

Implementasi BIM (*Building Information Modelling*) *Take-Off Quantity* Dengan Menggunakan *Software Tekla Structures* Pada Proyek Jalan Tol Jogja – Bawen Seksi 1 JC. Sleman – SS. Banyurejo

Umar Abdul Aziz¹, Damar Oemar Ghibran^{1,*}, Larashati B'tari Setyaning¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo¹

Email: damarumargibran@gmail.com

Abstrak. *Building Information Modeling* (BIM) adalah metode pendekatan inovatif dalam industri konstruksi yang terbukti meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam proyek infrastruktur. Prinsip-prinsip mendasar BIM mencakup berbagai tahapan, mulai dari pemodelan tiga dimensi (3D) berdasarkan *Detail Engineering Design* (DED), pengembangan jadwal (4D), estimasi biaya (5D), analisis dampak lingkungan (6D), hingga manajemen operasional dan pemeliharaan (7D). Dengan menggantikan pendekatan CAD konvensional terutama pada tahap analisis *Take-Off Quantity* (TOQ) dan dokumentasi, BIM memberikan hasil yang lebih akurat, rinci, dan komprehensif, dengan potensi untuk secara signifikan mendukung pertumbuhan infrastruktur di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui selisih perhitungan volume *concrete* dan *reinforcement bar* eksisting (konvensional proyek) dengan volume hasil TOQ menggunakan BIM *Tekla Structures* pada pekerjaan *bored pile* dan *pile cap*. Jenis penelitian adalah studi kasus dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan membandingkan antara hasil TOQ (*Take-off Quantity*) menggunakan metode BIM dengan TOQ dari RASD (*Request Approval Shop Drawing*). Objek penelitian ini adalah *bored pile* dan *pile cap* titik P16A, P17A, P18A pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Jogja – Bawen seksi 1 JC. Sleman – SS. Banyurejo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pekerjaan *bored pile*, terdapat selisih volume *reinforcement bar* antara metode konvensional dan BIM sebesar 0,56% hingga 1,24%. Sementara pada pekerjaan *pile cap*, selisih volume *reinforcement bar* berkisar antara 0,18% hingga 0,90%. Adapun selisih volume *concrete* pada pekerjaan *bored pile* yaitu 0,16%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan antara estimasi volume *concrete* dan *reinforcement bar* dari metode eksisting dengan hasil TOQ yang dihasilkan menggunakan *BIM Tekla Structures*. Meskipun terdapat perbedaan antara estimasi volume, evaluasi menunjukkan bahwa selisih tersebut tidak signifikan.

Kata Kunci : *Building Information Modelling, take-off quantity, bored pile*

Abstrack. *Building Information Modeling* (BIM) is an innovative approach in the construction industry proven to enhance accuracy and efficiency in infrastructure projects. Fundamental principles of BIM encompass various stages, ranging from three-dimensional (3D) modeling based on *Detail Engineering Design* (DED), schedule development (4D), cost estimation (5D), environmental impact analysis (6D), to operational management and maintenance (7D). By replacing conventional CAD approaches, particularly in the *Take-Off Quantity* (TOQ) analysis and documentation phase, BIM provides more precise, detailed, and comprehensive results, with the potential to significantly support infrastructure growth in Indonesia. This research aims to determine the discrepancy in concrete and reinforcement bar volume calculations between the existing (conventional project)

method and the TOQ results using Tekla Structures BIM for bored pile and pile cap work. The research type is a case study employing a quantitative approach to compare the TOQ results using the BIM method with TOQ from RASD (Request Approval Shop Drawing). The research objects are bored pile and pile cap at points P16A, P17A, P18A in the Jogja – Bawen Toll Road Construction Project Section 1 JC. Sleman – SS. Banyurejo. The research results indicate that for bored pile work, there is a discrepancy in the volume of reinforcement bars between the conventional method and BIM ranging from 0.56% to 1.24%. Meanwhile, for pile cap work, the difference in reinforcement bar volume ranges from 0.18% to 0.90%. The discrepancy in concrete volume for bored pile work is 0.16%. Therefore, it can be concluded that there is a difference between the estimated concrete and reinforcement bar volumes from the existing method and the TOQ results generated using BIM Tekla Structures. Although there is a difference in volume estimates, the evaluation suggests that these differences are not significant.

Keyword : Building Information Modelling, take-off quantity, bored pile

1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan ekonomi suatu negara. Proyek pembangunan jalan tol menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan konektivitas antarwilayah, mempermudah akses transportasi, dan mendukung pertumbuhan perekonomian nasional. Namun, dalam pelaksanaan proyek infrastruktur, masalah utama yang dihadapi adalah biaya. Biaya yang terkait dengan volume material menjadi faktor krusial yang perlu diperhatikan. Estimasi yang tidak akurat dalam perhitungan volume material dapat berdampak pada kesalahan dalam perencanaan anggaran dan pengelolaan sumber daya proyek. Oleh karena itu, penting untuk memiliki perhitungan volume material yang akurat dan konsisten agar dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mengontrol biaya proyek dengan efektif.

Penggunaan BIM sebagai alat dalam perhitungan *Take-Off Quantity* (TOQ) menjadi sangat relevan. Menurut Alshabab and Al-baath dalam Travis, Karina (2021:1) pekerjaan TOQ yang dikerjakan secara manual sangat menyita waktu oleh karena itu dibutuhkan teknologi yang dapat melakukan pekerjaan TOQ secara akurat dan efisien. Tong (2005:1) menjelaskan bahwa *quantity surveying* berfungsi untuk dasar estimasi biaya proyek. Seiring berjalannya waktu harga suatu material dapat berubah, namun jumlah material yang dibutuhkan pada proyek tersebut adalah tetap sehingga proses perhitungan kuantitas secara akurat merupakan hal yang krusial dalam menentukan kesuksesan suatu proyek.

Ada beberapa *software* teknik sipil yang bisa dikategorikan ke dalam *Software* BIM diantaranya *Naviswork*, *Tekla Structures*, *Tekla Structural Designer*, *Revit Architecture*, *Nametscheck Vectorworks*. *Tekla Structures* mendukung penyelesaian proyek dan membuat penyelesaian proyek lebih terintegrasi, mulai dari detail struktur hingga perhitungan volume material dan penjadwalan, serta menghasilkan keluaran rencana implementasi proyek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui selisih perhitungan volume *concrete* dan *reinforcement bar* eksisting (konvensional proyek) dengan volume hasil TOQ menggunakan BIM *Tekla Structures* pada pekerjaan *bored pile* dan *pile cap*.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian adalah studi kasus dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan membandingkan antara hasil TOQ (*Take-off Quantity*) menggunakan metode BIM dengan TOQ dari RASD (*Request Approval Shop Drawing*). Objek penelitian ini adalah *bored pile* dan *pile cap* titik P16A, P17A, P18A pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Jogja – Bawen seksi 1 JC. Sleman – SS. Banyurejo.

Berikut merupakan metode penelitian yang digunakan:

a. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan adalah dengan cara membaca literatur yang berhubungan dengan penulisan penelitian dan juga buku panduan/manual *software Tekla Structures* yang akan digunakan untuk mempelajari serta memperdalam kegunaannya.

b. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa dokumen RASD (*Request Approval Shop Drawings*) item pekerjaan *pile cap* dan *bored pile*. Selanjutnya data yang dikumpulkan menjadi bahan perbandingan dengan hasil *software Tekla Structures* 2023 yang dalam penyajian datanya dibantu dengan *software* pendukung *microsoft excel*.

c. Input data dengan *software Tekla Structures*

Pada tahap ini dilakukan input data yang telah didapatkan dari proyek, dikarenakan data yang didapatkan dari proyek hanya RASD (*Request Approval Shop Drawings*) yang terdapat TOQ proyek di dalamnya. Maka dari itu, data yang diperoleh dari proyek dimodelkan dengan baik dan benar kedalam 3D dengan menggunakan *tools software Tekla Structures* 2023 dengan *configuration reinforcement bar detailing* dan *add in* yang digunakan adalah *CIP-reinforcement bar detailing structural (2D)*.

Setelah selesai memodelkan secara *structural template*, kemudian melakukan input spesifikasi teknis material struktural pada *schedule quantities*. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini terletak pada pemetaan potensi titik *clash* antara gambar 2D dengan *modelling* 3D guna mendapatkan TOQ material struktural yang dalam penyajian estimasi TOQ didapatkan dari *software Tekla Structures* 2023 dibantu dengan menggunakan *software* pendukung yaitu *Microsoft Excel*.

d. Pemodelan dan Analisis Estimasi TOQ Material Struktural

Pemodelan menggunakan *configuration reinforcement bar detailing* dengan *add in* yang digunakan adalah *CIP-reinforcement bar detailing (2D)*.

3. Hasil Penelitian

Langkah awal dalam menganalisis TOQ adalah dengan membuat pemodelan 3d. Pada langkah ini terdapat 2 cara yaitu (1) melakukan pemodelan dari awal menggunakan *software Tekla Structures* atau (2) melakukan *import file* pemodelan dari *software* lain dalam *format IFC (Industry Foundation Classes)*. Pada kasus ini akan dijelaskan bagaimana pemodelan langsung pada *Tekla Structures*. Pada penelitian ini yang dimodelkan adalah struktur bawah (*lower structures*) yang meliputi *bored pile* dan *pile cap*.

Clash analysis merupakan proses yang dilakukan guna memperoleh deteksi tubrukan yang terjadi sehingga mengakibatkan *part* yang seharusnya dihitung terpisah oleh sistem menjadi terhitung dua kali karena *part* tersebut saling bertubrukan atau bertumpuk. Proses organizer dilakukan untuk menampilkan *take-off quantity* yang nantinya akan dijadikan data output yang kemudian diolah menggunakan *software Microsoft excel*. Organizer sendiri merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengatur dan mengelola informasi model struktural secara lebih efisien. Organizer memungkinkan pengguna untuk mengakses, menyunting, mengelompokkan, dan menganalisis objek-objek dalam model dengan cara yang lebih terstruktur.

Perbandingan estimasi *Take-Off Quantity (TOQ)* material pada pekerjaan *bored pile* dan *pile cap* menggunakan metode konvensional dan metode *Building Information Modeling (BIM)* dengan menggunakan *software Tekla Structures* 2023. TOQ adalah salah satu parameter kunci dalam perencanaan dan pengelolaan proyek konstruksi, karena membantu dalam perencanaan material, anggaran, dan sumber daya lainnya.

Metode BIM telah menjadi populer dalam industri konstruksi karena kemampuannya untuk membuat model 3D yang akurat dan terintegrasi dari proyek, sehingga dapat membantu meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam estimasi TOQ. Namun, untuk memastikan keakuratan dan validitas metode BIM, perbandingan dengan metode konvensional masih diperlukan.

Data TOQ material *bored pile* dan *pile cap* diperoleh dari model BIM yang dibuat menggunakan *software Tekla Structures 2023*. Data tersebut kemudian diekspor dan diolah menggunakan *Ms. Excel* untuk mendapatkan tabel perbandingan antara TOQ konvensional dan TOQ BIM, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1, 2, dan 3. Estimasi TOQ material pekerjaan *bored pile* dan *pile cap* menggunakan *software* pendukung untuk mengolah data TOQ yang didapatkan dari *software Tekla Structures 2023*. Dikarenakan pada *software Tekla Structures 2023* tidak menampilkan secara detail dari rekapitulasi estimasi TOQ material pekerjaan *bored pile* dan *pile cap*, maka dari itu diperlukan *software* pendukung yaitu *Ms. Excel* untuk mengolah data – data tersebut hingga mendapatkan data perhitungan TOQ.

Pemodelan didapatkan volume TOQ menggunakan metode BIM pada pemodelan yang sudah dilakukan sebelumnya. Sedangkan untuk perhitungan konvensional perlu diolah terlebih dahulu yang kemudian digunakan sebagai pembanding dengan data hasil perhitungan dengan menggunakan metode BIM. Data konvensional baik *reinforcement bar* maupun *concrete* diambil dari RASD yang terdapat pada lampiran untuk setiap titiknya.

a. Bored Pile P16A

Data *Reinforcement bar* pada *bored pile* dilakukan pengurangan berat total terhadap berat dari *overlapping* yang terletak pada sambungan *pile cap* dan *bored pile*, dikarenakan pada tahap pemodelan diabaikan. Sedangkan untuk *concrete bored pile* didapatkan dari rasio perbandingan antara berat *reinforcement bar* dengan volume *concrete* yang terdapat pada RASD.

Untuk *reinforcement bar* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sum BP = \sum BBP - BO$$

$$BO = \left(\sqrt{\left(\pi \frac{h}{hl} D \right)^2 + h^2} \right) \times (0,25\pi \times d^2) \times \rho \dots\dots \text{(Persamaan 1, Rumus Panjang Lilitan Spiral)}$$

Keterangan:

$\sum BP$ = Berat total *reinforcement bored pile* akhir

$\sum BBP$ = Berat total *reinforcement bored pile* awal

BO = Berat *overlapping* bagian *top off bored pile*

Perhitungan:

$$\sum BP = \sum BBP - \left(\sqrt{\left(\pi \frac{h}{hl} D \right)^2 + h^2} \right) \times (0,25\pi \times d^2) \times \rho$$

$$\sum BP = 8.671,17 - \left(\left(\sqrt{\left(\pi \frac{0,900}{0,075} 1,060 \right)^2 + 0,900^2} \right) \times (0,25\pi \times 0,016^2) \times 7850 \right)$$

Perhitungan *Overlapping* pada tulangan spiral sebagai berikut:

Banyaknya *Overlapping* = (Panjang total besi awal /12meter) – 1bh

$$= \left(\frac{39,971}{12} \right) - 1$$

$$= 2,331 \text{ buah}$$

Panjang *Overlapping* = Banyak *overlapping* x 48d ... SNI-03-2847-2002

$$= 2,331 \times (48 \times 0,016)$$

$$= 1,790 \text{ m}$$

$$\sum BP = 8.671,170 - ((39,971+1,790) \times 0,000201 \times 7850)$$

$$\sum BP = 8.671,170 - 65,893$$

$$\sum BP = 8.605,277 \text{ kg}$$

$$\sum BP_{11} = 8.605,277 \times 11$$

$$\sum BP_{11} = 94.658,047 \text{ kg}$$

Untuk *concrete* dapat dihitung sebagai berikut:

$$VC = \frac{\sum BBP}{\text{Rasio}} \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2, Rasio Concrete dan Reinforcement})$$

$$VC = \frac{95.382,87}{219,17}$$

$$VC = 435,200 \text{ m}^3$$

b. Bored Pile P17A

Perhitungan:

$$\sum BP = \sum BBP - \left(\sqrt{\left(\pi \frac{h}{h_1} D \right)^2 + h^2} \right) \times (0,25\pi \times d^2) \times \rho$$

$$\sum BP = 6.853,020 - \left(\left(\sqrt{\left(\pi \frac{0,900}{0,075} 1,060 \right)^2 + 0,900^2} \right) \times (0,25\pi \times 0,016^2) \times 7850 \right)$$

$$\sum BP = 6.853,020 - ((39,971+1,790) \times 0,000201 \times 7850)$$

$$\sum BP = 6.853,020 - 65,893$$

$$\sum BP = 6.787,127 \text{ kg}$$

$$\sum BP_{11} = 6.787,127 \times 11$$

$$\sum BP_{11} = 74.658,397 \text{ kg}$$

Untuk *concrete* dapat dihitung sebagai berikut:

$$VC = \frac{\sum BBP}{\text{Rasio}}$$

$$VC = \frac{75.383,22}{173,21}$$

$$VC = 435,213 \text{ m}^3$$

c. Bored Pile P18A

$$\sum BP = \sum BBP - \left(\sqrt{\left(\pi \frac{h}{h_1} D \right)^2 + h^2} \right) \times (0,25\pi \times d^2) \times \rho$$

$$\sum BP = 6.505,320 - \left(\left(\sqrt{\left(\pi \frac{0,900}{0,075} 1,060 \right)^2 + 0,900^2} \right) \times (0,25\pi \times 0,016^2) \times 7850 \right)$$

$$\sum BP = 6.505,320 - ((39,971+1,790) \times 0,000201 \times 7850)$$

$$\sum BP = 6.505,320 - 65,893$$

$$\sum BP = 6.439,427 \text{ kg}$$

$$\sum BP_{11} = 6.439,427 \times 16$$

$$\sum BP_{11} = 103.030,832 \text{ kg}$$

Untuk *concrete* dapat dihitung sebagai berikut:

$$VC = \frac{\sum BBP}{\text{Rasio}}$$

$$VC = \frac{104.085,12}{149,48}$$

$$VC = 696,315 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan *quantity reinforcement bar* akhir sebagai berikut:

1. Bored pile P16A = 94.658,047 kg

2. Bored pile P17A = 74.658,397 kg
3. Bored pile P18A = 103.030,832 kg

Dan juga didapatkan *quantity concrete* sebagai berikut:

1. Bored pile P16A = 435.200 kg
2. Bored pile P17A = 435.213 kg
3. Bored pile P18A = 696.315 kg

Sehingga dari data *quantity* yang sudah diolah tersebut dapat dilakukan perbandingan dengan data *quantity* dari perhitungan menggunakan metode BIM. Berikut merupakan tabel perbandingan antara TOQ konvensional dan metode BIM:

Tabel 1. Perbandingan TOQ *Reinforcement Bar Bored Pile*

		<i>Reinforcement bar</i>			
<i>Part Name</i>	<i>Name</i>	Berat (kg)		Selisih	
		Konvensional	BIM	Volume (kg)	%
<i>Bored Pile</i>	P16A	94.658,047	94.132,210	525,837	0,56
	P17A	74.658,397	73.841,800	816,597	1,09
	P18A	103.030,832	101.755,080	1.275,752	1,24

Tabel 2. Perbandingan TOQ *Reinforcement Bar Pile Cap*

		<i>Reinforcement bar</i>			
<i>Part Name</i>	<i>Name</i>	Berat (kg)		Selisih	
		Konvensional	BIM	Konvensional	%
<i>Pile Cap</i>	P16A	62.895,070	62.781,220	113,850	0,18
	P17A	62.895,070	62.781,220	113,850	0,18
	P18A	104.279,990	103.345,680	934,310	0,90

Tabel 3. Perbandingan TOQ *Concrete Bored Pile*

		<i>Concrete</i>			
<i>Part Name</i>	<i>Name</i>	Volume (m ³)		Selisih	
		Konvensional	BIM	Volume (m ³)	%
<i>Bored Pile</i>	P16A	435,200	434,512	0,688	0,16
	P17A	435,213	434,512	0,701	0,16
	P18A	696,315	695,219	1,096	0,16

Dari hasil perbandingan yang ditampilkan dalam Tabel 1, 2, dan 3 terlihat bahwa nilai TOQ konvensional (RASD) cenderung lebih besar daripada TOQ BIM. Namun, selisih tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan antara TOQ konvensional dan metode BIM sebagai berikut:

1. Kualitas dan Ketersediaan Data Awal

Kualitas dan kelengkapan data awal yang digunakan dalam model BIM akan sangat mempengaruhi akurasi hasil penghitungan TOQ. Jika data awal tidak lengkap, tidak tepat, atau terdapat kesalahan, maka hasil penghitungan yang dihasilkan oleh *software Tekla Structure* juga akan menjadi kurang akurat.

2. Tingkat Kepresisian Model BIM

Semakin presisi dan detail model BIM yang dibuat, semakin akurat juga hasil perhitungan TOQ yang dihasilkan. Jika model BIM kurang presisi atau tidak mencerminkan kondisi lapangan secara tepat, maka hasil perhitungan bisa mengalami deviasi yang signifikan.

3. Kemampuan Operator dalam Mengoperasikan *software Tekla Structures*
Kemampuan operator atau pengguna *software Tekla Structures* maupun *software* pendukung BIM lainnya, juga dapat mempengaruhi hasil evaluasi. Jika operator tidak terlatih dengan baik dalam menggunakan *software* ini, maka bisa terjadi kesalahan dalam proses penghitungan dan interpretasi hasil.
4. Pemilihan Metode Penghitungan
Software Tekla Structures menawarkan beberapa metode penghitungan yang dapat digunakan. Pemilihan metode yang sesuai dengan jenis struktur dan proyek tertentu akan berpengaruh pada akurasi hasil evaluasi.
5. Pembulatan dan Format Angka
Penggunaan pembulatan atau format angka yang berbeda dalam proses penghitungan dapat menyebabkan perbedaan hasil akhir. Oleh karena itu, perlu memperhatikan konsistensi dan ketelitian dalam pembulatan dan format angka yang digunakan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara estimasi volume *concrete* dan *reinforcement bar* dari metode eksisting dengan hasil TOQ yang dihasilkan menggunakan *BIM Tekla Structures*. Perbandingan antara kedua metode dalam bentuk tabel. Dari tabel perbandingan, dapat dilihat bahwa pada pekerjaan *bored pile*, terdapat selisih volume *reinforcement bar* antara metode eksisting dan BIM sebesar 0,56% hingga 1,24%. Sementara pada pekerjaan *pile cap*, selisih volume *reinforcement bar* berkisar antara 0,18% hingga 0,90%. Adapun selisih volume *concrete* pada pekerjaan *bored pile* yaitu 0,16% dan pada pekerjaan *pile cap* tidak dihitung karena data yang diperlukan untuk mengetahui volume konvensional (RASD) tidak tersedia.

Meskipun terdapat perbedaan antara estimasi volume, evaluasi menunjukkan bahwa selisih tersebut tidak signifikan. Dalam beberapa kasus, selisihnya cukup kecil dan tidak akan signifikan mempengaruhi perencanaan dan pengelolaan proyek secara keseluruhan. Namun, tetap diperlukan perhatian terhadap akurasi dan presisi data awal, model BIM, dan penggunaan *software Tekla Structures* untuk memastikan keberhasilan implementasi BIM dalam proyek konstruksi.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan, maka saran yang dapat diambil untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penerapan BIM sebaiknya dapat dilakukan minimal sampai 5D *cost estimating*, sehingga pengaplikasian BIM dapat diterapkan kedalam dunia proyek yang sesungguhnya.
2. Perlunya peningkatan pemahaman dalam pengoperasian *software* BIM agar dapat diperoleh hasil yang maksimal dan sesuai dengan kondisi lapangan juga standar perencanaan yang berlaku.
3. Dalam penerapan *software* berbasis BIM sebaiknya dilakukan riset terlebih dahulu mengenai karakteristik *software* tersebut supaya didapatkan hasil yang maksimal, karena pada beberapa *software* memang dikhususkan untuk mengelola jenis proyek konstruksi tertentu sehingga memberikan gambaran yang sesuai dengan kondisi di lapangan.

Daftar Pustaka

- Akhmetzhanova, Botagoz dkk. 2022. 'Clash Detection Using Building Information Modeling (BIM) Technology in the Republic of Kazakhstan'. *Buildings*, 12(2), 1.
- Eastman, Chuck dkk. 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons.

- Gunawan, Maulana dkk. 2021. 'Penerapan *Building Information Modelling* (Bim) Pada Proyek Pasar Soreang Kabupaten Bandung'. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 3(2), 408.
- Halim, E dkk. 2022. '*Building Information Modelling* (BIM) *Implementation for Highway Project from Consultant's Perspectives in Malaysia*'. [*IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*](#), 971(012003)
- Hathiwala, Manishkumar Alish dkk. 2021. '*Application of 5D Building Information Modeling for Construction Management*'. *Solid State*, 64(2), 2156-2163.
- Kia, Saeed. 2013. *Review of Building Information Modeling (BIM) Software Packages Based on Assets Management*. [Amirkabir University of Technology](#).
- Laorent, Danny dkk. 2019. 'Analisa *Quantity Take-Off* Dengan Menggunakan *Autodesk Revit*'. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 6(1), 1-8.
- Marizan, Y. 2019. 'Studi Literatur tentang Penggunaan *Software Autodesk Revit*: Studi Kasus Perencanaan Puskesmas Sukajadi'. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 6(1), 15.
- Mieslenna, Cindy F dkk. 2019. 'Mengeksplorasi Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) Pada Industri Konstruksi Indonesia Dari Perspektif Pengguna'. Makalah Penelitian, Program Pascasarjana Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.
- Noviani, Shanti Astri dkk. 2021. 'Metode *Building Information Modeling* 5D Untuk Meminimalkan Klaim Konstruksi Yang Ditimbulkan Oleh Penyedia Jasa'. *Jurnal Konstruksia*: 13(1), 32.
- Nugraha. 2020. Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (BIM) Dalam Estimasi *Quantity Take-Off* Material Pekerjaan *Plumbing*. Skripsi, tidak diterbitkan. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2020 tentang Penggunaan Teknologi BIM pada Proyek Infrastruktur dan/atau Bangunan Gedung.
- Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2020 tentang Percepatan Pembangunan Proyek Strategis Nasional.
- Peraturan Presiden Nomor 68 Tahun 2019 tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional.
- Risky. 2021. Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (BIM) Dalam Estimasi *Quantity Take Off* Material Pekerjaan Struktural. Skripsi, tidak diterbitkan. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sangadji, Sangadji dkk. 2019. 'Pengaplikasian *Building Information Modeling* (BIM) Dalam Desain Bangunan Gedung'. *Matriks Teknik Sipil*, 7(4), 381-386.
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek: dari konseptual sampai operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Sugiyono. 2013, *Metodelogi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Bandung: ALFABETA
- Surat Edaran No. 11/SE/Db/2021 tentang Penerapan *Building Information Modelling* (BIM) Pada Perencanaan Teknis, Konstruksi Dan Pemeliharaan Jalan Dan Jembatan Di Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Tong, L. Y. 2005. *Construction Quantity Surveying: A Practical Guide for the Contractor's QS*. Hong Kong: *Hong Kong University Press*.
- Travis, Karina dkk. 2021. 'Analisis *Quantity Take-Off* Menggunakan BIM Pada Proyek Jalan Tol X'. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 2(2), 23-32.