

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN *WASTE* BESI HASIL *BAR BENDING SCHEDULE* *PIER HEAD P166B* MENGGUNAKAN CARA MANUAL DAN *SOFTWARE CUTTING OPTIMIZATION PRO*

Tugas Akhir disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya Teknik (A.Mdt)
Politeknik Pekerjaan Umum Semarang

Oleh :

1. Zaidan Aulia Rachman
NIM.223073

2. Hansel Surya Ariel Renyaan
NIM.223028

Tanggal Ujian : 31 Juni 025

Menyetujui,

Ketua Penguji : Galih Adya Taurano, S.T., M.T.

Penguji 1 : Dr. Yudha Pracastino Heston, S.T, M.T

Penguji 2 : Sukardi, S.T, MT

(*Galih Adya Taurano*)
(*Dr. Yudha Pracastino Heston*)
(*Sukardi*)

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknologi Konstruksi
Bangunan Gedung



Dr. Raditya Hari Murti, ST, M.Sc, MT
NIP. 197904282005021002



LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN *WASTE* BESI HASIL *BAR BENDING SCHEDULE* *PIER HEAD P166B* MENGGUNAKAN CARA MANUAL DAN *SOFTWARE CUTTING OPTIMIZATION PRO*

Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilaksanakan ujian

1. Zaidan Aulia Rachman

NIM.223073

2. Hansel Surya Ariel Renyaan

NIM.223028

Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung

Semarang, 8 Agustus 2025

Pembimbing

a. Galih Adya Taurano, S.T., M.T.

NIP. 198705212010121002

b. Agung Bhakti Utama, S.T., M.Sc.

NIP. 198502162009121002

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
TEKNOLOGI KONSTUKSI BANGUNAN GEDUNG
POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM SEMARANG
TAHUN 2025**

PERSEMBAHAN

Sebagai ungkapan rasa terima kasih, Tugas Akhir ini dipersembahkan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini hingga selesai;
2. Iskandar selaku ayah dan Ovi Rahmi selaku ibu, serta keluarga dari Zaidan Aulia Rachman yang selalu mendukung dalam doa dan cinta kasih serta menjadi penyemangat yang memotivasi;
3. Albert Willem Agustinus Renyaan selaku bapak dan Falantina Eva Kristina Sedubun selaku ibu, serta keluarga dari Hansel Surya Ariel Renyaan yang selalu mendukung dalam doa dan cinta kasih serta menjadi penyemangat yang memotivasi;
4. Kampus Politeknik Pekerjaan Umum Semarang;
5. Keluarga besar program studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum Semarang;
6. Tim Proyek WASKITA – NINDYA – LRS KSO, di proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
7. Teman-teman penulis yang selalu memberikan semangat, motivasi, serta dukungan penuh dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
8. Teman-teman mahasiswa magang di Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
9. Semua pihak yang telah membimbing dalam penyusunan Tugas Akhir ini; dan
10. Para Pembaca.

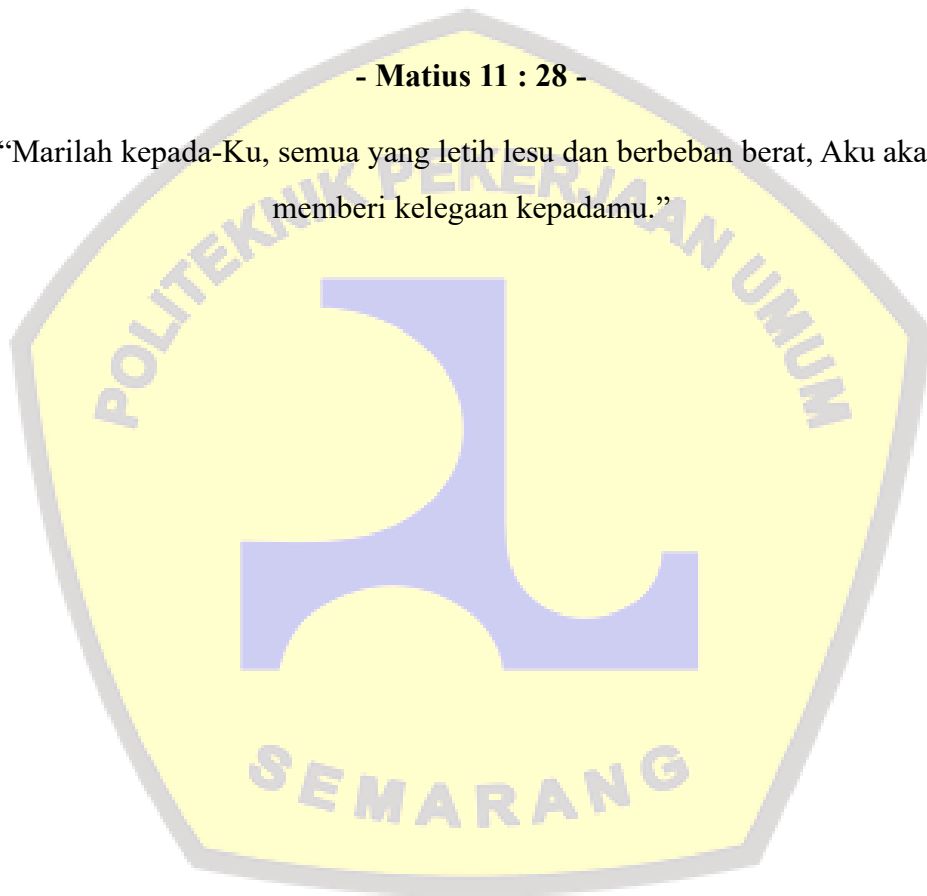
MOTTO

- Q.S Al Zalزالah: 7 -

“Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apa pun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya.”

- Matius 11 : 28 -

“Marilah kepada-Ku, semua yang letih lesu dan berbeban berat, Aku akan memberi kelegaan kepadamu.”



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) ini hingga selesai dan kemudian menyajikannya dalam bentuk penelitian ini.

Penelitian ini penulis susun berdasarkan hasil dari praktek kerja lapangan yang dilaksanakan di Proyek LRT Jakarta *Phase 1B* (Velodrome - Manggarai), DKI Jakarta.

Penyusunan penelitian ini sebagai bentuk salah satu persyaratan kelulusan studi Diploma III di Politeknik Pekerjaan Umum. Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan rasa hormatnya kepada :

1. Tuhan Yang maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta diberi kesehatan dan kelancaran;
2. Kedua orang tua, Iskandar dan Ovi Rahmi serta kakak, adik dan keluarga besar dari Zaidan Aulia Rachman yang selalu memberikan doa, bantuan, semangat, dan motivasi selama menyelesaikan studi;
3. Kedua orang tua, Albert Willem Agustinus Renyaan dan Falantina Eva Kristina Sedubun serta kakak, dan keluarga besar dari Hansel Surya Ariel Renyaan yang selalu memberikan doa, bantuan, semangat, dan motivasi selama menyelesaikan studi;
4. Bapak Ir. Brawijaya, SE, M.Eng.I.E, Msce, Ph.D selaku Direktur Politeknik Pekerjaan Umum Semarang Masa jabatan 2024-sekarang;
5. Bapak Syamsul Bahri, S.Si., M.T., selaku Wakil Direktur I Bidang Akademik Politeknik Pekerjaan Umum Semarang masa jabatan 2023-sekarang;
6. Bapak Ir. Iriandi Azwartika, Sp-1, selaku Wakil Direktur II Bidang Administrasi Politeknik Pekerjaan Umum Semarang masa jabatan 2023-sekarang;
7. Bapak Khusairi, S.T, M.Eng, selaku Wakil Direktur III Bidang Administrasi Politeknik Pekerjaan Umum Semarang masa jabatan 2025-sekarang;

8. Bapak Raditya Hari Murti, ST, M.Sc, MT selaku Ketua Program Studi D-III Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum Semarang;
9. Bapak Galih Adya Taurano, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum Semarang;
10. Bapak Galih Adya Taurano, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing I dalam pelaksanaan kegiatan magang yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga penulis dapat lebih menyempurnakan laporan magang ini;
11. Bapak Agung Bhakti Utama, S.T., M.Sc. Dosen pembimbing II dalam pelaksanaan kegiatan magang yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga penulis dapat lebih menyempurnakan laporan magang ini;
12. Pimpinan Tertinggi pada pekerjaan Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
13. Bapak Erwin Martoras Parulian Selaku PM General dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
14. Bapak R. Prayit Koenmiriyanto Selaku Deputy PM dalam Perencanaan pelaksanaan Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
15. Bapak Ilpan Apprillian Selaku Deputy PM Sistem dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
16. Bapak I Dewa Gede Satriya H. Selaku SEM dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
17. Bapak Prasetya Adi Nugroho Selaku SAM dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
18. Ibu Kristina Kovalsky S. Selaku SCAM dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
19. Bapak Dewa Bagus Zahfran Sekalu SPLEM dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome – Manggarai);
20. Bapak *Project Manager* Zona 1 dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta *Phase* 1B (Velodrome – Manggarai);
21. Bapak SQHSEM Zona 1 dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta *Phase* 1B (Velodrome – Manggarai);

22. Bapak *Project Manager* Zona 2 dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta *Phase 1B* (Velodrome – Manggarai);
23. Bapak SQHSEM Zona 2 dalam pelaksanaan Proyek LRT Jakarta *Phase 1B* (Velodrome – Manggarai);
24. Seluruh pegawai WASKITA – NINDYA – LRS KSO Proyek LRT Jakarta *Phase 1B* (Velodrome-Manggarai) yang telah memberikan arahan serta semangat kepada penulis agar bisa menyelesaikan pelaksanaan Magang dengan Baik;
25. Kepada teman-teman yang tidak dapat penulis disebutkan satu per satu, terima kasih atas semangat dan saran yang selalu diberikan selama proses penyusunan laporan magang ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih memiliki berbagai kekurangan, baik dari segi isi maupun penyajian. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Demikian Tugas Akhir ini disusun sebagai bentuk pertanggungjawaban dan dokumentasi kegiatan selama penelitian. Penulis memohon maaf apabila masih terdapat kekurangan dalam penulisan ini, dan besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis sendiri maupun bagi para pembaca, serta dapat menjadi referensi atau acuan bagi rekan-rekan di Politeknik Pekerjaan Umum Semarang.

Penulis I

Penulis II

Zaidan Aulia Rachman

NIM.223073

Hansel Surya Ariel Renyaan

NIM.223028

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Sasaran Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Batasan Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Baja Tulangan Beton.....	8
2.1.1 Konsep Baja Tulangan menurut SNI 2052:2017.....	11
2.1.2 Konsep Baja Tulangan menurut SNI 2847:2019.....	18
2.1.3 Perbandingan Konsep Baja Tulangan Menurut SNI 2052:2017 dan SNI 2847:2019.....	25

2.2 <i>Quantity Take Off</i> (QTO) Material Besi.....	26
2.3 Definisi <i>Bar Bending Schedule</i>	27
2.4 <i>Software Cutting Optimization Pro</i> (COP)	29
2.5 Penelitian Terdahulu	32
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Jenis dan Desain Penelitian	40
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	41
3.3 Subjek Penelitian	42
3.4 Prosedur Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	43
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Gambaran Umum Pier Head P166B	49
4.2 <i>Quantity Take - Off Pier Head</i> P166B.....	55
4.3 Menghitung <i>Bar Bending Schedule</i> Pier Head P166B Secara Manual	60
4.3.1 Kriteria Perhitungan Secara Manual	60
4.3.2 Perhitungan <i>Waste Besi</i> Secara Manual.....	72
4.3.3 Hasil Perhitungan <i>Bar Bending Schedule</i> Serta <i>Waste Besi</i> Manual ...	79
4.3.4 Rekapitulasi <i>Bar Bending Schedule</i> Serta <i>Waste Besi</i> Manual	81
4.4 Menentukan <i>Waste Besi</i> Pier Head P166B Menggunakan <i>Software Cutting Optimization Pro</i>	85
4.5 Hasil <i>Waste Besi</i> Pier Head P166B Menggunakan <i>Software Cutting Optimization Pro</i> Pada BBS Manual	95
4.6 Rekapitulasi <i>Waste Besi</i> Pier Head P166B.....	97
4.7 Analisis Komparatif Dengan Hasil Penelitian Terdahulu.....	100
BAB V PENUTUP	105
5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran	105

DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN	110



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Besi Beton Polos dan Besi Beton Ulir	8
Gambar 2. 2 Baja Tulangan Polos	9
Gambar 2. 3 Baja Tulangan Beton Sirip / Ulir	10
Gambar 2. 4 Detail Baja Tulangan Polos	12
Gambar 2. 5 Ukuran dan Toleransi Diameter Baja beton Polos.....	12
Gambar 2. 6 Ukuran dan Toleransi Diameter Baja beton Sirip/Ulir.....	13
Gambar 2. 7 Panjang Penjangkaran Tulangan.....	22
Gambar 2. 8 Panjang Penyaluran Tulangan	23
Gambar 2. 9 Hook Tulangan Utama	24
Gambar 2. 10 Hook Tulangan Senggang	24
Gambar 2. 11 Contoh Perhitungan QTO Struktur Bawah	27
Gambar 2. 12 Bar Bending Schedule Tangga.....	28
Gambar 2. 13 Icon software Cutting Optimization Pro	30
Gambar 2. 14 Tampilan software Cutting Optimization Pro.....	31
Gambar 3. 1 Trase Konstruksi LRT Jakarta <i>Phase 1B</i>	42
Gambar 3. 2 Platform Level Key Plan Stasiun Manggarai.....	42
Gambar 3. 3 Tampak Eksisting P166B	43
Gambar 3. 4 Detail Engineering Design Perencana	44
Gambar 3. 5 Format <i>Bar Bending Schedule</i> Manual	45
Gambar 3. 6 Tampilan Hasil Grafis Analisa <i>Software Cutting Optimization Pro</i> ..	46
Gambar 3. 7 Tampilan Hasil Persentase <i>Waste Software Cutting Optimization Pro</i>	47
Gambar 3. 8 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	48
Gambar 4. 1 Plan and Profile Stasiun Manggarai	49
Gambar 4. 2 Area Stasiun Manggarai P166B sampai P173B	50
Gambar 4. 3 Pier Head P135B – P143B Proyek LRT Jakarta <i>Phase 1B</i>	50
Gambar 4. 4 <i>Detail Engineering Design (DED)</i> P166B.....	51
Gambar 4. 5 <i>Detail Engineering Design (DED) Top Pier Head - Platform Level</i> ..	52
Gambar 4. 6 <i>Detail Engineering Design (DED) Pier Head - Mezzanine Level</i> ...	53

Gambar 4. 7 <i>Detail Engineering Design (DED) Pier Head - Concourse Level ..</i>	54
Gambar 4. 8 Standar Pembengkokan sesuai SNI 2847:2019.....	61
Gambar 4. 9 <i>Basic Engineer Design Section A Top Pier Head - Platform Level P166B.....</i>	62
Gambar 4. 10 <i>Detail Engineer Design Section A Top Pier Head - Platform Level P166B.....</i>	63
Gambar 4. 11 Hasil <i>Breakdown</i> PL1 pada Top Pier - Platfor Level.....	63
Gambar 4. 12 <i>Basic Engineer Design Section B Top Pier Head - Platform Level P166B.....</i>	65
Gambar 4. 13 <i>Detail Engineer Design Section B Top Pier Head - Platform Level P166B.....</i>	65
Gambar 4. 14 Hasil <i>Breakdown</i> PL3 pada Top Pier - Platfor Level.....	66
Gambar 4. 15 <i>Basic Engineer Design Section B Top Pier Head - Platform Level P166B.....</i>	68
Gambar 4. 16 <i>Detail Engineer Design Section B Top Pier Head - Platform Level P166B.....</i>	69
Gambar 4. 17 Hasil <i>Breakdown</i> PL3 pada Top Pier - Platfor Level.....	69
Gambar 4. 18 Rumus <i>Waste</i> (%) sesuai dengan Literatur ASCE, CII, dan Jurnal Lainnya.....	73
Gambar 4. 19 Tampilan Utama Software COP	88
Gambar 4. 20 Penginputan Data Tulangan.....	88
Gambar 4. 21 Penginputan Data Tulangan 2.....	89
Gambar 4. 22 Penginputan Data Persediaan Material	90
Gambar 4. 23 Penginputan Data Tulangan.....	90
Gambar 4. 24 Pengaturan Teknis Software COP.....	91
Gambar 4. 25 Pengaturan Teknis Software COP – 2.....	91
Gambar 4. 26 Hasil analisis COP – Data Grafis.....	92
Gambar 4. 27 Hasil Analisis COP - Data Statistik	92
Gambar 4. 28 Save Data yang sudah di analisis COP	93
Gambar 4. 29 Pengecekan Besar <i>Waste</i> dari analisis.....	94
Gambar 4. 30 Tab <i>Waste</i> Besi yang Telah di Analisis.....	94

Gambar 4. 31 Grafik Perbandingan Kebutuhan Tulangan dan <i>Waste Software</i> COP	103
---	-----



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Billet Baja Tuang Kontinyu (Ladle Analysis)	11
Tabel 2. 2 Detail Baja Tulangan Beton Sirip / Ulir	14
Tabel 2. 3 Ukuran Baja Tulangan Beton Polos	15
Tabel 2. 4 Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip / Ulir	16
Tabel 2. 5 Sifat Mekanis BjTP dan BjTS	17
Tabel 2. 6 Syarat Mekanik Baja Tulangan.....	18
Tabel 2. 7 Tulangan Ulir Nonprategang	19
Tabel 2. 8 Tulangan Spiral Polos Prategang	20
Tabel 2. 9 Perbandingan Konsep Baja Tulangan Menurut SNI 2052:2017 dan SNI 2847:2019.....	25
Tabel 2. 10 Penelitian Terdahulu.....	33
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Platform Level - QTO	56
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Mezzanine Level - QTO.....	57
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Concourse Level - QTO	58
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Kebutuhan Besi Pier Head P166B.....	59
Tabel 4. 5 Kebutuhan Besi Top Pier Head - Platform Level	80
Tabel 4. 6 Kebutuhan Besi Pier Head - Mezzanine Level.....	80
Tabel 4. 7 Kebutuhan Besi Pier Head - Concourse Level	80
Tabel 4. 8 Kebutuhan Besi untuk Pier Head P166B	81
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Top Pier Head - Platform Level P166B	82
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Pier Head - Mezzanine Level P166B.....	83
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Pier Head - Concourse Level P166B.....	84
Tabel 4. 12 Rekapitan Top Pier Head - Platform Level P166B	87
Tabel 4. 13 Hasil Waste Top Pier Head – Platform Level	95
Tabel 4. 14 Hasil Waste Pier Head – Mezzanine Level.....	96
Tabel 4. 15 Hasil Waste Pier Head – Concourse Level	96
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Persentase Waste Jenis Besi Pier Head P166B.....	97
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Kebutuhan & Waste Material Besi P166B	99
Tabel 4. 18 Hasil Waste Besi Penelitian Terdahulu.....	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar BED & DED Pier Head P166B Proyek LRT Jakarta Phase 1B (Velodrome - Manggarai)	110
Lampiran 2. <i>Bar Bending Schedule</i> Pier Head P166B.....	117
Lampiran 3. <i>Quantity Take - Off</i> Pier Head P166B	126
Lampiran 4. Hasil Analisa Data Menggunakan <i>Software Cutting Optimization Pro</i>	134
Lampiran 5. Lembar Similarity Report.....	148

