UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Optimasi Desain dan Pola Pemotongan Baja Tulangan Untuk Mengurangi Waste dan Biaya Konstruksi Pembangunan Gedung Pondok Shabran Universitas Muhammadiyah Surakarta
Tika Octafiani, Ir. Nur Budi Susanto, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **ii**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**

LEMBAR HAK CIPTA DAN STATUS ..... **iv**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ..... **v**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... **vi**

SURAT PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN ..... **vii**

HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **viii**

ABSTRAK ..... **ix**

ABSTRACT ..... **x**

KATA PENGANTAR ..... **xi**

DAFTAR ISI ..... **viii**

DAFTAR TABEL ..... **xi**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xv**

BAB 1 PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 4

1.4 Batasan Masalah 5

1.5 Manfaat Penelitian 5

1.6 Keaslian Penelitian 6

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI **8**

2.1 Tinjauan Pustaka 8

2.2 Landasan Teori 9

2.2.1 Material Konstruksi 9

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Optimasi Desain dan Pola Pemotongan Baja Tulangan Untuk Mengurangi Waste dan Biaya Konstruksi Pembangunan Gedung Pondok Shabran Universitas Muhammadiyah Surakarta
Tika Octafiani, Ir. Nur Budi Susanto, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.2 Manajemen Material Konstruksi 10
2.2.3 Tahapan Manajemen Material 11
2.2.4 Sisa Material Konstruksi 12
2.2.5 Pentingnya Perencanaan Optimasi Kebutuhan Tulangan 15
2.2.6 *Building Information Modeling* (BIM) 16
2.2.7 *Bar Bending Schedule* (BBS) 17
2.2.8 *Cut Optimization Pro* (COP) 18
2.2.9 Standar Perencanaan dan Pelaksanaan Penulangan 19
2.2.10 Perhitungan *Waste* Material 23
2.3 Perhitungan Biaya Material Pekerjaan Baja tulangan 24
BAB 3 METODOLOGI 25
3.1 Lokasi Studi 25
3.2 Data Teknis Proyek 26
3.3 Pengumpulan Data 26
3.3.1 Data primer 26
3.3.2 Data Sekunder 28
3.3.3 Tahapan Penelitian 28
3.3.4 Alat dan Bahan Penelitian 31
BAB 4 HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN 32
4.1 Umum 32
4.2 Deskripsi Proyek 32
4.3 Data Teknis Pekerjaan 33
4.3.1 Gambar Kerja *Pilecap* 34
4.3.2 Gambar Kerja Kolom 35
4.3.3 Gambar Kerja Balok 37
4.3.4 Gambar Kerja Pelat Lantai 38
4.4 Hasil Pemodelan Baja Tulangan Menggunakan *Autodesk Revit* 39
4.4.1 Proses Pemodelan Struktur 39
4.4.2 Proses Pemodelan Baja Tulangan pada Struktur 42
4.5 Analisis Kebutuhan Baja Tulangan 44
4.5.1 Rekapitulasi Kebutuhan Baja Tulangan *Pilecap* 44
4.5.2 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Kolom 45

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Optimasi Desain dan Pola Pemotongan Baja Tulangan Untuk Mengurangi Waste dan Biaya Konstruksi Pembangunan Gedung Pondok Shabran Universitas Muhammadiyah Surakarta
Tika Octafiani, Ir. Nur Budi Susanto, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.5.3 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Balok 46
4.5.4 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Plat Lantai 48
4.5.5 Analisis Berat dan Volume Baja Tulangan 48
4.6 Analisis Perencanaan Kebutuhan Baja Tulangan 50
4.7 Analisis Kondisi Eksisting Penggunaan dan Pemotongan Baja Tulangan . 51
4.7.1 Pengadaan Baja Tulangan di Lapangan 51
4.7.2 Pemotongan Baja Tulangan di Lapangan 53
4.7.3 Data *Bar Bending Schedule* Kondisi Eksisting 54
4.7.4 *Waste* Material Baja Tulangan Eksisting 56
4.8 Optimasi Pola Pemotongan Baja Menggunakan *Cutting Optimization Pro* 60
4.8.1 Input Data ke *Cutting Optimization Pro* 60
4.8.2 Proses Optimasi Pemotongan Baja Tulangan 61
4.8.3 Hasil Pola Pemotongan Baja Tulangan 62
4.8.4 Perbandingan *Waste* Perencanaan, Kondisi Eksisting dan Hasil Optimasi 63
4.9 Analisis Biaya Material Baja Tulangan 64
4.9.1 Analisis PerbandingnBiaya Material Baja Tulangan 64
4.10 Analisis Faktor Penyebab *Waste* dan Upaya Mitigasi 66
4.10.1 Faktor Ketidaksesuaian Rencana dan Realisasi 66
4.10.2 Faktor Terjadinya *Waste* di Lapangan 67
4.10.3 Evaluasi Pelaksanaan Penulangan di Lapangan 67
4.10.4 Rekomendasi dan Upaya Mitigasi 68

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 70
5.1 Kesimpulan 70
5.2 Saran 71

DAFTAR PUSTAKA 72

LAMPIRAN 74

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Optimasi Desain dan Pola Pemotongan Baja Tulangan Untuk Mengurangi Waste dan Biaya Konstruksi Pembangunan Gedung Pondok Shabran Universitas Muhammadiyah Surakarta
Tika Octafiani, Ir. Nur Budi Susanto, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Sumber dan Penyebab Sisa Material Kontruksi 13
Tabel 2.2 Persentase Sisa Material Pekerjaan Struktur..... 15
Tabel 3.1 Responden dan Daftar Pertanyaan Wawancara 27
Tabel 4.1 Klasifikasi Gedung Pondok Shabran UMS..... 33
Tabel 4.2 Data – Data *Pilecap* dan *Footplate* 35
Tabel 4.3 Data-Data Kolom 36
Tabel 4.4 Data-Data Balok..... 38
Tabel 4.5 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan *Pilecap*..... 45
Tabel 4.6 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Kolom..... 46
Tabel 4.7 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Balok 47
Tabel 4.8 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Plat Lantai..... 48
Tabel 4.9 Rekapitulasi Berat dan Volume Baja Tulangan..... 49
Tabel 4.10 Rekapitulasi Volume Baja Tulangan Setiap Pekerjaan 49
Tabel 4.11 Rekapitulasi Rencana Kebutuhan Baja Tulangan..... 50
Tabel 4.12 Rekapitulasi Perencanaan Kebutuhan Baja Tulangan Setiap Pekerjaan 51
Tabel 4.13 *Waste* Perencanaan..... 51
Tabel 4.14 *Bar Bending Schedule* (BBS) *Pilecap* Kondisi Eksisting..... 54
Tabel 4.15 *Bar Bending Schedule* (BBS) Kolom Kondisi Eksisting..... 55
Tabel 4.16 *Bar Bending Schedule* (BBS) Balok Kondisi Eksisting 55
Tabel 4.17 *Bar Bending Schedule* (BBS) Plat Lantai Kondisi Eksisting..... 56
Tabel 4.18 Rekapitulasi Pendatangan Baja Tulangan..... 58
Tabel 4.19 Rekapitulasi Penggunaan Baja Tulangan di Lapangan..... 58
Tabel 4.20 Rekap Penggunaan dan *Waste* Baja Tulangan..... 59
Tabel 4.21 Rekap Penggunaan dan *Waste* Baja Tulangan untuk Pekerjaan *Pilecap*, Kolom, dan Balok 59
Tabel 4.22 Rekap Data Input *Cutting Optimization Pro*..... 61
Tabel 4.23 Rekap Kebutuhan Baja Tulangan Hasil Optimasi 63
Tabel 4.24 Hasil *Waste* Material Optimasi 63
Tabel 4.25 Rekapitulasi Hasil *Waste* di Lapangan dan Optimasi 64

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Optimasi Desain dan Pola Pemotongan Baja Tulangan Untuk Mengurangi Waste dan Biaya Konstruksi Pembangunan Gedung Pondok Shabran Universitas Muhammadiyah Surakarta
Tika Octafiani, Ir. Nur Budi Susanto, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.26 AHSP yang Digunakan 64
Tabel 4.27 Hasil Biaya Material Perencanaan, Kondisi Eksisting, dan Hasil Optimasi 65
Tabel 4.28 Faktor Ketidaksesuaian Rencana dan Realisasi 66
Tabel 4.29 Faktor Terjadinya *Waste* di Lapangan 67
Tabel 4.30 Evaluasi Pelaksanaan Penulangan 68
Tabel 4.31 Rekomendasi dan Upaya Mitigasi *Waste* di Lapangan..... 69

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Optimasi Desain dan Pola Pemotongan Baja Tulangan Untuk Mengurangi Waste dan Biaya Konstruksi Pembangunan Gedung Pondok Shabran Universitas Muhammadiyah Surakarta
Tika Octafiani, Ir. Nur Budi Susanto, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Autodesk Revit* 17
Gambar 2.2 Contoh Perhitungan *Bar Bending Schedule* (BBS) 18
Gambar 2.3 Tampilan *Cut Optimization Pro (COP)* 19
Gambar 2.4 Baja tulangan 19
Gambar 2.5 Syarat Penyambungan Tulangan Kolom 21
Gambar 2.6 Syarat Penyambungan Tulangan 22
Gambar 2.7 Standar Kait Tulangan Utama 22
Gambar 2.8 Standar Kait Tulangan Sengkang dan Pelat 23
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian dari GoogleMaps 25
Gambar 3.2 Siteplan Proyek Pembangunan 25
Gambar 3.3 Observasi Langsung di Lapangan 27
Gambar 3.4 Wawancara dengan Responden 28
Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian 30
Gambar 4.1 Desain Bangunan Pondok Shabran UMS 32
Gambar 4.2 Pembangunan Pondok Shabran UMS 33
Gambar 4.3 Denah *Pilecap* dan *Footplat* 34
Gambar 4.4 Detail *Pilecap* 34
Gambar 4.5 Denah Kolom 35
Gambar 4.6 Detail Kolom 36
Gambar 4.7 Denah Balok 37
Gambar 4.8 Detail Balok 37
Gambar 4.9 Denah Plat Lantai 38
Gambar 4.10 Detail Plat Lantai 39
Gambar 4.11 Pemodelan Grid 40
Gambar 4.12 Pemodelan Elevasi 40
Gambar 4.13 Pemodelan *Pilecap* dan *Footplat* 40
Gambar 4.14 Pemodelan Kolom 41
Gambar 4.15 Pemodelan Balok 41
Gambar 4.16 Pemodelan Plat Lantai 42
Gambar 4.17 Pengaturan Rebar Cover 42

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Optimasi Desain dan Pola Pemotongan Baja Tulangan Untuk Mengurangi Waste dan Biaya Konstruksi Pembangunan Gedung Pondok Shabran Universitas Muhammadiyah Surakarta
Tika Octafiani, Ir. Nur Budi Susanto, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.18 Pemodelan Baja Tulangan *Pilecap* 42
Gambar 4.19 Pemodelan Baja Tulangan Kolom..... 43
Gambar 4.20 Pemodelan Baja Tulangan Balok 43
Gambar 4.21 Pemodelan Baja Tulangan Plat Lantai 44
Gambar 4.22 *Bar Bending Schedule* (BBS) *Pilecap*..... 45
Gambar 4.23 *Bar Bending Schedule* (BBS) Kolom..... 46
Gambar 4.24 *Bar Bending Schedule* (BBS) Balok 47
Gambar 4.25 *Bar Bending Schedule* (BBS) Plat Lantai 48
Gambar 4.26 Pendatangan Baja Tulangan..... 52
Gambar 4.27 Penyimpanan Baja Tulangan Sebelum Lantai 1 Digunakan..... 52
Gambar 4.28 Penyimpanan Baja Tulangan Setelah Lantai 1 Digunakan 52
Gambar 4.29 Lokasi Pabrikasi Baja Tulangan..... 53
Gambar 4.30 Lokasi Pemotongan Baja Tulangan..... 54
Gambar 4.31 Lokasi 1 *Waste* Material..... 57
Gambar 4.32 Lokasi 2 *Waste* Material..... 57
Gambar 4.33 Input Data Ke *Cutting Optimization Pro* 61
Gambar 4.34 Input Data dan *Stock* pada *Cutting Optimization Pro*..... 62
Gambar 4.35 Hasil Pola Pemotongan dengan *Cutting Optimization Pro*..... 62

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Optimasi Desain dan Pola Pemotongan Baja Tulangan Untuk Mengurangi Waste dan Biaya Konstruksi Pembangunan Gedung Pondok Shabran Universitas Muhammadiyah Surakarta
Tika Octafiani, Ir. Nur Budi Susanto, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Klasifikasi Gedung Pondok Shabran UMS 74
Lampiran 2 Desain Bangunan Pondok Shabran UMS 74
Lampiran 3 Gambar Kerja Pilecap 75
Lampiran 4 Data-Data Pilecap dan Footplat 79
Lampiran 5 Gambar Kerja Kolom 80
Lampiran 6 Data-Data Kolom 87
Lampiran 7 Gambar Kerja Balok dan Plat Lantai 88
Lampiran 8 Data-data Balok 94
Lampiran 9 Pemodelan *Autodesk Revit* 95
Lampiran 10 Pemodelan Penulangan Pilecap 96
Lampiran 11 Pemodelan Penulangan Kolom 97
Lampiran 12 Pemodelan Penulangan Balok 98
Lampiran 13 Pemodelan Penulangan Plat Lantai 99
Lampiran 14 *Bar Bending Schedule Pilecap* dan *Footplat* 100
Lampiran 15 *Bar Bending Schedule Kolom* 102
Lampiran 16 *Bar Bending Schedule* Balok 107
Lampiran 17 *Bar Bending Schedule* Plat Lantai 135
Lampiran 18 Rekapitulasi Kebutuhan Baja tulangan *Pilecap* dan *Footplat* 145
Lampiran 19 Rekapitulasi Kebutuhan Baja tulangan Kolom 146
Lampiran 20 Rekapitulasi Kebutuhan Baja tulangan Balok 146
Lampiran 21 Rekapitulasi Kebutuhan Baja tulangan Plat Lantai 146
Lampiran 22 Rekapitulasi Kebutuhan Baja tulangan 147
Lampiran 23 *Bar Bending Schedule* (BBS) Kondisi Eksisting 148
Lampiran 24 Dokumentasi Kondisi Eksisting 180
Lampiran 25 Input Data *Cutting Optimization Pro* Diameter Tulangan D10 181
Lampiran 26 Input Data *Cutting Optimization Pro* Diameter Tulangan D13 182
Lampiran 27 Input Data *Cutting Optimization Pro* Diameter Tulangan D16 183
Lampiran 28 Input Data *Cutting Optimization Pro* Diameter Tulangan D19 183
Lampiran 29 Input Data *Cutting Optimization Pro* Diameter Tulangan D22 185

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Optimasi Desain dan Pola Pemotongan Baja Tulangan Untuk Mengurangi Waste dan Biaya Konstruksi Pembangunan Gedung Pondok Shabran Universitas Muhammadiyah Surakarta
Tika Octafiani, Ir. Nur Budi Susanto, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lampiran 30 Hasil Pola Pmeotongan Baja Tulangan D10 187
Lampiran 31 Hasil Pola Pmeotongan Baja Tulangan D13 189
Lampiran 32 Hasil Pola Pmeotongan Baja Tulangan D16 190
Lampiran 33 Hasil Pola Pmeotongan Baja Tulangan D19 191
Lampiran 34 Hasil Pola Pmeotongan Baja Tulangan D22 194
Lampiran 35 Volume Kebutuhan Baja Tulangan Perencanaan 198
Lampiran 36 Rekap Pendatangan Baja Taulangan di Lapangan 198
Lampiran 37 Rekapitulasi Penggunaan Baja Tulangan di Lapangan 199
Lampiran 38 *Waste* Baja Tulangan di Lapangan pada Pekerjaan Pilecap, Kolom, Balok, dan Plat Lantai 199
Lampiran 39 *Waste* Baja Tulangan di Lapangan pada Pekerjaan Pilecap, Kolom, Balok 199
Lampiran 40 *Waste* Material Baja Tulangan Perencanaan 200
Lampiran 41 *Waste* Material Hasil Optimasi 200
Lampiran 42 Biaya Material Baja Tulangan Perencanaan 201
Lampiran 43 Biaya Material Baja Tulangan Kondisi Eksisting 201
Lampiran 44 Biaya Material Baja Tulangan Hasil Optimasi 202
Lampiran 45 Faktor Ketidaksesuaian Realisasi dan Rencana 202
Lampiran 46 Faktor Terjadinya *Waste* di Lapangan 203
Lampiran 47 Evaluasi Pekerjaan Penulangan di Lapangan 203
Lampiran 48 Rekomendasi dan Upaya Mitigasi *Waste* di Lapangan 204
Lampiran 49 Dokumentasi Penelitian 204