

**PEMBUATAN *DATABASE WORK BREAKDOWN STRUCTURE*
(*WBS*) JEMBATAN BETON MENGGUNAKAN *BUILDING*
INFORMATION MODELLING (BIM) 3D *REVIT* DAN *MYSQL*
DENGAN BAHASA PEMROGRAMAN *PYTHON***

*CONCRETE BRIDGE DATABASE WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)
USING REVIT 3D BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) AND MYSQL
WITH PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE*

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Pendidikan Strata-1 (S1)
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh :

RAYHAN RIFYAL HERDYANSYAH

I0119144

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2023

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| PRAKATA..... | vi |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xx |
| DAFTAR NOTASI | xxi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xxii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 5 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| BAB 2 LANDASAN TEORI | 6 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka..... | 6 |
| 2.1.1 Tinjauan Pustaka <i>Building Information Modelling (BIM)</i> | 6 |
| 2.1.2 Tinjauan Pustaka <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> | 7 |
| 2.1.3 Tinjauan Pustaka Pemrograman dan <i>Database</i> | 9 |
| 2.2. Dasar Teori | 10 |
| 2.2.1 Pengertian Umum Jembatan | 10 |
| 2.2.2 <i>Building Information Modelling (BIM)</i> | 14 |
| 2.2.3 Bahasa Pemrograman Python | 21 |
| 2.2.4 <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> | 23 |
| 2.2.5 Python | 33 |
| 2.2.6 <i>Database Management System (DBMS)</i> | 35 |
| 2.2.7 <i>Database MySQL</i> | 43 |

| | |
|---|-----------|
| BAB 3 METODE PENELITIAN | 46 |
| 3.1. Tinjauan Umum..... | 46 |
| 3.2. Objek Penelitian | 47 |
| 3.3. Data Penelitian | 47 |
| 3.4. Alat Penelitian | 47 |
| 3.5. Perangkat Lunak..... | 47 |
| 3.6. Tahapan Penelitian..... | 49 |
| 3.6.1. Studi Literatur | 49 |
| 3.6.2. Pengumpulan Data | 49 |
| 3.6.3. Input Data dengan Software <i>Revit</i> | 49 |
| 3.6.4. Permodelan Struktural dengan Software <i>Revit</i> | 50 |
| 3.6.5. Pembuatan Work Breakdown <i>Structure (WBS)</i> | 50 |
| 3.6.6. Proses Pembuatan Program..... | 52 |
| 3.6.7. Persiapan Basis Data | 53 |
| 3.6.8. Perancangan Basis Data | 53 |
| 3.6.9. Tampilan Program..... | 54 |
| 3.7. Metode Penelitian..... | 55 |
| 3.7.1. Diagram Alir Penelitian..... | 55 |
| 3.7.2. Diagram Alir Permodelan Struktur | 56 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 57 |
| 4.1. Permodelan 3D <i>Revit</i> Jembatan Beton | 57 |
| 4.1.1. Tinjauan Umum Permodelan Jembatan Beton..... | 57 |
| 4.1.2. Pengaturan Dasar Permodelan 3D <i>Revit</i> | 57 |
| 4.1.3. Permodelan Struktur Jembatan Beton..... | 61 |
| 4.1.4. Pembuatan Level dan <i>Grid</i> pada <i>Revit</i> | 62 |
| 4.1.5. Permodelan 3D Fondasi Sumuran..... | 66 |
| 4.1.6. Permodelan 3D <i>Abutment</i> | 80 |
| 4.1.7. Permodelan 3D <i>Girder</i> | 105 |
| 4.1.8. Permodelan 3D Diafragma..... | 112 |
| 4.1.9. Permodelan 3D Pelat Lantai Jembatan | 118 |
| 4.1.10. Permodelan 3D Parapet | 128 |
| 4.1.11. Permodelan 3D Trotoar | 143 |
| 4.2. Work Breakdown <i>Structure (WBS)</i> Jembatan Beton | 146 |
| 4.2.1. Studi Literasi Arsip Standar <i>WBS</i> Jembatan Beton | 146 |

| | | |
|----------------------------|--|------------|
| 4.2.2. | Bagan Dekomposisi <i>WBS</i> Jembatan Beton | 149 |
| 4.3. | Pembuatan <i>Database WBS</i> Jembatan Beton | 152 |
| 4.3.1. | Identifikasi Variabel/Field dalam <i>Database</i> | 152 |
| 4.3.2. | Pembuatan Tabel/ Field <i>Database</i> | 154 |
| 4.3.3. | <i>Database WBS</i> dalam Bentuk <i>Excel</i> | 157 |
| 4.3.4. | <i>Import Excel WBS</i> ke <i>Database Navicat</i> | 159 |
| 4.4. | Perencanaan Aplikasi | 164 |
| 4.4.1. | Perencanaan Aplikasi | 164 |
| 4.4.2. | Aplikasi Pendukung | 165 |
| 4.4.3. | <i>Library</i> | 168 |
| 4.4.4. | Program Pembacaan Data | 170 |
| 4.5. | Desain User Interface | 175 |
| 4.5.1. | <i>Login</i> | 175 |
| 4.5.2. | <i>Register</i> | 175 |
| 4.5.3. | Menu Start Screen | 176 |
| 4.5.4. | Menu <i>Project Baru</i> | 176 |
| 4.5.5. | Menu <i>Preview Project</i> | 177 |
| 4.5.6. | Menu <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> | 177 |
| 4.6. | Pengujian Program | 178 |
| 4.6.1. | <i>Login</i> | 178 |
| 4.6.2. | <i>Register</i> | 178 |
| 4.6.3. | Menu Start Screen | 179 |
| 4.6.4. | Menu <i>Project Baru</i> | 179 |
| 4.6.5. | Menu <i>Preview Project</i> | 180 |
| 4.6.6. | Menu <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> | 180 |
| 4.7. | Pembahasan | 181 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 182 |
| 5.1. | Kesimpulan..... | 182 |
| 5.2. | Saran | 182 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 183 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Bagian-bagian struktur jembatan secara umum | 11 |
| Gambar 2. 2 Bagian Bagian jembatan..... | 13 |
| Gambar 2. 3 Tahapan Dimensi Konstruksi <i>BIM</i> | 18 |
| Gambar 2. 4 <i>BIM 3D</i> (Desain Tiga Dimensi) | 18 |
| Gambar 2. 5 <i>BIM 4D</i> (<i>Time Scheduling</i>) | 19 |
| Gambar 2. 6 <i>BIM 5D</i> (<i>Quantity Take-Off</i>)..... | 20 |
| Gambar 2. 7 <i>BIM 6D</i> Analisis Energi (kiri) dan <i>Collision Detection</i> (kanan)..... | 20 |
| Gambar 2. 8 <i>Facility Management Application</i> | 21 |
| Gambar 2. 9 Diagram Blok <i>WBS</i> | 27 |
| Gambar 2. 10 Format Umum (Klasik) <i>WBS</i> | 29 |
| Gambar 2. 11 <i>WBS</i> Berdasarkan Fase Proyek Mayor..... | 29 |
| Gambar 2. 12 <i>WBS</i> Berdasarkan <i>Timeline</i> | 30 |
| Gambar 2. 13 <i>WBS</i> Berdasarkan <i>Deliverables</i> | 30 |
| Gambar 2. 14 Level <i>WBS</i> | 31 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian | 55 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Permodelan Struktur | 56 |
| Gambar 4. 1 Ilustrasi Elemen Fondasi Sumuran..... | 58 |
| Gambar 4. 2 Ilustrasi Pengarahan Tampilan pada Tampilan 2D | 59 |
| Gambar 4. 3 Ilustrasi Pengarahan Tampilan pada Tampilan 3D | 60 |
| Gambar 4. 4 Drag Pada <i>Viewcube</i> untuk Menentukan Ilustrasi pada Model..... | 60 |
| Gambar 4. 5 Ilustrasi Palet Properti untuk Mengubah Elemen..... | 61 |
| Gambar 4. 6 Rencana elevasi jembatan beton | 62 |
| Gambar 4. 7 Tampak Awal Level pada <i>Revit 2023</i> | 63 |
| Gambar 4. 8 Penyesuaian penamaan dan level pada <i>Revit 2023</i> | 63 |
| Gambar 4. 9 Penambahan level pada perbedaan elevasi..... | 63 |
| Gambar 4. 10 Penyesuaian penamaan dan level pada <i>Revit 2023</i> | 64 |
| Gambar 4. 11 Tab “ <i>Structure</i> ” pada <i>Revit 2023</i> | 64 |
| Gambar 4. 12 Tampak <i>grid</i> pada denah rencana..... | 65 |
| Gambar 4. 13 Tampak <i>grid</i> pada <i>Revit 2023</i> | 65 |
| Gambar 4. 14 Tampak Perpanjangan dari Garis <i>Grid</i> yang dipilih | 65 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 15 Tampak Penamaan pada Bubble <i>Grid</i> | 66 |
| Gambar 4. 16 Tampak Project Setelah Semua <i>Grid</i> dimasukkan..... | 66 |
| Gambar 4. 17 Rencana fondasi sumuran | 67 |
| Gambar 4. 18 Pembuatan <i>family</i> baru fondasi sumuran | 67 |
| Gambar 4. 19 Pemilihan template file <i>family</i> fondasi sumuran | 68 |
| Gambar 4. 20 <i>Grid</i> dan level untuk <i>family</i> fondasi sumuran | 68 |
| Gambar 4. 21 Langkah awal pembuatan <i>grid</i> pada fondasi sumuran | 69 |
| Gambar 4. 22 Memperbanyak <i>grid</i> pada fondasi sumuran | 69 |
| Gambar 4. 23 Pemberian keterangan pada fondasi sumuran | 70 |
| Gambar 4. 24 Pembuatan parameter pada fondasi sumuran | 70 |
| Gambar 4. 25 <i>Setting</i> parameter pada fondasi sumuran..... | 71 |
| Gambar 4. 26 Penulisan parameter horizontal pada fondasi sumuran | 71 |
| Gambar 4. 27 Penulisan parameter vertikal pada fondasi sumuran | 71 |
| Gambar 4. 28 Pembuatan diameter fondasi sumuran pada <i>Revit</i> 2023..... | 72 |
| Gambar 4. 29 Langkah Solid Swept <i>Blend</i> pada fondasi sumuran | 72 |
| Gambar 4. 30 Langkah Sketch Path pada fondasi sumuran..... | 72 |
| Gambar 4. 31 Langkah opsi “Circle” pada “Sketch Path” pada <i>Revit</i> 2023 | 73 |
| Gambar 4. 32 Penyelesaian sketch dinding fondasi sumuran dengan opsi “Finish” | 73 |
| Gambar 4. 33 Langkah opsi “Edit Profile” fondasi sumuran pada <i>Revit</i> 2023..... | 74 |
| Gambar 4. 34 Langkah opsi “Open View” fondasi sumuran pada <i>Revit</i> 2023..... | 74 |
| Gambar 4. 35 Langkah opsi “Line” fondasi sumuran pada <i>Revit</i> 2023 | 75 |
| Gambar 4. 36 Pembuatan garis/line sesuai dengan gambar rencana | 75 |
| Gambar 4. 37 Tampilan 3D dari pondasai sumuran | 75 |
| Gambar 4. 38 PengEditan <i>family</i> fondasi sumuran dengan opsi “Family Types” | 76 |
| Gambar 4. 39 Penyesuaian ukuran gambar rencana fondasi sumuran dengan <i>family</i> fondasi sumuran <i>Revit</i> 2023 | 76 |
| Gambar 4. 40 <i>Properties</i> pada jendela <i>family</i> fondasi sumuran <i>Revit</i> 2023 | 77 |
| Gambar 4. 41 Penyesuaian material pada <i>family</i> fondasi sumuran <i>Revit</i> 2023 | 77 |
| Gambar 4. 42 Proses penyimpanan <i>family</i> fondasi sumuran <i>Revit</i> 2023 | 78 |
| Gambar 4. 43 Langkah opsi “Structural Fondation” fondasi sumuran pada <i>Revit</i> | 78 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4. 44 <i>Properties family</i> fondasi sumuran pada <i>Revit 2023</i> | 78 |
| Gambar 4. 45 Meletakkan <i>family</i> fondasi sumuran pada <i>grid</i> dan level..... | 79 |
| Gambar 4. 46 <i>View 3D</i> fondasi sumuran pada <i>Revit 2023</i> | 79 |
| Gambar 4. 47 Gambar rencana potongan melintang <i>abutment</i> | 80 |
| Gambar 4. 48 Gambar rencana potongan memanjang <i>abutment</i> | 81 |
| Gambar 4. 49 Pembuatan <i>family</i> baru <i>abutment</i> | 81 |
| Gambar 4. 50 Pemilihan template file <i>family abutment</i> | 82 |
| Gambar 4. 51 <i>Grid</i> dan level untuk <i>family abutment</i> | 82 |
| Gambar 4. 52 Langkah awal pembuatan <i>grid</i> pada <i>abutment</i> | 83 |
| Gambar 4. 53 Memperbanyak <i>grid</i> pada <i>abutment</i> | 83 |
| Gambar 4. 54 Pembuatan parameter pada <i>abutment</i> | 83 |
| Gambar 4. 55 <i>Setting</i> parameter pada <i>abutment</i> | 84 |
| Gambar 4. 56 Penulisan parameter horizontal pada <i>abutment</i> | 84 |
| Gambar 4. 57 Penulisan parameter vertikal pada <i>abutment</i> | 84 |
| Gambar 4. 58 Pembuatan sketsa <i>abutment</i> dengan opsi “ <i>Model Line</i> ” | 85 |
| Gambar 4. 59 Tampilan opsi “ <i>Work Plane</i> ” pada pembuatan <i>abutment</i> di <i>Revit</i> 2023 | 85 |
| Gambar 4. 60 Tampilan opsi “ <i>Extrusion</i> ” pada tollbar “ <i>Create</i> ” | 85 |
| Gambar 4. 61 Pemilihan opsi “ <i>Line</i> ” dalam menggambar <i>abutment Revit 2023</i> | 86 |
| Gambar 4. 62 Tampilan seluruh <i>Extrusion abutment</i> sesuai gambar rencana | 86 |
| Gambar 4. 63 Penyelesaian <i>Extrusion abutment</i> pada opsi “ <i>Finisih</i> ” | 86 |
| Gambar 4. 64 Pemilihan opsi “ <i>Ref. Level</i> ” pada <i>project browser abutment</i> | 86 |
| Gambar 4. 65 Tampilan <i>Ref. Level</i> pada <i>project browser abutment Revit 2023</i> . | 87 |
| Gambar 4. 66 Tampilan <i>family Type</i> pada <i>abutment Revit 2023</i> | 87 |
| Gambar 4. 67 Hasil penyesuaian Panjang <i>abutment</i> pada <i>Revit 2023</i> | 87 |
| Gambar 4. 68 Hasil gambar 3D <i>Revit family abutment</i> | 88 |
| Gambar 4. 69 Tampilan opsi “ <i>Ref. Level</i> ” pada <i>project browser Revit 2023</i> | 88 |
| Gambar 4. 70 Pemberian dimensi dan parameter <i>pile cap</i> pada <i>Revit 2023</i> | 88 |
| Gambar 4. 71 Tampilan <i>family Type pile cap</i> pada <i>Revit 2023</i> | 89 |
| Gambar 4. 72 Hasil penyesuaian panjang <i>pile cap</i> pada <i>Revit 2023</i> | 89 |
| Gambar 4. 73 Tampilan opsi “ <i>Left</i> ” pada <i>project browser Revit 2023</i> | 89 |
| Gambar 4. 74 Pemberian dimensi pada <i>grid pile cap Revit 2023</i> | 90 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 4. 75 Pemberian parameter lebar <i>pile cap</i> pada <i>Revit 2023</i> | 90 |
| Gambar 4. 76 Tampilan opsi “ <i>Extrusion</i> ” pada <i>toolbar “Create” Revit 2023</i> | 90 |
| Gambar 4. 77 Tampilan <i>rectangle</i> pada opsi “ <i>Extrusion</i> ” <i>Revit 2023</i> | 91 |
| Gambar 4. 78 Tampilan <i>Extrusion pile cap</i> tahap satu sesuai gambar rencana | 91 |
| Gambar 4. 79 Penyelesaian <i>Extrusion abutment</i> pada opsi “ <i>Finish</i> ” | 91 |
| Gambar 4. 80 Tampilan opsi “ <i>Ref. Level</i> ” pada <i>project browser Revit 2023</i> | 92 |
| Gambar 4. 81 Tampilan opsi “ <i>Blend</i> ” pada <i>toolbar “Create” Revit 2023</i> | 92 |
| Gambar 4. 82 Tampilan <i>Blend pile cap</i> tahap kedua dasar sesuai gambar rencana | 92 |
| Gambar 4. 83 Tampilan opsi “ <i>Edit Top</i> ” pada “ <i>Blend</i> ” <i>Revit 2023</i> | 93 |
| Gambar 4. 84 Tampilan <i>rectangle</i> pada opsi “ <i>Edit Top Blend</i> ” <i>Revit 2023</i> | 93 |
| Gambar 4. 85 Tampilan <i>Edit Top Blend pile cap</i> tahap kedua | 93 |
| Gambar 4. 86 Penyelesaian <i>Blend pile cap</i> pada opsi “ <i>Finish</i> ” | 94 |
| Gambar 4. 87 Tampilan opsi “ <i>Left</i> ” pada <i>project browser Revit 2023</i> | 94 |
| Gambar 4. 88 Penyesuaian peletakan <i>pile cap</i> dengan gambar rencana | 94 |
| Gambar 4. 89 Tampilan 3D <i>pile cap</i> pada <i>Revit 2023</i> | 95 |
| Gambar 4. 90 Tampilan opsi “ <i>Left</i> ” pada <i>project browser Revit 2023</i> | 95 |
| Gambar 4. 91 Tampilan opsi “ <i>Extrusion</i> ” pada <i>toolbar “Create” Revit 2023</i> | 95 |
| Gambar 4. 92 Tampilan seluruh <i>Extrusion wing wall</i> sesuai gambar rencana | 96 |
| Gambar 4. 93 Penyelesaian <i>Extrusion wing wall</i> pada opsi “ <i>Finisih</i> ” | 96 |
| Gambar 4. 94 Tampilan opsi “ <i>Ref. Level</i> ” pada <i>project browser Revit 2023</i> | 96 |
| Gambar 4. 95 Penyesuaian ketebalan <i>wing wall</i> pada <i>Revit 2023</i> | 97 |
| Gambar 4. 96 Tampilan “ <i>Mirror – Pick Axis</i> ” pada <i>project browser Revit 2023</i> .. | 97 |
| Gambar 4. 97 Tampilan <i>wing wall</i> yang sudah menggunakan opsi “ <i>Mirror – Pick Axis</i> ” <i>Revit 2023</i> | 97 |
| Gambar 4. 98 Tampilan 3D dari <i>wing wall</i> pada <i>Revit 2023</i> | 98 |
| Gambar 4. 99 Pemilihan opsi “ <i>Ref. Level</i> ” pada <i>project browser</i> | 98 |
| Gambar 4. 100 Tampilan opsi “ <i>Section</i> ” pada <i>Revit 2023</i> | 98 |
| Gambar 4. 101 Pembuatan <i>Section</i> pada <i>center line</i> | 99 |
| Gambar 4. 102 Tampak <i>Section abutment</i> pada <i>Revit 2023</i> | 99 |
| Gambar 4. 103 Membuat <i>grid</i> dengan opsi “ <i>Pick Lines</i> ” pada <i>Revit 2023</i> | 99 |
| Gambar 4. 104 Pengaturan <i>Offset</i> untuk memperbanyak <i>grid</i> | 100 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 4. 105 Pembuatan parameter pada dimensi <i>Revit</i> 2023..... | 100 |
| Gambar 4. 106 Tampilan opsi “ <i>Left</i> ” pada <i>project browser</i> <i>Revit</i> 2023..... | 100 |
| Gambar 4. 107 Tampilan opsi “ <i>Extrusion</i> ” pada tollbar “ <i>Create</i> ” | 101 |
| Gambar 4. 108 Tampilan seluruh <i>Extrusion</i> pelat injak sesuai gambar rencana | 101 |
| Gambar 4. 109 Pemilihan opsi “ <i>Ref. Level</i> ” pada <i>project browser</i> | 101 |
| Gambar 4. 110 Hasil penyesuaian panjang pelat injak pada <i>Revit</i> 2023 | 101 |
| Gambar 4. 111 <i>View</i> 3D pelat injak pada <i>Revit</i> 2023 | 102 |
| Gambar 4. 112 <i>Properties</i> pada jendela <i>family abutment</i> <i>Revit</i> 2023..... | 102 |
| Gambar 4. 113 Penyesuaian material pada <i>family abutment</i> <i>Revit</i> 2023 | 103 |
| Gambar 4. 114 Proses penyimpanan <i>family abutment</i> <i>Revit</i> 2023..... | 103 |
| Gambar 4. 115 Langkah opsi “ <i>Structural Fondation</i> ” <i>abutment</i> pada <i>Revit</i> 2023 | 104 |
| Gambar 4. 116 <i>Properties family abutment</i> pada <i>Revit</i> 2023 | 104 |
| Gambar 4. 117 Meletakkan <i>family abutment</i> pada <i>grid</i> dan level | 104 |
| Gambar 4. 118 <i>View</i> 3D <i>abutment</i> pada <i>Revit</i> 2023 | 105 |
| Gambar 4. 119 Rencana perletakan posisi <i>girder</i> pada jembatan beton | 106 |
| Gambar 4. 120 Detail potongan melintang <i>girder</i> pada jembatan beton | 106 |
| Gambar 4. 121 Detail potongan melintang <i>girder</i> pada jembatan beton | 106 |
| Gambar 4. 122 Tampilan tampak north atau utara pada jembatan beton..... | 107 |
| Gambar 4. 123. Langkah awal pembuatan <i>grid</i> pada <i>girder</i> | 107 |
| Gambar 4. 124 Memperbanyak <i>grid</i> pada <i>abutment</i> | 108 |
| Gambar 4. 125 Tampilan tampak atas level lantai jembatan beton <i>Revit</i> 2023 .. | 108 |
| Gambar 4. 126 Tampilan opsi “ <i>Beam</i> ” pada toolbar “ <i>Structure</i> ” pada <i>Revit</i> 2023 | 109 |
| Gambar 4. 127 Tampilan pemilihan <i>family</i> untuk <i>girder</i> jembatan beton..... | 109 |
| Gambar 4. 128 Tampilan opsi “ <i>Edit Type</i> ” pada <i>Revit</i> 2023 | 109 |
| Gambar 4. 129 Tampilan opsi “ <i>Type Properties</i> ” pada <i>Revit</i> 2023 | 110 |
| Gambar 4. 130 Penamaan <i>family Type girder</i> pada <i>Revit</i> 2023 | 110 |
| Gambar 4. 131 Penyesuaian dimensi <i>girder</i> pada opsi “ <i>Type Properties</i> ” | 110 |
| Gambar 4. 132 Perletakan <i>girder</i> pada <i>grid</i> jembatan beton | 111 |
| Gambar 4. 133 Langkah memperbanyak <i>girder</i> dengan opsi “ <i>Copy</i> ”..... | 111 |
| Gambar 4. 134 Tampilan keseluruhan <i>girder</i> pada <i>Revit</i> 2023 | 111 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 4. 135 <i>View 3D girder</i> pada <i>Revit 2023</i> | 112 |
| Gambar 4. 136 Rencana perletakan posisi diafragma pada jembatan beton..... | 113 |
| Gambar 4. 137 Rencana perletakan posisi diafragma pada jembatan beton..... | 113 |
| Gambar 4. 138 Detail potongan melintang diafragma pada jembatan beton..... | 113 |
| Gambar 4. 139 Tampilan tampak atas level lantai jembatan beton <i>Revit 2023</i> .. | 114 |
| Gambar 4. 140 Tampilan opsi “ <i>Beam</i> ” pada <i>toolbar “Structure</i> ” pada <i>Revit 2023</i> | 114 |
| Gambar 4. 141 Tampilan pemilihan <i>family</i> untuk diafragma jembatan beton.... | 115 |
| Gambar 4. 142 Tampilan opsi “ <i>Edit Type</i> ” pada <i>Revit 2023</i> | 115 |
| Gambar 4. 143 Penamaan <i>family Type</i> diafragma pada <i>Revit 2023</i> | 115 |
| Gambar 4. 144 Penyesuaian dimensi diafragma pada opsi “ <i>Type Properties</i> ”... | 116 |
| Gambar 4. 145 Perletakan diafragma pada <i>grid</i> jembatan beton | 116 |
| Gambar 4. 146 Tampilan keseluruhan diafragma pada <i>Revit 2023</i> | 117 |
| Gambar 4. 147 <i>View 3D</i> diafragma pada <i>Revit 2023</i> | 117 |
| Gambar 4. 148 Perencanaan pelat lantai jembatan beton | 118 |
| Gambar 4. 149 Detail melintang pelat lantai jembatan beton..... | 118 |
| Gambar 4. 150 Pemilihan opsi “ <i>Level Lantai Jembatan</i> ” pada <i>project browser</i> .. | 119 |
| Gambar 4. 151 Tampilan tampak pada level lantai jembatan..... | 119 |
| Gambar 4. 152 Opsi “ <i>Floor Structural</i> ” pada <i>toolbar “Structure</i> ”..... | 120 |
| Gambar 4. 153 Penyesuaian <i>family</i> yang digunakan pada pelat lantai | 120 |
| Gambar 4. 154 Tampilan opsi “ <i>Edit Type</i> ” pada jendela <i>properties</i> | 120 |
| Gambar 4. 155 Tampilan <i>Type properties</i> pada pelat lantai jembatan | 121 |
| Gambar 4. 156 Penamaan <i>family Type</i> diafragma pada <i>Revit 2023</i> | 121 |
| Gambar 4. 157 Opsi “ <i>Edit</i> ” pada struktur pelat lantai | 121 |
| Gambar 4. 158 Penyesuaian ketebalan pelat lantai jembatan | 122 |
| Gambar 4. 159 Penyesuaian material pada pelat lantai jembatan..... | 122 |
| Gambar 4. 160 Pemilihan material pelat lantai jembatan | 122 |
| Gambar 4. 161 Tampilan <i>preview</i> pelat lantai jembatan pada <i>Type properties</i> .. | 123 |
| Gambar 4. 162 Tampilan opsi “ <i>Rectangular</i> ” pada “ <i>Boundary Line</i> ” | 123 |
| Gambar 4. 163 Tampilan opsi “ <i>Finish Edit Mode</i> ” | 124 |
| Gambar 4. 164 Tampilan keseluruhan pelat lantai pada <i>Revit 2023</i> | 124 |
| Gambar 4. 165 Tampilan opsi “ <i>Floor : Slab Edge</i> ” pada <i>toolbar “Structure</i> ”... | 125 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4. 166 Proses perletakan slab edge pada 3D jembatan beton..... | 125 |
| Gambar 4. 167 Tampilan <i>Section 1</i> pada slab edge pada <i>Revit</i> | 125 |
| Gambar 4. 168 Tampilan slab edge pada <i>View level 1</i> | 126 |
| Gambar 4. 169 Tampilan pemilihan opsi “ <i>Family Type</i> ” pada <i>Revit 2023</i> | 126 |
| Gambar 4. 170 Penyesuaian ukuran slab edge pada <i>Revit</i> | 127 |
| Gambar 4. 171 Penyesuaian bentuk slab edge pada <i>Revit</i> | 127 |
| Gambar 4. 172 Perletakan final slab edge pada <i>Revit 2023</i> | 127 |
| Gambar 4. 173 Tampilan detail rencana parapet jembatan beton | 128 |
| Gambar 4. 174 Pembuatan <i>family</i> baru parapet | 129 |
| Gambar 4. 175 Pemilihan template file <i>family abutment</i> | 129 |
| Gambar 4. 176 <i>Grid</i> dan level untuk <i>family</i> parapet..... | 130 |
| Gambar 4. 177 Langkah awal pembuatan <i>grid</i> pada parapet..... | 130 |
| Gambar 4. 178 Memperbanyak <i>grid</i> pada parapet..... | 130 |
| Gambar 4. 179 Pembuatan parameter pada parapet..... | 131 |
| Gambar 4. 180 <i>Setting</i> parameter pada parapet | 131 |
| Gambar 4. 181 Penulisan parameter horizontal dan vertikal pada parapet..... | 132 |
| Gambar 4. 182 Tampilan opsi “ <i>Extrusion</i> ” pada tollbar “ <i>Create</i> ” | 132 |
| Gambar 4. 183 Pemilihan opsi “ <i>Line</i> ” dalam menggambar <i>abutment Revit 2023</i> | 132 |
| Gambar 4. 184 Tampilan seluruh <i>Extrusion</i> parapet awal | 133 |
| Gambar 4. 185 Tampilan opsi “ <i>Fillet Arc</i> ” pada <i>Revit 2023</i> | 133 |
| Gambar 4. 186 Tampilan seluruh <i>Extrusion</i> parapet dibuat sesuai gambar rencana | 133 |
| Gambar 4. 187 Penyelesaian <i>Extrusion</i> parapet pada opsi “ <i>Finish</i> ” | 134 |
| Gambar 4. 188 Tampilan <i>Ref. Level</i> pada <i>project browser</i> parapet <i>Revit 2023</i> .. | 134 |
| Gambar 4. 189 Hasil penyesuaian Panjang parapet pada <i>Revit 2023</i> | 134 |
| Gambar 4. 190 Tampilan 3D parapet pada <i>Revit 2023</i> | 135 |
| Gambar 4. 191 <i>Properties</i> pada jendela <i>family</i> parapet <i>Revit 2023</i> | 135 |
| Gambar 4. 192 Penyesuaian material pada <i>family abutment Revit 2023</i> | 136 |
| Gambar 4. 193 Tampilan opsi “ <i>Family Category and Parameters</i> ” pada <i>Revit</i> . | 136 |
| Gambar 4. 194 Penyesuaian opsi “ <i>Family Category and Parameters</i> ” pada <i>Revit</i> | 136 |

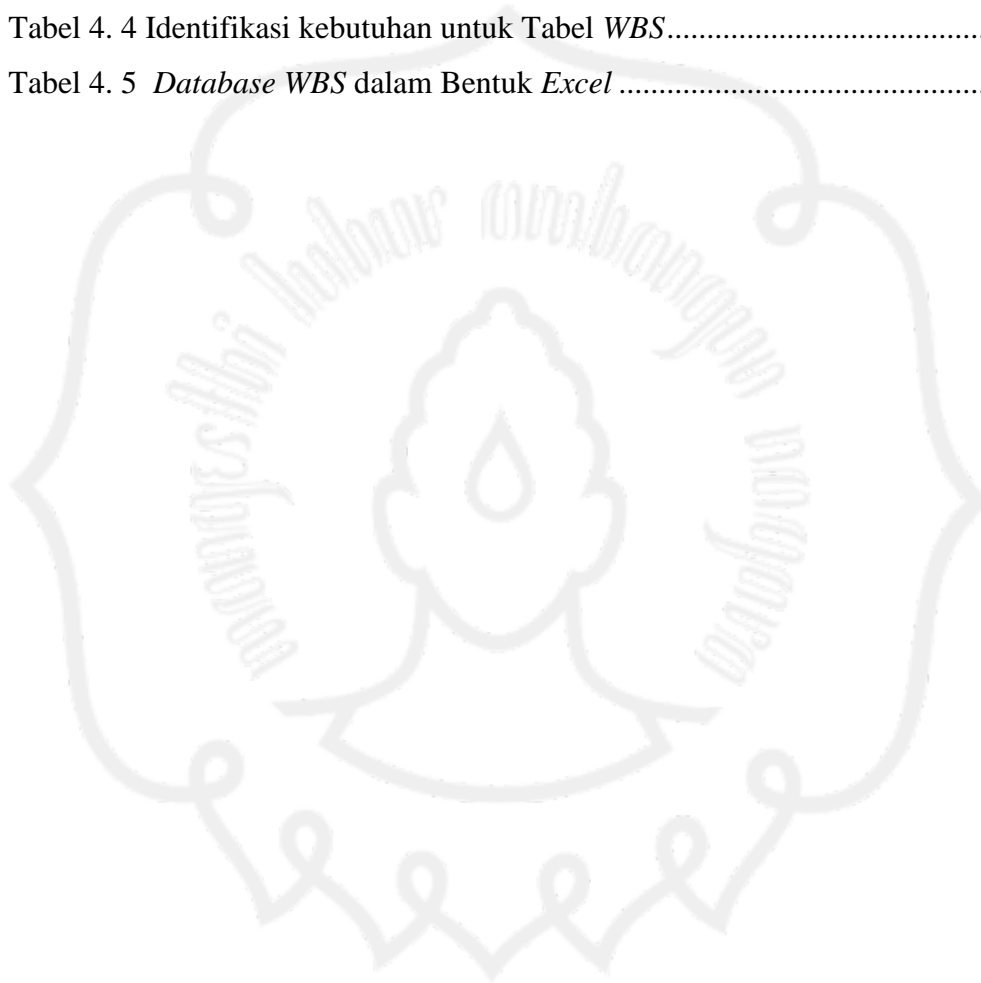
| | |
|--|-----|
| Gambar 4. 195 Proses penyimpanan <i>family</i> parapet <i>Revit</i> 2023 | 137 |
| Gambar 4. 196 Langkah opsi “ <i>Place a Component</i> ” parapet pada <i>Revit</i> 2023... | 137 |
| Gambar 4. 197 <i>Properties family</i> parapet pada <i>Revit</i> 2023 | 138 |
| Gambar 4. 198 <i>Properties family</i> parapet pada <i>Revit</i> 2023 | 138 |
| Gambar 4. 199 Tampilan <i>Section</i> dari <i>family</i> parapet..... | 138 |
| Gambar 4. 200 Tampilan opsi “ <i>Mirror</i> ” pada <i>Revit</i> 2023 | 139 |
| Gambar 4. 201 Proses <i>Mirror</i> pada <i>center line</i> jembatan | 139 |
| Gambar 4. 202 <i>View</i> 3D parapet pada <i>Revit</i> 2023 | 139 |
| Gambar 4. 203 Tampilan level sandaran/ parapet <i>Revit</i> 2023 | 140 |
| Gambar 4. 204 Tampilan opsi “ <i>Beam</i> ” pada <i>toolbar</i> “ <i>Strucutre</i> ”..... | 140 |
| Gambar 4. 205 Pemilihan <i>family</i> pipa sandaran pada <i>properties</i> <i>Revit</i> 2023 | 140 |
| Gambar 4. 206 Perletakan <i>family</i> pipa sandaran pada <i>grid</i> <i>Revit</i> 2023 | 141 |
| Gambar 4. 207 Tampilan perletakan pipa sandaran pada <i>Section</i> <i>Revit</i> 2023 | 141 |
| Gambar 4. 208 Tampilan opsi “ <i>Mirror</i> ” pada <i>Revit</i> 2023 | 142 |
| Gambar 4. 209 Proses <i>Mirror</i> pada <i>center line</i> jembatan | 142 |
| Gambar 4. 210 <i>View</i> 3D final parapet pada <i>Revit</i> 2023 | 142 |
| Gambar 4. 211 Rencana detail posisi trotoar pada jembatan beton | 143 |
| Gambar 4. 212 Pemilihan opsi “ <i>Beam</i> ” pada <i>toolbar</i> “ <i>Structure</i> ” pada <i>Revit</i> 2023 | 143 |
| Gambar 4. 213 Tampilan <i>family</i> untuk trotoar jembatan beton | 144 |
| Gambar 4. 214 Tampilan opsi “ <i>Mirror</i> ” pada <i>Revit</i> 2023 | 144 |
| Gambar 4. 215 Proses <i>Mirror</i> pada <i>center line</i> jembatan | 145 |
| Gambar 4. 216 <i>View</i> 3D trotoar pada <i>Revit</i> 2023..... | 145 |
| Gambar 4. 217 Bagan <i>WBS</i> Konstruksi Jembatan Beton Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 | 147 |
| Gambar 4. 218 Bagan <i>WBS</i> Konstruksi Jembatan Beton Berdasarkan Spesifikasi Khusus Jalan Bebas Hambatan 2017 | 148 |
| Gambar 4. 219 Bagan <i>WBS</i> konstruksi jembatan beton pada pekerjaan persiapan | 149 |
| Gambar 4. 220 Bagan <i>WBS</i> konstruksi jembatan beton pada pekerjaan struktur bawah..... | 150 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 4. 221 Bagan WBS konstruksi jembatan beton pada pekerjaan struktur atas | 151 |
| Gambar 4. 222 Bagan WBS konstruksi jembatan beton pada pekerjaan aksesoris struktur jembatan | 152 |
| Gambar 4. 223 Bagan WBS konstruksi jembatan beton pada pekerjaan <i>Finishing</i> | 152 |
| Gambar 4. 224 Tampilan pembukaan <i>software Navicat</i> | 154 |
| Gambar 4. 225 Tampilan awal atau <i>home software Navicat</i> | 155 |
| Gambar 4. 226 Tampilan pengkoneksian <i>Navicat</i> | 155 |
| Gambar 4. 227 Pembuatan <i>database Navicat</i> | 155 |
| Gambar 4. 228 Pembukaan <i>database “data BIM”</i> | 156 |
| Gambar 4. 229 Tampilan opsi “ <i>New Table</i> ” pada <i>Navicat</i> | 156 |
| Gambar 4. 230 Pengisian tabel pada <i>Navicat</i> | 157 |
| Gambar 4. 231 Opsi <i>Save</i> atau menyimpan tabel pada <i>Navicat</i> | 157 |
| Gambar 4. 232 Tampilan klik kanan tabel <i>prod_WBS</i> | 159 |
| Gambar 4. 233 Opsi pemilihan <i>excel file</i> | 160 |
| Gambar 4. 234 Tampilan jendela <i>Open browser</i> | 160 |
| Gambar 4. 235 Pemilihan <i>sheet excel</i> yang akan digunakan | 161 |
| Gambar 4. 236 Pengisian data <i>row</i> | 161 |
| Gambar 4. 237 Pemilihan target <i>table</i> | 162 |
| Gambar 4. 238 Cocokkan data <i>excel</i> ke kolom tabel <i>WBS</i> | 162 |
| Gambar 4. 239 Proses <i>import data excel</i> ke <i>Navicat</i> | 163 |
| Gambar 4. 240 Data baru dari <i>excel</i> berhasil di <i>Import</i> | 163 |
| Gambar 4. 241 Diagram alir perencanaan program | 164 |
| Gambar 4. 242 <i>import</i> | 165 |
| Gambar 4. 243 Tampilan <i>Postman</i> | 166 |
| Gambar 4. 244 Tampilan <i>Figma</i> | 167 |
| Gambar 4. 245 Tampilan <i>Anima</i> | 167 |
| Gambar 4. 246 Tampilan <i>Python Flask</i> | 168 |
| Gambar 4. 247 Tampilan ekstraksi <i>Revit</i> menggunakan <i>plugin diroots one</i> | 170 |
| Gambar 4. 248 Tampilan penamaan ekstraksi <i>excel</i> | 170 |
| Gambar 4. 249 Contoh hasil ekstraksi <i>Revit</i> pada <i>sheet Structural framing</i> ... | 171 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4. 250 Requirement yang dibutuhkan dalam pembacaan <i>excel</i> | 171 |
| Gambar 4. 251 <i>Coding</i> pembacaan file <i>excel</i> | 172 |
| Gambar 4. 252 Tampilan <i>API</i> sudah berjalan dengan baik pada <i>postman</i> | 172 |
| Gambar 4. 253 Tampilan transfer data ke <i>database</i> | 173 |
| Gambar 4. 254 Proses login pada Autodesk <i>View Online</i> | 173 |
| Gambar 4. 255 Proses upload file <i>Revit</i> (.rvt) ke laman Autodesk <i>Viewer Online</i> | 174 |
| Gambar 4. 256 <i>Coding</i> pembacaan file <i>Revit</i> | 174 |
| Gambar 4. 257 <i>Design</i> awal tampilan login pada <i>web</i> | 175 |
| Gambar 4. 258 <i>Design</i> awal tampilan <i>register</i> pada <i>web</i> | 175 |
| Gambar 4. 259 <i>Design</i> awal tampilan <i>menu start screen</i> pada <i>web</i> | 176 |
| Gambar 4. 260 <i>Design</i> awal tampilan <i>menu project</i> baru pada <i>web</i> | 176 |
| Gambar 4. 261 <i>Design</i> awal tampilan <i>menu preview project</i> pada <i>web</i> | 177 |
| Gambar 4. 262 <i>Design</i> awal tampilan <i>menu work breakdown Structure (WBS)</i> pada <i>web</i> | 177 |
| Gambar 4. 263 Tampilan login pada <i>web</i> | 178 |
| Gambar 4. 264 Tampilan <i>register</i> pada <i>web</i> | 178 |
| Gambar 4. 265 Tampilan <i>menu start screen</i> pada <i>web</i> | 179 |
| Gambar 4. 266 Tampilan <i>menu project</i> baru pada <i>web</i> | 179 |
| Gambar 4. 267 Tampilan <i>preview project</i> pada <i>web</i> | 180 |
| Gambar 4. 268 Tampilan <i>menu Work Breakdown Structure (WBS)</i> pada <i>web</i> .. | 180 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 2. 1 <i>Outline WBS</i> | 28 |
| Tabel 3. 1 Contoh Model <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> | 50 |
| Tabel 4. 1 Identifikasi kebutuhan tabel <i>user</i> | 153 |
| Tabel 4. 2 Identifikasi kebutuhan untuk Tabel <i>Project</i> | 153 |
| Tabel 4. 3 Identifikasi kebutuhan untuk Tabel <i>Section</i> | 153 |
| Tabel 4. 4 Identifikasi kebutuhan untuk Tabel <i>WBS</i> | 154 |
| Tabel 4. 5 <i>Database WBS</i> dalam Bentuk <i>Excel</i> | 158 |



DAFTAR NOTASI

| | |
|-------|---|
| BIM | = Building Informarion Modeling |
| DBMS | = Database Management System |
| RDBMS | = Relational Database Management System |
| WBS | = Work Breakdown Structure |
| SQL | = Structured Query Language |
| MySQL | = My Structured Query Language |
| DDL | = Data Definition Language |
| DML | = Data Manipulation Language |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Kelengkapan Berkas Skripsi

Lampiran B *Detailed Engineering Design (DED)*

Lampiran C Script Code Program

Lampiran D Script Code HTML

Lampiran E Script Code Python Flask

