

SKRIPSI SARJANA TERAPAN
**IMPLEMENTASI *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) 3D
UNTUK PERHITUNGAN ESTIMASI BIAYA PADA TAHAP
KONSTRUKSI**
(STUDI KASUS: PROYEK SDN 03 BALEKAMBANG)



Intelligentia - Dignitas

ABDULLAH AZZAM
1506521053

PROGRAM STUDI
SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI
BANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN 2 UJIAN SKRIPSI SARJANA TERAPAN

Judul : Implementasi Building Information Modeling (BIM) 3D Untuk Perhitungan Ulang Estimasi Biaya Pada Tahap Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan SDN 03 Balekambang)
Penyusun : Abdullah Azzam
NIM : 1506521053
Tanggal Ujian: 11 Juli 2025

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Lenggogeni, M.T.

NIP. 1973041719999032001

Pembimbing II,



Rezi Berliana Yasinta, M.T.

NIP. 199608302022032013

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,



Ir. Irika Wideasanti, M.T.

NIP. 1969505301991032001

Penguji I,



Erna Septiandini, M.T.

NIP. 196309021993032001

Penguji II,



Muh Abdhy Gazhali HS, M.T.

NIP. 199507312024061001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung



Adhi Purnomo, M.T.

NIP. 197609082001121004

LEMBAR PENGESAHAN 1 UJIAN SKRIPSI SARJANA TERAPAN

Judul : Implementasi Building Information Modeling (BIM) 3D Untuk Perhitungan
Ulang Estimasi Biaya Pada Tahap Konstruksi (Studi Kasus: Proyek
Pembangunan SDN 03 Balekambang)
Penyusun : Abdullah Azzam
NIM : 1506521053
Tanggal Ujian: 11 Juli 2025

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Lenggogeni, M.T.

NIP. 1973041719999032001

Pembimbing II,



Rezi Berliana Yasinta, M.T.

NIP. 199608302022032013

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung



Adhi Purnomo, M.T.

NIP. 197609082001121004

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun skripsi dengan judul **“Implementasi Building Information Modeling (BIM) 3D Untuk Perhitungan Ulang Volume Pekerjaan Pada Tahap Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan SDN 03 Balekambang) ”**.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada:

1. **Bapak Adhi Purnomo, M.T.**, selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
2. **Ibu Lenggogeni, M.T.**, selaku Dosen Pembimbing 1 Skripsi 122.
3. **Ibu Rezi Berliana Yasinta, M.T.**, selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi 122.
4. **Unit Pengelola Prasarana dan Sarana Pendidikan Dinas Pendidikan Provinsi DKI Jakarta**, selaku *owner* dan pemberi izin magang di Proyek Rehabilitasi Total SDN 03 Balekambang.
5. Seluruh *staff* dan pekerja di Proyek Rehabilitasi Total SDN 03 Balekambang - PT. Citra Prasasti - Cakra Wibowo, KSO.
6. Kedua orang tua, Alm. Bapak Mochammad Irwanto dan Ibu Dewi Kartini, yang selalu memberikan dukungan material dan moral.

Oleh karena itu, penulis Skripsi menerima kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan Skripsi ini. Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat memberikan wawasan bagi pembaca dalam bidang Teknik Sipil.

Jakarta, 12 Juni 2025


Abdullah Azzam

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi Sarjana Terapan ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi Sarjana Terapan ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta 10 Maret 2025,
Yang Membuat



Abdullah Azzam

~~~~~

1506521053



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: [lib.unj.ac.id](http://lib.unj.ac.id)

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Abdullah Azzam

NIM : 1506521053

Fakultas/Prodi : Teknik / Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung

Alamat email : abdl.azm1902@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi    ☐ Tesis    ☐ Disertasi    ☐ Lain-lain (... ..)

yang berjudul :

Implementasi Building Information Modeling (BIM) 3d Untuk Perhitungan Estimasi Biaya Pada Tahap Konstruksi (Studi Kasus: Proyek SDN 03 Balekambang )

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 8 Agustus 2025

Penulis

Abdullah Azzam



## ABSTRAK

Permasalahan yang sering terjadi pada tahap konstruksi adalah perubahan desain yang berdampak pada ketidaksesuaian volume pekerjaan antara rencana awal dengan kondisi aktual di lapangan. Hal ini dapat menyebabkan pemborosan biaya dan waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan Building Information Modeling (BIM) 3D sebagai alat bantu dalam melakukan perhitungan ulang volume pekerjaan secara akurat dan efisien pada proyek rehabilitasi total SDN 03 Balekambang. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pendekatan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*). Proses dilakukan melalui pemodelan elemen struktur, arsitektur, dan MEP dengan menggunakan software Autodesk Revit 2025, dilanjutkan dengan visualisasi model pada Autodesk Viewer dan perhitungan volume pekerjaan melalui fitur *Quantity Take Off*. Diharapkan dari hasil penelitian ini, BIM dapat meningkatkan efisiensi perhitungan volume, memperkecil risiko kesalahan akibat perubahan desain, serta menjadi acuan penerapan BIM pada proyek fasilitas publik secara lebih luas.

**Kata kunci:** BIM 3D, volume pekerjaan, konstruksi, *Quantity Take Off*, Autodesk Revit

## ***ABSTRACT***

A common issue during the construction phase is design changes that lead to discrepancies between planned and actual work volumes, often resulting in cost and time overruns. This study aims to implement 3D Building Information Modeling (BIM) as a tool to support accurate and efficient recalculation of work volumes in the total rehabilitation project of SDN 03 Balekambang. The research method used is Research and Development (R&D) with a 4D development model approach (Define, Design, Develop, Disseminate). The process involves modeling structural, architectural, and MEP elements using Autodesk Revit 2024, visualizing the model through Autodesk Viewer, and calculating work volumes via the Quantity Take Off feature. The results are expected to improve the efficiency of volume calculations, reduce errors due to design changes, and serve as a reference for broader implementation of BIM in public facility projects.

**Keywords:** 3D BIM, work volume, construction, Quantity Take Off, Autodesk Revit



## DAFTAR ISI

|                                                                                               |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>SKRIPSI SARJANA TERAPAN .....</b>                                                          | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN 1 UJIAN SKRIPSI SARJANA TERAPAN.....</b>                                 | <b>ii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                                                    | <b>iv</b>   |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>                                                                | <b>v</b>    |
| <b>SURAT PERNYATAAN PERSTUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH<br/>UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....</b> | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                                          | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                                         | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                                        | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                                     | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                                    | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                                                  | <b>xv</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                                                 | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang Masalah.....                                                               | 1           |
| 1.2 Fokus Penelitian .....                                                                    | 4           |
| 1.3 Perumusan Masalah.....                                                                    | 5           |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                                                                    | 5           |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                                                   | 5           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                                          | <b>7</b>    |
| 2.1 Kerangka Teoritik.....                                                                    | 7           |
| 2.1.1 Kondisi Proyek Tempat Penelitian.....                                                   | 7           |
| 2.1.2 <i>Building Information Modelling</i> (BIM).....                                        | 8           |
| 2.1.3 Estimasi Biaya .....                                                                    | 21          |
| 2.1.4 Model Pengembangan 4D.....                                                              | 23          |
| 2.1.5 Instrumen Penelitian .....                                                              | 25          |
| 2.2 Produk yang dikembangkan .....                                                            | 27          |
| 2.2.1. Penelitian Sebelumnya.....                                                             | 28          |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                                                    | <b>31</b>   |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....                                                          | 31          |
| 3.2 Metode Pengembangan Produk.....                                                           | 31          |
| 3.3 Bahan dan atau Peralatan yang digunakan .....                                             | 31          |
| 3.3.1 Data Bangunan.....                                                                      | 31          |
| 3.3.2 <i>Software Building Information Modelling</i> .....                                    | 32          |
| 3.3.3 <i>Software Estimasi Biaya</i> .....                                                    | 33          |
| 3.3.4 Alat Yang Digunakan .....                                                               | 34          |
| 3.4 Rancangan Metode Pengembangan .....                                                       | 34          |
| 3.4.1. Analisis Kebutuhan.....                                                                | 40          |
| 3.4.2. Sasaran Produk .....                                                                   | 41          |
| 3.4.3. Rancangan Produk .....                                                                 | 41          |

|                                                         |            |
|---------------------------------------------------------|------------|
| 3.5 Instrumen.....                                      | 50         |
| 3.5.1. Kisi Kisi Instrumen.....                         | 51         |
| 3.5.2. Instrumen Wawancara.....                         | 52         |
| 3.5.3. Validasi Instrumen .....                         | 52         |
| 3.6 Teknik Pengumpulan Data .....                       | 53         |
| 3.7 Teknik Analisis Data .....                          | 54         |
| <b>BAB IV HASIL PRODUK.....</b>                         | <b>55</b>  |
| 4.1. Hasil Pengembangan Produk .....                    | 55         |
| 4.1.1. Rancangan Permodelan 3D.....                     | 55         |
| 4.1.2. Rancangan Estimasi Biaya.....                    | 92         |
| 4.1.3. Rancangan Visualisasi Model .....                | 102        |
| 4.1.4. Hasil Rancangan Permodelan Struktur .....        | 103        |
| 4.1.5. Hasil Rancangan Permodelan Arsitektur .....      | 104        |
| 4.1.6. Hasil Rancangan Permodelan MEP .....             | 105        |
| 4.1.7. Hasil Rancangan Visualisasi .....                | 106        |
| 4.2. Kelayakan Produk .....                             | 107        |
| 4.2.1. Hasil Rancangan Estimasi Biaya .....             | 107        |
| 4.2.2. Metode Kelayakan .....                           | 109        |
| 4.2.2 Hasil Uji Kelayakan.....                          | 110        |
| 4.3 Pembahasan .....                                    | 111        |
| 4.3.1 Evaluasi Produk .....                             | 111        |
| 4.3.2 Analisis Hasil Permodelan 3D.....                 | 113        |
| 4.3.3 Analisis Hasil Estimasi Biaya .....               | 116        |
| <b>BAB V KESIMPULAN &amp; SARAN.....</b>                | <b>120</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                                     | 120        |
| 5.2 Saran.....                                          | 121        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                              | <b>122</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                    | <b>124</b> |
| Lampiran 1. Instrumen .....                             | 124        |
| Lampiran 1.1 Instrumen Penelitian .....                 | 124        |
| Lampiran 1.2 Instrumen Hasil Uji Validasi .....         | 132        |
| Lampiran 2. Hasil Produk .....                          | 139        |
| Lampiran 2.1 Clash Detection Arsitektur – MEP.....      | 139        |
| Lampiran 2.1 Clash Detection Struktur – MEP .....       | 139        |
| Lampiran 2.1 Clash Detection Struktur – Arsitektur..... | 139        |
| Lampiran 2.2 Hasil Estimasi Biaya .....                 | 139        |
| Lampiran 2.3 Buku Panduan Produk .....                  | 139        |

## DAFTAR TABEL

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| Table 2. 1 Penelitian Sebelumnya .....                 | 29  |
| Tabel 3. 1 Tabel Kisi Kisi Innstrumen.....             | 51  |
| Tabel 4. 1 Evaluasi Produk.....                        | 111 |
| Tabel 4. 2 Perbaikan Evaluasi Produk.....              | 112 |
| Tabel 4. 3 Clash Detection Arsitektur dan Stuktur..... | 114 |
| Tabel 4. 4 Clash Detection Arsitektur dan MEP .....    | 115 |
| Tabel 4. 5 Clash Detection Stuktur dan MEP .....       | 116 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1. 1 Volume pekerjaan pelat lantai sebelum terjadi perubahan .....               | 3  |
| Gambar 2. 1 Gambar 3D Proyek Rehabilitasi Total SDN 03 Balekambang.....                 | 8  |
| Gambar 2. 2 Ilustrasi Perbedaan Sistem Konvensional Dan Sistem BIM Pada<br>Proyek ..... | 9  |
| Gambar 2. 3 Dimensi Pada BIM .....                                                      | 11 |
| Gambar 2. 4 Diagram Pengelompokan Elemen Pada Revit .....                               | 15 |
| Gambar 2. 5 Work Breakdown Structure .....                                              | 22 |
| Gambar 2. 6 Model Pengembangan 4D .....                                                 | 23 |
| Gambar 3. 1 Flowhart Gabungan .....                                                     | 35 |
| Gambar 3. 2 Flowchart Metode Pengembangan .....                                         | 37 |
| Gambar 3. 3 Flowchart Permodelan Struktur .....                                         | 43 |
| Gambar 3. 4 Flowchart Permodelan Arsitektur Dan MEP .....                               | 46 |
| Gambar 3. 5 Flowchart Estimasi Biaya .....                                              | 49 |
| Gambar 4. 1 Membuka Autodesk Revit.....                                                 | 56 |
| Gambar 4. 2 Memilih Template .....                                                      | 56 |
| Gambar 4. 3 Pengaturan Unit/Satuan.....                                                 | 57 |
| Gambar 4. 4 Mengimpor Gambar DWG.....                                                   | 57 |
| Gambar 4. 5 Membuat Grid .....                                                          | 58 |
| Gambar 4. 6 Membuat Elevasi.....                                                        | 58 |
| Gambar 4. 7 Mengload Family Fondasi.....                                                | 59 |
| Gambar 4. 8 Mengedit Fondasi.....                                                       | 59 |
| Gambar 4. 9 Meletakkan Fondasi .....                                                    | 60 |
| Gambar 4. 10 Load Family Kolom .....                                                    | 60 |
| Gambar 4. 11 Mengedit kolom .....                                                       | 61 |
| Gambar 4. 12 Meletakkan kolom.....                                                      | 61 |
| Gambar 4. 13 Tampilan 3D Kolom.....                                                     | 62 |
| Gambar 4. 14 Load Family balok .....                                                    | 62 |
| Gambar 4. 15 Mengedit balok.....                                                        | 63 |
| Gambar 4. 16 Meletakkan balok .....                                                     | 63 |
| Gambar 4. 17 Tampilan 3D Balok .....                                                    | 64 |
| Gambar 4. 18 Mengedit Pelat Lantai .....                                                | 64 |
| Gambar 4. 19 Merubah Ketebalan dan material Pelat Lantai .....                          | 65 |
| Gambar 4. 20 Memodelkan Pelat Lantai.....                                               | 65 |
| Gambar 4. 21 Tampilan 3D Pelat Lantai.....                                              | 65 |
| Gambar 4. 22 Edit Type Tangga.....                                                      | 66 |
| Gambar 4. 23 Meletakkan Tangga .....                                                    | 66 |
| Gambar 4. 24 Tampilan 3D Tangga .....                                                   | 67 |
| Gambar 4. 25 Modelling Struktur .....                                                   | 67 |
| Gambar 4. 26 Membuat Section.....                                                       | 68 |
| Gambar 4. 27 Permodelan Tulangan.....                                                   | 68 |
| Gambar 4. 28 Pemodelan Tulangan Fondasi.....                                            | 69 |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4. 29 Permodelan Tulangan Balok .....                      | 69 |
| Gambar 4. 30 Permodelan Struktur Kolom .....                      | 70 |
| Gambar 4. 31 Permodelan Struktur Pelat Lantai .....               | 70 |
| Gambar 4. 32 Permodelan Struktur Pelat Tangga .....               | 71 |
| Gambar 4. 33 Merubah Disiplin Template .....                      | 72 |
| Gambar 4. 34 wall architecture .....                              | 72 |
| Gambar 4. 35 Edit Assembly Dinding .....                          | 73 |
| Gambar 4. 36 3D Permodelan Dinding .....                          | 73 |
| Gambar 4. 37 Floor architecture .....                             | 74 |
| Gambar 4. 38 Edit Assembly Lantai Keramik .....                   | 74 |
| Gambar 4. 39 3D Lantai Keramik .....                              | 75 |
| Gambar 4. 40 Membuat family pintu custom .....                    | 75 |
| Gambar 4. 41 extrusion pintu .....                                | 76 |
| Gambar 4. 42 3D Custom Kusen Pintu .....                          | 76 |
| Gambar 4. 43 Tampilan 3D Bangunan Pintu dan Jendela .....         | 77 |
| Gambar 4. 44 Membuat Plafon .....                                 | 77 |
| Gambar 4. 45 3D Plafon .....                                      | 78 |
| Gambar 4. 46 Edit Type Curtain Wall .....                         | 78 |
| Gambar 4. 47 3D Tampilan Dinding Parapet .....                    | 79 |
| Gambar 4. 48 Model In Place Facade .....                          | 79 |
| Gambar 4. 49 Pick A Plane .....                                   | 80 |
| Gambar 4. 50 3D Façade Bangunan .....                             | 80 |
| Gambar 4. 51 Membuka Autodesk Revit .....                         | 81 |
| Gambar 4. 52 Memilih Template .....                               | 82 |
| Gambar 4. 53 Pengaturan Unit/Satuan .....                         | 82 |
| Gambar 4. 54 Link Revit .....                                     | 83 |
| Gambar 4. 55 Copy monitor File Arsitektur .....                   | 83 |
| Gambar 4. 56 Import gambar 2D Shopdrawing .....                   | 84 |
| Gambar 4. 57 Visibility/graphics MEP .....                        | 84 |
| Gambar 4. 58 Import Plumbing Fixture .....                        | 85 |
| Gambar 4. 59 Meletakkan Sanitary .....                            | 85 |
| Gambar 4. 60 Tampilan 3D Sanitary .....                           | 86 |
| Gambar 4. 61 Edit Type Pipa .....                                 | 86 |
| Gambar 4. 62 Middle Elevation Pipa .....                          | 87 |
| Gambar 4. 63 Mengatur Kemiringan Pipa .....                       | 87 |
| Gambar 4. 64 Tampilan 3D Modelling Pipa .....                     | 88 |
| Gambar 4. 65 Membuat Model Sistem Lampu .....                     | 88 |
| Gambar 4. 66 Membuat Model Pipa Conduit .....                     | 89 |
| Gambar 4. 67 Membuat Model Cable Tray .....                       | 89 |
| Gambar 4. 68 Tampilan 3D Elektrikal .....                         | 90 |
| Gambar 4. 69 Pemasangan Smoke Detector .....                      | 90 |
| Gambar 4. 70 Pemasangan Fire alarm dan Alarm Indicator Lamp ..... | 91 |
| Gambar 4. 71 Pemasangan Hydrant .....                             | 91 |
| Gambar 4. 72 Pemasangan Hydrant .....                             | 92 |
| Gambar 4. 73 Pemasangan Mesin Pompa Air .....                     | 92 |

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4. 74 Memilih Quantity Takeoff.....                | 93  |
| Gambar 4. 75 Memilih Item Struktur.....                   | 94  |
| Gambar 4. 76 mengatur schedule property .....             | 94  |
| Gambar 4. 77 Sorting/Grouping Elemen .....                | 94  |
| Gambar 4. 78 Hasil Quantity Takeoff.....                  | 95  |
| Gambar 4. 79 Memilih Material Takeoff .....               | 95  |
| Gambar 4. 80 Memilih Item Arsitektur.....                 | 96  |
| Gambar 4. 81 mengatur schedule property .....             | 96  |
| Gambar 4. 82 Sorting/Grouping Elemen .....                | 97  |
| Gambar 4. 83 Hasil Material Takeoff.....                  | 97  |
| Gambar 4. 84 Memilih Material Takeoff .....               | 98  |
| Gambar 4. 85 Memilih Item Arsitektur.....                 | 98  |
| Gambar 4. 86 mengatur schedule property .....             | 99  |
| Gambar 4. 87 Sorting/Grouping Elemen .....                | 99  |
| Gambar 4. 88 Hasil Material Takeoff.....                  | 99  |
| Gambar 4. 89 Harga Satuan Pekerjaan .....                 | 100 |
| Gambar 4. 90 Membuat Tabel Estimasi Pekerjaan .....       | 101 |
| Gambar 4. 91 Perhitungan Estimasi Biaya .....             | 101 |
| Gambar 4. 92 Tampilan Awal Autodesk Viewer .....          | 102 |
| Gambar 4. 93 Mengupload File Modelling.....               | 102 |
| Gambar 4. 94 Tampilan Visualisasi.....                    | 103 |
| Gambar 4. 95 Membuat Barcode Untuk Visualisasi.....       | 103 |
| Gambar 4. 96 Modelling 3D Struktur .....                  | 104 |
| Gambar 4. 97 Modelling 3D Tulangan Struktur .....         | 104 |
| Gambar 4. 98 Modelling 3D Arsitektur .....                | 105 |
| Gambar 4. 99 3D Arsitektur Rendering .....                | 105 |
| Gambar 4. 100 3D Modelling MEP.....                       | 106 |
| Gambar 4. 101 Estimasi Biaya Struktur.....                | 108 |
| Gambar 4. 102 Estimasi Biaya Arsitektur.....              | 108 |
| Gambar 4. 103 Estimasi Biaya MEP .....                    | 109 |
| Gambar 4. 104 Barcode pemodelan 3D.....                   | 106 |
| Gambar 4. 105 Eksterior Bangunan .....                    | 107 |
| Gambar 4. 106 Interior Bangunan.....                      | 107 |
| Gambar 4. 107 Validasi Kelayakan Produk .....             | 110 |
| Gambar 4. 108 Hasil Clash Detection Permodelan.....       | 113 |
| Gambar 4. 109 Persentase Jenis Clash.....                 | 114 |
| Gambar 4. 110 Perbandingan Estimasi Biaya.....            | 117 |
| Gambar 4. 111 Pebandingan Harga Pekerjaan Struktur .....  | 117 |
| Gambar 4. 112 Pebandingan Harga Pekerjaan Arsitektur..... | 118 |
| Gambar 4. 113 Pebandingan Harga Pekerjaan MEP.....        | 119 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. 1 Instrumen Penelitian .....        | 124 |
| Lampiran 1. 2 Instrumen Hasil Uji Validasi..... | 132 |

