

**OPTIMASI PENGGUNAAN BESI TULANGAN
BERDASARKAN *BAR BENDING SCHEDULE* BERBASIS
BUILDING INFORMATION MODELING PADA PEKERJAAN
STRUKTUR
(Studi Kasus: Proyek Sekolah Noah)**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung

Oleh:
PUSPITA SARI DWININGRUM
NIM: 1506521036

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG
TAHUN 2026**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
BENTUK: SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Puspita Sari Dwiningrum
NIM : 1506521036
Judul Penelitian : Optimasi Penggunaan Besi Tulangan Berdasarkan *Bar Bending Schedule* Berbasis *Building Information Modeling* pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Proyek Sekolah Noah)

ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian tugas akhir.

Jakarta, 04 Juni 2026

Pembimbing 1,



Rezi Berliana Yasinta, M.T.
NIDN. 0030089602

Pembimbing 2,

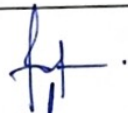
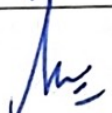
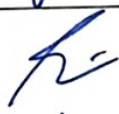


Adhi Purnomo, M.T.
NIDN. 0008097603

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Puspita Sari Dwiningrum
NIM : 1506521036
Program Studi/Fakultas : D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung/Teknik
Judul Penelitian : Optimasi Penggunaan Besi Tulangan Berdasarkan *Bar Bending Schedule* Berbasis *Building Information Modeling* pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Proyek Sekolah Noah)

ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan *Lulus / Tidak Lulus* *
Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal, 17 Juni 2026
Tim Penguji,

Ketua Penguji	Dr. Ir. Irika Wideasanti, M.T.	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Lenggogeni, M.T.	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Mirara Khanza, M.T.	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Rezi Berliana Yasinta, M.T.	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Adhi Purnomo, M.T.	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik


Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
Teknologi Rekayasa Konstruksi
Bangunan Gedung


Adhi Purnomo, M.T.
NIDN. 0008097603

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Puspita Sari Dwiningrum
NIM : 1506521036
Program Studi : D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung
Fakultas : Teknik
Judul TA : Optimasi Penggunaan Besi Tulangan Berdasarkan *Bar Bending Schedule* Berbasis *Building Information Modeling* pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Proyek Sekolah Noah)

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 17 Juni 2026

Yang menyatakan,



Puspita Sari Dwiningrum

NIM. 1506521036



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

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: 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 : Puspita Sari Dwiningrum
NIM : 1506521036
Fakultas/Prodi : Teknik / D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung
Alamat email : psptsaridwn@gmail.com

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

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

yang berjudul :

Optimasi Penggunaan Besi Tulangan Berdasarkan Bar Bending Schedule Berbasis Building Information Modeling
pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Proyek Sekolah Noah)

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan 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, 18 Agustus 2026
Penulis

(Puspita Sari Dwiningrum)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“Optimasi Penggunaan Besi Tulangan Berdasarkan *Bar Bending Schedule* Berbasis *Building Information Modeling* pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Proyek Sekolah Noah)”** dengan baik dan lancar. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk kelulusan pada program studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Universitas Negeri Jakarta. Skripsi ini dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada salah satu proyek konstruksi di Jakarta. Saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan membimbing dalam penyusunan laporan seminar proposal skripsi ini. Oleh karena itu, saya berterima kasih kepada :

1. **Bapak Adhi Purnomo, M.T.**, selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, dan Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan arahan dan bimbingan pada tahap akhir penelitian.
2. **Ibu Rezi Berliana Yasinta, M.T.**, selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah banyak memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir penelitian.
3. **Bapak Dr. Arief Saefudin, M.Pd.**, selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan arahan dan masukan pada tahap awal penyusunan skripsi.
4. **Bapak Andri**, selaku *Project Manager* dan **Bapak Haryono**, selaku *Site Manager*, PT Ananta Graha Prima Perkasa di Proyek Sekolah Noah Cipinang yang sudah memberikan izin melakukan penelitian dan memberikan data yang dibutuhkan untuk penelitian.

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, saya selaku penyusun laporan skripsi juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Jakarta, 15 Maret 2026

Puspita Sari Dwiningrum

ABSTRAK

Puspita Sari Dwiningrum, Rezi Berliana Yasina, Adhi Purnomo (2026). **“Optimasi Penggunaan Besi Tulangan Berdasarkan *Bar Bending Schedule* Berbasis *Building Information Modeling* pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Proyek Sekolah Noah)”** Skripsi. Jakarta: Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Besi tulangan merupakan material konstruksi bernilai tinggi, sehingga diperlukan perencanaan kebutuhan besi yang teliti dan akurat. Pada proyek sekolah Noah ditemukan *waste* besi tulangan yang cukup banyak akibat kurangnya perencanaan kebutuhan besi secara detail, serta penggunaan besi belum termanfaatkan secara maksimal. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan penggunaan besi tulangan berdasarkan *Bar Bending Schedule* (BBS) berbasis *Building Information Modeling* (BIM) menggunakan *software* Autodesk Revit, dan optimasi pemotongan besi menggunakan *software* Cutting Optimization Pro (SCOP). Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*). Data yang dibutuhkan berupa gambar *Detail Engineering Design* (DED), spesifikasi standar pembesian, berita acara *waste* material besi, dan data kebutuhan besi proyek. Produk yang dihasilkan berupa metode kerja optimasi penggunaan besi tulangan lengkap dengan *output* data BBS, *cutting list*, dan analisis optimasi *waste* besi tulangan. Hasil penelitian menunjukkan kebutuhan besi proyek sebesar 244.626,71 kg, lebih besar dibandingkan data BBS berbasis BIM sebesar 179.359,62 kg dengan selisih 65.267,09 kg. Selain itu, *waste* besi proyek sebesar 3.560 kg, lebih besar dibandingkan hasil optimasi SCOP sebesar 217,67 kg dengan selisih 3.342,33 kg atau 1,334%. Hal ini menunjukkan bahwa BBS berbasis BIM dan optimasi SCOP dapat meningkatkan akurasi kebutuhan besi dan meminimalisir *waste* besi tulangan.

Kata kunci: *Bar Bending Schedule* (BBS), *Building Information Modelling* (BIM), Optimasi Besi Tulangan, *Waste* Besi, *software* Cutting Optimization Pro (SCOP)

ABSTRACT

Puspita Sari Dwiningrum, Rezi Berliana Yasina, Adhi Purnomo (2026). ***“Optimization of Reinforcing Steel Usage Based on a Bar Bending Schedule by Building Information Modeling in Structural Work (Case Study: Noah School Project)”*** Thesis. Jakarta: Study Program of Building Construction Engineering Technology, Faculty of Engineering, Jakarta State University.

Reinforcing steel is a high-value construction material, therefore accurate and detailed steel requirement planning is necessary. In the Noah School project, a considerable amount of reinforcing steel waste was found due to the lack of detailed steel requirement planning and the inefficient utilization of reinforcing steel. This study aims to optimize the use of reinforcing steel based on a Building Information Modeling (BIM)-based Bar Bending Schedule (BBS) using Autodesk Revit software and steel cutting optimization using Cutting Optimization Pro software (SCOP). The research method used is Research and Development (R&D) with the 4D development model (Define, Design, Develop, Disseminate). The required data include Detail Engineering Design (DED) drawings, reinforcement standard specifications, steel waste reports, and project steel requirement data. The resulting product is a steel reinforcement optimization work method complete with BBS data output, cutting lists, and reinforcing steel waste optimization analysis. The results show that the project steel requirement of 244.626,71 kg is greater than the BIM-based BBS data of 179.359,62 kg, with a difference of 65.267,09 kg. In addition, the project steel waste of 3.560 kg is greater than the SCOP optimization result of 217,67 kg, with a difference of 3.342,33kg or 1.334%. These results indicate that BIM-based BBS and SCOP optimization can improve the accuracy of steel requirements and minimize reinforcing steel waste.

Keywords: Bar Bending Schedule (BBS), Building Information Modeling (BIM), Reinforcing Bar Optimization, Steel Waste, software Cutting Optimization Pro (SCOP)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Fokus Penelitian	8
1.3 Perumusan Masalah.....	9
1.4 Tujuan Penelitian.....	9
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa.....	9
1.5.2 Manfaat Bagi Proyek Konstruksi	9
1.5.3 Manfaat Bagi Peneliti Selanjutnya.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Kerangka Teoritik	11
2.1.1 Manajemen Konstruksi	11
2.1.2 <i>Waste</i> Material Konstruksi	12
2.1.3 Struktur Beton Bertulang	14
2.1.4 <i>Bar Bending Schedule</i> (BBS).....	16
2.1.5 <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	18
2.1.6 <i>Software</i> Autodesk Revit.....	21
2.1.7 <i>Software</i> Cutting Optimazition Pro (SCOP)	23
2.1.8 Standar Peraturan Perencanaan Besi Tulangan	25
2.1.9 Metode Kerja.....	27

2.1.10	Video Tutorial.....	28
2.1.11	Metode <i>Research and Development</i> (R&D)	28
2.2	Produk Yang Dikembangkan	29
2.2.1	Metode Kerja Optimasi Penggunaan Besi Tulangan Berdasarkan BBS Berbasis BIM	29
2.2.2	Video Tutorial.....	31
2.2.3	Penelitian Sebelumnya	31
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.2	Metode Pengembangan Produk	33
3.3	Bahan dan/atau Peralatan yang Digunakan	34
3.3.1	Bahan yang digunakan	34
3.3.2	Alat yang digunakan	35
3.4	Rancangan Metode Pengembangan.....	36
3.4.1	Analisis Kebutuhan	39
3.4.2	Sasaran Produk.....	39
3.4.3	Rancangan Produk	40
3.5	Instrumen	45
3.5.1	Kisi-kisi Instrumen.....	45
3.5.2	Validasi Instrumen.....	46
3.6	Teknik Pengumpulan Data	47
3.7	Teknik Analisis Data.....	48
BAB IV	HASIL PRODUK.....	49
4.1	Hasil Pengembangan Produk	50
4.1.1	Rancangan Pembuatan <i>Bar Bending Schedule</i> (BBS)	50
4.1.2	Rancangan Optimasi Penggunaan Besi Tulangan.....	82
4.1.3	Pembuatan Video Tutorial.....	87
4.2	Kelayakan Produk.....	91
4.2.1	Metode Pengujian Kelayakan Produk.....	91
4.2.2	Hasil Uji Kelayakan Produk.....	94
4.3	Pembahasan	95
4.3.1	Perbedaan Metode Kerja yang Digunakan.....	96

4.3.2	Evaluasi Produk	98
4.3.3	Hasil <i>Bar Bending Schedule</i> (BBS) Berbasis BIM.....	102
4.3.4	Hasil Pola Pemotongan Besi Tulangan (<i>Cutting List</i>)	103
4.3.5	Hasil Analisis Optimasi <i>Waste</i> Besi Tulangan	104
4.3.6	Contoh Kasus Korelasi Antara Data BBS dan Data <i>Cutting List</i>	113
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		124
5.1	Kesimpulan	124
5.2	Saran.....	125
DAFTAR PUSTAKA.....		126
LAMPIRAN.....		131
Lampiran 1. Instrumen.....		131
Lampiran 1. 1 Instrumen Penelitian.....		131
Lampiran 1. 2 Hasil Uji Kelayakan		135
Lampiran 2. Produk Akhir		149
Lampiran 2. 1 Produk Akhir Metode Kerja		149
Lampiran 2. 2 Produk Akhir <i>Bar Bending Schedule</i> (BBS)		150
Lampiran 2. 3 Produk Akhir <i>Cutting List</i>		150
Lampiran 2. 4 Produk Akhir Hasil Analisis Optimasi <i>Waste</i> Besi Tulangan		151
Lampiran 2. 5 Produk Akhir Video Tutorial		151
Lampiran 3. Buku Panduan Penggunaan.....		152
Lampiran 4. Data Penelitian		153
Lampiran 4. 1 Gambar <i>Detail Engineering Design</i> (DED).....		153
Lampiran 4. 2 Spesifikasi Standar Pembesian.....		160
Lampiran 4. 3 Berita Acara <i>Waste</i> Besi		161
Lampiran 4. 4 Data Kebutuhan Besi Proyek		162
Lampiran 5. Review Formatif Produk Penelitian.....		163
Lampiran 5. 1 <i>Review</i> Formatif Dosen Pembimbing 1		163
Lampiran 5. 2 <i>Review</i> Formatif Dosen Pembimbing 2.....		164
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		165

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ukuran Baja Tulangan Polos	14
Tabel 2. 2 Ukuran Baja Tulangan Ulir	15
Tabel 2. 3 Geometri Kait Standar untuk Penyaluran Batang Ulir	26
Tabel 2. 4 Diameter Sisi Dalam Bengkokan Minimum dan Geometri Kait Standar untuk Sengkang	26
Tabel 2. 5 Panjang Sambungan Lewatan Kondisi Tarik	27
Tabel 2. 6 Penelitian Sebelumnya	31
Tabel 3. 1 Kisi-Kisi Instrumen	46
Tabel 3. 2 Ahli Materi	47
Tabel 3. 3 Ahli Media	47
Tabel 4. 1 Perbedaan Metode Kerja Sebelumnya dan yang Dikembangkan	97
Tabel 4. 2 Evaluasi Produk yang Dikembangkan	98
Tabel 4. 3 Perbaikan Produk yang Dikembangkan	99
Tabel 4. 4 Total Kebutuhan Besi Tulangan Berdasarkan BBS Berbasis BIM	105
Tabel 4. 5 Data Disposed Scrap	107
Tabel 4. 6 Data Reused Waste	108
Tabel 4. 7 Total Waste Besi Tulangan Berdasarkan Optimasi SCOP	109
Tabel 4. 8 Hasil Analisis Selisih Kebutuhan Besi Tulangan	110
Tabel 4. 9 Hasil Analisis Optimasi Waste Besi Tulangan	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Papan Informasi Proyek	2
Gambar 1. 2 Tumpukan Sisa Potongan Besi	2
Gambar 1. 3 Berita Acara Waste Material Besi	4
Gambar 2. 1 Dimensi BIM dari 3D sampai 7D	19
Gambar 2. 2 Logo Autodesk Revit.....	21
Gambar 2. 3 Logo Software Cutting Optimization Pro (SCOP).....	23
Gambar 2. 4 Flowchart Model 4D	29
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Proyek.....	33
Gambar 3. 2 Flowchart <i>Penelitian</i>	37
Gambar 3. 3 Flowchart Pembuatan BBS Berbasis BIM dan Optimasi Pemotongan Besi.....	42
Gambar 3. 4 Flowchart Pembuatan Video Tutorial.....	44
Gambar 4. 1 WBS Metode Kerja Optimasi Penggunaan Besi Tulangan	50
Gambar 4. 2 Membuka Software Autodesk Revit 2024	51
Gambar 4. 3 Tampilan Home Autodesk Revit	51
Gambar 4. 4 Mengatur Unit Satuan	52
Gambar 4. 5 Tampilan Project Units.....	52
Gambar 4. 6 Mengimpor Gambar DWG.....	52
Gambar 4. 7 Pengaturan Impor File DWG	53
Gambar 4. 8 Membuat Grid Vertikal dan Horisontal	53
Gambar 4. 9 Membuat dan Mengatur Elevasi	54
Gambar 4. 10 Membuat Elemen Struktur Pile Cap.....	54
Gambar 4. 11 Load Family Struktur Pile Cap.....	54
Gambar 4. 12 Mengedit Family Struktur Pile Cap	55
Gambar 4. 13 Penempatan Struktur Pile Cap.....	55
Gambar 4. 14 Membuat Elemen Struktur Kolom	55
Gambar 4. 15 Load Family Struktur Kolom	56
Gambar 4. 16 Mengedit Family Struktur Kolom	56
Gambar 4. 17 Penempatan Struktur Kolom	57
Gambar 4. 18 Membuat Elemen Struktur Balok.....	57

Gambar 4. 19 Load Family Struktur Balok.....	57
Gambar 4. 20 Mengedit Family Struktur Balok.....	58
Gambar 4. 21 Penempatan Struktur Balok.....	58
Gambar 4. 22 Membuat Elemen Struktur Pelat	59
Gambar 4. 23 Mengedit Struktur Pelat	59
Gambar 4. 24 Mengubah Ketebalan Material Struktur Pelat.....	59
Gambar 4. 25 Mengatur Pemodelan Struktur Pelat	60
Gambar 4. 26 Penempatan Struktur Pelat	60
Gambar 4. 27 Membuat Elemen Struktur Tangga.....	60
Gambar 4. 28 Mengedit Struktur Tangga.....	61
Gambar 4. 29 Mengatur Bentuk Struktur Tangga	61
Gambar 4. 30 Penempatan Struktur Tangga.....	62
Gambar 4. 31 Membuat Elemen Struktur Retainning Wall	62
Gambar 4. 32 Mengedit Struktur Retainning Wall	62
Gambar 4. 33 Mengubah Ketebalan Material Struktur Retainning Wall	63
Gambar 4. 34 Penempatan Struktur Retainning Wall	63
Gambar 4. 35 Hasil Pemodelan 3D Struktur.....	63
Gambar 4. 36 Mengatur Selimut Beton Struktur Pile Cap.....	64
Gambar 4. 37 Menambahkan Tebal Selimut Beton Struktur Pile Cap.....	64
Gambar 4. 38 Membuat Potongan Struktur Pile Cap.....	65
Gambar 4. 39 Tampilan Potongan Struktur Pile Cap	65
Gambar 4. 40 Pemodelan Rebar Struktur Pile Cap.....	66
Gambar 4. 41 Mengatur Selimut Beton Struktur Kolom	66
Gambar 4. 42 Menambahkan Tebal Selimut Beton Struktur Kolom	67
Gambar 4. 43 Membuat Potongan Struktur Kolom	67
Gambar 4. 44 Tampilan Potongan Struktur Kolom	68
Gambar 4. 45 Pemodelan Rebar Struktur Kolom	68
Gambar 4. 46 Mengatur Selimut Beton Struktur Balok.....	69
Gambar 4. 47 Menambahkan Tebal Selimut Beton Struktur Balok.....	69
Gambar 4. 48 Membuat Potongan Struktur Balok.....	69
Gambar 4. 49 Tampilan Potongan Struktur Balok	70
Gambar 4. 50 Pemodelan Rebar Struktur Balok	70

Gambar 4. 51 Mengatur Selimut Beton Struktur Pelat	71
Gambar 4. 52 Menambahkan Tebal Selimut Beton Struktur Pelat	71
Gambar 4. 53 Mengatur Jenis Tulangan Struktur Pelat	72
Gambar 4. 54 Menggambar Tulangan Struktur Pelat	72
Gambar 4. 55 Pemodelan Rebar Struktur Pelat	73
Gambar 4. 56 Mengatur Selimut Beton Struktur Tangga.....	73
Gambar 4. 57 Menambahkan Tebal Selimut Beton Struktur Tangga.....	74
Gambar 4. 58 Membuat Potongan Struktur Tangga.....	74
Gambar 4. 59 Tampilan Potongan Struktur Tangga	75
Gambar 4. 60 Pemodelan Rebar Struktur Tangga.....	75
Gambar 4. 61 Mengatur Selimut Beton Struktur Retainning Wall	76
Gambar 4. 62 Menambahkan Tebal Selimut Beton Struktur Retainning Wall	76
Gambar 4. 63 Membuat Potongan Struktur Retainning Wall	76
Gambar 4. 64 Mengatur Jenis Tulangan Struktur Retainning Wall	77
Gambar 4. 65 Menggambar Tulangan Struktur Retainning Wall.....	77
Gambar 4. 66 Pemodelan Rebar Struktur Retainning Wall	78
Gambar 4. 67 Hasil Pemodelan Penulangan (Rebar).....	78
Gambar 4. 68 Pengelompokan Rebar Berdasarkan Elemen Struktur	79
Gambar 4. 69 Pembuatan Rebar Schedule Elemenn Struktur.....	79
Gambar 4. 70 Menentukan Field Rebar Schedule	80
Gambar 4. 71 Mengatur Filter Rebar Schedule	80
Gambar 4. 72 Mengatur Sorting/Grouping Rebar Schedule.....	80
Gambar 4. 73 Tampilan Rebar Schedule.....	81
Gambar 4. 74 Tampilan Data Bar Bending Schedule	81
Gambar 4. 75 Sheet Bar Bending Schedule (BBS).....	82
Gambar 4. 76 Export Rekap Data BBS.....	83
Gambar 4. 77 Rekapitulasi Data BBS.....	83
Gambar 4. 78 Tampilan Awal Software Cutting Optimization Pro (SCOP).....	83
Gambar 4. 79 Mengatur Panjang Minimum Waste Material Besi	84
Gambar 4. 80 Menambahkan Diameter Besi Tulangan	84
Gambar 4. 81 Menambahkan Stock Material	84
Gambar 4. 82 Menambahkan Pieces Material Sesuai Data BBS.....	85

Gambar 4. 83 Tampilan Kombinasi Pola Pemotongan Besi Tulangan	85
Gambar 4. 84 Export Cutting List.....	85
Gambar 4. 85 Export Data Waste Besi.....	86
Gambar 4. 86 Perekaman Pemodelan 3D Struktur pada Autodesk Revit	88
Gambar 4. 87 Perekaman Pemodelan Tulangan pada Autodesk Revit	88
Gambar 4. 88 Perekaman Penyusunan BBS pada Autodesk Revit.....	89
Gambar 4. 89 Perekaman Input Data BBS pada SCOP	89
Gambar 4. 90 Perekaman Hasil Optimasi Waste Besi Tulangan	89
Gambar 4. 91 Menggabungkan Seluruh Rekaman pada Aplikasi CapCut	90
Gambar 4. 92 Menambahkan Teks dan Suara.....	90
Gambar 4. 93 Mengekspor Video dengan Resolusi Tinggi.....	91
Gambar 4. 94 Kelayakan Produk Metode Kerja dengan Validator 1 Ahli Materi	92
Gambar 4. 95 Kelayakan Produk Metode Kerja dengan Validator 2 Ahli Materi	93
Gambar 4. 96 Dokumentasi Kelayakan Produk Video Tutorial.....	94
Gambar 4. 97 Diagram Alir Metode Kerja Sebelumnya.....	96
Gambar 4. 98 Diagram Alir Metode Kerja yang Dikembangkan	97
Gambar 4. 99 Output Bar Bending Schedule (BBS).....	103
Gambar 4. 100 Output Cutting List	104
Gambar 4. 101 Rekapitulasi Data BBS sebagai Input pada SCOP.....	116
Gambar 4. 102 Input Kebutuhan Besi pada SCOP dari Data BBS	116
Gambar 4. 103 Input Persediaan Besi pada SCOP	117
Gambar 4. 104 Proses Optimasi SCOP.....	118
Gambar 4. 105 Hasil Optimasi SCOP.....	119
Gambar 4. 106 Interpretasi Data Cutting List SCOP	120
Gambar 4. 107 Korelasi Data <i>Cutting List</i> dengan Data BBS	122

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Instrumen Penelitian	131
Lampiran 1. 2 Hasil Uji Kelayakan	135
Lampiran 2. 1 Produk Akhir Metode Kerja	149
Lampiran 2. 2 Produk Akhir <i>Bar Bending Schedule</i> (BBS).....	150
Lampiran 2. 3 Produk Akhir <i>Cutting List</i>	150
Lampiran 2. 4 Produk Akhir Hasil Analisis Optimasi <i>Waste</i> Besi Tulangan	151
Lampiran 2. 5 Produk Akhir Video Tutorial	151
Lampiran 4. 1 Gambar <i>Detail Engineering Design</i> (DED)	153
Lampiran 4. 2 Spesifikasi Standar Pembesian	160
Lampiran 4. 3 Berita Acara <i>Waste</i> Besi.....	161
Lampiran 4. 4 Data Kebutuhan Besi Proyek.....	162
Lampiran 5. 1 Review Formatif Dosen Pembimbing 1	163
Lampiran 5. 1 Review Formatif Dosen Pembimbing 2	164

