

TUGAS AKHIR
STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN
BAWAH GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN UIN MALANG KOTA
BATU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BAJA EKSENTRIS
TIPE DIAGONAL



Disusun Oleh:

RICHARD ELBER BARENDIS

NIM : 20.21.109

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2025

LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR
STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN
BAWAH GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN UIN MALANG KOTA
BATU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BAJA EKSENTRIS
TIPE DIAGONAL

Disusun Oleh :
RICHARD ELBER BARENDIS

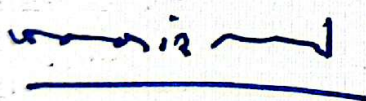
20.21.109

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan
Pada Tanggal, 10 Februari 2025

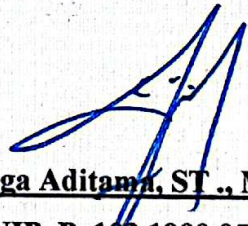
Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Sudirman Indra, M.Sc

NIP. P. 101 8300 054


Vega Aditama, ST., MT

NIP. P. 103 1900 059

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1


Dr. Yosi Munson P. Manaha, S.T., M.T.

NIP. P. 103 0300 383

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN
BAWAH GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN UIN MALANG KOTA
BATU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BAJA EKSENTRIS
TIPE DIAGONAL

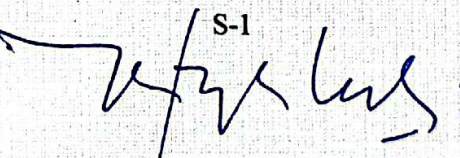
Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Pembahas Tugas Akhir
Jenjang S-1 Pada Tanggal 10 Februari 2025 Dan Diterima Untuk Memenuhi
Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh:
RICHARD ELBER BARENDS
20.21.109

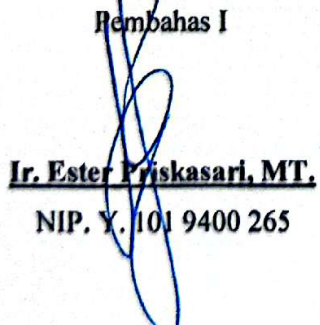
Disahkan Oleh,

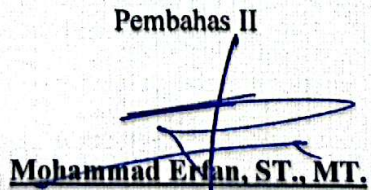
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Dr. Yesimson P. Manaha, ST., MT.
NIP. P. 103 0300 383

Sekretaris Program Studi Teknik Sipil
S-1

Nenny Ropstrianawaty, ST., MT.
NIP. P. 103 1700 533

Anggota Penguji,

Pembahas I

Ir. Ester Priskasari, MT.
NIP. Y. 101 9400 265

Pembahas II

Mohammad Enan, ST., MT.
NIP. P. 103 1500 508

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Richard Elber Barends
Nim : 2021109
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul :

“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN BAWAH GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN UIN MALANG KOTA BATU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BAJA EKSENTRIS TIPE DIAGONAL”

Merupakan karya asli dan bukan merupakan duplikat dan mengutip seluruhnya karya orang lain. Apabila di kemudian hari, karya asli saya disinyalir bukan merupakan karya asli saya, maka saya akan bersedia menerima segala kosekuensi apapun yang diberikan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Malang, 2025

Yang membuat pernyataan



Richard Elber Barends
NIM. 2021109

ABSTRAK

"STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN BAWAH GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN UIN MALANG KOTA BATU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BAJA EKSENTRIS TIPE DIAGONAL".

Oleh : Richard Elber Barends, (2021109) Dosen Pembimbing I : Ir. Sudirman Indra, M.Sc. Dosen Pembimbing II : Vega Aditama, ST., MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada perencanaan ini, Gedung Fakultas Kedokteran UIN Malang direncanakan dengan menggunakan struktur baja, dengan menggunakan metode Sistem Rangka Baja Eksentris Tipe Diagonal dengan material baja Wide Flange pada struktur kolom dan balok, dan 2UNP pada struktur bresing, untuk struktur pelat direncanakan menggunakan beton konvensional. Untuk struktur bawah menggunakan pondasi tiang pancang. Dalam perencanaan ini digunakan pedoman sebagai berikut: SNI 1729-2020, SNI 7860-2020, SNI 1727-2020, SNI 1726-2019, SNI 7972-2020, dan SNI 8460-2017. Data yang digunakan meliputi gambar perencanaan dan data tanah, dari data tersebut dilakukan preliminary elemen struktur. Perhitungan analisa struktur 3D menggunakan aplikasi ETABS 18 yang mana hasil dari analisa didapatkan dimensi Kolom : WF 418 x 418 x 30 x 30 mm, untuk balok didapatkan dimensi : WF 600 x 300 x 16 x 32 mm, dan WF 500 x 300 x 16 x 32 mm, dengan spesifikasi ASTM A572 grade 50. Digunakan Pedestal sebagai penghubung struktur atas dan bawah, dari perhitungan didapatkan dimensi pedestal 0,65 x 0,65 x 1,5 m. Dari perhitungan pondasi bawah didapat Tipe 1 3 jumlah tiang dengan D60 cm, dan untuk Tipe 2 dan Tipe 3 didapat 2 jumlah tiang dengan D60 cm. Untuk nilai penurunan Tipe 1, Tipe 2, dan Tipe 3 adalah sebesar 2,77 cm.

Kata kunci: Baja, Bresing Eksentris, Tiang Pancang

ABSTRACT

"ALTERNATIVE STUDY OF UPPER AND BOTTOM STRUCTURAL DESIGN OF THE FACULTY OF MEDICAL BUILDING, UIN MALANG, BATU CITY USING A DIAGONAL TYPE ECCENTRIC STEEL FRAME SYSTEM".

By: Richard Elber Barends, (2021109) Supervisor I: Ir. Sudirman Indra, M.Sc. Supervisor II: Vega Aditama, ST., MT. Undergraduate Civil Engineering Study Program, Faculty of Civil Engineering and Planning, National Institute of Technology Malang.

In this plan, the UIN Malang Medical Faculty Building is planned using a steel structure, using the Diagonal Type Eccentric Steel Framing System method with Wide Flange steel material in the column and beam structure, and 2UNP in the braced structure, for the plate structure it is planned to use conventional concrete. For the lower structure, a pile foundation is used. In this planning, the following guidelines were used: SNI 1729-2020, SNI 7860-2020, SNI 1727-2020, SNI 1726-2019, SNI 7972-2020, and SNI 8460-2017. The data used includes planning drawings and land data, from this data preliminary structural elements are carried out. 3D structural analysis calculations using the ETABS 18 application where the results of the analysis obtained Column dimensions: WF 418 x 418 x 30 x 30 mm, for beams obtained dimensions: WF 600 x 300 x 16 x 32 mm, and WF 500 x 300 x 16 x 32 mm, with ASTM A572 grade 50 specifications. Pedestal was used as a connecting link for the upper structure and below, from calculations it is obtained that the pedestal dimensions are 0.65 x 0.65 x 1.5 m. From the calculation of the lower foundation, we get 3 pillars for Type 1 with D60 cm, and for Type 2 and Type 3 we get 2 pillars with D60 cm. The reduction value for Type 1, Type 2, and Type 3 is 2.77 cm.

Keywords: Steel, Eccentric Bracing, Piles

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Yang Maha Esa yang sudah melimpahkan segala Rahmat dan anugerah Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN BAWAH GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN UIN MALANG KOTA BATU MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BAJA EKSENTRIS TIPE DIAGONAL**” baik dan benar.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Dr. Yosimson. P. Manaha, ST., MT** selaku Ketua Prodi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
2. **Ir. Sudirman Indra, M.Sc** selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir.
3. **Vega Aditama, ST ., MT** selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir.
4. Orang Tua serta keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- 6.

Penyusun dengan rendah hati menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, Penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Dengan tulus, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini bisa berguna bagi siapapun yang membacanya.

Malang, Februari 2025

(Richard Elber Barends)
2021109

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Studi Terdahulu	5
2.2 Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE).....	9
2.3 Pembebanan Struktur	10
2.3.1 Beban Mati	10
2.3.2 Beban Hidup.....	10
2.3.3 Beban Gempa	10

2.4	Parameter Perhitungan Beban Gempa.....	10
2.5	Metode Analisis Beban Gempa.....	15
2.6	Penentuan Simpangan Antar Tingkat.....	17
2.6.1	Simpangan Antar Tingkat	17
2.6.2	Ketidakteraturan Horizontal	18
2.6.3	Ketidakteraturan Vertikal	19
2.7	Kombinasi Pembebanan	20
2.8	Balok <i>Link</i>	21
2.8.1	Link	21
2.8.2	Perencanaan <i>Link</i>	22
2.9	Perencanaan Elemen Struktur.....	28
2.9.1	Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor beban dan Ketahanan (DFBT)	28
2.9.2	Komponen Struktur untuk Lentur (berdasarkan SNI 1729:2020).....	28
2.9.3	Komponen Struktur untuk Geser (berdasarkan SNI 1729:2020)	34
2.9.4	Komponen Struktur untuk Tarik (berdasarkan SNI 1729:2020).....	35
2.9.5	Komponen Struktur untuk Tekan (berdasarkan SNI 1729:2020)	37
2.9.6	Komponen Struktur untuk Kolom.....	38
2.9.7	Komponen Struktur Komposit	39
2.10	Perencanaan Sambungan	43
2.10.1	Sambungan Baut	43
2.10.2	Sambungan Balok Anak-Balok Induk.....	45
2.10.3	Sambungan Balok Induk-Kolom.....	46
2.10.4	Sambungan Kolom	46
2.10.5	Sambungan Bresing.....	47

2.10.6 Sambungan Las	48
2.11 Pelat Landasan (Base Plate)	49
2.12 Pengertian Pondasi	51
2.13 Klasifikasi Pondasi	53
2.13.1 Pondasi Dangkal.....	53
2.13.2 Pondasi Dalam.....	54
2.14 Kekuatan Pondasi Tiang.....	55
2.15 Pondasi Tiang Pancang	56
2.15.1 Daya Dukung Ujung Ultimit Tiang (Q_p)	56
2.15.2 Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s).....	56
2.15.3 Daya Dukung Total (Q_u).....	57
2.15.4 Daya Dukung Ijin Tiang (Q_a)	57
2.15.5 Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang.....	57
2.16 Pile Cap	57
2.16.1 Penulangan Pile Cap.....	59
2.16.2 Kontrol Geser Pons Pile Cap.....	60
BAB III METODOLOGI.....	61
3.1 Data Perencanaan	61
3.1.1 Lokasi Proyek Fakultas Kedokteran UIN Malang	61
3.1.2 Data Teknisi Proyek Fakultas Kedokteran UIN Malang	62
3.1.3 Data Geometri Proyek Fakultas Kedokteran UIN Malang	63
3.2 Studi Literatur.....	68
3.3 Analisa Pembebanan	68
3.4 Pemodelan dan Analisa Struktur	68
3.5 Pemeriksaan Hasil (Output)	68

3.6 Diagram Alir Rencana Penyelesaian Studi Perencanaan	69
BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR.....	71
4.1 Data Perencanaan	71
4.1.1 Data Struktur Bangunan	71
4.1.2 Data Material.....	75
4.2 Perencanaan Dimensi Balok dan Kolom.....	76
4.2.1 Dimensi Balok.....	76
4.2.2 Dimensi Kolom	77
4.2.3 Dimensi Link dan Bresing.....	77
4.3 Pembebanan.....	114
4.3.1 Beban Mati dan Beban Mati Tambahan.....	114
4.3.2 Beban Hidup.....	115
4.3.3 Pembebanan Lantai	116
4.4 Beban Gempa	129
4.4.1 Parameter Beban Gempa	129
4.4.2 Periode Fundamental Struktur.....	137
4.4.3 Menghitung Geser Dasar Seismik/Base Shear.....	140
4.4.4 Menghitung Gaya Gempa Lateral (F)	141
4.4.5 Desain Respon Spectrum	144
4.5 Kombinasi Pembebanan	146
4.6 Kontrol Perilaku Struktur	148
4.6.1 Eksentrisitas	148
4.6.2 Eksentrisitas Rencana.....	148
4.6.3 Kontrol Nilai Gaya Geser Dasar (Base Shear).....	150
4.6.4 Kontrol Partisipasi Massa.....	151

4.6.5 Kontrol Simpangan	151
4.6.6 Pengaruh P Delta	155
4.7 Perhitungan Pelat Lantai	158
4.7.1 Menghitung Tebal Pelat	158
4.7.2 Perencanaan Pelat Lantai.....	160
4.8 Perencanaan Balok Induk Komposit	170
4.8.1 Pada Balok Induk Tengah	171
4.8.2 Pada Balok Induk Tepi	196
4.9 Perencanaan Balok Anak Komposit.....	211
4.9.1 Pada Balok Induk Tengah	212
4.10 Perencanaan Balok Induk	238
4.10.1 Kontrol Balok Terhadap Lentur	239
4.10.2 Kontrol Balok terhadap Geser	245
4.10.3 Kontrol Terhadap Lendutan	247
4.10.4 Perhitungan Shear Connector	248
4.11 Perencanaan Balok Anak.....	250
4.11.1 Kontrol Balok Terhadap Lentur	251
4.11.2 Kontrol Balok Terhadap Geser	254
4.11.3 Kontrol Terhadap Lendutan	255
4.11.4 Perhitungan Shear Connector.....	256
4.12 Perencanaan Balok Link.....	258
4.12.1 Kontrol Balok Terhadap Lentur	259
4.12.2 Kontrol Balok Terhadap Geser	266
4.12.3 Perencanaan Pengaku Link	267
4.12.4 Perhitungan Shear Connector.....	269

4.13 Perencanaan Bresing	272
4.13.1 Cek Kelangsingan Penampang.....	273
4.13.2 Kontrol Penampang Terhadap Tekan.....	273
4.13.3 Kontrol Penampang Terhadap Tarik	275
4.14 Perencanaan Kolom.....	276
4.14.1 Kontrol Kolom Terhadap Aksial Tekan.....	276
4.14.2 Kontrol Lentur Kolom.....	281
4.14.3 Kontrol Pengaruh Tekuk Lateral.....	282
4.14.4 Kontrol Terhadap Gaya Kombinasi	284
4.15 Sambungan Balok Anak-Balok Induk.....	286
4.15.1 Kontrol Desain Sambungan	287
4.15.2 Perhitungan Jumlah Baut dan Jarak Baut.....	288
4.15.3 Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Geser	290
4.15.4 Kontrol kekuatan Baut Terhadap Tumpu.....	290
4.15.5 Kontrol Kuat Geser Blok Pelat Penyambung.....	290
4.15.6 Kontrol Kuat Baut Terhadap Tarik	293
4.16 Sambungan Bresing-Balok Induk(Atas).....	294
4.16.1 Sambungan Baut Pada Badan Bresing	297
4.16.2 Kontrol Kuat Geser Blok Pelat Penyambung.....	300
4.16.3 Sambungan Las Fillet.....	301
4.17 Sambungan Bresing-Kolom(Bawah)	303
4.17.1 Kontrol Kuat Geser Blok Pelat Penyambung.....	306
4.17.2 Sambungan Plat Buhul ke Kolom	308
4.17.3 Sambungan Las Fillet.....	313
4.18 Sambungan Balok Induk-Kolom.....	317

4.19 Sambungan Kolom-Kolom.....	326
4.19.1 Merencanakan Sambungan Sayap Kolom.....	327
4.19.2 Merencanakan Sambungan Badan Kolom	330
4.20 Perencanaan Base Plate	339
4.21 Perencanaan Kolom Pedestal	348
4.22 Harga N Koreksi(N-Spt Koreksi).....	349
4.23 Perhitungan Pondasi	350
4.23.1 Perencanaan Pondasi Tipe 1	350
4.23.2 Perencanaan Pondasi Tipe 2.....	380
4.23.3 Perencanaan Pondasi Tipe 3.....	405
4.24 Momen Crack Pada Tiang Pancang	431
4.24.1 Momen Lentur Tiang	432
4.24.2 Modulus Hancur (Rupture) Beton.....	432
4.24.3 Momen Retak Tiang Pancang	432
4.24.4 Kontrol Momen Retak Tiang Pancang.....	434
4.25 Perencanaan Tulangan Pokok Pondasi Tiang	435
4.26 Perencanaan Tulangan Spiral Pondasi Tiang	436
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	438
5.1 Kesimpulan.....	438
5.2 Saran	439
LAMPIRAN.....	440
DAFTAR PUSTAKA	468

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Portal (Sumber: Seismic Design of Steel Structures, 2001).....	9
Gambar 2. 2 Peta percepatan spektrum respons 0,2 detik dengan redaman 5% di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun. (Sumber : Pusat Studi Gempa Nasional, 2018)	12
Gambar 2. 3 Peta percepatan spektrum respons 1 detik dengan redaman 5% di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun. (Sumber : Pusat Studi Gempa Nasional, 2018)	13
Gambar 2. 4 Peta transisi periode Panjang, TL wilayah indonesia (Sumber: SNI 1726:2019 halaman 238).....	17
Gambar 2. 5 Spektrum respons desain (Sumber: SNI 1726:2019 halaman 36)....	17
Gambar 2. 6 Lokasi sendi plastis pada link (Sumber: American Institute of steel Construction, 2016).....	21
Gambar 2. 7 deformasi link dan diagram freebody (Sumber: Uang et al., 2001).	22
Gambar 2. 8 Hubungan Panjang link dengan sudut rotasi (Sumber: Uang et al., 2001)	24
Gambar 2. 9 pembedakan sendi plastis geser link (Sumber: Popov, 1988)	24
Gambar 2. 10 sudut rotasi link (Sumber: American Institute of Steel Construction, 2005)	25
Gambar 2. 11 Contoh detail pengaku link (link stiffner) (sumber: ANCI/AISC 341-05, 2005)	27
Gambar 2. 12 Contoh Detail Pengaku link (link stiffner) (Sumber: ANCI/AIS 341-05, 2005)	27
Gambar 2. 13 Diagram tegangan dan regangan baja profil	31
Gambar 2. 14 Diagram tegangan bagian sayap profil baja	31
Gambar 2. 15 Diagram tegangan bagian badan profil baja.....	32
Gambar 2. 16 Sambungan baut dengan lubang baut segaris (Sumber: Perencanaan Struktur Baja, Eva A., Desy S)	36
Gambar 2. 17 Sambungan baut dengan lubang baut tidak segaris (Sumber: Perencanaan Struktur Baja, Eva A., Desy S)	36

Gambar 2. 18 Lebar efektif balok komposit (Sumber: SNI 1729:2020 13.1a halaman 92).....	39
Gambar 2. 19 Distribusi Tegangan plastis pada pelat beton dan profil baja.....	40
Gambar 2. 20 Kegagalan pada baut akibat geser (Sumber: Salmon, 1996).....	44
Gambar 2. 21 Kegagalan pada baut akibat tarik (Sumber: Salmon, 1996).....	44
Gambar 2. 22 Kegagalan pada baut akibat tumpu (Sumber; Salmon, 1996).....	45
Gambar 2. 23 Sambungan Balok-balok	45
Gambar 2. 24 Sambungan Momen Pelat Sayap Berbaut	46
Gambar 2. 25 Macam-macam Sambungan Kolom	47
Gambar 2. 26 Transfer gaya sambungan pelat buhul: (a) Diagonal sambungan bresing dan gaya luar, (b) Diagram free-body pelat, (c) Diagram free-body kolom, (d) Diagram free-body balok. (Sumber: American Institute of Steel Construction, 1994)	48
Gambar 2. 27 (a) Base plate dengan gaya aksial dan geser, (b) base plate dengan momen lentur	50
Gambar 2. 28 (a) Keruntuhan geser, (b) keruntuhan geser local, (c) keruntuhan penetrasi	53
Gambar 2. 29 Dimensi dan Daya Dukung Pondasi Tiang (Sumber: Hakam, 2008)	56
Gambar 2. 30 Skema Pondasi Tiang Kelompok	58
Gambar 3. 1 Denah Lokasi Proyek Gedung UIN Malang	61
Gambar 3. 2 Denah Situasi Gedung UIN Malang	61
Gambar 3. 3 Denah Lantai 1	63
Gambar 3. 4 Denah Lantai 2	64
Gambar 3. 5 Denah Lantai 3	65
Gambar 3. 6 Denah Lantai 4	66
Gambar 3. 7 Denah Lantai 5	67
Gambar 4. 1 Denah Balok dan Kolom Lt.2-3	72
Gambar 4. 2 Potongan A-A.....	72
Gambar 4. 3 Potongan B-B.....	73
Gambar 4. 4 Potongan C-C	73

Gambar 4. 5 Potongan D-D.....	73
Gambar 4. 6 Potongan E-E.....	74
Gambar 4. 7 Potongan F-F	74
Gambar 4. 8 Potongan G-G.....	74
Gambar 4. 9 Penampang Balok Induk	76
Gambar 4. 10 Penampang Balok Anak.....	76
Gambar 4. 11 Penampang Kolom	77
Gambar 4. 12 Penampang Link.....	77
Gambar 4. 13 Penampang Bresing.....	78
Gambar 4. 14 Percepatan spectrum respon 0,2 detik (Ss) Gedung Fakultas kedokteran UIN Malang (Sumber: SNI 1726-2019).....	132
Gambar 4. 15 Percepatan spectrum respon 1 detik (S1) Gedung Fakultas kedokteran UIN Malang (Sumber: SNI 1726-2019).....	133
Gambar 4. 16 Peta transisi periode panjang (TL) gedung Fakultas Kedokteran UIN Malang (Sumber :SNI 1729-2019)	133
Gambar 4. 17 Grafik respons spectrum (Sumber: SNI 1726-2019 hal.36).....	144
Gambar 4. 18 Grafik respons spectrum Gedung fakultas Kedokteran UIN Malang	145
Gambar 4. 19 Grafik respon spectrum Gedung Fakultas Kedokteran UIN Malang (Sumber: Puskim)	146
Gambar 4. 20 Output Participation Mass Ratio dari ETABS	151
Gambar 4. 21 Grafik Displacement Diaphragm	152
Gambar 4. 22 Grafik Displacement Diaphragm	153
Gambar 4. 23 Output Story Forces ETABS (Comb Service)	156
Gambar 4. 24 Output Story ETABS (RSPX).....	156
Gambar 4. 25 Output Story ETABS (RSPY).....	157
Gambar 4. 26 Perencanaan Penulangan Plat.....	169
Gambar 4. 27 Denah Balok Komposit	170
Gambar 4. 28 Lebar Efektif pelat penampang komposit	171
Gambar 4. 29 Jarak titik berat penampang komposit.....	173
Gambar 4. 30 Garis Netral Balok Komposit.....	174

Gambar 4. 31 Lebar Efektif pelat penampang komposit	196
Gambar 4. 32 Jarak titik berat penampang komposit.....	197
Gambar 4. 33 Garis netral balok komposit	198
Gambar 4. 34 Denah Balok yang Ditinjau	211
Gambar 4. 35 Lebar Efektif pelat penampang komposit	212
Gambar 4. 36 Jarak titik berat penampang komposit.....	214
Gambar 4. 37 Garis Netral Balok Komposit.....	215
Gambar 4. 38 Garis netral penampang jatuh dalam pelat	241
Gambar 4. 39 Garis netral penampang jatuh pada badan brofil.....	244
Gambar 4. 40 Letak stud pada penampang profil	250
Gambar 4. 41 Garis netral penampang jatuh dalam pelat	253
Gambar 4. 42 Letak stud pada penampang profil	258
Gambar 4. 43 Letak link yang ditinjau – Lantai 2	259
Gambar 4. 44 Garis netral penampang jatuh dalam pelat	262
Gambar 4. 45 Garis netral penampang jatuh pada badan brofil.....	265
Gambar 4. 46 Sudut rotasi link	267
Gambar 4. 47 Pengaku Balok Link	269
Gambar 4. 48 Letak stud pada penampang profil	271
Gambar 4. 49 Bresing yang ditinjau	272
Gambar 4. 50 Potongan Kolom yang ditinjau (Sumber: ETABS 2018).....	276
Gambar 4. 51 Grafik nomogram struktur bergoyang arah x (Sumber : AISC 360-16)	278
Gambar 4. 52 Grafik nomogram struktur bergoyang arah y (Sumber : AISC 360-16)	279
Gambar 4. 53 Diagram kolom lantai 2 WF 418x417x30x30 (Sumber: ETABS 2018)	281
Gambar 4. 54 Diagram kolom C lantai 2 WF 418x417x30x30	284
Gambar 4. 55 Diagram balok anak B129 lantai 3 WF 600x300x16x32 (Sumber :ETABS 2018).....	287
Gambar 4. 56 Perencanaan sambungan balok anak-balok induk.....	290
Gambar 4. 57 Jarak baut terhadap pelat penyambung	291

Gambar 4. 58 Penampang Tarik baut.....	293
Gambar 4. 59 Perencanaan Sambungan Bresing atas	296
Gambar 4. 60 Diagram bresing baja D2 lantai 2 UNP 400x110x14x18 (Sumber: ETABS 2018).....	296
Gambar 4. 61 Jarak antar baut sambungan bresing atas	299
Gambar 4. 62 Perencanaan sambungan bresing bawah	306
Gambar 4. 63 Proyeksi gaya aksial dan geser bresing kolom dan balok	309
Gambar 4. 64 Sambungan momen pelat sayap berbaut	317
Gambar 4. 65 Perencanaan sambungan kolom-kolom.....	326
Gambar 4. 66 Diagram C197 lantai 2 WF 418x417x30x30.....	327
Gambar 4. 67 Sambungan sayap kolom.....	330
Gambar 4. 68 Sambungan sayap kolom.....	333
Gambar 4. 69 Jarak antar baut dan gaya gaya pada baut	334
Gambar 4. 70 Diagram kolom C197 lantai 2 WF 418x417x30x30 (Sumber: ETABS 2018).....	340
Gambar 4. 71 Variabel desain base-plate (SUMBER: AISC 2016)	341
Gambar 4. 72 Perletakan angkur.....	344
Gambar 4. 73 Penampang las.....	346
Gambar 4. 74 Kolom pedestal.....	348
Gambar 4. 75 Perencanaan Pondasi Tipe 1	351
Gambar 4. 76 Perencanaan pondasi tipe 1 dan grafik N-Spt	354
Gambar 4. 77 Rencana susunan pondasi tipe 1 (2 tiang)	356
Gambar 4. 78 Perencanaan jarak tiang 2 tiang.....	357
Gambar 4. 79 Perencanaan jarak tiang 3 tiang.....	361
Gambar 4. 80 Hubungan antara $\mu/B^4 \cdot \gamma \cdot K_p$ dan $H_u/K_p \cdot B^3 \cdot \gamma$ pondasi tipe 1	366
Gambar 4. 81 Skema pembebanan arah x pilecap pondasi tipe 1	373
Gambar 4. 82 Skema pembebanan arah x pilecap pondasi tipe 1	376
Gambar 4. 83 Perencanaan Pondasi Tipe 2.....	381
Gambar 4. 84 Perencanaan pondasi tipe 2 dan grafik N-Spt	383
Gambar 4. 85 Rencana susunan pondasi tipe 2 (2 tiang)	386
Gambar 4. 86 Perencanaan jarak tiang 2 tiang.....	387

Gambar 4. 87 Hubungan antara $M_u/B^4 \cdot \gamma \cdot K_p$ dan $H_u/K_p \cdot B^3 \cdot \gamma$ pondasi tipe 2	392
Gambar 4. 88 Skema pembebanan arah x pilecap pondasi tipe 2.....	398
Gambar 4. 89 Skema pembebanan arah x pilecap pondasi tipe 2.....	401
Gambar 4. 90 Perencanaan Pondasi Tipe 3.....	406
Gambar 4. 91 Perencanaan pondasi tipe 3 dan grafik N-Spt	409
Gambar 4. 92 Rencana susunan pondasi tipe 3 (2 tiang)	411
Gambar 4. 93 Perencanaan jarak tiang 2 tiang.....	412
Gambar 4. 94 Hubungan antara $M_u/B^4 \cdot \gamma \cdot K_p$ dan $H_u/K_p \cdot B^3 \cdot \gamma$ pondasi tipe 3	418
Gambar 4. 95 Skema pembebanan arah x pilecap pondasi tipe 3.....	424
Gambar 4. 96 Skema pembebanan arah x pilecap pondasi tipe 3.....	427
Gambar 4. 97 Grafik hubungan nonlinear-pondasi tiang pancang (Sumber: Andreas, 2012)	431
Gambar 4. 98 Skema pembebanan lentur (Sumber: Candra Irwan, I Gusti Putu Raka dan Priyo Suprobo)	432

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Literatur	6
Tabel 2. 2 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa	11
Tabel 2. 3 Faktor keutamaan gempa	11
Tabel 2. 4 Klasifikasi situs	12
Tabel 2. 5 Koefisien Situs, F_a	14
Tabel 2. 6 Koefisien situs, F_v	14
Tabel 2. 7 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	15
Tabel 2. 8 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	15
Tabel 2. 9 Simpangan antar Tingkat izin, $\Delta a a, b$	18
Tabel 2. 10 Ketidakberaturan pada struktur horizontal.....	19
Tabel 2. 11 Ketidakberaturan pada struktur vertikal.....	20
Tabel 2. 12 Klasifikasi jarak pengaku badan	28
Tabel 2. 13 rasio lebar terhadap tebal elemen tekan komponen struktur yang mengalami lentur.....	29
Tabel 2. 14 Nilai R_y dan R_t untuk material baja dan material tulangan baja	30
Tabel 2. 15 Ukuran minimum las sudut.....	48
Tabel 4. 1 Beban Hidup	116
Tabel 4. 2 Kategori resiko struktur	129
Tabel 4. 3 Faktor keutamaan gempa	129
Tabel 4. 4 Data tanah sampel I untuk lokasi gedung	130
Tabel 4. 5 Data tanah sampel II untuk lokasi gedung.....	131
Tabel 4. 6 Klasifikasi situs	132
Tabel 4. 7 Koefisien situs, F_a	134
Tabel 4. 8 Koefisien situs, F_v	134
Tabel 4. 9 Ketegori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (Sds)	136

Tabel 4. 10 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (S1)	136
Tabel 4. 11 Rekapitulasi parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan beban gempa.....	137
Tabel 4. 12 Periode fundamental pendekatan (Ta)	137
Tabel 4. 13 Koefisien untuk batas pada periode yang dihitung	138
Tabel 4. 14 Sistem pemikul gaya sesimik.....	139
Tabel 4. 15 V dinamik dan v statik	140
Tabel 4. 16 Berat seismic efektif struktur	141
Tabel 4. 17 Grafik respon spectrum rencana	145
Tabel 4. 18 Output ETABS	148
Tabel 4. 19 Perhitungan Eksentrisitas Rencana (ed).....	148
Tabel 4. 20 Eksentrisitas Rencana	149
Tabel 4. 21 Koordinat pusat massa	149
Tabel 4. 22 Koordinat pusat massa	150
Tabel 4. 23 Base reaction	150
Tabel 4. 24 Konfigurasi Base Reaction.....	150
Tabel 4. 25 Modal Participating Mass Ratio.....	151
Tabel 4. 26 Story Response RSPX.....	152
Tabel 4. 27 Story Response RSPY.....	152
Tabel 4. 28 Simpangan akibat beban gempa dinamis (RSPX dan RSPY)	153
Tabel 4. 29 Nilai Px akibat kombinasi beban layan.....	156
Tabel 4. 30 Nilai Vx dan Vy akibat beban seismic (Eqx dan Eqty)	157
Tabel 4. 31 Keperluan P-delta Arah X.....	157
Tabel 4. 32 Keperluan P-delta Arah Y	157
Tabel 4. 33 Penulangan pelat yang digunakan.....	168
Tabel 4. 34 Tabel Titik berat terhadap garis netral komposit	173
Tabel 4. 35 Titik berat terhadap garis netral komposit	174
Tabel 4. 36 Lebar efektif balok tengah	178
Tabel 4. 37 Garis Netral Balok Induk Komposit (Tengah).....	184
Tabel 4. 38 Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tengah).....	190

Tabel 4. 39 Titik berat terhadap garis netral komposit	197
Tabel 4. 40 Titik berat terhadap garis netral komposit	198
Tabel 4. 41 Lebar efektif balok tepi	201
Tabel 4. 42 Garis netral balok induk komposit (tepi)	204
Tabel 4. 43 Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tepi).....	207
Tabel 4. 44 Tabel Titik berat terhadap garis netral komposit	214
Tabel 4. 45 Titik berat terhadap garis netral komposit	215
Tabel 4. 46 Lebar efektif balok tengah	219
Tabel 4. 47 Garis Netral Balok Anak Komposit (tengah).....	225
Tabel 4. 48 Momen Inersia Balok Anak Komposit (Tengah).....	231
Tabel 4. 49 Nilai R_y dan R_t untuk material baja dan material tulangan baja	239
Tabel 4. 50 Titik berat penampang komposit daerah tekan	244
Tabel 4. 51 Titik berat penampang komposit daerah tarik.....	244
Tabel 4. 52 Nilai R_y dan R_t untuk material baja dan material tulangan baja	252
Tabel 4. 53 Nilai R_y dan R_t untuk material baja dan material tulangan baja	260
Tabel 4. 54 Titik berat penampang komposit daerah tekan	265
Tabel 4. 55 Titik berat penampang komposit daerah tarik.....	265
Tabel 4. 56 Jarak tepi minimum baut sambungan.....	289
Tabel 4. 57 Jarak tepi minimum baut sambungan.....	299
Tabel 4. 58 Jarak tepi minimum baut sambungan.....	305
Tabel 4. 59 Titik centroid plat buhul.....	308
Tabel 4. 60 Jarak tepi minimum baut sambungan.....	329
Tabel 4. 61 Jarak tepi minimum baut sambungan.....	332
Tabel 4. 62 Jarak pada baut.....	335
Tabel 4. 63 Gaya dan jarak pada baut (sumbu x-x)	336
Tabel 4. 64 Jarak pada baut.....	337
Tabel 4. 65 Gaya dan jarak pada baut (sumbu y-y)	338
Tabel 4. 66 Gaya vertical dan horizontal	348
Tabel 4. 67 Beban beban yang bekerja pada kolom.....	349
Tabel 4. 68 Nilai korelasi N-Spt terhadap muka air tanah.....	350
Tabel 4. 69 Beban beban yang bekerja pada kolom.....	351

Tabel 4. 70 Nilai N-SPt pada kedalaman 19,2 m sampai 26,4 m pondasi tipe 1	354
Tabel 4. 71 Nilai N-Spt disepanjang tiang pondasi tipe 1	355
Tabel 4. 72 Nilai faktor keamanan pondasi tipe 1	356
Tabel 4. 73 Nilai efisiensi kelompok tiang	360
Tabel 4. 74 Nilai efisiensi kelompok tiang	363
Tabel 4. 75 Hubungan η_h dengan kepadatan relatif (D_r) tanah pasir pondasi tipe 1	364
Tabel 4. 76 Korelasi nilai SPt dengan berat jenis pondasi tipe 1	365
Tabel 4. 77 Korelasi nilai SPt dengan berat jenis pondasi tipe 1	365
Tabel 4. 78 Koefisien Empiris (C_p)	379
Tabel 4. 79 Nilai modulus elastisitas tanah (E_s)	379
Tabel 4. 80 Nilai angka poison tanah (V_s)	380
Tabel 4. 81 Beban beban yang bekerja pada kolom	380
Tabel 4. 82 Nilai N-SPt pada kedalaman 19,2 m sampai 26,4 m pondasi tipe 2	384
Tabel 4. 83 Nilai N-Spt disepanjang tiang pondasi tipe 2	384
Tabel 4. 84 Nilai faktor keamanan pondasi tipe 2	385
Tabel 4. 85 Nilai efisiensi kelompok tiang	389
Tabel 4. 86 Hubungan η_h dengan kepadatan relatif (D_r) tanah pasir pondasi tipe 2	390
Tabel 4. 87 Korelasi nilai SPt dengan berat jenis pondasi tipe 2	391
Tabel 4. 88 Korelasi nilai SPt dengan berat jenis pondasi tipe 2	391
Tabel 4. 89 Koefisien Empiris (C_p)	404
Tabel 4. 90 Nilai modulus elastisitas tanah (E_s)	405
Tabel 4. 91 Nilai angka poison tanah (V_s)	405
Tabel 4. 92 Beban beban yang bekerja pada kolom	406
Tabel 4. 93 Nilai N-SPt pada kedalaman 19,2 m sampai 26,4 m pondasi tipe 3	409
Tabel 4. 94 Nilai N-Spt disepanjang tiang pondasi tipe 3	410
Tabel 4. 95 Nilai faktor keamanan pondasi tipe 3	410
Tabel 4. 96 Nilai efisiensi kelompok tiang	414
Tabel 4. 97 Hubungan η_h dengan kepadatan relatif (D_r) tanah pasir pondasi tipe 3	415

Tabel 4. 98 Korelasi nilai SPt dengan berat jenis pondasi tipe 3.....	416
Tabel 4. 99 Korelasi nilai SPt dengan berat jenis pondasi tipe 3.....	417
Tabel 4. 100 Koefisien Empiris (C_p).....	430
Tabel 4. 101 Nilai modulus elastisitas tanah (E_s)	430
Tabel 4. 102 Nilai angka poison tanah (V_s)	430

DAFTAR NOTASI

D	= Beban Mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.
L	= Beban Hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain
E	= Beban Gempa
W	= Beban Angin
R	= Beban Hujan
V _p	= Gaya geser plastis penampang (N)
M _p	= momen plastis penampang (N.mm)
F _y	= tegangan leleh penampang (MPa)
A _w	= (d - 2t _f)t _w (untuk link penampang berbentuk I)
Z _x	= modulus plastis penampang (mm ³)
D	= tinggi penampang (mm)
t _f	= tebal flens (mm)
t _w	= tebal web (mm)
R _u	= kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK
R _n	= kekuatan nominal
φ	= faktor ketahanan
R _n	= kekuatan desain
φ _t	= faktor tahanan tarik
P _n	= tahanan nominal penampang (N)
P _u	= gaya tarik aksial terfaktor (N)
A _g	= luas bruto dari komponen struktur (mm ²)
F _y	= tegangan leleh minimum yang diisyaratkan (MPa)
A _n	= luas penampang netto (mm ²)
n	= jumlah baut
d	= diameter lubang baut (mm)

t	= tebal penampang (mm)
s	jarak antar baut dalam arah sejajar gaya (mm)
g	jarak antar baut dalam arah tegak lurus gaya (mm)
A	luas penampang (mm ²)
U	faktor shear lag (table D3.1 SNI 1729:2020)
Pu	gaya tekan aksial terfaktor (N)
Pn	= kuat tekan nominal (N)
ϕ_c	= 0,90 (DFBK)
Lc = KL	= panjang efektif komponen struktur (mm)
K	= Faktor panjang efektif
L	= panjang batang tekuk (mm)
R	= radius girasi atau jari-jari girasi (mm)
$\bar{N}$	= Rata – rata hasil uji N-SPT
Ti	= Kedalaman N-SPT tiap ambil data
ni	= Nilai N-SPT
SMS	= percepatan pada periode pendek
SM1	= percepatan pada periode 1 detik
Ss	= parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek
S1	= parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik
Fa	= percepatan pada getaran periode pendek
Fv	= percepatan pada getaran periode 1 detik
SDS	= percepatan spektral desain untuk periode pendek
SD1	= percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
Sa	= spektrum respon percepatan desain
T	= periode getar fundamental struktur
TL	= Peta transisi periode Panjang
Fe	= tegangan tekuk kritis elastis (MPa)
Fy	= tegangan leleh minimum yang diisyaratkan (MPa)
Fcr	= tegangan kritis

A_g	= luas penampang bruto (mm^2)
L	= panjang batang tekuk (mm)
E	= Modulus elastisitas baja = 200000 MPa
M_u	= momen lentur terfaktor (Nmm)
ϕ	= 0,9 (DFBK)
M_n	= kekuatan lentur desain (Nmm)
L_b	= jarak antar titik yang dikekang untuk menahan perpindahan lateral sayap tekan atau torsi
L_p	= batas Panjang tidak dikekang secara lateral untuk kondisi batas leleh
L_r	= batas panjang maksimum tidak dikekang secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis
E	= modulus elastisitas baja = 200000 MPa
F_{cr}	= tegangan kritis (MPa)
J	= konstanta torsi (mm^4)
S_x	= Modulus elastis penampang terhadap sumbu x (mm^3)
h_o	= Jarak antara titik berat sayap, (mm)
V_u	= gaya geser terfaktor
V_n	= kuat geser nominal balok
ϕ_v	= factor ketahanan geser, 0,90 (DFBT)
A_w	= luas badan (mm^2)
C_v1	= koefisien geser badan, nilainya ditentukan oleh tipe profil
x	= indeks sehubungan dengan sumbu kuat lentur
y	= indeks sehubungan dengan sumbu lemah lentur
R_y	= Rasio tegangan leleh ekspektasi
P_u	= Kuat aksial perlu
R_t	= Kuat leleh aksial nominal
f_y	= tegangan leleh minimum (MPa)
B_f	= lebar sayap (mm)
d	= tinggi badan profil (mm)
t_w	= tebal pelat badan (mm)

t_f	= tebal pelat sayap (mm)
r	= radius girasi (mm)
L	= panjang bentang (mm)
M	= momen maksimum akibat lentur yang diperoleh dari luas momen (N)
E	= Modulus Elastisitas (N/mm ²)
I_{komp}	= momen inersia penampang komposit (mm ⁴)
A_{sa}	= luas penampang angkur baja stad berkepala (mm ²)
R_g	= Koefisien untuk menghitung efek grup
R_p	= faktor efek posisi untuk stad geser
f_u	= Kuat tarik minimum angkur baja stad berkepala (Mpa)
V_h	= gaya geser horizontal (N)
L	= panjang bentang (m)
t	= tebal pelat beton (mm)
A_b	= luas baut (mm ²)
F_{nv}	= tegangan geser nominal baut, Mpa (Tabel J3.2 halaman 127)
m	= bidang geser
S	= Jarak antar baut (mm)
S_t	= Jarak baut ke tepi pelat (mm)
d	= diameter baut nominal
R_{nw}	= tahanan nominal per satuan panjang
t_e	= tebal efektif las (0,707a), dengan a = tebal las sudut
f_{uv}	= kuat tarik putus logam las
L_w	= panjang las yang dibutuhkan
R_u	= beban terfaktor
ϕR_{nw}	= Tahanan nominal per satuan panjang
ϕ_c	= faktor reduksi = 0,65
P_u	= kuat tumpu rencana
P_p	= kuat tumpu nominal
f_c'	= kuat tekan beton (Mpa)
A_1	= luas tumpu baja konsentris pada tumpuan beton (mm ²)

N	= Panjang base plate (mm)
B	= lebar base plate (mm)
D	= tinggi profil baja (mm)
B _f	= lebar profil baja (mm)
A	= luas penampang base plate (mm ²)
tp	= tebal base plate (mm)
f _y	= tegangan leleh baja (MPa)
N _{sa}	= kuat tarik nominal baut angkur
A _{se,v}	= luas penampang efektif terhadap geser (mm ²)
Q _p	= Daya dukung ujung ultimit tiang (kg)
q _c	= rata-rata dari ujung tiang hingga 8D diatas ujung tiang (kg/cm ²)
A _p	= Luas proyeksi penampang tiang (cm ²)
Q _s	= Daya dukung selimut tiang (kg)
F _s	= Jumlah hambatan lekat pada kedalaman tertentu (kg/cm)
n	= Jumlah tiang
P	= Beban yang bekerja (kg)
Q _a	= Daya dukung pondasi yang diizinkan (kg)