

INVESTIGASI IMPLEMENTASI *BUILDING INFORMATION MODELLING* PADA SEKTOR KONSTRUKSI DI SURABAYA

Evelyn Fedora Johartiming¹ Jane Syane Winarto² Herry Pintardi Chandra³ and Suhendro Ratnawidjaja⁴

ABSTRAK : *Building Information Modelling* (BIM) merupakan terobosan teknologi pada sektor konstruksi sebagai sistem pemodelan digital. Teknologi ini membantu kolaborasi, visualisasi, dan pengelolaan proyek sehingga memudahkan pekerjaan dibandingkan metode konvensional. Industri konstruksi di dunia telah menyadari manfaat BIM seperti menghemat biaya, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi pekerjaan perbaikan. Oleh karena itu, banyak negara maju yang telah mengimplementasikan BIM pada berbagai proyek besar dan berpendapat bahwa penggunaan BIM sudah bukan bersifat opsional melainkan sebuah standar praktik dalam industri konstruksi. Namun, implementasi BIM di sektor konstruksi Indonesia masih tergolong rendah. Sehingga, perlu untuk menginvestigasi implementasi BIM di Indonesia dengan mengidentifikasi manfaat dan faktor penghambat implementasi BIM. Penelitian dilakukan pada 9 perusahaan pada sektor konstruksi di Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa manfaat implementasi BIM yang paling signifikan adalah adanya visualisasi dan pemodelan 3D. Adapun faktor penghambat implementasi BIM adalah kurangnya pengenalan teknologi *software* BIM di jenjang pendidikan.

KATA KUNCI: implementasi BIM, manfaat, faktor penghambat.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di sektor konstruksi menciptakan sebuah terobosan sistem pemodelan digital yang disebut *Building Information Modeling* (BIM). Teknologi ini membantu kolaborasi, visualisasi, dan pengelolaan proyek sehingga memudahkan pekerja dalam penjadwalan, desain, implementasi, dan manajemen fasilitas dibandingkan metode konvensional (Bui, Merschbrock, & Munkvold, 2016). Hal ini berarti, BIM memungkinkan penggunaannya untuk mengkoordinasikan atau menggabungkan karya masing-masing *stakeholder* menjadi satu model informasi bangunan berorientasi objek tiga dimensi (3D) (Kementerian PUPR, 2018). Adapun manfaat yang diperoleh ketika BIM diimplementasikan pada proyek konstruksi yaitu menekan pengeluaran biaya, meningkatkan produktivitas, mengurangi terjadinya kesalahan kerja, dan meningkatkan kualitas pengerjaan proyek (Gardezi et al, 2014).

Industri konstruksi di dunia menyadari besarnya keunggulan yang ditawarkan oleh BIM, sehingga teknologi ini telah diimplementasikan dalam berbagai proyek konstruksi di negara maju (Bryde, Broquetas, & Volm, 2013). Menurut McGraw-Hill Construction (2014), BIM telah wajib digunakan pada beberapa proyek di Denmark, Finlandia, Norwegia, Singapura, Sweden, Inggris, dan Amerika Serikat. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Farnsworth et al (2014) pada perusahaan konstruksi terkemuka di Amerika Serikat, tercatat dua pertiga dari perusahaan yang disurvei telah menggunakan BIM pada setidaknya 70% dari proyek mereka. Pelaku konstruksi di negara maju berpendapat bahwa

¹ Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11170158@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11170185@john.petra.ac.id

³ Dosen Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, herpin@petra.ac.id

⁴ Dosen Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, suhendro@petra.ac.id

penggunaan BIM sudah tidak lagi bersifat opsional, melainkan telah menjadi sebuah standar praktik dalam industri konstruksi. Namun sebaliknya, pada negara berkembang, implementasi BIM di sektor konstruksi masih rendah (Ismail, Chiozzi, & Drogemuller, 2017).

Di Indonesia, implementasi BIM di sektor konstruksi masih sangat rendah jika dibandingkan dengan negara-negara lain di Asia Tenggara (Gegana & Widjanarso, 2015). Kemudian, meskipun implementasi BIM pada sektor konstruksi terbukti mampu memberikan berbagai manfaat dan menjawab persoalan yang kerap terjadi pada proyek, adopsi BIM ke dalam proyek tidaklah bebas dari hambatan (Brewer et al., 2012; Ashcraft, 2008). Oleh karena itu, penting untuk mengetahui manfaat BIM dan faktor penghambat implementasi BIM. Diharapkan dengan adanya pengetahuan mengenai manfaat implementasi BIM serta faktor yang menghambat implementasinya, maka penggunaan BIM pada sektor konstruksi di Indonesia akan meningkat.

2. LANDASAN TEORI

Manfaat Implementasi BIM

Adanya pengetahuan mengenai manfaat BIM dapat berperan sebagai faktor pendorong implementasi BIM yang efektif bagi para pelaku konstruksi (Ahuja, Yang, & Shankar, 2009). Beberapa penelitian terdahulu menyebutkan manfaat implementasi BIM dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Manfaat BIM

No.	Manfaat	Referensi											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Penghematan waktu													
1	Penyampaian dan penyebaran informasi lebih efektif		✓			✓		✓		✓	✓		
2	Pengembangan desain lebih cepat		✓			✓		✓		✓	✓		
3	Informasi yang sama pada suatu proyek dapat dipakai ulang		✓			✓		✓		✓	✓		
4	Membantu dalam pengambilan keputusan		✓			✓		✓		✓	✓		
Kontrol atas seluruh siklus hidup proyek													
5	Pengendalian dan penghematan biaya		✓	✓				✓		✓	✓		✓
6	Data yang terintegrasi		✓	✓				✓		✓	✓		✓
7	Input dan output data lebih fleksibel		✓	✓				✓		✓	✓		✓
8	Visualisasi pemodelan 3D dan simulasi		✓	✓				✓		✓	✓		✓
Peningkatan kualitas													
9	Akurasi dalam dokumentasi		✓					✓			✓	✓	✓
10	Akurasi dalam perhitungan (Volume, biaya, waktu)		✓					✓			✓	✓	✓
11	Manajemen fasilitas, safety, dan sustainability yang lebih baik		✓					✓			✓	✓	✓
Peningkatan produktivitas													
12	Penjadwalan urutan kegiatan konstruksi yang lebih baik	✓			✓	✓	✓		✓		✓		
13	Pemanfaatan sumber daya lebih efisien	✓			✓	✓	✓		✓		✓		
14	Mengurangi change order dan rework	✓			✓	✓	✓		✓		✓		
Koordinasi yang lebih baik													
15	Mengurangi kesalahan dokumentasi							✓		✓	✓		
16	Meningkatkan koordinasi antar anggota tim							✓		✓	✓		
17	Memungkinkan setiap pihak terlibat memperoleh informasi yang sama							✓		✓	✓		
18	Kemudahan dalam mengomunikasikan ide yang kompleks							✓		✓	✓		

Referensi Studi Literatur:

1. Aranda-Mena, Crawford, Chevez, & Froese, 2009
2. Azhar, 2011
3. Azhar, Nadeem, Mok, & Leung, 2008
4. Bryde, Broquetas, & Volm, 2013
5. CRC Construction Innovation, 2007
6. Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008
7. Ibrahim, Hashim, & Jamal, 2019
8. Love, Edwards, Han, & Goh, 2010
9. Mesároš & Mandičák, 2017
10. Putra, 2015
11. Sabol, 2008
12. Talebi, 2014

Faktor Penghambat Implementasi BIM

BIM dikatakan sebagai terobosan yang mampu meringankan tantangan pada industri arsitektur, teknik, dan konstruksi (Succar, 2009). Namun, implementasi BIM tidaklah mudah untuk dilakukan dan memiliki hambatan tersendiri (Kekana, Aigbavboa & Thwala, 2014). Faktor-faktor yang menghambat implementasi BIM

Tabel 2. Faktor Penghambat Implementasi BIM

No.	Faktor Penghambat	Referensi								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Faktor Individu										
1	Kurang pendidikan dan pelatihan BIM	✓							✓	✓
2	Kurangnya pemahaman tentang BIM dan manfaatnya		✓	✓	✓		✓			✓
3	Kurangnya pengembangan keterampilan BIM				✓		✓		✓	✓
Faktor Proses BIM										
4	Masalah kontrak atau legalitas (kepemilikan data)	✓	✓	✓	✓				✓	✓
5	Kurangnya kepatuhan BIM untuk semua jenis proyek pembangunan				✓				✓	✓
6	Kurangnya kolaborasi yang efektif dalam proses kerja antara peserta proyek	✓		✓	✓				✓	✓
Faktor Bisnis										
7	Biaya mahal untuk implementasi BIM		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	Keraguan pengembalian investasi (Return of Investment)			✓	✓				✓	✓
9	Kurangnya informasi tentang proses perubahan bisnis dan bagaimana merubah proses perubahan tersebut			✓					✓	✓
10	Biaya pelatihan BIM dan rekrutmen staf spesialis BIM				✓	✓			✓	✓
11	Kurangnya kepercayaan terhadap integritas BIM (teknologi BIM belum matang)			✓				✓	✓	✓
Faktor Teknis										
12	Kurangnya tenaga ahli BIM		✓	✓	✓				✓	✓
13	Interoperabilitas (kemampuan interaksi dengan sistem lain semisal pertukaran data informasi dll.)	✓		✓	✓				✓	✓
14	Tidak ada standar dan panduan yang jelas			✓	✓				✓	✓
15	Infrastruktur teknologi yang kurang memadai	✓		✓	✓	✓				✓
16	Teknologi saat ini sudah cukup				✓	✓				✓
Faktor Organisasi										
17	Kurangnya dukungan manajemen puncak			✓					✓	✓
18	Keengganan / bertahan untuk berubah	✓	✓	✓	✓				✓	✓
Faktor Pasar (Market)										
19	Kurangnya permintaan (demand) dari klien atau pemerintah		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20	Pasar masih sangat beragam terkait dengan penggunaan teknik kerja digital									✓

Referensi studi literatur:

1. Arayici, Coates, Koskela, Kagioglou, Usher, & O'Reilly, 2011
2. Eadie, Browne, Odeyinka, & Mckeown, 2013
3. Gamil & Rahman, 2019
4. Hatem, Abd, & Abbas, 2018
5. Hatmoko, Fundra, Wibowo, & Zhabrinna, 2019
6. Hosseini, Pärn, Edwards, Papadonikolaki, & Oraee, 2018
7. Ku & Taiebat, 2011
8. Sun, Jiang, Skibniewski, Qingpeng Man, & Shen, 2017
9. Utomo & Rohman, 2019

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan Data

Data terbagi atas data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan menyebarkan kuesioner atau angket pada pelaku konstruksi di Surabaya. Responden penelitian yang diharapkan adalah perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi baik yang sudah maupun belum mengimplementasikan BIM dengan batasan penelitian dimana perwakilan perusahaan yang mengisi kuesioner telah memiliki pemahaman mengenai BIM. Setelah kuesioner dikumpulkan kembali, data yang diperoleh berupa manfaat implementasi BIM dan faktor penghambat implementasi BIM. Sedangkan, untuk pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mencari informasi dan referensi dari penelitian terdahulu yang mendukung teori penelitian. Data dari studi literatur digunakan untuk menyusun faktor dari variabel pada kuesioner dan digunakan sebagai dasar penelitian.

Pengolahan Data

Data primer diolah secara deskriptif menggunakan analisa *mean*. Data dari jawaban responden yang berupa Skala Likert. Skala Likert yang digunakan berjumlah 6 titik yang artinya tidak ada nilai tengah (*zero point*). Skala Likert yang digunakan berjumlah 6 titik yang artinya tidak ada nilai tengah (*zero point*). Definisi skala yang digunakan antara lain, skala 1= sangat tidak setuju; skala 2= tidak setuju; skala 3= agak tidak setuju; skala 4= agak setuju; skala 5= setuju; skala 6= sangat setuju. Data diolah menggunakan aplikasi SPSS sehingga dapat diperoleh nilai *mean* untuk masing-masing indikator dari setiap variabel. Setelah itu, nilai *mean* diurutkan agar diperoleh peringkat dari setiap indikator. Hal ini dilakukan untuk mengetahui indikator yang paling signifikan menurut responden. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai *mean* dapat dilihat pada **Persamaan (1)**.

$$\underline{x} = \frac{\sum fi.xi}{\sum fi} \quad (1)$$

Keterangan: \underline{x} : nilai rata-rata (*mean*)
 xi : banyaknya responden
 fi : nilai yang diberikan responden

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Manfaat Implementasi BIM

Analisis variabel manfaat implementasi BIM dilakukan untuk mengetahui manfaat yang paling signifikan dari implementasi BIM menurut pelaku konstruksi di Surabaya. Hal ini dilakukan dengan menghitung nilai *Mean* dari jawaban responden. Nilai *mean* kemudian diurutkan dari yang tertinggi hingga yang terendah untuk memperoleh peringkat variabel manfaat yang paling signifikan. Hasil perhitungan *mean* dan peringkat faktor manfaat dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai Mean dan Ranking untuk Manfaat Implementasi BIM

No.	Indikator	Mean	Rank
2.2.4	Adanya visualisasi pemodelan 3D dan simulasi bangunan	5.45	1
2.5.1	Kemudahan dalam dokumentasi (mengurangi kesalahan dokumentasi)	5.17	2
2.5.3	Kemudahan dalam penyebaran informasi (pihak terlibat memperoleh informasi yang sama)	5.17	2
2.1.4	Mempercepat pengambilan keputusan	5.07	4
2.3.1	Meningkatkan akurasi dalam dokumentasi	5.07	4
2.5.2	Kemudahan dalam koordinasi (antara owner, arsitek, konsultan, kontraktor, pengawas, dsb)	5.07	4
2.2.3	Adanya fleksibilitas dan otomatisasi dalam hal input dan output data	5.03	7
2.5.4	Kemudahan dalam mengomunikasikan ide yang kompleks	5.03	7
2.1.2	Mempercepat proses pengembangan desain	5.00	9
2.1.3	Mempercepat perolehan informasi (informasi yang sama pada suatu proyek dapat dipakai ulang)	5.00	9
2.1.1	Mempercepat penyampaian dan penyebaran informasi	4.97	11
2.2.2	Adanya data yang terintegrasi (seluruh informasi tersimpan dan terkait satu dengan yang lain di dalam BIM)	4.93	12
2.4.3	Memaksimalkan proses konstruksi (mengurangi <i>change order</i> dan <i>rework</i>)	4.86	13
2.4.2	Memaksimalkan sumber daya (pemanfaatan sumber daya menjadi efisien)	4.79	14
2.3.2	Meningkatkan akurasi dalam perhitungan (volume, biaya, waktu)	4.72	15
2.4.1	Memaksimalkan penjadwalan (penjadwalan urutan kegiatan konstruksi yang matang)	4.72	15
2.3.3	Meningkatkan sistem manajemen (manajemen fasilitas, safety, dan sustainability)	4.62	17
2.2.1	Adanya kejelasan alokasi anggaran (pengendalian dan penghematan biaya)	4.59	18

Analisis Faktor Penghambat Implementasi BIM

Analisis variabel faktor penghambat implementasi BIM dilakukan untuk mengetahui faktor penghambat yang paling signifikan menurut pelaku konstruksi di Surabaya. Hal ini dilakukan dengan menghitung nilai *Mean* dari jawaban responden. Nilai *mean* kemudian diurutkan dari yang tertinggi hingga yang terendah untuk memperoleh peringkat indikator variabel faktor penghambat yang paling signifikan. Hasil perhitungan *mean* dan peringkat faktor penghambat dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Nilai Mean dan Ranking untuk Faktor Penghambat Implementasi BIM

No.	Indikator	Mean	Rank
3.1.1	Kurangnya pengenalan teknologi software BIM di jenjang pendidikan	5.56	1
3.1.2	Kurangnya pemahaman tentang BIM dan manfaatnya	5.31	2
3.1.3	Kurangnya pengembangan keterampilan BIM (kurangnya skill untuk mengoperasikan BIM)	5.31	2
3.3.2	Adanya keraguan akan pengembalian investasi (return of Investment)	5.25	4
3.5.1	Kurangnya dukungan manajemen puncak (manajer atau owner kurang mendukung pengadopsian BIM)	5.25	4
3.3.1	Adanya biaya mahal untuk implementasi BIM	5.19	6
3.6.1	Kurangnya permintaan (demand) dari klien atau pemerintah	5.19	6
3.2.1	Kurangnya kejelasan masalah kontrak atau legalitas	5.13	8
3.3.3	Adanya kekurangan informasi tentang proses perubahan bisnis dan bagaimana merubah proses perubahan tersebut	5.13	8
3.3.4	Adanya biaya pelatihan BIM dan rekrutmen staf spesialis BIM	5.13	8
3.4.1	Kurangnya tenaga ahli BIM	5.00	11
3.4.2	Kurangnya kemampuan BIM untuk berinteraksi dengan sistem atau aplikasi lain	4.88	12
3.4.3	Kurangnya standar dan panduan yang jelas (standar atau panduan dalam pengoperasian BIM)	4.81	13
3.5.2	Kurangnya kemauan untuk berubah (resistensi untuk berubah dan engineer terpaku dengan software yang sudah ada)	4.81	13
3.6.2	Kurangnya keberagaman penggunaan teknik kerja digital pada pasar (pasar belum siap dan pemanfaatan teknologi masih beragam)	4.69	15
3.2.3	Kurangnya kolaborasi yang efektif dalam proses kerja antara peserta proyek	4.63	16
3.4.5	Kurangnya infrastruktur teknologi yang memadai (kebutuhan listrik, kebutuhan koneksi internet yang kuat, dan sebagainya)	4.63	16
3.4.6	Kurangnya keyakinan saat ini belum perlu untuk mengadopsi BIM	4.56	18
3.2.2	Kurangnya kepatuhan BIM untuk semua jenis proyek pembangunan (jenis proyek yang tidak cocok menggunakan BIM)	4.50	19
3.3.5	Adanya keraguan terhadap integritas BIM (teknologi BIM belum matang)	4.50	19

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *mean* menurut jawaban responden yang sudah ahli pada bidangnya, dapat disimpulkan bahwa pengetahuan responden mengenai implementasi BIM pada sektor konstruksi sudah cukup baik. Tiga manfaat BIM yang paling signifikan menurut jawaban responden yaitu mempercepat perolehan informasi, adanya kejelasan alokasi anggaran, dan memaksimalkan penjadwalan. Tiga faktor penghambat implementasi BIM yang paling signifikan menurut jawaban responden yaitu kurangnya pendidikan di sekolah dan universitas dan pelatihan teknologi software BIM, adanya biaya mahal untuk implementasi BIM, dan kurangnya pemahaman tentang BIM dan manfaatnya.

Saran yang dapat diberikan kepada instansi pendidikan adalah untuk memberikan pengetahuan BIM pada jenjang pendidikan sejak dini agar di masa depan para pekerja yang terlibat pada sektor konstruksi dapat mengetahui dan mengerti mengenai implementasi BIM. Selain itu, saran kepada pemerintahan agar menyiapkan peraturan dan standar yang jelas dan matang mengenai implementasi BIM di Indonesia sehingga perusahaan di sektor konstruksi dapat mengimplementasi BIM dengan lebih siap sesuai dengan standar yang sudah ada.

6. DAFTAR REFERENSI

- Ahuja, V., Yang, J., & Shankar, R. (2009). "Study of ICT Adoption for Building Project Management in the Indian Construction Industry." *Automation in Construction*, Vol. 18, No.4. 415-423.
- Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A., & Froese, T. M. (2009). "Building Information Modelling Demystified: Does it Make Business Sense to Adopt BIM?" *International Journal of Managing Projects in Business*, Vol. 2, No.3. 419-434.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher C., & O'Reilly, K. (2011). "Technology Adoption in the BIM Implementation for Lean Architectural Practice." *Automation in Construction*, Vol. 20, No. 2. 189-195.
- Ashcraft, H. W. (2008, June). Implementing BIM: "A Report from the Field on Issues and Strategies." *Paper presented at The 47th Annual Meeting of Invited Attorneys*, 53-84.
- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. Y. N., & Leung, B. H. Y. (2008). "Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects." *Paper presented at First International Conference on Construction in Developing Countries, Karachi, Pakistan*, 435-446.
- Azhar, S. (2011). "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry." *Leadership and Management in Engineering*, Vol. 11, No.3. 241-252.
- Brewer, G., Gajendran, T., & Le Goff, R. (2012). *Building Information Modelling (BIM): Australian Perspectives and Adoption Trends*. Australia: Tasmanian Building & Construction Industry Training Board.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). "The Project Benefits of Building Information Modelling (BIM)." *International Journal of Project Management*, Vol. 31, No. 7. 971-980.
- Bui, N., Merschbrock, C., & Munkvold, B. E. (2016). "A Review of Building Information Modelling for Construction in Developing Countries." *Procedia Engineering*, Vol. 164. 487-494.
- CRC Construction Innovation. (2007). "Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House." Australia: Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., & Mckeown, C. (2013). "An Analysis of the Drivers for Adopting Building Information Modelling." *Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 18. 338-352.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, New York: Wiley.

- Farnsworth, C. B., Beveridge, S., Miller, K. R., & Christofferson, J. (2014). "Application, Advantages, and Methods Associated with Using BIM in Commercial Construction." *International Journal of Construction Education and Research*, Vol. 11, No. 3. 1-19.
- Gamil, Y., & Rahman, I. A. R. (2019). "Awareness and Challenges of Building Information Modelling (BIM) Implementation in the Yemen Construction Industry." *Journal of Engineering, Design and Technology*. Vol. 17, No. 5. 1077-1084.
- Gardezi, S. S. S., Shafiq, N., Nurudinn, M. F., Farhan, S. A., & Umar, U. A. (2014). "Challenges for Implementation of Building Information Modelling (BIM) in Malaysian Construction Industry." *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 567. 559-564.
- Gegana, G., & Widjanarso, T. H. (2015). "BIM Course Development and Its Future Integration at University of Indonesia and Institute of Technology Bandung, Indonesia." *Proceedings of the 9th BIM Academic Symposium on Job Task Analysis Review*, 10-17, Washington, America.
- Hatem, W. A., Abd, A. M., & Abbas, N. N. (2018). "Barriers of Adoption Building Information Modeling (BIM) in Construction Projects of Iraq." *Engineering Journal*, Vol. 22, No. 2.
- Hatmoko, J. U. D., Fundra, Y., Wibowo, M. A., & Zhabrinna. (2019). "Investigating Building Information Modelling (BIM) Adoption in Indonesia Construction Industry." *International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering. Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering*, Vol. 258. 1-8.
- Hosseini, M.R., Pärn, E.A., Edwards, D.J., Papadonikolaki, P., & Oraee, M. (2018). "Roadmap to Mature BIM Use in Australian SMEs: Competitive Dynamics Perspective." *Journal of Management in Engineering*, Vol. 34, No. 5
- Ibrahim, H. S., Hashim, N., & Jamal, K. A. A. (2019). "The Potential Benefits of Building Information Modelling (BIM) in Construction Industry." *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 385, 012047.
- Ismail, N. A. A., Chiozzi, M., & Drogemuller, R. (2017). "An Overview of BIM Uptake in Asian Developing Countries." *AIP Conference Proceedings*.
- Kekana T. G., Aigbavboa, C. O., Thwala, W. D. (2014). Building Information Modelling (BIM): Barriers in Adoption and Implementation Strategies in the South Africa Construction Industry. *International Conference on Emerging Trends in Computer and Image Processing*. 15-16.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan Implementasinya di Indonesia. *Pusat Pendidikan dan Pelatihan SDA dan Konstruksi*.
- Ku, K., & Taiebat, M. (2011). "BIM Experiences and Expectations: The Constructors' Perspective." *International Journal of Construction Education and Research*, Vol. 7, No. 3. 175-197.
- Love, P. E. D., Edwards, D. J., Han, S., & Goh, Y. M. (2010). "Design Error Reduction: Toward the Effective Utilization of Building Information Modelling." *Research in Engineering Design*, Vol.22. 173-187.
- McGraw-Hill. (2014). *The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How contractors around the world are driving innovations with Building Information Modelling*. Smart MarketReport. United States.
- Mesároš P., & Mandičák T. (2017). "Exploitation and Benefits of BIM in Construction Project Management." *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 245. 062056.
- Putra, E. S. (2015). *Building information modeling (BIM): Teknologi, manfaat dan kendala dalam dunia konstruksi di Surabaya*. Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Sabol, L. (2008). *Challenges in cost estimating with building information modelling*. Washington, America: Design + Construction Strategies
- Succar, B. (2009). "Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders." *Automation in Construction*, Vol. 18. 357-375
- Sun, C., Jiang, S., Skibniewski, M.J., Qingpeng Man, Q., & Shen, L. (2017). "A Literature Review of the Factors Limiting the Application of Bim in the Construction Industry." *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 23, No.5. 764-779.
- Talebi, S. (2014). "Exploring Advantages and Challenges of Adaptation and Implementation of BIM in Project Life Cycle." *2nc BIM International Conference on Challenges to Overcome*.

Utomo, F. R., & Rohman, M. A. (2019). "The Barrier and Driver Factors of Building Information Modelling (BIM) Adoption in Indonesia: A Preliminary Survey." *IPTEK Journal of Proceedings Series*, Vol. 0, No. 5. 133–139.