

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN STRUKTUR BAWAH
GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

*Disusun Dan Disetujui Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik S-1 Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang*



Disusun Oleh :

REYNHARD BAYU PRANANDA GHUNU

15.21.092

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2019

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN BAWAH
GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

Oleh:
REYNHARD BAYU PRANANDA GHUNU
15.21.092

**Telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan
Pada tanggal 08 Agustus 2019**

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Ester Priskasari, MT
NIP.Y.1039400265

Mohammad Erfan, ST., MT
NIP.Y.1031500508

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**

Ir. I. Wayan Mundra, MT
NIP.Y. 1018700150

**PROGRAM TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN BAWAH
GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

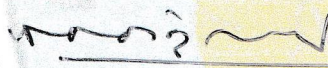
**Skripsi Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji Ujian Skripsi
Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 08 Agustus 2019 Dan Diterima
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil S-1**

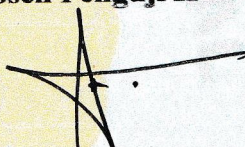
**disusun oleh :
REYNHARD BAYU PRANANDA GHUNU
15.21.092**

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II


Ir. H. Sudirman Indra, MSc
NIP.Y.1018300054

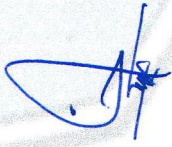

Ir. A. Agus Santosa, MT
NIP. Y.1018700155

Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Sekretaris Program Studi


Ir. I. Wayan Mundra, MT
NIP.Y. 1018700150


Ir. Munasih, MT
NIP.Y. 1028800187

**PROGRAM TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2019**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Reynhard Bayu Prananda Ghunu
NIM : 15.21.092
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil Dan Perencanaan (FTSP)

Menyatakan bahwa Skripsi saya yang berjudul :

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN BAWAH GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Adalah sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, September 2019

Yang membuat pernyataan



REYNHARD B. P. GHUNU

ABSTRAK

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN BAWAH GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN UNIVERSITAS NEGERI MALANG. Reynhard Bayu Prananda Ghunu, 15.21.092. Program studi Teknik Sipil S-1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Pembimbing I : Ir. Ester Priskasari, MT, Pembimbing II : Mohmmad Erfan, ST, MT.

Kota Malang terkenal sebagai kota pendidikan, sehingga banyak kampus swasta maupun negeri yang berada di kota Malang. Universitas Negeri Malang merupakan salah satu universitas negeri yang ada di Malang, yang pada tahun 2018 membangun gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) berlantai 7. Di Indonesia sendiri sudah dibuat peraturan desain bangunan gedung dengan memperhatikan adanya pengaruh beban gempa terhadap struktur bangunan. Pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) struktur atasnya menggunakan struktur beton bertulang, atap rangka baja, dan struktur bawah pondasi tiang bor. Beberapa bangunan yang mengalami kegagalan struktur ketika terjadi gempa besar, hal ini dikarenakan gedung tidak sesuai dengan desain gedung tahan gempa.

Sehubungan dengan hal tersebut, penulis melakukan suatu studi perencanaan struktur atas dengan portal beton bertulang dan struktur bawah dengan menggunakan pondasi tiang bor pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK). Perencanaan struktur tahan gempa difokuskan pada pendesaian tulangan, balok, kolom, Hubungan Balok Kolom (HBK), pilecap dan borepile berdasarkan SNI 2847 2013. Untuk proses pemodelan dan analisa strukturnya menggunakan program bantu ETABS 2016 V.16.2.1.

Dengan merencanakan struktur atas menggunakan portal beton bertulang dan struktur bawah menggunakan pondasi tiang bor, diharapkan gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) akan mampu menahan beban akibat gempa.

Kata Kunci : Struktur Tahan Gempa, Borepile, Pilecap, Balok, Kolom, Hubungan Balok Kolom

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyusun skripsi yang berjudul “*Studi Perencanaan Struktur Atas Dan Struktur Bawah Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang*”.

Adapun tujuan dari penyusunan skripsi ini untuk memenuhi persyaratan dalam menempuh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Sipil S1 Institut Teknologi Nasional Malang. Semua ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan serta saran – saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang .
2. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang .
3. Bapak Ir. I Wayan Mundra, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT Selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Mohammad Erfan, ST, MT Selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Dosen Penguji I
7. Bapak Ir. Sudirman Indra, MSc selaku Dosen Penguji II
8. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang, atas ilmu, bimbingan dan bantuannya hingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian Skripsi ini belum sempurna, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan dalam penyempurnaan Skripsi ini.

Malang, Agustus 2019

Penulis

PERSEMBAHAN

Doa orang benar bila dengan yakin didoakan sangat besar kuasanya.

Skripsi ini saya persembahkan untuk

Kedua Orang Tua Tercinta

Bapa dan Mama, tidak ada kata-kata yang dapat melukiskan betapa besar cinta kasih Bapa dan Mama kepada saya. Saya bangga memiliki Bapa dan Bama, yang selalu mencintai saya, selalu bersedia menjadi teman curhat, pelepas penat, dan menjadi bank dengan jam kerja 24 jam yang sedia memberi pinjaman tanpa kredit. Doa Bapa dan Mama yang membuat saya bisa sampai pada titik ini, Terimakasih Bapa dan Mama

Kakak Dyan, Kakak Meldy, Kakak Risal

Saudara-saudari saya ucapkan limpah terimakasih, karena atas doa dan bantuan baik moral dan materil dari kakak semua saya bisa sampai pada saat yang berbahagia ini, dengan selamat sentosa mengantarkan saya ke pintu gerbang wisuda ini.

Teman-Teman Sipil 2015

Terimakasih teman-teman karena sudah berjuang bersama selama 4 tahun, melewati suka duka taman sipil, drama percintaan, dan drama pertemanan.

Anak Rantau 87

Teman teman Anak Rantau, Anggy, Adrian, Andika, Andri, Bagus, Cesar, Chae, Destry, Eka, Deny, Dion, Gery, Irwan, Jimmy, Jhu, Kipli, Nike, Noby, Nhoken, Pbob, Princess, Punny, Rudy, Riski, Rian Awang, Rian Hadjon, Reni, Rory, Rully, Sandy, Sintu, Riko, Rian Ka'e Terimakasih sudah selalu bersama selama 4 tahun, untuk setiap kebersamaan, kekonyolan, keanehan, kejahatan kita, dan cerita tentang kita akan selalu dikenang, cerita penuh tawa canda dan sukacita, dukacita yang kita lalui bersama telah menyisakan kenangan indah. Hanya malang yang menjadi saksi bisu kebersamaan kita. Terima kasih telah membuat bangku kuliah ini mejadi penuh warna.

PSM Vox Coleistis Choir

Teman-teman dengan hobi yang sama, kegilaan yang sama, asal yang berbeda-beda, namun tujuan kita satu, yaitu bernyanyi. Terimakasih karena telah menjadi keluarga di awal perkuliahaan, terimakasih atas pengalaman dan canda tawa, suka duka, di awal

perkuliahan. Karena PSM saya tau indahnyanya bernyanyi, indahnyanya berbagi suara dalam kemesraan perkuliahan.

Keluarga Laboratorium Bahan Konstruksi

Senior, junior, dosen, pegawai, tidak menjadi alasan bagi kami untuk akrab, karena sebuah keluarga yang harmonis tidak pernah memandang status dan latar belakang. Itulah kami Kaks Vacka, Kaks Tharsi, Kaks Mea, Kaks Ardo, Kaks Stef, Kaks Ganda Papa Eka, Pak Kabid Bagus Dwi, Sdra Dion Afong Malay, Diks Piter, Diks Meqos, Sdra Riko, Sir Mahfud, Pak Erfan. Terimakasih telah menjadi bagian dari kisah hidup saya, jasa, suka duka, canda tawa, dan kenangan kita akan selalu saya simpan di tempat khusus dalam hati.

Keluarga Himpunan Mahasiswa Sipil

Bicara soal organisasi, disinilah saya mendapat banyak pembelajaran, banyak ilmu, banyak pengalaman, yang tidak saya temui di bangku perkuliahan. Terimakasih teman-teman himpunan yang telah memberi saya kesempatan untuk belajar bagaimana pahitnya hidup, sedihnya patah hati, dan yang terpenting rasa kekeluargaan.

Dion, Andika, Ako Frits, Jimmy

Teman seperjuangan skripsi, kami sudah lebih dari teman, saudara adalah kata yang cocok buat hubungan yang kami bangun pada masa-masa pengerjaan skripsi ini. Kita sudah melangkah bersama, asistensi bersama, dimarah bersama, tidur bersama, makan bersama, terimakasih atas bantuan dan motivasi kalian sebagai sesama pejuang skripsi.

Intan, Grace, Betharia, Renita Karael

Teman dekat cewek adalah kata yang cocok buat mereka, terimakasih atas waktu, perhatian dan motivasi teman-teman kepada saya, menemani saya jalan-jalan melepas penat dari tugas akhir ini, menemani saya makan, menjadi kebahagiaan tersendiri bagi saya bisa dekat dan kenal dengan kalian. Khusus untuk kakak Renita, terimakasih karena telah membimbing dan membantu saya dalam proses pengerjaan tugas akhir saya ini, saya harap kita tetap bisa menjadi teman dekat sampai kapanpun.

Someone Special

2 x 2 = 4 (Frianggy Sofia Doresta Mansari) teman seperjuangan skripsi, teman satu daerah, teman revisi, teman semhas, teman kompre, teman yudisium, teman wisuda, terimakasih karena selalu menemani saya, selalu ikut kemanapun saya ajak keluar, selalu mau dengar cerita saya, mau dengar tipu daya dan rayuan saya, menjadi tempat curhat yang terpercaya. Semoga kita berjodoh. (Amin)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR GRAFIK	xxiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Maksud dan Tujuan	2
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Batasan Masalah.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Dasar	5
2.1.1 Daktilitis Struktur	6

2.1.2	Tingkat Daktilitis	6
2.1.3	Faktor Daktilitis	6
2.2	Pembebanan Pada Struktur	6
2.2.1	Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	7
2.2.2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	7
2.2.3	Beban Gempa (<i>Eartquake Load</i>).....	7
2.2.3.1	Parameter Perhitungan Beban Gempa.....	10
2.2.4	Kombinasi Pembebanan.....	13
2.2.4.1	Pengaruh Beban Gempa	14
2.2.4.1.1	Pengaruh Beban Gempa Horizontal.....	15
2.2.4.1.2	Pengaruh Beban Gempa Vertikal.....	15
2.2.4.2	Pengaruh Beban Gempa Termasuk Faktor Kuat Lebih	15
2.2.4.3	Pengaruh Beban Gempa Horizontal dengan Faktor Kuat Lebih	16
2.2.4.4	Kombinasi Beban dengan Faktor Kuat Lebih	16
2.3	Metode Analisis Beban Gempa.....	18
2.3.1	Metode Analisis Statik Ekuivalen (<i>Static Equivalent Analysis</i>)	19
2.3.1.1	Periode Fundamental Struktur (T)	19
2.3.1.1.1	Periode Fundamental Pendekatan (Ta) ...	19
2.3.1.1.2	Batas Perioda Maksimum (Tmax)	20
2.3.1.1.3	Perioda Yang Digunakan (T)	20
2.3.1.1.4	Batasan Penggunaan Prosedur Analisis Gaya Lateral Ekivalen (ELF)	21
2.3.1.2	Geser Dasar Seismic (V)	21
2.3.1.2.1	Keofisien Respons Seismic (Cs0)	21
2.3.1.3	Distribusi Vertikal Gaya Gempa	22
2.3.2	Desain Respon Spektrum	23
2.4	Eksentrisitas (e).....	25

2.4.1	Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Pusat Rotasi Lantai Tinggal	25
	25
2.4.1.1	Pusat Massa Lantai.....	25
2.4.1.2	Pusat Rotasi Lantai Tingkat	25
2.4.2	Eksentrisitas Rencana	26
2.4.3	Eksentrisitas Tambahan	26
2.5	Kinerja Struktur Gedung	27
2.5.1	Kinerja Batas Layan	27
2.5.2	Kinerja Batas Ultimit	27
2.6	Konstruksi Balok T dengan Tulangan Rangkap (Tekan dan Tarik) ...	27
2.6.1	Tulangan Maksimum	28
2.6.2	Tulangan Minimum	28
2.6.3	Lebar Sayap Efektif	28
2.6.4	Langkah-Langkah Perencanaan Balok T Tulangan Rangkap .	29
2.6.5	Perencanaan Balok Terhadap Geser	30
2.6.6	Perencanaan Balok Terhadap Torsi.....	32
2.7	Diagram Interaksi Kolom	33
2.8	Perencanaan Struktur Bangunan dengan Desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	33
2.8.1	Komponen Struktur Lentur Rangka Momen Khusus (Balok).....	33
2.8.2	Komponen Struktur Rangka Momen Khusus yang Dikenai Beban Lentur dan Aksial	38
2.8.3	Hubungan Balok Kolom (HBK).....	42
2.9	Perhitungan Data SPT (Standard Penetration Test)	44
2.9.1	Penyelidikan Tanah di Lapangan	44
2.9.2	Persyaratan Pondasi Tiang Bor Terhadap SPT	44
2.9.2.1	Pondasi Tiang Bor	44
2.9.2.2	Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Bor	45
2.9.3	Daya Dukung Aksial Tunggal.....	45

2.9.4	Daya Dukung Ijin Tiang.....	47
2.9.5	Kapasitas Dukung Kelompok Tiang	48
2.9.5.1	Menentukan Jumlah Tiang yang Diperlukan	49
2.9.5.2	Menentukan Daya Dukung Kelompok Tiang	50
2.9.5.3	Efisiensi Kelompok Tiang.....	48
2.9.6	Daya Dukung Lateral Pondasi	53
2.10	Perencanaan Pile Cap	54
2.10.1	Kontrol Geser Pons Pile Cap.....	55
2.11	Penurunan (Settlement)	56
2.11.1	Penerunan Pondasi Tiang Tunggal	56
2.11.2	Penerunan Kelompok Pondasi Tiang	57

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Data Perencanaan	59
3.1.1	Data Teknis Bangunan	59
3.1.2	Mutu Bahan	59
3.2	Teknik Pengumpulan Data	60
3.3	Tahapan Perencanaan	60
3.3.1	Studi Literatur	60
3.3.2	Pengumpulan Data Perencanaan	60
3.3.3	Analisa Pembebanan	60
3.3.4	Analisa Struktur (Pemodelan Struktur)	61
3.3.5	Pemeriksaan Hasil Output	61
3.4	Diagram Alir	62

BAB IV PENDIMENSIONIAN, ANALISA PEMBEBANAN DAN PENULANGAN KOMPONEN STRUKTUR

4.1	Perencanaan Dimensi Balok dan Kolom.....	65
4.1.1	Dimensi Balok	65
4.1.2	Dimensi Kolom	71

4.2	Perhitungan Pembebanan	72
4.2.1	Beban Mati (Dead Load)	72
4.2.1.1	Beban Mati Sendiri Struktur (Selfweight)	73
4.2.1.2	Beban Mati Tambahan Pada Plat Atap.....	73
4.2.1.3	Beban Mati Tambahan Pada Plat Lantai	73
4.2.1.4	Beban Mati Pada Balok(Akibat Beban Dinding)	73
4.2.1.5	Beban Lantai Ruang Mesin Lift	80
4.2.2	Beban Hidup (Live Load).....	81
4.2.2.1	Beban Hidup Yang Bekerja.....	81
4.2.2.2	Koefisien Reduksi Beban Hidup	81
4.2.3	Beban Gempa	83
4.2.3.1	Spektrum Respons Desain	93
4.2.3.2	Perioda Fundametal Struktur (T)	95
4.2.3.3	Batasan Penggunaan Prosedur Analisis Gaya Lateral Ekivalen (ELF)	96
4.2.3.3.1	Menghitung Gaya Geser Dasar Seismic / Base Shear (V)	96
4.2.3.3.2	Menghitung Gaya Gempa Lateral	98
4.2.3.4	Kombinasi Pembebanan	101
4.3	Kontrol Perilaku Struktur	104
4.3.1	Eksentrisitas	104
4.3.2	Kontrol Nilai Base Shear (Gaya Geser Dasar)	107
4.3.3	Kontrol Partisipasi Massa	108
4.3.4	Kontrol Simpangan Akibat Gempa Statis	108
4.3.4.1	Kontrol Kinerja Batas Layan Akibat Gempa Statis (EX,EY)	108
4.3.4.2	Kontrol Kinerja Batas Layan Akibat Gempa Statis (EX,EY)	110
4.4	Perhitungan Penulangan Struktur	114
4.4.1	Penulangan Balok 700 x 900 mm (B2 Lantai 2)	114

4.4.1.1	Desain Penulangan Longitudinal Balok	115
4.4.1.2	Desain Penulangan Geser Balok	142
4.4.1.2.1	Menghitung Mpr (Momen Probable Capacities)	142
4.4.1.2.2	Menghitung Gaya Geser Desain Tiap Kondisi.....	143
4.4.1.2.3	Menghitung Kebutuhan Tulangan Geser Di Daerah Sendi Plastis dan Luar Daerah Sendi Plastis	147
4.4.1.3	Desain Penulangan Torsi Pada Balok	152
4.4.1.4	Penyaluran Kait Standar	154
4.4.2	Penulangan Kolom K1 (900 x 900 mm)	155
4.4.2.1	Desain Penulangan Longitudinal Kolom 900 x 900 mm	155
4.4.2.2	Desain Penulangan Geser Kolom.....	193
4.4.2.2.1	Perhitungan Tulangan Transversal Kolom Akibat Ve	194
4.4.2.2.2	Menghitung Kebutuhan Tulangan Tranversal (Geser) di Daerah Sendi Plastis	194
4.4.2.2.3	Menghitung Kebutuhan Tulangan Tranversal (Geser) di Daerah Luar Sendi Plastis	198
4.4.2.3	Sambungan Lewatan Tulangan Kolom	199
4.4.2.4	Persyaratan Strong Column Weak Beam (SCWB) ..	200
4.4.3	Penulangan Hubungan Balok Kolom/Joint.....	201
4.4.3.1	Desain Penulangan HBK B700 x 900 mm, B500 x 900 mm dengan K900 x 900 mm (Peninjauan Arah X-X).....	202
4.4.3.1.1	Kuat Geser Nominal Pada Joint (Peninjauan Arah X-X).....	203

4.4.3.1.2	Kuat Geser Horizontal (Peninjauan Arah X-X).....	204
4.4.3.1.3	Kuat Geser Vertikal (Peninjauan Arah X-X).....	205
4.4.3.2	Desain Penulangan HBK B700 x 900 mm, B500 x 900 mm dengan K900 x 900 mm (Peninjauan Arah Y-Y).....	206
4.4.3.2.1	Kuat Geser Nominal Pada Joint (Peninjauan Arah Y-Y).....	206
4.4.3.2.2	Kuat Geser Horizontal (Peninjauan Arah Y-Y).....	208
4.4.3.2.3	Kuat Geser Vertikal (Peninjauan Arah Y-Y).....	208
4.5	Hasil Analisa Program Bantu ETABS	209
4.6	Perencanaan Pondasi	209
4.6.1	Perencanaan Pondasi Tipe 1	209
4.6.2	Perencanaan Pondasi Tipe 2	240
4.6.3	Perencanaan Pondasi Tipe 3	271
4.7	Perhitungan Penurunan Pondasi.....	295
4.7.1	Perhitungan Penurunan Tiang Tunggal.....	295
4.7.2	Perhitungan Penurunan Ijin Tiang Tunggal	297
4.7.3	Perhitungan Penurunan Tiang Kelompok.....	297
4.8	Perhitungan Bore Pile	297
4.9	Pendetailan Tulangan Bore Pile	323

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	325
5.1.1	Komponen Struktur Atas.....	325
5.1.2	Komponen Struktur Bawah.....	326
5.2	Saran.....	326

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori Resiko Bangunan	10
Tabel 2.2	Faktor Keutamaan Gempa	11
Tabel 2.3	Koefisien Situs (F_a)	11
Tabel 2.4	Koefisien Situs (F_v)	12
Tabel 2.5	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	20
Tabel 2.6	Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung.....	20
Tabel 2.7	Korelasi Kepadatan Relatif (D_r) Tanah Pasir Dengan N_{SPT}	44
Tabel 2.8	Faktor Keamanan Untuk Pondasi Dalam.....	47
Tabel 2.9	Kriteria Jenis Perilaku Tiang	54
Tabel 4.1	Koefisien Reduksi Beban Hidup.....	82
Tabel 4.2	Rekapitulasi Data Uji SPT Sampel 1	85
Tabel 4.3	Rekapitulasi Data Uji SPT Sampel 2	86
Tabel 4.4	Rekapitulasi Parameter – Parameter Perhitungan Gempa	92
Tabel 4.5	Rekapitulasi Perhitungan Respons Spektrum Rencana Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang	94
Tabel 4.6	Rekapitulasi Gaya Gempa Lateral	100
Tabel 4.7	<i>Center Of Mass and Rigidity</i>	104
Tabel 4.8	Perhitungan Eksentrisitas Rencana (e_d)	105
Tabel 4.9	Koordinat Pusat Massa Baru.....	106

Tabel 4.10	Base Shear (Gaya Geser Dasar).....	107
Tabel 4.11	Modal Participating Mass Ratio	108
Tabel 4.12	Simpangan Akibat Gempa Statis (EX dan EY)	109
Tabel 4.13	Simpangan Akibat EX (Simpangan Arah X dan Y) Untuk Kontrol Batas Layan.....	109
Tabel 4.14	Simpangan Akibat EX (Simpangan Arah X dan Y) Untuk Kontrol Batas Layan.....	110
Tabel 4.15	Simpangan Akibat EX (Simpangan Arah X) Untuk Kontrol Batas Ultimit	111
Tabel 4.16	Simpangan Akibat EX (Simpangan Arah Y) Untuk Kontrol Batas Ultimit.....	112
Tabel 4.17	Simpangan Akibat EY (Simpangan Arah X) Untuk Kontrol Batas Ultimit.....	112
Tabel 4.18	Simpangan Akibat EY (Simpangan Arah Y) Untuk Kontrol Batas Ultimit.....	113
Tabel 4.19	Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 24D32	189
Tabel 4.20	Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 32D32	189
Tabel 4.21	Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 40D32	189
Tabel 4.22	Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 48D32	189
Tabel 4.23	Beban-beban Yang Bekerja Pada Kolom	209
Tabel 4.24	Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 48D32	185
Tabel 4.25	Kedalaman dan Nilai SPT.....	212
Tabel 4.26	Kedalaman dan Nilai SPT.....	212

Tabel 4.27	Nilai Faktor Keamanan Pondasi Tipe 1	213
Tabel 4.28	Nilai Faktor Efisiensi Kelompok Tiang Metode Feld	215
Tabel 4.29	Nilai Faktor Efisiensi Kelompok Tiang Metode Feld	217
Tabel 4.30	Korelasi Kepadatan Relatif Tanah Pasir dengan SPT Pondasi Tipe 1	220
Tabel 4.31	Korelasi Nilai SPT dengan Berat Jenis SPT Pondasi Tipe 1	222
Tabel 4.32	Korelasi Kepadatan Relatif Tanah Pasir dengan SPT Pondasi Tipe 1	223
Tabel 4.33	Kedalaman dan Nilai SPT.....	242
Tabel 4.34	Kedalaman dan Nilai SPT.....	243
Tabel 4.35	Nilai Faktor Keamanan Pondasi Tipe 2	244
Tabel 4.36	Nilai Faktor Efisiensi Kelompok Tiang Metode Feld	245
Tabel 4.37	Nilai Faktor Efisiensi Kelompok Tiang Metode Feld	248
Tabel 4.38	Korelasi Kepadatan Relatif Tanah Pasir dengan SPT Pondasi Tipe 2	251
Tabel 4.39	Korelasi Nilai SPT dengan Berat Jenis SPT Pondasi Tipe 2	253
Tabel 4.40	Korelasi Kepadatan Relatif Tanah Pasir dengan SPT Pondasi Tipe 1	253
Tabel 4.41	Kedalaman dan Nilai SPT.....	273
Tabel 4.42	Kedalaman dan Nilai SPT.....	274
Tabel 4.43	Nilai Faktor Keamanan Pondasi Tipe 2	275
Tabel 4.44	Nilai Faktor Efisiensi Kelompok Tiang Metode Feld	276

Tabel 4.45	Nilai Faktor Efisiensi Kelompok Tiang Metode Feld	278
Tabel 4.46	Korelasi Kepadatan Relatif Tanah Pasir dengan SPT Pondasi Tipe 3	281
Tabel 4.47	Korelasi Nilai SPT dengan Berat Jenis SPT Pondasi Tipe 3	283
Tabel 4.48	Korelasi Kepadatan Relatif Tanah Pasir dengan SPT Pondasi Tipe 3	283
Tabel 4.49	Nilai Koefisien Empiris (C_p).....	295
Tabel 4.50	Nilai Modulus Elastisitas Tanah (E_s)	296
Tabel 4.51	Nilai Angka Poisson Tanah (V_s)	296
Tabel 4.52	Nilai P_{max}	320
Tabel 4.53	Nilai P_n dan M_n Perhitungan	320

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Percepatan Spectrum Respon 1 Detik (S1) Dengan Nisbah Redaman 5% di Batuan Dasar SB Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun Berdasarkan Peta Gempa 2017	8
Gambar 2.2	Peta Percepatan Spectrum Respon 1 Detik (S1) Dengan Nisbah Redaman 5% di Batuan Dasar SB Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun Berdasarkan Peta Gempa 2017	9
Gambar 2.3	Spektrum Respons Desain	25
Gambar 2.4	Contoh - contoh Sengkang Tertutup Saling Tumpuk	36
Gambar 2.5	Geser Desain Untuk Balok	38
Gambar 2.6	Contoh Tulangan Transversal Pada Kolom	40
Gambar 2.7	Geser Desain Untuk Kolom	42
Gambar 2.8	Luas Hubungan Balok Kolom (<i>Joint</i>) Efektif	43
Gambar 2.9	Perbandingan Zona Tanah Tertekan(Tomlison 1977)	49
Gambar 2.10	Ilustrasi <i>Overlapping</i> Zona Tegangan disekitar Kelompok Tiang .	49
Gambar 2.11	Baris Kelompok Tiang	51
Gambar 2.12	Efisiensi Kelompok Tiang Formula Feld	53
Gambar 2.13	Pilecap Pondasi	54
Gambar 3.1	Lokasi Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan	59
Gambar 3.2	Bagan Alir Perencanaan	64

Gambar 4.1	Percepatan Spectrum Respons 0,2 Detik (S_s) Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang.....	88
Gambar 4.2	Percepatan Spectrum Respons 0,1 Detik (S_1) Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang.....	89
Gambar 4.3	Letak Balok 700 x 900 mm (Tipe Balok B2) yang Ditinjau	114
Gambar 4.4	Balok 700 x 900 (Tipe Balok B2)	115
Gambar 4.5	Rencana Penulangan Tumpuan Kiri (Momen Negatif).....	118
Gambar 4.6	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Tumpuan Kiri.....	120
Gambar 4.7	Rencana Penulangan tumpuan Kiri (Momen Positif).....	123
Gambar 4.8	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Tumpuan Kiri.....	125
Gambar 4.9	Rencana Penulangan Tumpuan Kanan (Momen Negatif)	129
Gambar 4.10	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Tumpuan Kanan.....	131
Gambar 4.11	Rencana Penulangan Tumpuan Kanan (Momen Positif)	134
Gambar 4.12	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Tumpuan Kanan.....	136
Gambar 4.13	Rencana Penulangan Daerah Lapangan (Momen Positif).....	139
Gambar 4.14	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Daerah Lapangan	140
Gambar 4.15	Gaya Geser Akibat Beban Gravitasi 1,2 D + L (V graf) Goyangan Gempa Ke Kiri	143
Gambar 4.16	Gaya Geser Akibat Momen Ujung (V Mpr) Goyangan Gempa Ke Kiri.....	144
Gambar 4.17	Skema Geser Desain Akibat Goyangan Gempa Ke Kiri.....	144
Gambar 4.18	Gaya Geser Desain Akibat Goyangan Gempa Ke Kiri	145

Gambar 4.19	Gaya Geser Akibat Beban Gravitasi 1,2 D + L (V graf) Goyangan Gempa Ke Kanan	145
Gambar 4.20	Gaya Geser Akibat Momen Ujung (V Mpr) Goyangan Gempa Ke Kanan.....	146
Gambar 4.21	Skema Geser Desain Akibat Goyangan Gempa Ke Kanan.....	146
Gambar 4.22	Rencana Penulangan Kolom K1	157
Gambar 4.23	Jarak Antara Tulangan Kolom K1	158
Gambar 4.24	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Kolom Dengan Formasi Tulangan 24D32 (Kondisi Seimbang).....	159
Gambar 4.25	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Kolom Dengan Formasi Tulangan 24D32 (Kondisi Seimbang 1,25fy)	165
Gambar 4.26	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Kolom Dengan Formasi Tulangan 24D32 (Kondisi Patah Desak).....	171
Gambar 4.27	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Kolom Dengan Formasi Tulangan 24D32 (Kondisi Patah Tarik)	177
Gambar 4.28	Diagram Regangan Tegangan Penulangan Kolom Dengan Formasi Tulangan 24D32 (Kondisi Lentur Murni)	183
Gambar 4.29a	Diagram Interaksi Kolom 900x900.....	190
Gambar 4.29b	Diagram Interaksi Kolom 600x900.....	191
Gambar 4.29c	Diagram Interaksi Kolom 800x800.....	192

Gambar 4.30	Skema Jarak Antar Pusat Ke Pusat Tulangan Hoops	195
Gambar 4.31	Hubungan Balok Kolom Yang Ditinjau	201
Gambar 4.32	Skema Gaya Yang Bekerja Pada Hubungan Balok Kolom.....	201
Gambar 4.33	Rencana Pondasi Tipe 1	209
Gambar 4.34	Perencanaan Pondasi Tipe 1 dan Grafik SPT	211
Gambar 4.35	Rencana Susunan Pondasi Tipe 1	214
Gambar 4.36	Rencana Dimensi PileCap Pondasi Tipe 1 (3 Tiang)	215
Gambar 4.37	Rencana Susunan Pondasi Tipe 1 (4 Tiang)	216
Gambar 4.38	Rencana Dimensi PileCap Pondasi Tipe 1 (4 Tiang)	218
Gambar 4.39	Bidang Geser Pons Akibat Kolom Pondasi Tipe 1	225
Gambar 4.40	Bidang Geser Pons Akibat Borepile Pondasi Tipe 1	228
Gambar 4.41	Skema Pembebanan Arah X Pilecap Pondasi Tipe 1	230
Gambar 4.42	Penampang Pilecap dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri	231
Gambar 4.43	Skema Pembebanan Arah Y Pilecap Pondasi Tipe 1	235
Gambar 4.44	Penampang Pilecap dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri	236

Gambar 4.45	Rencana Pondasi Tipe 2	240
Gambar 4.46	Perencanaan Pondasi Tipe 2 dan Grafik SPT	242
Gambar 4.47	Rencana Susunan Pondasi Tipe 2	244
Gambar 4.48	Rencana Dimensi PileCap Pondasi Tipe 2 (2 Tiang)	246
Gambar 4.49	Rencana Susunan Pondasi Tipe 2 (3 Tiang)	247
Gambar 4.50	Rencana Dimensi PileCap Pondasi Tipe 2 (3 Tiang)	248
Gambar 4.51	Bidang Geser Pons Akibat Kolom Pondasi Tipe 2	256
Gambar 4.52	Bidang Geser Pons Akibat Borepile Pondasi Tipe 2	258
Gambar 4.53	Skema Pembebanan Arah X Pilecap Pondasi Tipe 2	260
Gambar 4.54	Penampang Pilecap dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri	261
Gambar 4.55	Skema Pembebanan Arah Y Pilecap Pondasi Tipe 2	265
Gambar 4.56	Penampang Pilecap dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri	266
Gambar 4.57	Rencana Pondasi Tipe 3	271
Gambar 4.58	Perencanaan Pondasi Tipe 3 dan Grafik SPT	273
Gambar 4.59	Rencana Susunan Pondasi Tipe 3	275

Gambar 4.60	Rencana Dimensi PileCap Pondasi Tipe 3 (1 Tiang)	276
Gambar 4.61	Rencana Susunan Pondasi Tipe 3 (2 Tiang)	277
Gambar 4.62	Rencana Dimensi PileCap Pondasi Tipe 3 (2 Tiang)	279
Gambar 4.63	Bidang Geser Pons Akibat Kolom Pondasi Tipe 3	286
Gambar 4.64	Bidang Geser Pons Akibat Borepile Pondasi Tipe 3	288
Gambar 4.65	Skema Pembebanan Arah X Pilecap Pondasi Tipe 3	290
Gambar 4.66	Rencana Penulangan Bore Pile	298
Gambar 4.67	Diagram Tegangan dan Regangan Bore Pile Kondisi Seimbang	300
Gambar 4.68	Diagram Tegangan dan Regangan Bore Pile Kondisi Seimbang $1,25f_y$	304
Gambar 4.69	Diagram Tegangan dan Regangan Bore Pile Kondisi Patah Tarik	308
Gambar 4.70	Diagram Tegangan dan Regangan Bore Pile Kondisi Patah Desak	312
Gambar 4.71	Diagram Tegangan dan Regangan Bore Pile Kondisi Lentur Murni	317
Gambar 4.72	Diagram Interaksi Bore Pile	321

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Respons Spektrum Rencana Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang.....	94
Grafik 4.2	Hubungan ν dengan Kepadatan Relatif (Dr) Tanah Pasir Pondasi Tipe 1	216
Grafik 4.3	Hubungan Antara $\mu/B4$. ν Kp dan $Hu/Kp.B3$. Pondasi Tipe 1	218
Grafik 4.4	Hubungan ν dengan Kepadatan Relatif (Dr) Tanah Pasir Pondasi Tipe 2.....	247
Grafik 4.5	Hubungan Antara $\mu/B4$. ν Kp dan $Hu/Kp.B3$. Pondasi Tipe 2	249
Grafik 4.6	Hubungan ν dengan Kepadatan Relatif (Dr) Tanah Pasir Pondasi Tipe 3.....	277
Grafik 4.7	Hubungan Antara $\mu/B4$. ν Kp dan $Hu/Kp.B3$. Pondasi Tipe 2	279