

MANFAAT PENGGUNAAN SOFTWARE TEKLA BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) PADA PROYEK DESIGN-BUILD

Retno Minawati¹, Herry P. Chandra², Paulus Nugraha³

ABSTRAK: BIM dapat membuat desain struktur, memvisualisasi, mensimulasi, menganalisis, mendokumentasi, dan membangun proyek lebih efisien, akurat, dan kompetitif. Dengan adanya penggunaan *software* Tekla BIM maka diharapkan dapat mencapai keberhasilan dari proyek *design-build*. Dalam *software* Tekla Structures terdapat data-data yang akurat, detail, dan 3D yang dapat digunakan bersama oleh kontraktor, konsultan, fabrikator, dan sub-kontraktor. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui manfaat penggunaan *software* Tekla BIM pada proyek *design-build*. Penelitian ini dilakukan di wilayah Surabaya dengan cara penyebaran kuisioner yang ditujukan kepada perusahaan kontraktor yang terdapat proyek *design-build* dan menggunakan *software* Tekla BIM. Selanjutnya semua kuisioner yang berhasil terkumpul dianalisis secara statistik, dengan menggunakan program SPSS. Dari hasil analisis didapatkan bahwa manfaat penggunaan *software* Tekla BIM pada proyek *design-build* adalah otomatisasi terhadap *output*.

Kata kunci : penggunaan Tekla BIM, proyek *design-build*

ABSTRACT: BIM can design structures, visualize, simulate, analyze, document, and build projects more efficiently, accurately, and competitively. With the use of Tekla BIM software is expected to achieve the success of the project design-build. In Tekla Structures software there are accurate, detailed, and 3D data that can be shared by contractors, consultants, fabricators, and subcontractors. The purpose of this research is to know the benefits of using Tekla BIM software on design-build project. This research was conducted in Surabaya area by distributing questionnaires aimed at contractor company which have design-build project and using Tekla BIM software. Furthermore all the collected questionnaires were analyzed statistically, using the SPSS program. From the analysis results obtained that the benefits of using Tekla BIM software on design-build project is obtain output automatically.

Keywords: use of Tekla BIM, design-build project

1. PENDAHULUAN

Pertukaran informasi secara konvensional biasanya dilakukan antara pihak-pihak yang terlibat dalam proyek secara linear yang menyebabkan informasi menjadi kurang akurat untuk menginterpretasikan dan mengklarifikasikan. Hal ini kadang menyebabkan terjadinya kesalahpahaman yang membuat terjadinya perubahan dalam perencanaan. Permasalahan pada proses perencanaan dapat diminimalisir dengan menggunakan teknologi informasi.

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, retnominawati93@gmail.com

²Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, herrypin@petra.ac.id

³Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, pnugraha@petra.ac.id

Salah satu teknologi informasi yang sudah banyak dikenal adalah *Building Information Modeling* (BIM). BIM dapat mendukung dari proses perencanaan desain proyek, jadwal, anggaran biaya, dan informasi-informasi lainnya. Pengenalan BIM sudah menjadi persyaratan untuk meningkatkan keberlanjutan dan produktivitas dalam industri konstruksi. BIM adalah teknologi permodelan dan serangkaian proses untuk menghasilkan, mengkomunikasikan, dan menganalisis model bangunan (Eastman et al, 2008), yang dapat membantu industri konstruksi dalam meningkatkan produktivitasnya. Untuk mengimplementasikan BIM diperlukan teknologi, proses, dan investasi yang sangat mahal dan mengadopsi BIM membutuhkan perubahan yang besar untuk bagaimana bangunan konstruksi didesain dan dibangun (Becerik dan Pollalis, 2006). Penggunaan BIM membuat proses pembangunan lebih efisien dan efektif. Dalam suatu proyek, perencanaan proses pembangunan biasanya dilakukan untuk memastikan bahwa suatu pekerjaan dilakukan sesuai dengan kualitas yang diinginkan. Dalam penelitian ini, akan dibahas tentang manfaat penggunaan *software* Tekla BIM pada proyek *design-build*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Building Information Modeling* (BIM)

BIM sebagai sarana bagi semua orang untuk memahami sebuah bangunan melalui penggunaan model digital. Permodelan bangunan dalam bentuk digital memungkinkan orang-orang untuk berinteraksi dengan bangunan sehingga dapat mengoptimalkan kinerja berbagai pihak yang terkait. BIM adalah teknologi revolusioner dan proses yang telah dengan cepat mengubah cara bangunan dipahami, dirancang, dibangun, dan dioperasikan (Hardin, 2009). BIM memiliki kemampuan membuat konsep desain interaktif yang mewakili gambar fisik dan nyata dari suatu bangunan yang memungkinkan desainer untuk mengidentifikasi kebutuhan klien dan secara efektif memberikan solusi untuk kebutuhan klien (Dace, 2007). BIM dapat memberikan tampilan yang konsisten dan terkoordinasi serta representasi dari model digital termasuk data yang dapat diandalkan untuk setiap tampilan. Hal ini menghemat banyak waktu perencana sejak setiap tampilan dikoordinasikan melalui BIM. Ada banyak penelitian topik BIM yang memberikan rincian tentang bagaimana BIM dapat digunakan untuk tujuan seperti alat permodelan, alat informasi, alat komunikasi, dan alat manajemen fasilitas. Pendekatan yang lebih kolaboratif dapat memungkinkan BIM berbagi model antara perencana, arsitek, manajer konstruksi, dan sub kontraktor. Manajer konstruksi dan sub kontraktor dapat memberikan pengetahuan ahli konstruksi untuk tim perencana. BIM juga dapat melakukan koordinasi *Mechanical, Electrical, dan Plumbing* (MEP) antara kontraktor, perencana, dan arsitek.

2.2. *Software* BIM

Ada banyak *software* dalam BIM yang dapat mengidentifikasi produk BIM. *Software* BIM dapat digunakan untuk menggambar *shop drawing* dan fabrikasi (Hergunsel, 2011). Beberapa *software* juga mampu untuk penjadwalan dan estimasi biaya. Ada beberapa jenis *software* yang bisa digunakan untuk struktural, arsitektur, MEP, dan tempat kerja pemodelan 3D *software*. *Software* Tekla merupakan *one stop solution* untuk kebutuhan BIM struktural (Firoz & Rao, 2012).

2.3. Tekla *Structures*

Software Tekla *Structures* merupakan revolusi baru dalam bidang rekayasa struktur yang memiliki beberapa keunggulan dibanding program aplikasi lainnya. Tekla *Structures* BIM merupakan *software* BIM berbasis ensiklopedi proyek yang memungkinkan untuk membuat dan mengelola data secara akurat dan rinci, serta dapat membuat model struktur 3D tanpa

melupakan material dan struktur yang kompleks (Saputri, 2012). Model Tekla *Structures* ini dapat mencakup seluruh proses konstruksi bangunan dari konsep desain untuk fabrikasi, pemasangan, dan manajemen konstruksi.

2.4. Design-Build

Dalam *design-build*, pemilik biasanya kontrak langsung dengan tim *design-build* (kontraktor dengan kemampuan desain atau bekerja sama dengan arsitek) untuk mengembangkan program pembangunan dan desain skematik yang sesuai dengan kebutuhan pemilik (Aziz, 2011). Kontraktor *design-build* akan memperkirakan total biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk merancang dan membangun bangunan (Levy, 2006). Ketika konstruksi dimulai dan apabila ada perubahan desain (dalam batas yang telah ditetapkan) maka akan menjadi tanggung jawab kontraktor *design-build*.

2.5. Manfaat Penggunaan Software Tekla BIM

Software Tekla BIM mempunyai beberapa manfaat antara lain presisi dan kejelasan detail, otomatisasi terhadap *output*, serta efisien dan penghematan usaha manajemen (Firoz & Rao, 2012). Penjelasan mengenai ketiga manfaat penggunaan software Tekla BIM pada proyek *design-build* didasarkan pada beberapa literatur yang dapat dilihat sebagai berikut :

- **Presisi dan Kejelasan Detail**
BIM sebagai alat visualisasi dapat memberikan representasi 3D bangunan (Hergunsel, 2011). Visualisasi dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana proyek yang sudah jadi akan terlihat. Konversi gambar dari 2D ke BIM 3D dengan Autocad dan Revit dapat membantu melaksanakan proyek konstruksi dengan lancar (Han et al, 2014). BIM dapat mengoptimalkan hasil dengan mencari alternatif desain yang lebih mudah dan biaya yang efektif selama konseptual desain. Perubahan desain juga dapat dipantau oleh semua perencana yang terlibat. Setelah file-file terkait berubah maka langsung tercermin dalam model. Semua perencana dapat diberitahu secara otomatis dari perubahan oleh salah satu perencana. Dengan hal ini, dapat meningkatkan kecepatan dan akurasi dari proses desain yang melibatkan beraneka ragam perencana.
- **Otomatisasi Terhadap Output**
Teknologi baru dapat membuat seluruh proses lebih mudah dengan memiliki semua informasi *online hard drive* dimana semua orang yang bekerja pada perusahaan dapat mengaksesnya dan memodifikasinya. BIM dapat diperbarui secara otomatis untuk semua model dengan perubahan informasi yang signifikan. BIM dapat menjaga semua informasi mengenai analisis, desain, dan dokumentasi proyek dalam satu tempat dan dibagikan ke semua anggota tim dengan mudah. BIM tidak hanya membantu tim untuk berkoordinasi dengan lebih baik, tetapi juga dapat membuat keputusan desain yang lebih baik berdasarkan pada model (Schinler dan Nelson, 2008).
- **Efisien dan Penghematan Upaya Manajemen**
BIM dapat mempengaruhi manajemen waktu untuk penyelesaian proyek dan membantu proyek selesai tepat waktu (Issa dan Suermann, 2009). BIM secara efektif dapat menghubungkan desain struktural dengan fabrikasi, meningkatkan komunikasi, dan membagi informasi antara fabrikator dan kontraktor. BIM dapat membantu memodifikasi desain untuk menghilangkan atau mengurangi penggunaan balok yang mengalami bentrokan yang mungkin akan timbul dari konflik MEP secara tepat waktu. Koordinasi BIM menggabungkan semua model melalui program tunggal. BIM memungkinkan koordinasi dengan beberapa desainer yang dapat mempersingkat waktu desain, mengurangi kesalahan, dan mengungkapkan masalah desain beserta dengan solusinya (Eastman et al, 2011).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada perusahaan kontraktor di Surabaya yang terdapat proyek *design-build* dan menggunakan *software* Tekla BIM. Data yang didapatkan dari hasil kuesioner akan dianalisa dengan bantuan program SPSS berupa analisa deskriptif dan frekuensi jawaban responden.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Obyek Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah mengenai manfaat penggunaan *software* Tekla BIM pada proyek *design-build*. Objek pada penelitian yang dilakukan adalah responden yang bekerja pada perusahaan *design-build* yang menggunakan *software* Tekla BIM di wilayah Surabaya. Kuesioner disebarkan kepada pihak terkait sejak tanggal 20 April 2017 hingga 31 Mei 2017. Selama survei dilakukan, peneliti telah berhasil mendapatkan sebanyak 40 kuesioner.

4.2. Hasil Uji Validitas Kuesioner

Uji validitas digunakan untuk mengukur sah atau valid tidaknya suatu kuesioner. Langkah dalam menguji validitas butir pertanyaan pada kuesioner yaitu mencari nilai *corrected Item-Total correlation*. Setiap pernyataan dinyatakan valid apabila *corrected item total correlation* yang dihasilkan di atas r-tabel, yaitu sebesar 0,312. Besar *corrected item total correlation* tiap variabel hasil *output* SPSS dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa semua indikator memiliki nilai *corrected item-total correlation* > 0,312. Maka dapat disimpulkan bahwa kuesioner yang digunakan telah valid dan mampu mengukur tiap variabel yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Hasil Uji Validitas Kuesioner

Variabel	Indikator	<i>Corrected Item Total Correlation</i>	Keterangan
Presisi dan Kejelasan Detail (X ₁)	Konversi Gambar 2D ke 3D (X ₁₁)	0.816	Valid
	Kecepatan & Akurasi Desain (X ₁₂)	0.850	Valid
	Representasi 3D Bangunan (X ₁₃)	0.889	Valid
	Alternatif & Keputusan Desain (X ₁₄)	0.738	Valid
Otomatisasi Terhadap Output (X ₂)	<i>Update</i> Model Otomatis (X ₂₁)	0.558	Valid
	Informasi <i>Online Hard Drive</i> (X ₂₂)	0.357	Valid
	Pembagian Informasi (X ₂₃)	0.454	Valid
Efisien dan Penghematan Upaya Manajemen (X ₃)	Manajemen Waktu (X ₃₁)	0.721	Valid
	Penghubung Desain Struktural dengan Fabrikasi (X ₃₂)	0.732	Valid
	Koordinasi dengan Beberapa Desainer (X ₃₃)	0.701	Valid
	Minimal <i>Problem</i> MEP pada Sambungan Baja (X ₃₄)	0.750	Valid

4.3. Hasil Uji Reliabilitas Kuesioner

Reliabilitas menunjukkan konsistensi dan stabilitas dari suatu skor atau skala pengukuran (Simamora, 2002). Jika nilai cronbach alpha yang dinilai lebih besar dari 0,6, maka item-item yang digunakan dalam kuesioner dapat disebut reliabel (Ghozali, 2005). Pada Tabel 2. menunjukkan nilai cronbach alpha hasil *ouput* variabel manfaat penggunaan *software* Tekla BIM. Nilai *cronbach alpha* pada Tabel 2. menunjukkan lebih dari 0,6. Hal ini berarti variabel pada kuesioner reliabel.

Tabel 2. Hasil Uji Reliabilitas Kuesioner

Variabel	Cronbach's Alpha	Keterangan
Detail Presisi dan Jelas (X_1)	0.922	Reliabel
Hasil <i>Output</i> Otomatis (X_2)	0.641	Reliabel
Efisien dan Upaya Manajemen (X_3)	0.870	Reliabel

4.4. Hasil Analisis Deskriptif

4.4.1. Variabel Presisi dan Kejelasan Detail

Berdasarkan Tabel 3. dapat diketahui bahwa dari 40 orang responden yang memberi tanggapan pada indikator konversi gambar 2D ke 3D (X_{11}), mayoritas responden (19 orang, 47.5%) “Sangat Setuju” bahwa konversi gambar 2D ke 3D dapat membantu melaksanakan proyek konstruksi dengan lancar. Mayoritas responden (18 orang, 45%) memilih “Setuju” pada indikator kecepatan dan akurasi desain (X_{12}), yaitu : “Kecepatan dan akurasi desain dapat ditingkatkan dengan melibatkan beraneka ragam perencanaan”. Mayoritas responden (20 orang, 50%) memilih “Sangat Setuju” pada indikator representasi 3D bangunan (X_{13}), yaitu : “Representasi 3D bangunan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana proyek yang sudah jadi akan terlihat”. Mayoritas responden (17 orang, 42.5%) memilih “Setuju” pada indikator alternatif dan keputusan desain (X_{14}), yaitu : “Alternatif dan keputusan desain dapat mengoptimalkan hasil dengan mencari desain yang lebih mudah dan biaya yang efektif selama konseptual desain”.

Tabel 3. Frekuensi Tanggapan Responden terhadap Variabel Presisi dan Kejelasan Detail

Jawaban	1		2		3		4		5	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Konversi Gambar 2D ke 3D (X_{11})	-	-	-	-	6	15	15	37.5	19	47.5
Kecepatan & Akurasi Desain (X_{12})	-	-	-	-	5	12.5	18	45	17	42.5
Representasi 3D Bangunan (X_{13})	-	-	-	-	3	7.5	17	42.5	20	50
Alternatif & Keputusan Desain (X_{14})	-	-	-	-	7	17.5	17	42.5	16	40

Tabel 4. Nilai *Mean* Variabel Presisi dan Kejelasan Detail

Jawaban	Mean
Konversi Gambar 2D ke 3D (X_{11})	4.325
Kecepatan & Akurasi Desain (X_{12})	4.300
Representasi 3D Bangunan (X_{13})	4.425
Alternatif & Keputusan Desain (X_{14})	4.225

Pada Tabel 4. menunjukkan nilai *mean* variabel presisi dan kejelasan detail (X_1). Secara keseluruhan, dari keempat indikator yang digunakan untuk menjelaskan variabel presisi dan kejelasan detail (X_1), indikator representasi 3D bangunan (X_{13}), memiliki nilai mean tertinggi dibandingkan dengan ketiga indikator lainnya, yaitu 4.425. Dengan demikian, maka mayoritas responden menganggap bahwa representasi 3D bangunan merupakan faktor presisi dan kejelasan detail yang paling mempengaruhi pada proyek *design-build*.

4.4.2. Variabel Otomatisasi terhadap Output

Berdasarkan Tabel 5. dapat diketahui bahwa dari 40 orang responden yang memberi tanggapan pada indikator *update* model otomatis (X_{21}), mayoritas responden (19 orang, 47.5%) “Setuju” bahwa *update* model otomatis dapat diperbarui dengan perubahan informasi yang signifikan. Mayoritas responden (20 orang, 50%) memilih “Setuju” pada indikator informasi *online hard drive* (X_{22}), yaitu : “Informasi *online hard drive* dapat membuat semua orang yang bekerja pada perusahaan dapat mengakses dan memodifikasinya”. Mayoritas responden (19 orang, 47.5%) memilih “Setuju” pada indikator pembagian informasi (X_{23}), yaitu: “Pembagian informasi dalam satu tempat dapat dibagikan ke semua anggota tim dengan mudah”.

Tabel 5. Frekuensi Tanggapan Responden terhadap Variabel Otomatisasi terhadap Output

Jawaban	1		2		3		4		5	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Update Model Otomatis(X_{21})	-	-	-	-	14	35	19	47.5	7	17.5
Informasi Online Hard Drive (X_{22})	-	-	-	-	18	45	20	50	2	5
Pembagian Informasi (X_{23})	-	-	-	-	8	20	19	47.5	13	32.5

Tabel 6. Nilai Mean Variabel Otomatisasi terhadap Output

Jawaban	Mean
Update Model Otomatis(X_{21})	3.825
Informasi Online Hard Drive (X_{22})	3.600
Pembagian Informasi (X_{23})	4.125

Pada Tabel 6. menunjukkan nilai *mean* variabel otomatisasi terhadap *output* (X_2). Secara keseluruhan, dari ketiga indikator yang digunakan untuk menjelaskan variabel otomatisasi terhadap *output* (X_2), indikator pembagian informasi (X_{23}), memiliki nilai mean tertinggi dibandingkan dengan kedua indikator lainnya, yaitu 4.125. Dengan demikian, maka mayoritas responden menganggap bahwa pembagian informasi merupakan faktor otomatisasi terhadap *output* yang paling mempengaruhi pada proyek *design-build*.

4.4.3. Variabel Efisien dan Penghematan Upaya Manajemen

Berdasarkan Tabel 7. dapat diketahui bahwa dari 40 orang responden yang memberi tanggapan pada indikator manajemen waktu (X_{31}), mayoritas responden (23 orang, 57.5%) “Setuju” bahwa manajemen waktu dapat mempengaruhi penyelesaian proyek dan membantu proyek selesai tepat waktu. Mayoritas responden (17 orang, 42.5%) memilih “Sangat Setuju” pada indikator penghubung desain struktural dengan fabrikasi (X_{32}), yaitu : “Penghubung desain struktural dengan fabrikasi dapat meningkatkan komunikasi dan membagi informasi antara fabrikator dengan kontraktor”. Mayoritas responden (24 orang, 60%) memilih “Setuju”

pada indikator koordinasi dengan beberapa desainer (X_{33}), yaitu : “Koordinasi dengan beberapa desainer dapat mempersingkat waktu desain, mengurangi kesalahan, dan mengungkapkan masalah desain beserta solusinya”. Mayoritas responden (23 orang, 57.5%) memilih “Setuju” pada indikator minimal *problem* MEP pada sambungan baja (X_{34}), yaitu : “Minimal *problem* MEP pada sambungan baja dapat dilakukan modifikasi desain jika mengalami bentrokan”.

Tabel 7. Frekuensi Tanggapan Responden terhadap Variabel Efisien dan Penghematan Upaya Manajemen

Jawaban	1		2		3		4		5	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Manajemen Waktu(X_{31})	-	-	-	-	8	20	23	57.5	9	22.5
Penghubung Desain Struktural dengan Fabrikasi (X_{32})	-	-	-	-	7	17.5	16	40	17	42.5
Koordinasi dengan Beberapa Desainer (X_{33})	-	-	-	-	7	17.5	24	60	9	22.5
Minimal Problem MEP pada Sambungan Baja (X_{43})	-	-	-	-	5	12.5	23	57.5	12	30

Tabel 8. Nilai *Mean* Variabel Efisien dan Penghematan Upaya Manajemen

Jawaban	Mean
Manajemen Waktu(X_{31})	4.025
Penghubung Desain Struktural dengan Fabrikasi (X_{32})	4.250
Koordinasi dengan Beberapa Desainer (X_{33})	4.050
Minimal Problem MEP pada Sambungan Baja (X_{43})	4.175

Pada Tabel 8. menunjukkan nilai *mean* variabel efisien dan penghematan upaya manajemen (X_3). Secara keseluruhan, dari keempat indikator yang digunakan untuk menjelaskan variabel efisien dan penghematan upaya manajemen (X_3), indikator penghubung desain struktural dengan fabrikasi (X_{32}), memiliki nilai mean tertinggi dibandingkan dengan ketiga indikator lainnya, yaitu 4.250. Dengan demikian, maka mayoritas responden menganggap bahwa penghubung desain struktural dengan fabrikasi merupakan faktor efisien dan penghematan upaya manajemen yang paling mempengaruhi pada proyek *design-build*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Manfaat penggunaan *software* Tekla BIM pada proyek *design-build* antara lain representasi 3D bangunan (X_{13}), pembagian informasi (X_{23}), dan penghubung desain struktural dengan fabrikasi (X_{32}). Representasi 3D bangunan (X_{13}) merupakan faktor presisi dan kejelasan detail (X_1) yang paling mempengaruhi keberhasilan proyek *design-build* dengan nilai *mean* sebesar 4.425. Pembagian informasi (X_{23}) merupakan faktor otomatisasi terhadap *output* (X_2) yang paling mempengaruhi keberhasilan proyek *design-build* dengan nilai *mean* sebesar 4.125. Penghubung desain struktural dengan fabrikasi (X_{32}) merupakan faktor efisien dan penghematan upaya manajemen (X_3) yang paling mempengaruhi keberhasilan proyek *design-build* dengan nilai *mean* sebesar 4.250.

5.2.Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

- Menambahkan data responden lebih banyak lagi sehingga hasil dengan menggunakan *software* SPSS bisa lebih baik lagi.
-

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Z. (2011). Integrated Design and Delivery Systems. *Lecture Notes*.
- Becerik, B. & Pollalis, S. N. (2006). Computer Aided Collaboration for Managing Construction Projects, *Design and Technology Report Series*, Harvard Design School, Cambridge, MA, USA.
- Dace, A. C. (2007). *Building Information Modeling : the Web3d Application for Aec*. Perugia, ACM, Italy.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2008). *Bim Handbook : a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers Designers, Engineers, and Contractors*. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). *BIM Handbook, a Guide to Building Information Modelling 2nd ed*. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Firoz, S., & Rao, S. (2012). Modelling Concept of Sustainable Steel Building by Tekla Software. *International Journal of Engineering Research and Development*, 1(5), 18-24.
- Ghozali, I. (2005). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Han, R., Mo, W., & Jin, R. (2014). Research on the Application of BIM Technology in Indemnificatory Houses Planning and Design. *Applied Mechanics and Materials*, 587, 2290-2294.
- Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management*, Wiley Publishing, Indianapolis.
- Hergunsel, M. F. (2011). Benefits of Building Information Modeling. *Design*, 1136-1145.
- Issa, R. R., & Suermann, P. (2009). Evaluating Industry Perceptions of Building Information Modeling (BIM) Impact on Construction. *Journal Internasional. Technology Construction*, 14, 574-594.
- Levy, S. M. (2006). *Design – Build Project Delivery – Managing the Building Process from Proposal through Construction*. McGraw-Hill, New York.
- Saputri, F. (2012). *Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada Pembangunan Struktur Gedung Perpustakaan IPB Menggunakan Software Tekla Structures 17*. Institut Pertanian Bogor.
- Schinler, D., & Nelson, E. (2008). BIM and the Structural Engineering Community. *Structure Magazine*, 10-12.
- Simamora, Bilson. (2002). *Panduan Riset Perilaku Konsumen*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.