



LAPORAN TUGAS AKHIR

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG CADASTER AND GEOINFORMATICS ENGINEERING UGM BERBASIS BIM 5D

Oleh:

Cike Gladiola Kudadiri	40030522650037
Muh Rifqy Halim Arkaan	40030522650142

Diajukan sebagai
salah satu syarat dalam menyelesaikan Sarjana Terapan
Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur
Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL DAN
PERANCANGAN ARSITEKTUR
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO
2026**

HALAMAN PENGESAHAN



LAPORAN TUGAS AKHIR

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG CADASTER AND GEOINFORMATICS ENGINEERING UGM BERBASIS BIM 5D

Oleh :

Cike Gladiola Kudadiri 40030522650037

Muh Rifqy Halim Arkaan 40030522650142

Laporan ini telah disusun berdasarkan masukan dari pembimbing dan dinyatakan dapat diajukan untuk ujian tugas akhir pada tanggal 16-Sept. 2026

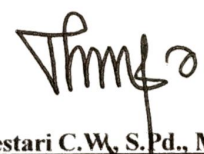
Semarang, 16-Sept. 2026

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Bambang Setiabudi, S.T., M.T.
NIP. 196109021987031002


Anita Lestari C.W., S.Pd., M.Eng.
NIP. 199301252024062001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur


Dr. Asri Nurdiana, S.T., M.T.
NIP. 198512092012122001



LAPORAN TUGAS AKHIR

REDESIGN STRUKTUR GEDUNG *CADASTER AND* *GEOINFORMATICS ENGINEERING* UGM BERBASIS BIM 5D

Oleh:

Cike Gladiola Kudadiri 40030522650037

Muh Rifqy Halim Arkaan 40030522650142

Laporan ini telah diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi
saat pelaksanaan ujian tugas akhir pada tanggal 29 September 2026

Semarang, 30 September 2026

Mahasiswa 1

Cike Gladiola Kudadiri

NIM. 40030522650037

Mahasiswa 2

Muh Rifqy Halim Arkaan

NIM. 40030522650142

Penguji 1

Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., PhD

NIP. 198903212015042002

Menyetujui,
Penguji 2

Bambang Setiabudi, S.T., M.T.

NIP. 196109021987031002

Penguji 3

Anita Lestari C.W., SPd., M.Eng.

NIP. 199301252024062001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur

Dr. Asri Nurdiana, S.T., M.T.

NIP. 198512092012122001

ABSTRAK

Gedung *Cadaster and Geoinformatics Engineering* UGM, gedung laboratorium enam lantai di Sleman, dirancang dengan sistem ganda berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser serta pelat konvensional. Penelitian ini merancang ulangannya dengan SRPMK tanpa dinding geser dan pelat bondek, lalu membandingkan biayanya dengan desain eksisting. Struktur dianalisis dengan ETABS 22.4.0 berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019, sedangkan fondasi *borepile* D80 direncanakan dari data N-SPT. Volume, biaya, dan jadwal disusun berbasis BIM 5D dengan Revit, Excel, Microsoft Project, dan Navisworks. Hasilnya menunjukkan periode fundamental 1,342 detik tanpa ketidakberaturan torsi maupun tingkat lunak, dengan kolom 700×700 mm serta balok 450×600 mm dan 500×600 mm. Pelat bondek memenuhi syarat kekuatan dan lendutan; dibandingkan pelat konvensional, lendutan seketikanya lebih kecil, tetapi lendutan jangka panjangnya lebih besar. Pada sampel pengecoran kolom, volume *Quantity Take Off Revit* 1,55% lebih kecil daripada hitungan manual. Penghapusan dinding geser menurunkan biaya persiapan dan struktur bawah 34,1%, tetapi menaikkan biaya struktur atas 9,3%, sehingga biaya total naik 0,96%. Dengan pelat bondek, biaya struktur menjadi Rp20,15 miliar atau 1,39% di bawah desain eksisting. Jadwal desain pelat bondek menghasilkan durasi pelaksanaan 24 minggu.

Kata kunci : *Redesign*, SRPMK, Sistem Ganda, Pelat Bondek, BIM 5D.

ABSTRACT

The UGM Cadaster and Geoinformatics Engineering Building, a six-storey laboratory in Sleman, was designed as a dual system of Special Moment Resisting Frame (SRPMK) and shear walls with conventional slabs. This study redesigns it as an SRPMK without shear walls and with metal deck (bondek) slabs, comparing its cost with the existing design. The ETABS 22.4.0 analysis followed SNI 1726:2019, 1727:2020, and 2847:2019, and 800 mm bored piles were designed from N-SPT data. Quantities, costs, and the schedule were prepared in 5D BIM (Revit, Excel, Microsoft Project, Navisworks). The fundamental period is 1.342 s with no torsional or soft-storey irregularity; columns are 700 × 700 mm and beams 450 × 600 and 500 × 600 mm. The metal deck slab meets strength and deflection limits, with smaller immediate but larger long-term deflection than the conventional slab. For sampled column concrete, the Revit Quantity Take-Off is 1.55% below the manual calculation. Removing the shear walls cuts preparatory and substructure costs by 34.1% but raises superstructure costs by 9.3%, a net 0.96% increase. With metal deck slabs, the cost becomes IDR 20.15 billion, 1.39% below the existing design. The metal deck design is scheduled for 24 weeks.

Keywords: *Redesign, Special Moment Resisting Frame, Dual System, Metal Deck Slab, BIM 5D.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang kita nantikan syafaatnya di akhirat kelak.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang tulus kepada:

1. Ibu Dr. Asri Nurdiana, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur.
2. Bapak Bambang Setiabudi, S.T., M.T., dan Ibu Anita Lestari C.W., S.Pd., M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir.
3. Segenap dosen dan staf Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Universitas Diponegoro atas ilmu yang telah diberikan selama masa studi.
4. Orang tua, keluarga, serta sahabat yang tiada henti memberikan doa, motivasi, dan dukungan moral dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Rekan-rekan mahasiswa atas kebersamaan dan bantuan yang diberikan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi yang berguna bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Semarang, 10 September 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Manfaat.....	7
1.5 Batasan Masalah.....	8
1.6 Ruang Lingkup	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 <i>Preliminary Design</i>	11
2.1.1 Perencanaan Pelat	11
2.1.2 Perencanaan Balok dan <i>Tie Beam</i>	14
2.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom.....	17
2.2 Pembebanan.....	17
2.2.1 Beban Mati.....	17
2.2.2 Beban Hidup	18
2.2.3 Beban Hujan	18
2.2.4 Beban Gempa.....	19
2.2.5 Kombinasi Pembebanan	32
2.3 <i>ETABS</i>	33
2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus atau SRPMK.....	36
2.5 Sambungan Baja dan Penulangan Struktur Atas.....	36

2.5.1 Sambungan Baja Menggunakan Idea StatiCa.....	36
2.5.2 Penulangan Pelat.....	39
2.5.3 Penulangan Balok	42
2.5.4 Penulangan Kolom.....	46
2.6 Fondasi dan <i>Tie Beam</i>	48
2.6.1 Fondasi <i>Borepile</i>	48
2.6.2 Menentukan <i>P-Y Curve</i> Menggunakan <i>Lpile</i>	49
2.6.3 Analisis Penurunan Fondasi Menggunakan <i>Plaxis</i>	51
2.6.4 Menentukan Kapasitas <i>Punching Shear Pile Cap</i> Menggunakan <i>SAFE</i>	52
2.6.5 Penurunan Fondasi (<i>Settlement</i>)	54
2.6.6 <i>Tie Beam</i>	55
2.7 <i>Autodesk Revit</i>	56
2.8 <i>Microsoft Excel</i>	58
2.9 Rencana Anggaran Biaya (RAB)	59
2.10 Penjadwalan.....	59
2.11 <i>Microsoft Project</i>	60
2.12 <i>Autodesk Navisworks</i>	60
2.13 BIM (Building Information Modelling)	62
2.13.1 BIM 3D	64
2.13.2 BIM 4 D dan 5D	64
2.14 Penelitian terdahulu	64
BAB III METODE PENELITIAN.....	71
3.1 Rancangan Penelitian	71
3.2 Pengumpulan Data	78
3.3 Studi Literatur.....	80
3.4 Menentukan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen	80
3.5 <i>Preliminary Design</i>	83
3.5.1 Merencanakan Dimensi Pelat	83
3.5.2 <i>Preliminary Design Tie Beam</i> dan Balok	85
3.5.3 Merencanakan Dimensi Kolom	86

3.6 Permodelan Rangka Struktur, Pembebanan, dan Analisa Struktur Menggunakan <i>ETABS</i>	87
3.7 Analisa Struktur.....	127
3.7.1 Permodelan Struktur	127
3.7.2 Analisa Struktur	129
3.8 Merencanakan Sambungan Baja dan Penulangan Struktur Atas	130
3.8.1 Sambungan Baja	130
3.8.2 Penulangan Pelat.....	134
3.8.3 Penulangan Balok	136
3.8.4 Penulangan Kolom.....	138
3.9 Merencanakan Struktur Bawah	140
3.9.1 Fondasi <i>Borepile</i>	140
3.9.2 <i>Tie Beam</i>	144
3.10 <i>Modelling</i> 3D Menggunakan <i>Revit</i>	146
3.11 Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	153
3.11.1 Perhitungan <i>Quantity Take Off</i> (QTO)	153
3.11.2 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	155
3.12 Penjadwalan Proyek Menggunakan <i>Microsoft Project</i>	156
3.13 Penyusunan Simulasi 5D Hasil <i>Redesign</i> Gedung <i>Cadaster and Geoinformatics Engineering</i> UGM Menggunakan <i>Navisworks</i>	160
BAB IV HASIL/PEMBAHASAN.....	165
4.1 <i>Preliminary Design</i>	165
4.1.1 <i>Preliminary Design</i> Pelat.....	165
4.1.2 <i>Preliminary Design</i> Balok	174
4.1.3 <i>Preliminary Design</i> Kolom.....	176
4.2 Pembebanan.....	177
4.2.1 Beban Mati.....	177
4.2.2 Beban Hidup	180
4.2.3 Beban Angin	181
4.2.4 Beban Gempa.....	181
4.3 Kombinasi Pembebanan	184

4.4 Analisa Struktur.....	189
4.4.1 Permodelan Struktur	189
4.4.2 Analisa Struktur Hasil Desain	192
4.5 Perhitungan Sambungan Baja dan Penulangan Struktur Atas.....	203
4.5.1 Sambungan Baja	203
4.5.2 Penulangan Struktur Pelat.....	207
4.5.3 Lendutan Pada Pelat.....	228
4.5.4 Penulangan Struktur Balok	240
4.5.5 Penulangan Struktur Kolom.....	261
4.6 Perhitungan Penulangan Struktur Bawah	276
4.6.1 Perencanaan <i>Borepile</i>	276
4.6.2 Perencanaan Tulangan <i>Pile Cap</i>	302
4.6.3 Pemeriksaan Penurunan Tanah Menggunakan Plaxis 3D	305
4.6.4 Perencanaan <i>Tie Beam</i>	306
4.7 Memodelkan 3D dengan <i>Revit</i>	313
4.7.1 Ekstrak Model <i>ETABS</i> ke <i>Revit</i>	313
4.7.2 Quantity Take Off/Scheduling.....	315
4.7.3 Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	319
4.8 Penjadwalan Proyek dengan <i>Microsoft Project</i>	324
4.9 Pembuatan Simulasi 5D Menggunakan <i>Navisworks</i>	326
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	328
5.1 Kesimpulan.....	328
5.2 Saran	329
DAFTAR PUSTAKA	331

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Denah lebar efektif maksimum balok lebar (<i>wide beam</i>) dan persyaratan tulangan transversal.....	16
Gambar 2.2	Potongan A-A Lebar efektif maksimum balok lebar (<i>wide beam</i>) dan persyaratan tulangan transversal.....	16
Gambar 2.3	Peta Wilayah S ₁	21
Gambar 2.4	Peta Wilayah S _s	21
Gambar 2.5	Respon Spektrum Desain.....	24
Gambar 2.6	Peta Transisi Periode Panjang, T _L , Wilayah Indonesia.....	24
Gambar 2.7	Laman RSA Cipta Karya	30
Gambar 2.8	Input Koordinat Pada Laman RSA Cipta Karya.....	31
Gambar 2.9	Input Kelas Sesuai Keadaan Tanah.....	31
Gambar 2.10	Logo <i>ETABS</i>	34
Gambar 2.11	Interoperabilitas BIM dengan <i>CSI</i>	35
Gambar 2.12	Tampilan Awal <i>Software ETABS</i>	35
Gambar 2.13	Logo <i>idea StatiCa</i>	38
Gambar 2.14	Tampilan Awal <i>Software idea StatiCa</i>	38
Gambar 2.15	Logo <i>Software LPILE</i>	50
Gambar 2.16	Logo <i>Software Plaxis 3D</i>	51
Gambar 2.17	Logo <i>Software CSI SAFE</i>	53
Gambar 2.18	Logo <i>Autodesk Revit</i>	56
Gambar 2.19	Tampilan Awal <i>Software Autodesk Revit</i>	57
Gambar 2.20	Logo <i>Microsoft Excel</i>	58
Gambar 2.21	Logo <i>Microsoft Project</i>	60
Gambar 2.22	Logo <i>Navisworks</i>	61
Gambar 2.23	Kerangka Kerja Model Bangunan Sebagai Bank Material dengan Implementasi Teknologi BIM dan Industri 4.0.	62
Gambar 3.1	Diagram Alir Perencanaan.....	73
Gambar 3.2	Diagram Alir Pemodelan Rangka Struktur, Pembebanan dan Analisa Struktur menggunakan <i>ETABS</i>	88
Gambar 3.3	Memilih <i>New Model</i> pada <i>ETABS</i>	89
Gambar 3.4	Mengatur <i>Model Initialization</i>	89
Gambar 3.5	Mengatur <i>Template</i> pada <i>ETABS</i>	90
Gambar 3.6	Tampilan <i>Template ETABS</i>	90
Gambar 3.7	Mengatur <i>Grid</i> Struktur pada <i>ETABS</i>	91
Gambar 3.8	Mendefinisikan Material pada <i>ETABS</i>	91
Gambar 3.9	Input <i>Material Property Data</i> Beton	92
Gambar 3.10	Input <i>Material Property Data</i> Baja Tulangan.....	92
Gambar 3.11	Input <i>Material Property Data</i> Baja IWF	93

Gambar 3.12 Input <i>Material Property Data</i> Baja Bondek	93
Gambar 3.13 Mendefinisikan Penampang Kolom dan Balok	94
Gambar 3.14 Input <i>Data Frame Section</i> Balok	94
Gambar 3.15 Input <i>Data Frame Section</i> Kolom	95
Gambar 3.16 <i>Modify/Show Modifiers</i> Balok	96
Gambar 3.17 <i>Property/Stiffness Modifiers</i> Balok.....	96
Gambar 3.18 <i>Modify/Show Modifiers</i> Kolom.....	97
Gambar 3.19 <i>Property/Stiffness Modifiers</i> Kolom	97
Gambar 3.20 <i>Modify/Show Rebar</i> Balok	98
Gambar 3.21 <i>Setting Frame Section Property Data</i> Balok	98
Gambar 3.22 <i>Modify/Show Rebar</i> Kolom	99
Gambar 3.23 <i>Setting Frame Section Property Data</i> Kolom.....	99
Gambar 3.24 Mendefinisikan Pelat pada <i>ETABS</i>	100
Gambar 3.25 Input <i>Slab Property Data</i>	101
Gambar 3.26 <i>Property/Stiffness Modifiers</i> Pelat	101
Gambar 3.27 Properties Pelat yang Digunakan pada <i>ETABS</i>	102
Gambar 3.28 Mendefinisikan Pelat Bondek.....	102
Gambar 3.29 Input <i>Properties</i> Bondek.....	103
Gambar 3.30 Pemodelan Kolom pada <i>ETABS</i>	103
Gambar 3.31 Tampak dan Denah Kolom pada <i>ETABS</i>	104
Gambar 3.32 Pemodelan Balok pada <i>ETABS</i>	104
Gambar 3.33 Tampak dan Denah Balok dan Kolom pada <i>ETABS</i>	105
Gambar 3.34 Pemodelan Pelat.....	105
Gambar 3.35 Tampak dan Denah Balok, Kolom, dan Pelat pada <i>ETABS</i>	106
Gambar 3.36 Pemodelan Struktur Tangga.....	106
Gambar 3.37 Pemodelan Struktur Atap Baja.....	107
Gambar 3.38 Hasil Akhir Pemodelan Elemen Balok, Kolom, Pelat, Tangga, dan Atap	107
Gambar 3.39 <i>Response Spectrum</i>	108
Gambar 3.40 Input Data Gempa Hasil Analisis	108
Gambar 3.41 <i>Load Patterns</i>	109
Gambar 3.42 Input <i>Data Seismic loading</i>	109
Gambar 3.43 Konfigurasi <i>Mass Source</i>	110
Gambar 3.44 <i>Mass Source Data</i>	110
Gambar 3.45 Mendefinisikan <i>Load Cases</i>	111
Gambar 3.46 <i>Load Cases</i> Yang Telah Didefinisikan.....	111
Gambar 3.47 Hasil Analisis Dinamis	112
Gambar 3.48 Kombinasi Pembebanan melalui fitur <i>Interactive Database</i>	113
Gambar 3.49 Ekspor Tabel <i>Load Combination Definitions</i> ke <i>Microsoft Excel</i>	113
Gambar 3.50 Ekspor Tabel <i>Load Combination Definitions</i> ke <i>Microsoft Excel</i>	114

Gambar 3.51 Hasil <i>Interactive Database Editing</i>	114
Gambar 3.52 Input Pembebanan Pelat	115
Gambar 3.53 <i>Set</i> Pembebanan Baru	115
Gambar 3.54 <i>Uniform Load Set</i>	116
Gambar 3.55 Tampilan 3D Beban Pelat	116
Gambar 3.56 Input Beban Dinding.....	117
Gambar 3.57 Tampilan 3D Beban Dinding	117
Gambar 3.58 Mendefinisikan Diafragma	118
Gambar 3.59 <i>Diaphragm Data</i>	118
Gambar 3.60 Input Beban Diafragma Pada Pelat.....	118
Gambar 3.61 Mendefinisikan <i>Rigid Zone Factor</i>	119
Gambar 3.62 <i>Input Rigid Zone Factor</i>	119
Gambar 3.63 Input Jenis Tumpuan pada Struktur	120
Gambar 3.64 <i>Plan View</i> Lantai GF	120
Gambar 3.65 Input Pembagian Elemen Pelat	121
Gambar 3.66 <i>Setting Floor Auto Mesh</i>	121
Gambar 3.67 Tampak Lantai yang Telah di <i>Setting Floor Auto Mesh</i>	122
Gambar 3.68 Melakukan Pemeriksaan Model <i>ETABS</i>	122
Gambar 3.69 <i>Setting</i> Bagian Cek Model	123
Gambar 3.70 Validitas Model Struktur.....	123
Gambar 3.71 Melakukan <i>Setting</i> Sebelum <i>Running</i>	124
Gambar 3.72 <i>Running</i> Desain Rangka Beton	124
Gambar 3.73 Pengecekan Desain Rangka Beton	125
Gambar 3.74 Verifikasi Keamanan Desain Rangka Beton.....	125
Gambar 3.75 <i>Running</i> Desain Rangka Baja	126
Gambar 3.76 Pengecekan Desain Rangka Baja.....	126
Gambar 3.77 Verifikasi Keamanan Desain Rangka Baja	127
Gambar 3.78 Memilih Komponen Struktur Baja	131
Gambar 3.79 Mengeluarkan Gaya Dalam pada <i>ETABS</i>	131
Gambar 3.80 Mencari Nilai Momen Terbesar pada Struktur	132
Gambar 3.81 Memilih Jenis Sambungan Baja yang Akan Digunakan.....	132
Gambar 3.82 Input Properti Ukuran dan Beban pada <i>Idea StatiCa</i>	133
Gambar 3.83 Pengecekan Kekuatan Sambungan Baja.....	133
Gambar 3.84 Membuat Laporan Hasil Analisis (<i>Report</i>).....	134
Gambar 3.85 Diagram Alir Penulangan Pelat	134
Gambar 3.86 Diagram Alir Penulangan Balok.....	136
Gambar 3.87 Diagram Alir Penulangan Kolom	139
Gambar 3.88 Diagram Alir Perencanaan Fondasi <i>Borepile</i>	141
Gambar 3.89 Diagram Alir Perencanaan <i>Tie Beam</i>	144
Gambar 3.90 Diagram Alir Modelling 3D Menggunakan <i>Revit</i>	146

Gambar 3.91 <i>New Project</i> pada <i>Revit</i>	147
Gambar 3.92 Mengatur Satuan pada <i>Revit</i>	147
Gambar 3.93 Mengatur Elevasi/Ketinggian Bangunan.....	148
Gambar 3.94 Memilih Jenis <i>Structural Column</i>	148
Gambar 3.95 Menyesuaikan Dimensi Kolom	149
Gambar 3.96 Memilih Jenis <i>Structural Beam</i>	149
Gambar 3.97 Menyesuaikan Dimensi Balok.....	150
Gambar 3.98 Denah Balok pada <i>Revit</i>	150
Gambar 3.99 Memodelkan Pelat	151
Gambar 3.100 Membuat <i>Family</i> Fondasi.....	151
Gambar 3.101 Memodelkan Fondasi pada <i>Revit</i>	152
Gambar 3.102 Memodelkan Penulangan pada <i>Revit</i>	152
Gambar 3.103 Hasil <i>Quantity Take Off</i> dari <i>Revit</i>	153
Gambar 3.104 Diagram Alir Perhitungan <i>Quantity Take Off</i>	153
Gambar 3.105 <i>Schedule/Quantities</i> pada <i>Revit</i>	154
Gambar 3.106 Penentuan Objek Analisis QTO.....	154
Gambar 3.107 Hasil Perhitungan Otomatis Parameter QTO.....	155
Gambar 3.108 Diagram Alir Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	155
Gambar 3.109 Data Harga Satuan Pekerjaan (HSP)	156
Gambar 3.110 Hasil Perhitungan Estimasi Biaya.....	156
Gambar 3.111 Diagram Alir Penjadwalan Menggunakan <i>Microsoft Project</i>	157
Gambar 3.112 <i>Project Information</i> pada <i>Microsoft Project</i>	157
Gambar 3.113 Mengatur Tanggal Dimulainya Pekerjaan.....	158
Gambar 3.114 <i>Change Working Time</i> pada <i>Microsoft Project</i>	158
Gambar 3.115 Input Item Pekerjaan pada <i>Microsoft Project</i>	159
Gambar 3.116 Input Durasi Pekerjaan pada <i>Microsoft Project</i>	159
Gambar 3.117 Gantt Chart pada <i>Microsoft Project</i>	160
Gambar 3.118 <i>Network Diagram</i> pada <i>Microsoft Project</i>	160
Gambar 3.119 Diagram Alir Simulasi 5D pada <i>Navisworks</i>	161
Gambar 3.120 Ekspor Model 3D <i>Revit</i> pada <i>Navisworks</i>	161
Gambar 3.121 <i>Manage Sets</i> pada <i>Navisworks</i>	162
Gambar 3.122 Integrasi Data Penjadwalan dari <i>Microsoft Project</i>	162
Gambar 3.123 Data Penjadwalan yang Diintegrasikan pada <i>Navisworks</i>	163
Gambar 3.124 Menghubungkan Elemen ke Item Pekerjaan	163
Gambar 3.125 <i>Construct</i> pada <i>Task Type</i>	164
Gambar 3.126 Simulasi Pekerjaan pada <i>Navisworks</i>	164
Gambar 4.1 Contoh Bagian Pelat yang Dimasukkan ke Balok Sesuai 8.4.1.8 .	166
Gambar 4.2 Spektrum Respon Desain.....	182
Gambar 4.3 Denah Titik <i>Joint</i>	189
Gambar 4.4 Permodelan Balok dan Pelat 2 (h = 4,15 m).....	189

Gambar 4.5 Permodelan Balok dan Pelat 3 ($h = 7,75$ m).....	190
Gambar 4.6 Permodelan Balok dan Pelat 4 ($h = 11,95$ m).....	190
Gambar 4.7 Permodelan Balok dan Pelat 5 ($h = 16,15$ m).....	191
Gambar 4.8 Permodelan Balok dan Pelat <i>Roof</i> ($h = 19,75$ m)	191
Gambar 4.9 Permodelan Balok dan Pelat <i>Ringbalk</i> ($h = 22,9$ m)	192
Gambar 4.10 3D Permodelan Struktur pada ETABS	192
Gambar 4.11 Mode Shape 1 – $T = 1,342$; $U_Y = 0,7426$	194
Gambar 4.12 Mode Shape 2 – $T = 1,282$; $U_X = 0,7215$	195
Gambar 4.13 Mode Shape 3 – $T = 1,114$; $R_Z = 0,7702$	195
Gambar 4.14 Gaya Internal Aksial P Akibat <i>Envelope</i> LRFD	202
Gambar 4.15 Gaya Internal Geser V2-2 Akibat <i>Envelope</i> LRFD	202
Gambar 4.16 Gaya Internal Momen Lentur M3-3 Akibat <i>Envelope</i> LRFD.....	203
Gambar 4.17 Detail Sambungan <i>Baseplate</i>	206
Gambar 4.18 Profil Pelat <i>Union Deck</i> W-1000	239
Gambar 4.19 Diagram Kapasitas Aksial Momen Arah X	263
Gambar 4.20 Diagram Kapasitas Aksial Momen Arah Y.....	264
Gambar 4.21 Lokasi Titik Pekerjaan Penyelidikan Tanah.....	276
Gambar 4.22 Dokumentasi Uji Bor.....	277
Gambar 4.23 Dokumentasi Uji Sondir	277
Gambar 4.24 Variasi N-SPT Terhadap Kedalaman Tanah.....	278
Gambar 4.25 Data N-SPT BH1	282
Gambar 4.26 Kapasitas Aksial <i>Borepile</i>	283
Gambar 4.27 <i>Partly Embedded Pile and Equivalent Fixed Base Pile or Column</i>	288
Gambar 4.28 Sketsa Penentuan Jumlah Tiang.....	290
Gambar 4.29 Layout Kebutuhan Fondasi Rencana	294
Gambar 4.30 Diagram Interaksi P-M (<i>Strain Compatibility</i>).....	297
Gambar 4.31 <i>Sketsa Cross-Section Borepile</i> PC1	299
Gambar 4.32 Defleksi Berbagai Beban Lateral.....	300
Gambar 4.33 Grafik Kapasitas Lateral	301
Gambar 4.34 Analisa Pemampatan Fondasi	302
Gambar 4.35 Permodelan 3D Elemen Struktur dengan <i>Revit</i>	314
Gambar 4.36 Permodelan 3D Tulangan dengan <i>Revit</i>	315
Gambar 4.37 <i>Quantity Take Off</i> Pengecoran Pelat	316
Gambar 4.38 <i>Quantity Take Off</i> Pengecoran Kolom.....	316
Gambar 4.39 <i>Quantity Take Off</i> Pengecoran Fondasi	317
Gambar 4.40 <i>Quantity Take Off</i> Pengecoran Balok.....	317
Gambar 4.41 <i>Quantity Take Off</i> Penulangan	318
Gambar 4.42 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Eksisting.....	320
Gambar 4.43 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Efisiensi Pelat Beton	320

Gambar 4.44	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Efisiensi Bondek	321
Gambar 4.45	<i>Gantt Chart</i> Redesain Struktur Gedung <i>Cadaster and Geoinformatics Engineering</i> UGM	325
Gambar 4.46	Kurva S Redesain Gedung <i>Cadaster and Geoinformatics Engineering</i> UGM	326
Gambar 4.47	<i>Network Planning</i> Redesain Gedung <i>Cadaster and Geoinformatics Engineering</i> UGM	326
Gambar 4.48	Hasil Simulasi <i>Navisworks</i>	327
Gambar 4.49	Simulasi 5D <i>Navisworks</i>	327

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketebalan Minimum Pelat Solid Satu Arah Nonprategang	12
Tabel 2.2 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Tanpa Balok Interior (mm)	12
Tabel 2.3 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang dengan Balok di antara Tumpuan pada Semua Sisinya.....	12
Tabel 2.4 Tinggi Minimum Balok Nonprategang.....	14
Tabel 2.5 Klasifikasi Situs	20
Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_a	22
Tabel 2.7 Koefisien Situs, F_v	22
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	24
Tabel 2.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	25
Tabel 2.10 Faktor R , C_d , dan W_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik (Lanjutan)	25
Tabel 2.11 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	27
Tabel 2.12 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	28
Tabel 2.13 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa.....	28
Tabel 2.14 Faktor Keutamaan Gempa	30
Tabel 2.15 A_{smin} untuk Pelat Satu Arah dan Dua Arah Nonprategang	40
Tabel 2.16 Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) untuk Momen, Gaya Aksial, atau Kombinasi Momen dan Gaya Aksial.....	42
Tabel 2.17 Penelitian Terdahulu	65
Tabel 3.1 Spesifikasi Mutu Beton.....	79
Tabel 3.2 Momen Inersia dan Luas Penampang yang Diizinkan untuk Analisis Elastis pada Level Beban Terfaktor.....	95
Tabel 3.3 Kontrol Ketidakberaturan Struktur	127
Tabel 4.1 <i>Preliminary Design</i> Balok	176
Tabel 4.2 Beban Mati Tambahan Pelat	177
Tabel 4.3 Beban Mati Tambahan Pelat Atap (dak).....	177
Tabel 4.4 Beban Mati Tambahan Pelat Tribun	178
Tabel 4.5 Beban Mati Tambahan Balok Lantai 2 dan 5 ($h = 3,6$ m)	178
Tabel 4.6 Beban Mati Tambahan Balok Lantai 3 dan 4 ($h = 4,2$ m)	179
Tabel 4.7 Beban Mati Tambahan Balok <i>Rooftop</i> ($h = 3,15$ m).....	179
Tabel 4.8 Beban Mati Tambahan Balok Tempered Glass.....	179
Tabel 4.9 Beban Mati Tambahan Balok lantai 2 dan 5 ($h = 3,6$ m) dinding partisi	180

Tabel 4.10 Beban Mati Tambahan Balok Lantai 3 dan 4 ($h = 4,2$ m) dinding partisi	180
Tabel 4.11 Beban Hidup Sesuai Fungsi Ruangan.....	180
Tabel 4.12 Beban Hidup Atap.....	180
Tabel 4.13 Beban Angin	181
Tabel 4.14 Kombinasi Pembebanan Ultimit (LRFD).....	185
Tabel 4.15 Kombinasi Pembebanan LRFD - OV	186
Tabel 4.16 Kombinasi Pembebanan Izin (ASD)	187
Tabel 4.17 Periode Struktur	193
Tabel 4.18 Pemeriksaan Torsi Lateral Arah X.....	195
Tabel 4.19 Pemeriksaan Torsi Lateral Arah Y	196
Tabel 4.20 Pemeriksaan Sudut Dalam.....	196
Tabel 4.21 Pemeriksaan <i>Soft-Story</i> Arah X	196
Tabel 4.22 Pemeriksaan <i>Soft-Story</i> Arah Y	197
Tabel 4.23 Pemeriksaan <i>Soft-Story</i> Ekstrim Arah X.....	197
Tabel 4.24 Pemeriksaan <i>Soft-Story</i> Ekstrim Arah Y.....	198
Tabel 4.25 Pemeriksaan Berat Massa	198
Tabel 4.26 Gaya Geser Dasar Seismik	198
Tabel 4.27 Penskalaan Gaya.....	199
Tabel 4.28 Pemeriksaan Kekakuan Diafragma Arah X.....	199
Tabel 4.29 Pemeriksaan Kekakuan Diafragma Arah Y	200
Tabel 4.30 Pemeriksaan Pengaruh P-Delta Arah X.....	200
Tabel 4.31 Pemeriksaan Pengaruh P-Delta Arah Y	200
Tabel 4.32 Simpangan Maksimum Bangunan (<i>Displacement</i>)	201
Tabel 4.33 <i>Cross-sections</i> Sambungan Baja.....	203
Tabel 4.34 <i>Anchors</i> pada Sambungan Baja	203
Tabel 4.35 Detail <i>Anchors</i> pada Sambungan Baja.....	204
Tabel 4.36 <i>Load Effects</i> pada Sambungan Baja	204
Tabel 4.37 <i>Foundation Block</i> pada Sambungan Baja.....	204
Tabel 4.38 <i>Summary Results</i>	205
Tabel 4.39 <i>Detail Plates</i> Sambungan Baja	205
Tabel 4.40 <i>Design Data</i> Sambungan Baja.....	205
Tabel 4.41 <i>Weld Sections</i> Sambungan Baja.....	205
Tabel 4.42 Rekapitulasi Sambungan Baja	207
Tabel 4.43 Rekapitulasi Penulangan Pelat.....	228
Tabel 4.44 Rekapitulasi Perbandingan Lendutan Pelat	236
Tabel 4.45 Matriks Posisi Tulangan Balok.....	247
Tabel 4.46 Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok	257
Tabel 4.47 Rekapitulasi Penulangan Geser Balok.....	258
Tabel 4.48 Rekapitulasi Penulangan Torsi Balok Geser.....	258

Tabel 4.49 Rekapitulasi Penulangan Torsi Balok Lentur	259
Tabel 4.50 Data Pembebanan Aksial, Geser dan Momen pada Kolom	263
Tabel 4.51 Kontrol Beban Aksial dan Momen Arah X	264
Tabel 4.52 Kontrol Beban Aksial dan Momen Arah Y	264
Tabel 4.53 Rekapitulasi Rasio Kapasitas Penampang Kolom	270
Tabel 4.54 Rekapitulasi Penulangan Lentur Kolom	275
Tabel 4.55 Rekapitulasi Penulangan Geser Kolom	275
Tabel 4.56 Hasil Analisa Klasifikasi Tanah	277
Tabel 4.57 Klasifikasi Data Tanah Berdasarkan Data N-SPT	280
Tabel 4.58 Parameter Data Tanah	280
Tabel 4.59 Rekapitulasi Daya Dukung <i>Borepile</i> BH-1 D40	284
Tabel 4.60 Rekapitulasi Daya Dukung <i>Borepile</i> BH-1 D60	284
Tabel 4.61 Rekapitulasi Daya Dukung <i>Borepile</i> BH-1 D80	285
Tabel 4.62 Rekapitulasi Daya Dukung <i>Borepile</i> BH-2 D40	286
Tabel 4.63 Rekapitulasi Daya Dukung <i>Borepile</i> BH-2 D60	286
Tabel 4.64 Rekapitulasi Daya Dukung <i>Borepile</i> BH-2 D80	287
Tabel 4.65 Kombinasi ASD Gravitasi	288
Tabel 4.66 Kombinasi Gempa Nominal	288
Tabel 4.67 Kombinasi Gempa Kuat	288
Tabel 4.68 Konfigurasi Tiang <i>Borepile</i>	290
Tabel 4.69 Rekapitulasi Daya Dukung Fondasi	292
Tabel 4.70 Rekapitulasi Daya Dukung Fondasi Grup	293
Tabel 4.71 Gaya Dalam Terfaktor pada <i>Borepile</i>	295
Tabel 4.72 Interaksi Aksial Lentur	297
Tabel 4.73 <i>Base Shear</i> Kombinasi Gempa Nominal	301
Tabel 4.74 <i>Base Shear</i> Kombinasi Gempa Kuat	301
Tabel 4.75 Rekapitulasi Penulangan <i>Borepile</i>	302
Tabel 4.76 <i>Output</i> Gaya Dalam <i>CSI SAFE</i>	303
Tabel 4.77 Rekapitulasi Kebutuhan <i>Pilecap</i> dan Tiang Fondasi	305
Tabel 4.78 Rekapitulasi Penulangan <i>Pilecap</i>	305
Tabel 4.79 Rekapitulasi Penulangan <i>Tie Beam</i>	313
Tabel 4.80 Perbandingan Volume Pengecoran Kolom	319
Tabel 4.81 Rekapitulasi Perbandingan RAB	321
Tabel 4.82 Perbandingan Dimensi dan Volume Elemen Struktur Desain Eksisting dan <i>Redesign</i>	322

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lembar Asistensi Tugas Akhir
2. *Detail Engineering Design* (DED)
3. Data Penyelidikan Tanah
4. Harga Satuan Alat, Material, dan Tenaga Kerja
5. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)
6. Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Struktur
7. Penjadwalan Pekerjaan Struktur
8. Integrasi BIM 5D