bending Schedule, BIM, Software Autodesk Revit

LATAR BELAKANG

Proyek Apartemen Jkt Livingstar merupakan salah satu proyek yang cukup besar dengan luas bangunan $\pm 3.600 \text{ m}^2$ (Suganda et al., 2013). Untuk menghasilkan proyek sesuai target diperlukan perencanaan yang baik. Salah satu perencanaan ketika akan melakukan pekerjaan pembesian yaitu dibuat dokumen Bar Bending Schedule (BBS). BBS adalah daftar pola pembengkokan tulangan yang meliputi data diameter, bentuk, panjang dan jumlah tulangan (ACI 116R-00) (Mafrul, 2022). BBS memiliki banyak manfaat diantaranya untuk mengetahui volume besi tulangan sebelum order material besi, menyediakan gambar acuan bagi para pekerja agar besi yang terpasang sesuai dengan gambar rencana (*shop drawing*) dan juga untuk pengaturan sisa material besi (*waste besi*). Membuat *bar bending schedule* biasanya menggunakan program microsoft excel dan program autodesk autocad untuk membuka gambar acuannya. Metode pembuatan BBS konvensional ini memiliki banyak kekurangannya yaitu lamanya pembuatan dan hasil yang tidak terlalu akurat. Apalagi jika dihadapkan dengan proyek besar dan rumit (Heryanto et al., 2020).

Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju beberapa masalah ini bisa diminimalisir dengan satu teknologi terbaru di bidang konstruksi yang dikenal Building Information Modelling (BIM). Dengan BIM, semua pihak yang terlibat dalam proyek (*stakeholder*) dapat berkolaborasi sejak tahap perencanaan sebelum proyek dilakukan, sehingga dapat mengurangi potensi kekeliruan dalam pelaksanaan pembangunan (Mafrul, 2022). Penggunaan BIM dapat menyediakan berbagai fungsi yang diperlukan untuk memodelkan seluruh siklus hidup bangunan, sekaligus menjadi dasar untuk menghadapi perubahan dan kemajuan konstruksi dalam posisi dan korelasi antara tim proyek. Implementasi BIM yang tepat memungkinkan proses desain dan konstruksi yang semakin terintegrasi, menciptakan bangunan dengan kualitas lebih baik, biaya produksi yang lebih efisien, dan waktu pengerjaan proyek yang lebih singkat (Khairi et al., 2022b).

Menurut SIBIMA Konstruksi, PUPR (2019), BIM merupakan representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional dari suatu bangunan. Karena itu, di dalamnya termasuk semua data tentang unsur bangunan tersebut yang dipakai sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan dari awal konsep hingga demolisi (Heryanto et al., 2020).

BIM adalah sebuah alat teknis berharga yang memiliki kemampuan besar untuk memberikan manfaat yang signifikan dalam hal efisiensi biaya, penghematan waktu, dan peningkatan produktivitas secara menyeluruh. Untuk mencapai potensi penuh dari sistem BIM, diperlukan penggunaannya secara kolaboratif oleh semua stakeholder pengaturan kontrak berbasis hubungan (Khairi et al., 2022a).

Penggunaan teknologi BIM sudah menjadi hal yang umum di industri AEC di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Selama perkembangannya, BIM telah mendapatkan respons positif dari masyarakat karena keuntungannya di sektor AEC. Dengan menerapkan BIM dalam konstruksi, baik pengembang, konsultan, maupun kontraktor dapat menghemat waktu, biaya, dan tenaga kerja.

BIM dapat melibatkan seluruh pemangku kepentingan di proyek dalam rangka perencanaan sebelum proyek dimulai, sehingga mampu mengurangi potensi kesalahan dalam pembangunan (Afridel Mafrul, 2021). Software autodesk revit adalah salah satu software berbasis BIM yang membantu pendokumentasian proyek secara lebih nyata dengan pemodelan tiga dimensi (Yosi dkk, 2021). Kementerian PUPR sebagai kementerian yang membidangi Bangunan Gedung memiliki komitmen yang tinggi untuk mendukung revolusi industri 4.0 menggunakan BIM. Hal tersebut tertuang dalam Peraturan Menteri PUPR No. 22 Tahun 2018.

Di Indonesia, penerapan BIM sudah dilakukan oleh beberapa pemain besar dalam sektor industri konstruksi, seperti PT. Pembangunan Perumahan (PT PP) sebagai perusahaan BUMN dan PT. Total Bangun Persada sebagai perusahaan swasta. Metode BIM juga mulai diaplikasikan di sektor pengembang, misalnya PT. Intiland, serta oleh konsultan perancangan seperti PT. PDW Architects. Meski telah beberapa tahun digunakan di Indonesia, penggunaan BIM dirasa belum optimal dan bahkan mengalami stagnasi. Meskipun BIM tetap memberikan keuntungan sesuai dengan harapan masing-masing aktor dalam sektor tersebut, namun penggunaannya di industri konstruksi Indonesia masih sebatas dalam mengatasi masalah efisiensi tenaga kerja, waktu, dan biaya. Jika kita membandingkannya dengan penerapan BIM di Amerika Serikat, potensi yang dapat dicapai dari pemanfaatan BIM di Indonesia masih jauh dari maksimal.

Penerapan BIM di lingkungan Kementerian PUPR saat ini mulai dilakukan pada Bangunan Gedung Negara (BGN) dengan luas di atas 2000 m² dan di atas dua lantai, sebagaimana tertera pada lampiran Permen PUPR No. 22 Tahun 2018. BIM digunakan

dari tahap perencanaan sampai dengan konstruksi, bahkan dapat digunakan pada tahapan operation and maintenance. BIM dapat mempermudah pemangku kepentingan yang terlibat dalam tim kerja proyek konstruksi dalam berkomunikasi dan koordinasi (Raflis dkk, 2018). Walaupun BIM memberikan banyak manfaat dalam bidang konstruksi, tapi sayangnya penerapan BIM dalam proyek konstruksi khususnya di Indonesia masih rendah.

Salah satu software berbasis BIM yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih efektif & efisien adalah software autodesk revit. BIM dianggap lebih dari sekedar teknologi biasa, melainkan cara baru untuk menangani proses pembangunan (Nugroho et al., 2022). BIM merupakan salah satu teknologi yang berkembang di bidang AEC (Arsitektur, Enggining, dan Constrcution), yang mensimulasikan seluruh informasi di dalam proyek pembangunan ke dalam model 3 dimensi. BIM berfungsi sebagai sumber informasi bersama yang dapat diandalkan sebagai dasar pengambilan keputusan selama siklus hidup bangunan (et al., 2021), digunakan sebagai suatu metoda untuk mencapai satu atau beberapa tujuan yang spesifik (Fakhruddin, 2019).

Autodesk revit menyediakan beragam alat yang siap digunakan dan relatif mudah untuk digunakan, sehingga memungkinkan perencana untuk lebih fokus pada proses perancangan gedung. Terdapat dua versi dari autodesk revit yang disediakan, yaitu versi professional yang berbayar dan ditujukan untuk penggunaan profesional, serta versi student yang dapat diakses secara gratis selama satu tahun bagi mereka yang mendaftar dengan akun autodesk (Khairi et al., 2022b). Dengan menggunakan revit, integrasi perangkat lunak menjadi lebih mudah, kemampuannya dalam mendeteksi tabrakan desain membantu menghindari potensi konflik, dan secara keseluruhan dapat meningkatkan efisiensi proses pekerjaan (Marizan, 2019). Sesuai dengan namanya, revit yang merupakan singkatan dari "revise instantly" berarti melakukan revisi dengan cepat dan seketika. Revisi ini memiliki dampak yang signifikan dalam proyek besar karena semua elemen dalam proyek tersebut saling berkaitan. Lembar-lembar gambar (*sheets*) yang dihasilkan oleh revit bukanlah lembar-lembar terpisah, melainkan lembar-lembar yang terintegrasi secara menyeluruh satu sama lain (Pamungkas, 2022).

Autodesk revit adalah sebuah program grafis tiga dimensi yang berbasis BIM. Program ini menghasilkan gambar sketsa tiga dimensi sebagai output utama, namun tidak hanya sebatas gambar tiga dimensi, melainkan juga mampu mensimulasikan berbagai

informasi yang dibutuhkan dalam proyek melalui pemodelan tiga dimensi. Dengan autodesk revit, mudah untuk membuat dan merencanakan objek tiga dimensi dengan perbandingan panjang, lebar, dan tinggi, serta proses pengeditannya lebih sederhana dibandingkan dengan aplikasi sejenis (Reista et al., 2022). Kelebihan revit antara lain kemudahan dalam integrasi perangkat lunak, kemampuan mendeteksi tabrakan desain yang membantu menghindari konflik, dan meningkatkan kecepatan dalam proses pekerjaan. Namun, revit juga memiliki beberapa kekurangan, seperti mahalnya lisensi untuk penggunaan, serta kebutuhan akan spesifikasi hardware yang tinggi (Khairi et al., 2022a).

Sejak awal, tujuan utama dari revit adalah memberikan kemampuan kepada arsitek dan profesional Gedung bangunan lainnya untuk merancang dan mendokumentasikan bangunan dengan membuat model tiga jenis dimensi parametrik. Model ini mencakup informasi mengenai desain, geometri, dan aspek non-geometris dari konstruksi, yang juga dikenal sebagai Pemodelan Informasi Bangunan (Pamungkas, 2022).

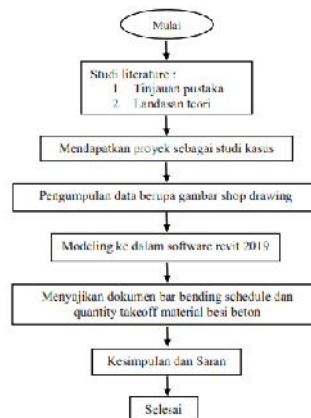
Tantangan utama yang dihadapi adalah pada aspek proses, yaitu kurangnya ahli (spesialis), perubahan budaya kerja dan kurangnya pengetahuan dan pemahaman (Sangadji et al., 2019). Dalam BIM ada istilah yang namanya *Level of Development* (LoD). LoD merupakan tingkatan kedetailan dari suatu gambar konstruksi. Dokumen yang dihasilkan penelitian ini harus sesuai dengan LoD level 400 yaitu sudah mencapai level dimana model digambarkan secara detail, sehingga dapat digunakan untuk berkolaborasi dengan fabrikator serta mendetailkan perakitan maupun sambungan elemen.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan hasil dokumen BBS pondasi pile cap menggunakan software autodesk revit, untuk mengetahui volume besi beton pondasi pile cap, dengan menggunakan konsep BIM, dan untuk mengetahui seberapa efektif dan efisien penggunaan BIM dalam pembuatan dokumen BBS

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi manfaat penggunaan Building Information Modelling untuk proses pembuatan dokumen Bar Bending Schedule. Untuk mencapai tujuan tersebut, data shop drawing yang didapatkan dari Proyek Jkt Living Star, akan dibuat dokumen BBS-nya dengan bantuan software autodesk revit. Metode

penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif. Untuk lebih jelas mengenai alur penelitian ini, bisa lihat gambar berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian

Dokumen BBS yang dihasilkan sudah otomatis terdapat volume besi betonnya. Bagan alir atau flowchart modelling pembuatan dokumen BBS direvit dapat dilihat pada gambar berikut ini.



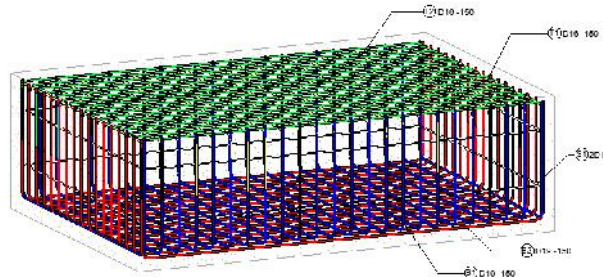
Gambar 2. Flowchart Autodesk Revit 2019

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut deskripsi hasil dari penelitian yaitu tentang penerapan konsep BIM dalam pembuatan dokumen BBS pada pekerjaan pondasi pile cap proyek Apartemen Jkt Living Star.

Modeling 3D

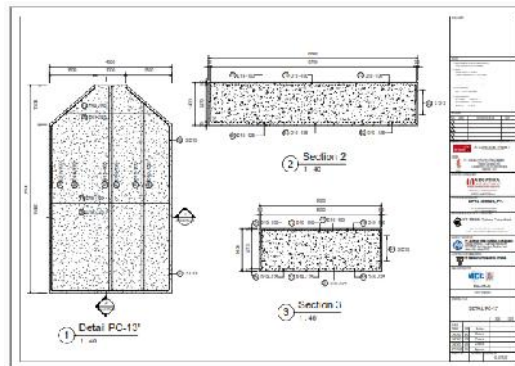
Modeling 3D yang dibuat merupakan 3D pembesian di-revit yang merupakan data awal untuk proses pembuatan dokumen BBS, bisa dilihat di gambar berikut.



Gambar 3. Tampilan View 3D Pembesian

Gambar Detail Pembesian

Gambar Detail ini menjelaskan gambar yang lebih detail dalam hal pembesian, gambar detail ini perlu di lampirkan dalam dokumen bar bending schedule, dan termasuk satu paket dalam dokumen bar bending schedule. Gambar detail ini berisi tentang kode tulangan dan bentuk tulangan yang nanti di jelaskan lebih detail di dokumen bar bending schedule. Untuk melihat lebih lengkap mengenai gambar kerja yang dibuat di software revit 2019, hasil gambar kerja bisa dilihat di gambar berikut.

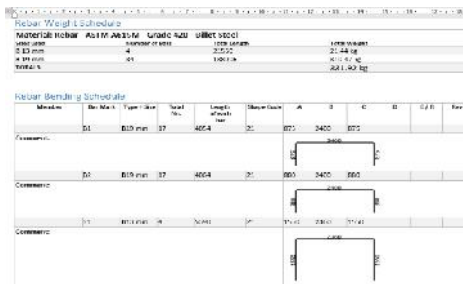


Gambar 4. Tampilan Gambar Detail Pembesian

Sumber: Screen Capture Autodesk Revit 2019, diakses tahun 2023)

Dokumen Bar Bending Schedule (BBS)

Dokumen BBS merupakan salah satu dokumen yang dijadikan acuan ketikan akan memulai pekerjaan fabrikasi besi dan juga pemasangannya di lapangan. Hal ini berkaitan dengan penjelasan sebelumnya bahwa level detail gambar di BIM yaitu level 400 harus bisa dijadikan acuan untuk proses fabrikasi. Ada beberapa informasi yang harus dimunculkan terkait tentang detail pembesian yang akan dijadikan acuan untuk proses fabrikasi. Untuk lebih jelasnya mengenai hasil dari dokumen BBS bisa lihat di gambar di bawah ini.



Gambar 5. Tampilan Akhir BBS

Volume Besi Beton (Quantity Take Off)

Total volume besi yang didapat dari pekerjaan pondasi pile cap dengan konsep BIM yaitu 46.878 kg. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat tabel di bawah ini.

Tabel 1. Tampilan Volume Besi Pile Cap di-Revit

<Structural Foundation Schedule>					
A	B	C	D	E	F
Type Pile Cap	Dimensi		Tingg	Jumlah	Beral Besi
	Panjang	Lebar			
FC-1	1000	1000	800	16	828 kg
FC-2	2500	1000	1000	17	2.220 kg
FC-3	2300	2500	1000	18	4.777 kg
FC-3'	2424	3370	1000	1	339 kg
FC-3A	4000	1000	1000	1	256 kg
FC-4	2500	2500	1000	13	4.212 kg
FC-4'	2500	2500	1000	1	717 kg
FC-5	3600	2500	1'00	3	1.376 kg
FC-5'	3500	2500	1200	1	894 kg
FC-5''	2300	4000	1200	1	830 kg
FC-5S	3600	2500	1'00	1	697 kg
FC-5S1	3600	2750	1200	1	759 kg
FC-5S2	3050	3000	1200	1	715 kg
FC-6	2500	4000	1200	3	2.282 kg
FC-6'	2500	4000	1200	1	844 kg
FC-6''	2500	4000	1200	2	2.695 kg
FC-8	2500	5500	1200	1	1.787 kg
FC-9	4000	4000	1200	1	1.016 kg
FC-9'	8800	2500	1200	2	5.758 kg
FC-10	3508	5854	1400	1	1.448 kg
FC-10'	2500	7000	1400	1	2.336 kg
FC-11	5855	3600	1400	1	1.559 kg
FC-13'	8800	4000	1400	2	5.753 kg
TP-1	3500	3500	300	6	4.785 kg
				96	46.878 kg

Dengan rincian berat per masing-masing diameter bisa lihat gambar di bawah ini

Tabel 2. Tampilan Volume Besi per Diameter

Rekap Volume Besi			
Bar Diameter	Panjang Total	Berat Total	Kebutuhan Batang
10.mm	57,200 mm	32 kg	5
13.mm	2,356,788 mm	2,344 kg	196
16.mm	7,837,949 mm	12,217 kg	653
19.mm	14,354,383 mm	32,286 kg	1196
Total	24,606,319 mm	46,878 kg	2051

Pembahasan Hasil Penelitian

Konsep BIM dengan software revit 2019 dan *plugin sofistic reinforcement* dalam proses pembuatan BBS sangat memudahkan, karena langkah yang diperlukan untuk membuat BBS itu sendiri tidak lama. Seperti halnya yang dilakukan di dalam aplikasi microsoft excel, dengan menggunakan revit 2019. Setelah membuat modeling 3D khususnya modeling pembesian, hanya perlu menghubungkan dengan plugin sofistic gambar 3D yang dibuat dan otomatis dokumen BBS itu akan terbuat.

Hasil perhitungan volume atau *bill of quantity* khususnya volume pembesian pada pekerjaan *pondasi pile cap* dalam penelitian ini yaitu sebesar 46.878 kg. Hasil tersebut merupakan hasil keseluruhan dari total volume besi khusus pekerjaan pondasi pile cap. Sedangkan hasil perhitungan volume besi menggunakan format excel yaitu 47.492 kg terdapat selisih yaitu sebesar 614 kg atau sebesar 1,29%.

Dari hasil yang didapat terjadi selisih antara volume besi pile cap di software revit dan yang sudah dihitung sebelumnya menggunakan microsoft excel. Pada perhitungan dokumen proyek mempunyai volume yang lebih besar dibandingkan dengan hasil hitungan menggunakan software revit 2019. Hal ini terjadi karena pada dokumen proyek yang dibuat menggunakan microsoft excel cara menghitungnya tidak detail sampai pada tahap tumpukan-tumpukan tulangan yang terjadi apabila dipasang. Tetapi jika menggunakan software revit, tulangan yang bertumpukan akan digeser, bahkan panjang tekukan tulangan tersebut dikurangi agar tidak melebihi selimut beton. Hal ini bisa dilakukan karena pembesian tulangan sudah dibuatkan model 3D-nya.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Apriansyah, 2021) bahwa penerapan konsep BIM dalam integrasi dan kolaborasi dari perspektif pengguna menunjukkan penerapan konsep BIM mampu meminimalisir terjadinya kesalahan di lapangan, mampu mengurangi biaya proyek, dan memudahkan komunikasi dan integrasi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Berliana, perbandingan antara konsep Building Information Modeling (BIM) dengan metode konvensional pada pembangunan gedung 20 lantai mengungkapkan beberapa keunggulan dari konsep BIM. Dalam penggunaan BIM, waktu perencanaan proyek dapat dipercepat hingga sekitar 50%, kebutuhan penggunaan sumber daya manusia dapat dikurangi sebesar 26,66%, dan penghematan biaya personil mencapai 52,25% dibandingkan dengan penggunaan metode konvensional. Semua hasil ini menunjukkan bahwa BIM memberikan manfaat yang signifikan dalam efisiensi dan efektivitas pelaksanaan proyek pembangunan gedung 20 lantai (Berlian et al., 2016).

KESIMPULAN

BIM dengan software autodesk revit memudahkan proses pembuatan dokumen BBS. Disebabkan proses pembuatan BBS dengan software autodesk revit dibuat otomatis. Tidak seperti metode konvensional dengan microsoft excel yang harus *input* data tulangan satu per satu dari data gambar uutoCAD. Dengan software revit, dokumen gambar, dokumen BBS dan nilai volume sudah keluar otomatis. Tiga hal itu saling berintegrasi, jadi memudahkan ketika revisi gambar.

Volume besi beton yang dihasilkan oleh software revit lebih kecil, dibandingkan dengan yang sudah dihitung dengan microsoft excel. Volume besi dengan konsep BIM yaitu 46.878 kg dan volume excel yaitu 47.492 kg, terdapat selisih yaitu sebesar 614 kg atau sebesar 1,29%. Volume revit lebih kecil menunjukkan bahwa perhitungan volume besi dengan menggunakan revit ini bisa lebih efisien dan lebih real, karena volume yang dikeluarkan merupakan nilai asli dari gambar 3D yang sudah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriansyah, R. (2021). Implementasi Konsep Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Quantity Take Off Material Pekerjaan Struktural. *Universitas Islam Indonesia*.
- Berlian, C. A., Adhi, R. P., Nugroho, H., & Hidayat, A. (2016). Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya dan Sumber Daya Manusia Antara Metode BIM dan Konvensional (Studi kasus :Perencanaan Gedung 20 Lantai). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 220–229. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Fakhrudin. (2019). Sosialisasi Aplikasi Teknologi Building Information Modelling (BIM) pada Sektor Konstruksi Indonesia. *JURNAL TEPAT : Applied Technology Journal for Community Engagement and Services*, 2(2), 112–119. https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v2i2.82
- Heryanto, S., Subroto, G., & Rifa'ih. (2020). Kajian Penerapan Building Information Modelling (BIM) Di Industri Jasa Konstruksi Indonesia. *Journal of Architecture Innovation*, 4(2), 193–212.
- Khairi, I. F., Bayzoni, Husni, H. R., & Siregar, A. M. (2022a). Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada bangunan gedung menggunakan software Autodesk Revit (Studi Kasus: Gedung 5 RSPTN Universitas Lampung). *Jrsdd*, 10(1), 15–026. <https://media.neliti.com/media/publications/486228-none-33a1d680.pdf>
- Khairi, I. F., Bayzoni, Husni, H. R., & Siregar, A. M. (2022b). Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada Bangunan Gedung Menggunakan software Autodesk Revit (Studi Kasus: Gedung 5 RSPTN Universitas Lampung). *Jrsdd*, 10(1), 15–026. <https://media.neliti.com/media/publications/486228-none-33a1d680.pdf>
- Mafrul, A. (2022). Pengaruh Pengaturan Jadwal dan Bar Bending Schedule dengan Building Information modeling (BIM) Allplan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*. <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/986>
- Nugroho, B. J., Baskoro, I. A., & Widiatmoko, K. W. (2022). Penerapan Aplikasi Building Information Modelling (BIM) pada Proyek Rehabilitasi Dermaga Multifungsi Pulang Pisau. *Teknika*, 17(2), 117. <https://doi.org/10.26623/teknika.v17i2.5419>
- Pamungkas, A. P. (2022). *Analisa Optimalisasi Perhitungan RAB Menggunakan Revit*.
- Pantiga, J., & Soekiman, A. (2021). Kajian Implementasi Building Information Modeling (BIM) di Dunia Konstruksi Indonesia. *Rekayasa Sipil*, 15(2), 104–110. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2021.015.02.4>
- Reista, I. A., Annisa, A., & Ilham, I. (2022). Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural. *Journal of Sustainable Construction*, 2(1), 13–22. <https://doi.org/10.26593/josc.v2i1.6135>

- Sangadji, S., Kristiawan, S. A., & Saputra, I. K. (2019). Pengaplikasian Building Information Modeling (BIM) Dalam Desain Bangunan Gedung. *Matriks Teknik Sipil*, 7(4), 381–386. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v7i4.38475>
- Suganda, R., Sutrisno, E., & Wardana, I. W. (2013). BIM Roadmap di Indonesia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.