TUGAS AKHIR

TINJAUAN PERENCANAAN DAN METODE PELAKSANAAN PONDASI SUMURAN

STUDI KASUS; PEMBANGUNAN KANTOR OTORITAS BANDAR UDARA WILAYAH VIII MANADO GEDUNG C

Diajukan Sebagai Syarat untuk Menyelesaikan Studi
Program Studi Diploma – IV
Pada Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

MAYA MALINA
NIM : 10 012 048



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2015

TUGAS AKHIR

TINJAUAN PERENCANAAN DAN METODE PELAKSANAAN PONDASI SUMURAN

STUDI KASUS; PEMBANGUNAN KANTOR OTORITAS BANDAR UDARA WILAYAH VIII MANADO GEDUNG C

Diajukan Sebagai Syarat untuk Menyelesaikan Studi
Program Studi Diploma – IV
Pada Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

MAYA MALINA
NIM : 10 012 048

Dosen Pembimbing

SUDARNO, ST., MT	**Ir. BARAKATI K. MANGINSIHI, MT**
NIP. 19650116 199003 1 002	**NIP. 19621023 199303 1 001**

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2015

LEMBAR PENGESAHAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing, Koordinator Tugas Akhir dengan Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado.
Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa :

Nama : **Maya Malina**

NIM : **11 012 048**

Telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan Judul:

"TINJAUAN PERENCANAAN DAN METODE PELAKSANAAN PONDASI SUMURAN"
STUDI KASUS; PEMBANGUNAN KANTOR OTORITAS BANDAR
UDARA WILAYAH VIII MANADO

Selanjutnya telah diterima dan disetujui oleh Panitia Tugas Akhir.

Manado, Agustus 2015

Dosen Pembimbing

Pembimbing 1

Sudarno, ST., MT
NIP. 19650116 199003 1 002

Pembimbing 2

Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
NIP.19621023 199303 1 001

Disetujui
Koordinator Tugas Akhir

Ir. JeanelyRangkang, M.Eng.Sc
NIP. 19621115 199303 2 002

Mengetahui
KetuaJurusanTeknikSipil

Ir. Donny RoykeTaju, MT
NIP. 19591003 198903 1 002

KEPUTUSAN
DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO
NOMOR : 2721/PL12/AK/2014

TENTANG

PENETAPAN
DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA
PROGRAM STUDI D-IV KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MANADO
TAHUN AKADEMIK 2014/2015

DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO

Membaca : Surat Ketua Jurusan Teknik Sipil Nomor : 368/PL12.3/AK/2015 tanggal 11 Mei 2015 perihal Surat Penunjukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015;

Menimbang :
a. Bahwa untuk kelancaran pelaksanaan penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015 perlu ditetapkan Dosen Pembimbing;
b. Bahwa mereka yang nama-namanya tercantum dalam lampiran Keputusan ini dinilai memenuhi syarat sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015 ;
c. Bahwa sehubungan dengan hal tersebut pada butir (a) dan (b) diatas perlu diterbitkan Keputusan Direktur ;

Mengingat :
1 Undang – Undang Nomor 20 Tahun 2003;
2 Undang – Undang N omor 12 Tahun 2012;
3 Undang – Undang Nomor 5 Tahun 2014;
4 Kepmendiknas Nomor 139/0/2002;
5 Permendiknas Nomor 21 Tahun 2005;
6 Kepmendikbud Nomor 184/MPK.A4/KP/2012;

M E M U T U S K A N

Menetapkan :

Pertama : Nama-nama sebagaimana yang tercantum dalam lampiran Keputusan ini ditetapkan sebagai pembimbing Tugas Akhir bagi Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi BangunanGedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015.

Kedua : Dosen Pembimbing bertugas :
1. Melaksanakan kegiatan pembimbingan kepada mahasiswa selama proses penyusunan Tugas Akhir berlangsung sampai dengan penyusunan laporan serta evaluasi;
2. Melakukan koordinasi dengan Panitia Pelaksana Tugas Akhir Mahasiswa
3. Melaporkan hasil pelaksanaan Tugas Akhir Mahasiswa kepada Ketua Jurusan Teknik Sipil.

Ketiga : Semua biaya yang dikeluarkan sebagai akibat dari Keputusan ini dibebankan pada anggaran yang tersedia untuk itu.

Keempat : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan akan diadakan perubahan seperlunya apabila ternyata dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Manado
Padatanggal : 04 Agustus 2015

DIREKTUR,

JEMMY JULLES RANGAN
NIP. 19570604 198903 1 001

Tembusan:

Lampiran Keputusan Direktur Politeknik Negeri Manado
Nomor : 2721/PL12/AK/2015
Tanggal : 04 Agustus 2015
Tentang : **Penetapan Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015**

SEMESTER VIII A

NO.	NAMA MAHASISWA	NIM	DOSEN PEMBIMBING
1	Triwinata Maryadi	11012001	Noldie E. Kondoj, ST., MT
			Joseph Sumajouw, ST., MT
2	Norina Gombo	11012003	Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc
			Mycle Wala, ST., MT
3	Vindy Prisilya Kiriw	11012005	Mario Moningka, ST., MT
			Ir. Charles Sulangi, MIT
4	Christian Lakada	11012008	Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng,Sc
			Daisy D.G. Pangemanan, ST.,MT, M.Si
5	Sulistyo Damopolii	11012009	Ir. Jemmy J. Rangan, MT
			Sudarno, ST., MT
6	Dewi S.Bolantinuhe	11012011	Ir. Ever N. Slat, MT
			Ir. Syuultje Dowa, MT
7	Ronald Hai Kareth	11012013	Ir. Franky R. Tombokan, M.Eng
			Ir. Dirk J. Ombuh, MT
8	Ferdo N. Makaudis	11012015	Ir. Syuultje Dowa, MT
			Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng,Sc
9	Stevi E. Makahanap	11012016	Ir. Donny R. Taju, MT
			Mycle Wala, ST., MT
10	Jery Mamaghe	11012018	Estrelita V. Y. Waney, ST.,M.Eng,Mgmt
			Helen G. Mantiri, SST., MT
11	Wibowo P.Mokodompit	11012020	Ir. Chris Hombokau, MT
			Dr. Tampanatu P. F. Sompie, ST., M.Eng Mgmt
12	Rio Christian David	11012024	Ir. Ever N. Slat, MT
			Olivia Moningka, ST., M.Ars
13	Charlie R.R. Derek	11012030	Joseph Sumajouw, ST., MT
			Ir. Charles Sulangi, MIT
14	Richard Sinco Tenau	11012032	Sherley Runtunuwu, ST., MT
			Djoige Onibala, ST., MT
15	Justitia Pontolowokang	11012033	Rudolf E.G. Mait, ST., MT
			Syanne Pangemanan, ST.,M.Eng
16	Andika Blongkot	11012037	Estrelita V. Y. Waney, ST.,M.Eng,Mgmt
			Pendekar T. Lonan, ST., MT
17	Brian Valentino Ombuh	11012044	Ir. Julius E. Tenda, MT
			Helen G. Mantiri, SST., MT
18	Erham Bin Muhammad	11012052	Ir. Enteng J. Saerang, MT
			Geertje E. Kandiyoh, ST.,M.Eng
19	Christian D.Nimot	11012053	Ir. Enteng J. Saerang, MT
			Ir. Chris Hombokau, MT
20	Lucky Tamapedung	9012020	Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng
			Nixon S. Mantiri, ST., MT

SEMESTER VIII B

NO.	NAMA MAHASISWA	NIM	DOSEN PEMBIMBING

3	Priangga Pantow	11012006	Sherley Runtunuwu, ST.,MT
			Noldie E. Kondoj, ST., MT
4	Cicilia Mantiri	11012007	Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng,Sc
			Ir. Enteng J. Saerang, MT
5	Brenda Kandijoh	11012010	Seska Nicolaas, ST., MT
			Hendrie J. Palar, ST., MT
6	Syahreza Haruna	11012014	Ir. Dirk J. Ombuh, MT
			Deyke Mandang, ST
7	Alfian Arundaa	11012017	Ir. Syuultje Dowa, MT
			Syanne Pangemanan, ST., M.Eng
8	Iga Djenethe Mandagi	11012019	Rudolf E.G. Mait, ST., MT
			Dr. Tampanatu P. F. Sompie, ST., M.Eng,Mgmt
9	Marselius L.Aloo	11012021	Ir. Ever N. Slat, MT
			Daisy D.G. Pangemanan, ST.,MT, M.Si
10	Kurniawan Adam	11012022	Geertje E. Kandiyoh, ST.,M.Eng
			Ir. Dirk J. Ombuh, MT
11	Edward Z.Halibu	11012023	Sudarno, ST., MT
			Nixon S. Mantiri, ST., MT
12	Ardi Longdong	11012025	Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng
			Ahmad Y. Abas, ST., MT
13	Farly Reiner Naray	11012026	Mario Moningka, ST., MT
			Daisy D.G. Pangemanan, ST.,MT, M.Si
14	Rio Rocki Botto	11012028	Ir. Enteng J. Saerang, MT
			Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc
15	Juli	11012034	Ir. Julius E. Tenda, MT
			Syanne Pangemanan, ST.,M.Eng
16	Silvister O.Gedoan	11012036	Rudolf E.G. Mait, ST., MT
			Ir. Franky R. Tombokan, M.Eng
17	Rahmat H. Patingki	11012038	Sandry Sengkey, ST., MT
			Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
18	Rendy S.Makalalag	11012040	Ir. Donny R. Taju, MT
			Estrelita V. Y. Waney, ST.,M.Eng,Mgmt
19	Jendry I Budiman	11012043	Ir. Julius E. Tenda, MT
			Shirley Runtunuwu, ST., MT
20	Claudio B. Irot	11012045	Ir. Julius E. Tenda, MT
			Rudolf E.G. Mait, ST., MT
21	Hesly E. Linuh	11012046	Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng
			Ahmad Y. Abas, ST., MT
22	Maya Malina	11012048	Sudarno, ST., MT
			Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
23	Febrian Bill Baureh	11012051	Mario Moningka, ST., MT
			Ir. Bambang P. Widodo, MT
24	Vain Podungge	11012054	Seska Nicolaas, ST., MT
			Ir. Charles Sulangi, MIT
25	Briankly Tengkue	10012054	Sandry Sengkey, ST., MT
			Ir. Chris Hombokau, MT

DIREKTUR,

KEMENTRIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG – D IV

FORMULIR ASISTENSI

TUGAS AKHIR

Nama : Maya Malina

NIM : 11 012 048

Program Studi : Konstruksi Bangunan Gedung D-IV Tahun 2011

Judul : **TINJAUAN PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI SUMURAN**

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
7/5/2015	– Latar belakang di perbaiki – Cara membuat / menulis kutipan. – Masukkan Dasar Teori di semester 4 yg lepas. – Lanjut.	
27/5/2015	– Tujuan di perbaiki – Dasar teori yg sama dg pembahasan. – Lanjut – Metode pelaksanaan di cari yg standar.	

Manado, 2015

Dosen Pembimbing;

Sudarno, ST., MT
NIP. 19650116 199003 1 002

Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
NIP. 19621023 199303 1 001

KEMENTRIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG – D IV

FORMULIR ASISTENSI

TUGAS AKHIR

Nama : Maya Malina

NIM : 11 012 048

Program Studi : Konstruksi Bangunan Gedung D-IV Tahun 2011

Judul : **TINJAUAN PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI SUMURAN**

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
15/6/2015	- Cari di perbaiki.	
29/6/2015	- Lihat perbaikan yg paling kritis dr tepi	
3/7/15	- perbaiki dengan dr tengah. - Sumber acuan yg di pakai - teliti lagi. - cek perhitungan.	
7/7/15	- perbaiki perhitungan Daya dukung pondasi. - cari yang lain.	

Manado, 2015

Dosen Pembimbing;

Sudarno, ST., MT
NIP. 19650116 199003 1 002

Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
NIP. 19621023 199303 1 001

KEMENTRIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG – D IV

FORMULIR ASISTENSI

TUGAS AKHIR

Nama	: Maya Malina
NIM	: 11 012 048
Program Studi	: Konstruksi Bangunan Gedung D-IV Tahun 2011
Judul	: **TINJAUAN PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI SUMURAN**

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
10/7/15	- perbaiki penulisan DD pondasi cabang 30 cm - perbaiki Abstrak - perbaiki Komputer	
13/7-2015	* proses pelaksanaan dilapangan tinjauan dgn bab III * lanjutkan	

Manado, 2015

Dosen Pembimbing;

Sudarno, ST., MT
NIP. 19650116 199003 1 002

Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
NIP. 19621023 199303 1 001

KEMENTRIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG – D IV

FORMULIR ASISTENSI

TUGAS AKHIR

Nama : Maya Malina

NIM : 11 012 048

Program Studi : Konstruksi Bangunan Gedung D-IV Tahun 2011

Judul : **TINJAUAN PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI SUMURAN**

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
22/7-2015	Cek hitung perbandingan adukan dgn pelaksanaan. - Lanjut	
24/7-2015	Selesai	
24/7-2015	Cek yg salah Selesai	

Manado, 2015

Dosen Pembimbing;

Sudarno, SST., MT
NIP. 19650116 199003 1 002

Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
NIP. 19621023 199303 1 001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO
AlamatKantor :KampusPoliteknik, Jl. Raya Politeknik Ds. Buha Manado PO BOX 1256
Tel : (0431) 815212, 815217 Fax. (0431) 811568, 815192, 815144
Website : www.polimdo.ac.id

LEMBAR ASISTENSI REVISI TUGAS AKHIR

Nama : MAYA MALINA
NIM : 11-012-098
ProgramStudi : DIV - KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG
Judul : "TINJAUAN PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN PONDASI SUMURAN: STUDI KASUS: PEMBANGUNAN KANTOR OTORITAS BANDAR UDARA WILAYAH VIII MANADO GEDUNG C
DosenPenguji : .....

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Dosen
	4/08-2015	- Selesai diperiksa	
	06/8-2015	- Perbaiki sesuai saran pada saat asistensi pada konsep tugas akhir	
	12/8-2015	- Perbaiki & lengkapi	
	14/8-2015	- Selesai diperiksa	
	18/8-2015	- Cetak	

Manado, 18/8 2015
Ketua Panitia Penguji Tugas Akhir

Seska Nicolaas, ST., MT
NIP. 19710216 200003 2001

POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL

BUKTI SELESAI KONSULTASI PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Nama : MAYA . MAINA
NIM : 11 012 098
Program Studi : DIV - KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG
Judul : "Tinjauan Perencanaan dan Metode Pelaksanaan Pondasi Sumuran Studi kasus: Pembangunan kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado Gedung C"

No	Nama	Jabatan	Tgl. Selesai Konsultasi	TandaTangan
1	Seska Nicolaas	Ketua/Penguji	9/8 - 2015	1.
2	Sfanne Pangemanan	Anggota/Penguji	14/8 - 2015	2.
3	—	Anggota/Penguji	—	3. —
4	Sudarno	Anggota/Penguji/Pembimbing	18/8 - 2015	4.
5	Barakati. Mangunsihi	Anggota/Penguji/Pembimbing	11/8 - 2015	5.

Manado, 18/8 2015
Ketua Panitia Penguji Tugas Akhir,

Seska Nicolaas, ST, MT
NIP. 19710216 200003 2 001

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur patut dihaturkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus, karena atas bimbingan dan penyertaan-Nya sehingga tugas akhir dengan judul **"Tinjauan Perencanaan dan metode pelaksanaaan pekerjaan pondasi sumuran" Studi kasus: Pembangunan Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah 8 Manado"** ini bisa diselesaikan. Tugas ini dibuat sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan kuliah di Politeknik Negeri Manado Jurusan Teknik Sipil dengan tujuan agar mahasiswa mampu memahami lebih dalam segala teori yang diajarkan dan mempelajari situasi dan kondisi dalam dunia kerja.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang sangat membantu. Untuk itu disampaikan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Manado, Ir.Jemmy Rangan, MT, Ketua Jurusan Teknik Sipil Ir. Donny R. Taju, MT, Ketua Panitia Penyusunan Tugas Akhir Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc, Dosen Penguji Seska Nicolaas, ST., MT, Syanne Pangemanan, ST., M.Eng dan Nixon Mantiri, ST., MT. Dosen Pembimbing Sudarno, ST., MT dan Ir. Barakati K. Manginsihi, MT yang selalu membimbing, mengarahkan dan membagi ilmu dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Kepada pihak dari proyek pembangunan Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado yang membantu dalam proses penelitian. Kepada para Dosen Pengajar Jurusan Teknik Sipil yang telah membagi ilmu selama proses perkuliahan. Kepada mama, papa, kakakku Morgan Malina, A.Md.Ak, adikku, dan semua keluargaku yang selalu memberikan doa, dukungan moral dan moril selama proses perkuliahan. Kepada Izsak Souisa, Cicilia Mantiri, Brenda Kandijoh, Iga Mandagie, Rendy Saputra Makalalag, Rahmat Patingky, Juli, Kurniawan Adam dan Triwinata Maryadi yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam studi juga teman – teman angkatan 2011 jurusan Teknik Sipil Program Studi Diploma VI Konstruksi Bangunan Gedung yang selalu membantu dalam perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir. Semoga Tuhan Yesus Kristus senantiasa memberikan berkat

dan kasih karunia-Nya serta membalas semua kebaikan dari pihak – pihak yang telah turut serta dalam penyusunan tugas akhir ini.

Tentunya masih terdapat kekurangan maupun kesalahan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Untuk itu, sangat diharapkan kritik dan saran yang dapat membangun sehingga bisa bermanfaat dalam kemajuan dunia pendidikan. Terima Kasih dan Tuhan Yesus Memberkati.

Manado, Juli 2015

Penulis

ABSTRAK

Pembangunan Gedung Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado merupakan bangunan pemerintah di Manado, Sulawesi Utara dengan jenis konstruksi bangunan beton bertulang dan kondisi tanah keras. Pondasi adalah konstruksi bagian bawah (substructure) yang berfungsi untuk memikul beban bangunan di atasnya (upper structure) termasuk beban sendiri dari pondasi untuk diteruskan secara merata ke lapisan tanah di bawahnya. Pondasi yang digunakan untuk pembangunan Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado adalah pondasi sumuran.

Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah mengitung daya dukung pondasi sumuran dengan menghitung beban yang bekerja pada bangunan Kantor Otoritas Bandara Udara Wilayah VIII Manado yang ditinjau di lapangan. Membandingkan hasil perhitungan dengan hasil di lapangan dengan menghitung kembali dimensi,kedalaman dan penulangan dari pondasi sumuran. Situasi di lapangan sering didapat bahwa pelaksanaanya belum sesuai dengan teori serta kurang memenuhi standard yang sesuai dengan persyaratan yang berlaku untuk itu pengkajian kembali terhadap metode pelaksanaan pada pondasi sumuran sangat diperlukan untuk mengetahui metode pelaksanaan yang sesuai dengan standar yang berlaku karena pekerjaan pondasi merupakan komponen yang penting di dalam struktur suatu bangunan sebagai struktur bawah.

Dalam pembahasan tugas akhir ini menggunakan metode studi lapangan, studi literature dan konsultasi dengan berbagai pihak terkait. Untuk perhitungan pembebanan secara manual dan dalam menganalisa kemampuan daya dukung pondasi sumuran untuk momen yang bekerja menggunakan bantuan software ETABS v.9.6.0

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dihitung maka dapat disimpulkan bahwa, berdasarkan tinjauan pada titik Pondasi 8, maka didapati bahwa daya dukung pondasi sumuran (Qu) adalah 237,61 ton mampu untuk memikul beban yang bekerja sebesar 74,5911 ton pada titik 8. Adapun hasil dari perhitungan tersebut diameter pondasi hasil tinjauan adalah 60 cm dengan kedalaman 6 meter dan di lapangan 60 cm dengan kedalaman 6 meter. Penulangan longitudinal atau tulangan utama hasil tinjauan adalah 4D22 dan di lapangan 5D22, penulangan sengkang hasil tinjauan adalah Ø10-150 dan di lapangan Ø13-250 , ukuran pile cap hasil tinjauan 100 cm x 100 cm x 80 cm dan di lapangan 130 cm x 130 cm x 120 cm, tulangan bawah hasil tinjauan D13 – 200 dan di lapangan D16 – 200.

DAFTAR ISI

Hal.

Halaman Judul

Lembar Pengesahan

Surat Keputusan Dosen Pembimbing

Lembar Asistensi

Bukti Selesai Konsultasi untuk Perbaikan Tugas Akhir

KATA PENGANTAR i
ABSTRAK iii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 LATAR BELAKANG 1
1.2 MAKSUD DAN TUJUAN PENULISAN 2
1.3 PEMBATASAN MASALAH 2
1.4 METODE PENELITIAN 2
1.5 SISTIMATIKA PENULISAN 3
BAB II DASAR TEORI 4
2.1 Klasifikasi Tanah 5
2.2 Penyelidikan Tanah 8

2.3 Klasifikasi Pondasi 12
2.4 Pondasi Dalam 14
2.5 Daya Dukung pondasi Sumuran 17
2.6 Daya Dukung ijin Untuk Kelompok Tiang pondasi Sumuran 19
2.7 Penulangan Pondasi Bored Pile 20
2.8 Pile cap 22
2.9 Metode Pelaksanaan Pondasi Sumuran 25
2.10 Perhitungan pembebanan dengan Manual 27
2.11 Langkah – Langkah Perhitungan ETABS v.9.0.7 32
BAB III PEMBAHASAN 55
3.1 Data Teknis Perhitungan 55
3.2 Perhitungan Pembebanan 55
3.3 Data-Data Input ETABS 61
3.4 Menghitung Gaya geser dasar 63
3.5 Perhitungan Perencanaan Pondasi 66
3.6 Penulangan Pondasi Sumuran 72
3.7 Menghitung Tinggi pile cape dan Penulangannya 75
3.8 Metode Pelaksanaan Pondasi Sumuran 79
BAB IV PENUTUP 85
4.1 Kesimpulan 85
4.2 Saran 85
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Hal

Gambar 2.1 Diagram Distribusi Tanah 8

Gambar 2.2 Sondir kapasitas 2,5 Ton 10

Gambar 2.3 Hasil sondir dan pemboran.....10

Gambar 2.4 Pondasi Dalam 15

Gambar 2.5 Penampang mendatar Kaison.....15

Gambar 2.6 pondasi sumuran 16

Gambar 2.7 Jarak tiang 22

Gambar 2.8 Metode Chicago untuk penggalian lubang sumuran.....26

Gambar 2.9 Wilayah Gempa Indonesia 29

Gambar 2.10 Respon Spektrum Gempa Rencana untuk wilayah 5 30

Gambar 2.11 Permulaan pembuatan model baru 32

Gambar 2.12 Input grid bangunan 33

Gambar 2.13 Pengaturan grid bangunan.....34

Gambar 2.14 Data nama lantai struktur 34

Gambar 2.15 Windows pada layar ETABS 35

Gambar 2.16 Input data material.....36

Gambar 2.17 Ukuran balok T.....36

Gambar 2.18 Input data balok dan kolom.....37

Gambar 2.19 Input data balok T 38

Gambar 2.20 Input data kolom.....38

Gambar 2.21 Input data tulangan untuk balok 39

Gambar 2.22 Input data tulangan untuk kolom.....39

Gambar 2.23 Input set modifier balok T dan kolom.....41

Gambar 2.24 Input data plat 41

Gambar 2.25 Input property plat.....42

Gambar 2.26 Input set modifier plat 42

Gambar 2.27 Pilihan jenis properti kolom 43

Gambar 2.28 Pilihan jenis properti balok 44

Gambar 2.29 Pilihan jenis properti plat 44

Gambar 2.30 Menentukan jenis support 46

Gambar 2.31 Menentukan beban plat lantai 46

Gambar 2.32 Menentukan beban balok 47

Gambar 2.33 Input faktor reduksi beban hidup untuk gempa.....48

Gambar 2.34 Input faktor reduksi beban hidup untuk perencanaan kolom 50

Gambar 2.35 Input faktor reduksi beban hidup kumulatif.....50

Gambar 2.36 Memilih semua plat dengan ukuran yang sama 51

Gambar 2.37 Menentukan diafragma lantai.....51

Gambar 2.38 Diafragma lantai.....52

Gambar 2.39 Pilihan untuk analisa program.....52

Gambar 2.40 Pilihan untuk analisa program.....53

Gambar 2.41 Pilihan output untuk mendapatkan berat bangunan 53

Gambar 3.1 Denah Bangunan 55

Gambar 3.2 Potongan Memanjang arah Y bangunan 56

Gambar 3.3 Potongan Arah X bangunan 56

Gambar 3.4 Area Pembebanan Pada Lantai 1 dan 2 Yang Dipikul Oleh Kolom 57

Gambar 3.5 Area Pembebanan Pada Lantai 1 dan 2 Yang Dipikul Oleh Kolom 59

Gambar 3.6 Hasil input data ETABS, massa bangunan.....63

Gambar 3.7 tinjauan berat bangunan di Titik 8.....65

Gambar 3.8 Output Tinjauan Berat di titik 8 65

Gambar 3.9 Pembersihan Lokasi dan Penggalian Lubang pondasi Sumuran.....79

Gambar 3.10 Drum sebagai pengganti Buis Beton.....80

Gambar 3.11 Tulangan Untuk Pondasi Sumuran.....80

Gambar 3.12 Proses Diturunkan Drum ke lubang pondasi.....81

Gambar 3.13 Memasukkan tulangan ke dalam drum pondasi sumuran 81

Gambar 3.14 Proses Pengecoran.....82

Gambar 3.15 Proses penimbunan tanah di area sekitar lubang pondasi 82

Gambar 3.16 Pekerjaan pemasangan tulangan untuk pile cap.....83

Gambar 3.17 Pekerjaan pengecoran pile cap 83

Gambar 3.18 Pekerjaan Pengujian Slump.....84

Gambar 3.19 Pembuatan lantai kerja 84

DAFTAR TABEL

Hal

Tabel 2.1 Nilai besaran untuk komponen struktur pada bangunan.....40

Tabel 2.2 Koefisien reduksi beban hidup kumulatif untuk perencanaan kolom.....49

Tabel 3.1 Berat Dinding Yang dipikul Balok.....63

Tabel 3.2 Berat masing-masing lantai 64

Tabel 3.3 Distribusi Gaya Geser Horizontal Gempa.....66

Tabel 3.4 Hambatan konus berdasarkan laporan penyelidikan 67

Tabel 3.5 Hambatan pelekat berdasarkan laporan penyelidikan 69

Tabel 3.6 Hasil perhitungan perbandingan diameter pondasi sumuran.....71

Tabel 3.7 Momen, Shear, Aksial dari perhitungan ETABS untuk titik P8 73

Tabel 3.8 Hasil Perbandingan Penulangan.....75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Beban mati dan beban hidup berdasarkan PPIUG 1983
Lampiran 2	Data Sondir
Lampiran 3	Tabel SNI 1726-2002
Lampiran 4	Gambar Proyek

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan suatu proyek konstruksi seperti pada Pembangunan Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado ada banyak hal yang mendukung mulai dari perencanaan sampai pelaksanaannya. Salah satu hal yang penting ialah perencanaan struktur pondasi. Dan pondasi yang digunakan pada Proyek Pembangunan Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado adalah Pondasi sumuran. Pondasi sebagai salah satu struktur bawah memiliki peran yang penting, yakni menyalurkan beban dari atas ke lapisan tanah. Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama-tama dilaksanakan dan dikerjakan di lapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah). Pondasi merupakan suatu pekerjaan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan teknik sipil, karena pondasi inilah yang memikul dan menahan suatu beban yang bekerja diatasnya yaitu beban konstruksi atas. Pondasi ini akan menyalurkan tegangan-tegangan yang terjadi pada beban struktur atas ke dalam lapisan tanah yang keras yang dapat memikul beban konstruksi tersebut.

Pondasi sebagai struktur bawah secara umum dapat dibagi dalam 2 (dua) jenis, yaitu: pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pemilihan jenis pondasi tergantung kepada jenis struktur atas apakah termasuk konstruksi beban ringan atau beban berat dan juga tergantung pada jenis tanahnya. Untuk konstruksi beban ringan dan kondisi tanah cukup baik, biasanya dipakai pondasi dangkal, tetapi untuk konstruksi beban berat biasanya jenis pondasi dalam yang digunakan adalah pilihan yang tepat.

Penulis akan mengkonsentrasikan Tugas Akhir ini pada tinjauan perencanaan dan pelaksanaan pondasi dalam, yaitu pondasi sumuran pada Pembangunan Kantor Otoritas Bandara Udara Wilayah VIII Manado. Di sini akan dihitung kembali daya dukung dari pondasi sumuran. Dan membandingkan metode pelaksanaan di lapangan apakah sesuai dengan literature-literature yang membahas tentang pondasi sumuran karena ditemui di lapangan pada saat pelaksanaan pondasi sumuran yang telah digali

biasanya diberi buis tetapi di lapangan diganti dengan drum sehingga disini akan dibahas mengenai metode pelaksanaan yang sesuai dengan standar yang ada.

1.2 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini ialah:

a. Merencanakan pondasi sumuran
b. Membandingkan hasil analisa perhitungan dan hasil di lapangan
c. Menguraikan metode pelaksanaan

1.3 Pembatasan masalah

Penyusunan tugas akhir ini dibatasi permasalahannya hanya pada tinjauan perencanaan struktur bawah gedung kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado , antara lain

1. Menghitung kekuatan daya dukung pondasi sumuran
2. Menghitung pile cap dan penulangannya.
3. Dalam perhitungan pembebanan menggunakan metode manual
4. Dalam perhitungan gaya-gaya dalam menggunakan *software* ETABS
5. Membandingkan metode pelaksanaan pekerjaan pondasi di lapangan dengan dasar teori yang terdapat pada literature tentang pondasi sumuran

1.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Studi lapangan, yaitu dengan cara mengumpulkan data – data pada lokasi yang ditinjau.
2. Studi literatur, yaitu dengan cara mengumpulkan data dan mempelajari dari buku-buku literatur yang berhubungan dengan pembahasan.
3. Konsultasi langsung dengan dosen pembimbing serta pihak – pihak yang terkait dengan penyusunan Tugas Akhir.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

BAB I :PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, maksud dan tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan

BAB II :DASAR TEORI

Pada bab ini memuat mengenai pembahasan umum dan landasan teori yang digunakan untuk penulisan Tugas Akhir.

BAB III :PEMBAHASAN

Pada bab ini memuat metode pelaksanaan pada proyek yang ditinjau dan perhitungan daya dukung pondasi sumuran.

BAB IV :PENUTUP

Bab ini merupakan bagian penutup dari tugas akhir ini dimana di dalamnya memuat kesimpulan dan saran yang menjadi jawaban dari permasalahan yang ada dan hal–hal yang perlu dilakukan dalam mengatasi masalah yang terjadi pada proyek yang ditinjau.

BAB II
DASAR TEORI

Pembangunan suatu struktur perlu dilakukan suatu analisis ataupun desain dengan dibatasi oleh berbagai kriteria yang digunakan sebagai ukuran terhadap struktur yang akan didirikan. Dalam proses perancangan perlu dicari derajat kedekatan antara sistem struktural yang digunakan dengan tujuan desain tujuan yang dikaitkan dengan masalah *arsitektural*, *efisiensi*, *serviceability*, kemudahan pelaksanaan dan biaya

a. Aspek *Arsitektural*

   Hal ini berkaitan dengan denah dan bentuk struktur yang dipilih dikaitkan dari segi arsitektur.

b. Aspek Fungsional

   Berkaitan dengan kegunaan dari struktur yang akan dibangun.

c. Kekuatan Stabilitas Struktur

   Berkaitan dengan kemampuan struktur untuk menerima beban-beban yang bekerja baik beban lateral maupun vertikal dan kestabilan struktur.

d. Faktor Ekonomi dan Kemudahan Pelaksanaan

   Biasanya dalam perancangan suatu struktur terdapat berbagai alternatif pembangunan, maka salah satu faktor yang berperan di dalamnya adalah masalah biaya yang dalam hal ini dikaitkan dengan keadaan ekonomi pada saat pembangunan dan kemudahan pelaksanaan pembangunan di lapangan.

e. Faktor Kemampuan Struktur Mengakomodasi Sistem Layan Gedung

   Pemilihan sistem sruktur yang digunakan juga harus mempertimbangkan kemampuan struktur dalam mengakomodasikan sistem layan yang digunakan. Sistem layan ini menyangkut masalah pekerjaan mekanikal dan elektrikal. Maraknya kasus kegagalan konstruksi karena eksploitasi tanah yang melebihi daya dukungnya tentulah amat disayangkan. Untuk menghindari kasus yang serupa maka ada beberapa poin yang harus diperhatikan agar pelaksanaan suatu proyek dapat dikategorikan berhasil.

f. Input data dengan ketelitian tinggi
g. Perencanaan yang mantap dan pelaksanaan konstruksi dengan metode kerja yang tepat
h. Pengawasan pada saat pelaksanaan yang tepat.

Menurut Pamungkas, et al (2013) struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung atau bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, dapat berupa besmen dan/atau pondasi. Struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada taraf lantai dasar. Pada gedung tanpa besmen, taraf penjepitan lateral struktur atas dapat dianggap terjadi pada bidang telapak pondasi atau pada bidang atas kepala tiang (*pile cap*).

2.1 KLASIFIKASI TANAH

Menurut Frick (2001) dalam merencanakan struktur bawah diperlukan data - data mengenai karakteristik tanah tempat struktur tersebut berada dan beban struktur yang bekerja di atas struktur bawah yang direncanakan. Karakteristik tanah meliputi jenis lapisan tanah di bawah permukaan tanah, kadar air, tinggi muka air tanah dan lain lain. Beban struktur yang bekerja tergantung dari jenis material yang digunakan, jumlah tingkat bangunan, jenis – jenis beban yang bekerja pada struktur tersebut dan lain – lain.

Santosa, dkk (1998) menyatakan bahwa tanah merupakan materi dasar yang menerima sepenuhnya penyaluran beban yang ditimbulkan akibat dari konstruksi suatu bangunan yang dibuat diatasnya. Tanah mempunyai karakterisik dan sifat yang berbeda-beda, sehingga diperlukan pemahaman yang baik tentang masalah tanah ini. Klasifikasi tanah diperlukan untuk memberikan gambaran sifat-sifat tanah dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu konstruksi. Beberapa metode klasifikasi tanah :

1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butir
2. Klafisikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO
3. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem UNIFIED

2.1.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

Kebanyakan sistem-sistem klasifikasi terdahulu banyak menggunakan ukuran butir sebagai dasar pembuatan sistem klasifikasi. Dikarenakan deposit tanah alam pada umumnya terdiri atas berbagai ukuran-ukuran partikel, maka perlu dibuat suatu batasan-batasan berdasarkan distribusi ukuran butir yang kemudian menentukan presentase tanah bagi setiap batasan ukuran.

Meskipun ukuran butir tanah menyajikan cara yang sangat baik dalam mengkasifikasikan tanah, tetapi masih juja mempunyai kekurangan yaitu hanya sedikit sekali hubungan antara ukuran butir dan sifat-sifat fisis bagi tanah butir halus, misalnya karakteristik konsistensi dan plastisitas dari fraksi halus tanah yang ada.

Jenis-jenis tanah berdasarkan ukuran butir yaitu:

1. Kerikil (*gravel*) >2.00 mm
2. Pasir (*Sand*) 2.00-0.06 mm
3. Lanau (*silt*) 0.06-0.002 mm
4. Lempung (*clay*) <0.002 mm

Pengelompokan jenis tanah dalam praktek berdasarkan campuran butir:

1. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa pasir dan kerikil
2. Tanah berbutir halus adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa lempung dan lanau
3. Tanah organik adalah tanah yang cukup banyak mengandung bahan-bahan organik

2.1.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO

Klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO pada mulanya dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Clasification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan, versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Comitte on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945 (ASTM Standar no D-3282, AASTHO metode M145).

2.1.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem UNIFIED

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh Cassagrande pada tahun 1942 dan dikenal sebagai sistem AIRFIELD. Sistem ini telah dipakai dengan sedikit modifikasi oleh *U.S. Bureau of Reclamation dan U.S. Corps of Engineers* pada tahun 1952. Pada tahun 1969, *American Society for Testing and Materia*l (ASTM) telah mengakui sistem UNIFIED sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah untuk maksud rekayasa.

Setiap tanah diberi simbol dua huruf, dan dari simbol tersebut dapat diketahui jenisnya dan sifatnya.

Huruf pertama menunjukkan jenisnya, misal

G = Kerikil (*Gravel)*

S = Pasir (*Sand*)

M = Lanau (*Silt)*

C = Lempung (*clay)*

O = Tanah organik

Huruf kedua menunjukkan sifatnya

W = Bergradasi Baik (*well graded*)

P = Bergradasi jelek (*Poorly graded*)

M = Mengandung lanau

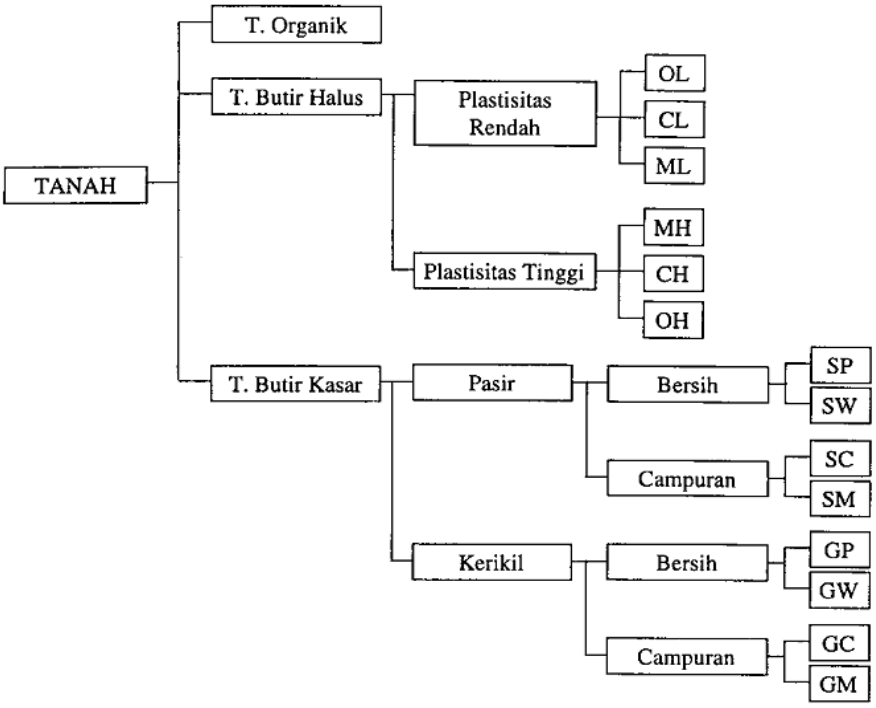
C = Mengandung lempung

L = Bersifat plastis rendah *(low plasticity)*

H = Bersifat plastis tinggi (*high plasticity)*

Sifat *index* (sifat general) yang digunakan untuk mengklasifkasikan tanah adalah:

1. Perbandingan butir kasar dan butir halus, banyaknya fraksi kerikil dan pasir
2. Gradasi tanah (Cu dan Co)
3. Batas konsistensi tanah butir halus (WL dan IP)
4. Sifat organik tanah



Sumber: Santoso,dkk

Gambar 2.1.Diagram Distribusi Tanah

2.2 PENYELIDIKAN TANAH

Penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisan. Pamungkas,dkk (2013) menyatakan bahwa penyelidikan tanah sangat berkaitan dengan penentuan pondasi. Jenis tanah akan sangat mempengaruhi penentuan pondasi yang akan digunakan.

Menurut Gunawan (1983) Bangunan dapat berdiri dengan stabil jika tidak timbul penurunan *settement)* yang terlalu besar, maka pondasi bangunan harus mencapai lapisan tanah yang cukup padat, untuk mengetahui letak kedalaman lapisan tanah padat dan kapasitas daya dukung tanah *(bearing capacity)* yang diizinkan, maka perlu dilakukan penyelidikan mekanika tanah yang mencakup penyelidikan di lapangan (lokasi rencana bangunan baru) dan penelitian di laboratorium. Penyelidikan lapangan yang paling umum dilaksanakan adalah:

1. Pemboran (*drilling*)

   Pemboran merupakan bagian yang penting dari penyelidikan tanah, dari pemboran dapat diketahui lapisan-lapisan tanah di bawah lokasi rencana bangunan, dan dari lubang bor *(broholes*) dapat diperoleh contoh-contoh tanah yang diperlukan untuk penyelidikan tanah selanjutnya di laboratorium mekanika tanah.

2. Pengambilan contoh bahan tanah

   Pengambilan contoh bahan tanah dilaksanakan untuk mendapatkan contoh tanah tidak terusik dan contoh tanah terusik.

   a. Contoh tanah tidak terusik

      Contoh tanah tidak terusik adalah contoh tanah yang masih menunjukkan sifat asli (alamiah dari tanah di tempat asalnya, jadi belum mengalami perubahan struktur, kepadatan ikatan antar butir tanah, kadar air atau susunan kimianya. Contoh tanah tidak terusik dari tanah kohesi sangat berguna untuk penelitian kekuatan geser (kuat geser dari kohesi), kompresbilitas dengan permeabilitas, tiga sifat teknik yang penting untuk perencanaan pondasi.

   b. Contoh tanah terusik contoh tanah terusik adalah contoh tanah yang diambil tanpa usaha mempertahankan sifat-sifat asli tanah dan biasa hanya hanya digunakan untuk penelitian/analisa distribusi ukuran butir, batas *Atterberg* (Batas cair dan *Index* Plastisitas), klasifikasi tanah dan pengujian pemadatan di laboratorium.

3. Pengujian Penetrasi

   Pengujian penertasi yang dilaksanakan dapat dibagi menjadi pengujian penetrasi statis dan pengujian penetrasi dinamis.

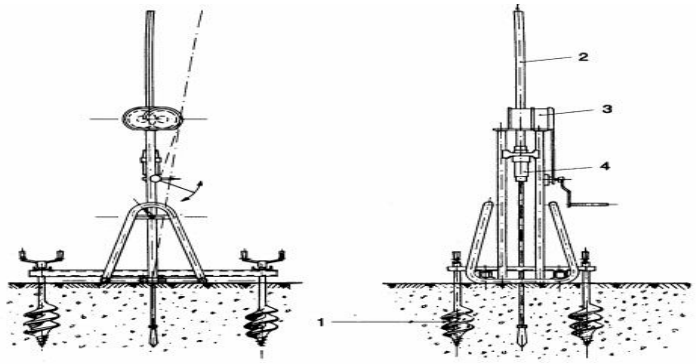
   a. Pengujian penetrasi statis

      Pengujian penetrasi statis yang umumnya dilaksanakan di Indonesia dengan menggunakan alat sondir (*Dutch Static Penetrometer*).

   b. Pengujian penetrasi dinamis

      Pengujian penetrasi dinamis banyak dikerjakan di Amerika Serikat dan terkebal dengan SPT (*Standard Penetration Test*). Pengujian penetrasi statis sesuai digunakan di Indonesia dengan kondisi tanah pasir/lanau atau

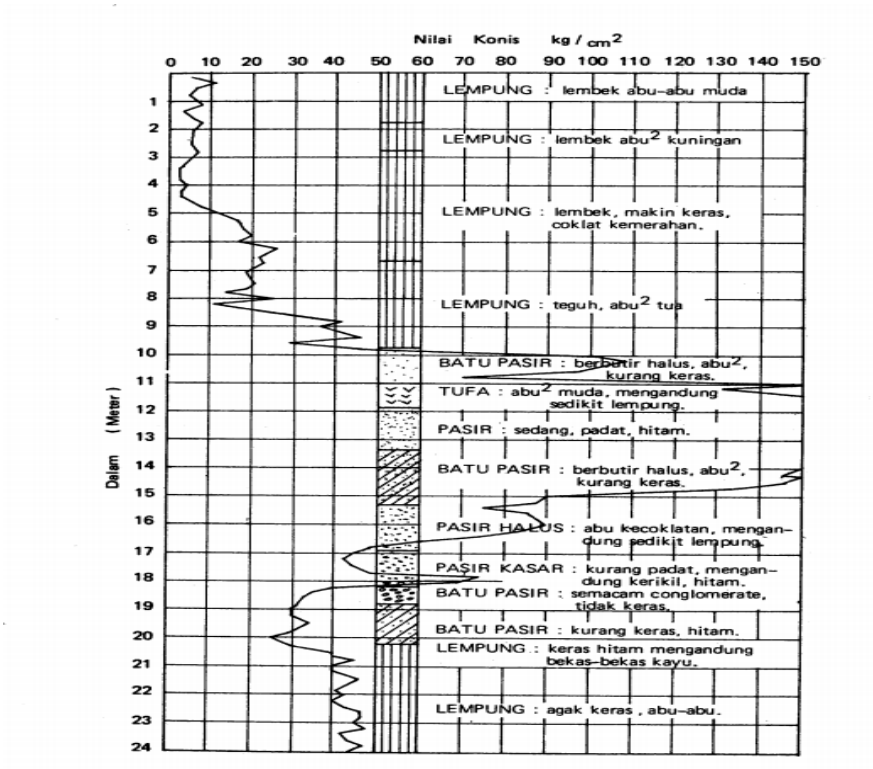
lempung lunak (*soft to medium stiff*) dan hasil pengujian penetrasi statis (sondir) biasanya lebih tepat dibanding hasil pengujian dinamis SPT (*Wesley dalam Gunawan,1990)*



Dutch penetrometer, 2.5-tons capacity. 1 = helicoidal andhor; 2 = rack; 3 = gear; 4 = loading head.

(Sumber: Sanglerat G. – The Penetrometer and soil Exploration, dalam Pengantar Teknik Pondasi Gunawan. R. 1990)

Gambar 2.2. Sondir kapasitas 2,5 Ton



Sumber: L.D Wesley, Mekanikah Tanah

Gambar 2.3.Hasil sondir dan pemboran

Pamungkas, dkk (2013) menyatakan bahwa seorang *structure engineer* harus bisa menentukan jenis pondasi yang tepat untuk digunakan pada bangunan yang dirancang. Jenis pondasi ditentukan dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan tempat berdirinya bangunan dan usulan jenis pondasi secara karakteristik tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer*.

Hasil penyelidikan tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer* antara lain :

1. Kondisi tanah dasar yang menjelaskan jenis lapisan tanah pada beberapa lapisan kedalaman.
2. Analisis daya dukung tanah biasanya tanah itu secara sepintas dibagi dalam tanah berbutir kasar dan berbutir halus berdasarkan suatu hasil analisa mekanis.
3. Selanjutnya tahap klasifikasi tanah berbutir halus diadakan Besar nilai SPT (*Strandar Penetration Test*) dari beberapa titik bor.
4. Besar tahanan ujung konus dan jumlah hambatan pelekat dari beberapa titik sondir.
5. Hasil tes laboratorium tanah untuk mengetahui berat jenis tanah dan lain – lain.
6. Analisis daya dukung tiang pondasi berdasarkan data – data tanah (apabila menggunakan pondasi tiang).
7. Rekomendasi dari *soil engineer* mengenai jenis pondasi yang digunakan.

Tujuan utama dari penyelidikan tanah tersebut adalah:

a. Untuk menentukan urutan, ketebalan dan lapisan tanah ke arah lateral dan bila diperlukan, elevasi batuan dasar.
b. Untuk memperoleh contoh-contoh tanah dan batuan yang cukup mewakili untuk keperluan identifikasi dan klasifikasi dan bila perlu untuk digunakan dalam uji laboratorium guna menentukan parameter - parameter tanah yang relevan
c. Untuk mengidentifikasi kondisi air tanah. Hasil-hasil dari penyelidikan tanah harus yang cukup memadai, misalnya untuk mendapatkan tipe pondasi yang paling sesuai untuk suatu usulan struktur dan sebagai bila mungkin timbul masalah -masalah pada saat penggalian.

2.3 KLASIFIKASI PONDASI

Menurut, Frick (2000) Pondasi merupakan bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah, yang menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban berguna, dan gaya-gaya luar terhadap berat sendiri, beban berguna dan gaya-gaya luar terhadap gedung seperti tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain. Fondasi berfungsi;

a. Sebagai kaki bangunan atau alas bangunan
b. Sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban dari atas ke dasar tanah yang cukup
c. Sebagai penjaga agar kedudukan bangunan stabil (tetap)

Gunawan (1983), pondasi menurut bentuk konstruksinya biasa dibagi menjadi empat macam:

1. Pondasi menerus (C*ontinuous footing*)
2. Pondasi telapak (*Individual footing*)
3. Pondasi kaki gabungan (C*ombined footing*)
4. Pondasi plat (*Mat footing/Raft fooring*)

Pondasi merupakan unsur penting untuk semua bangunan teknik sipil. Setiap bangunan: Gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, kanal atau bendungan di bangunan di atas permukaan tanah. Dalam hal ini perlu mengetahui daya dukung tanah, pola distribusi tegangan dalam tanah di bawah daerah pembebanan, kemungkinan penurunan pondasi, pengaruh / dampak muka air tanah dan getaran dan lain-lain.

Macam-macam bentuk pondasi yang sesuai antara lain:

a. Pondasi dangkal
b. Pondasi tiang
c. Pondasi sumuran dll.

Yang tergantung dari tanah dasar, beban dan air tanah yang terdapat pada tanah tersebut. Pengetahuan tentang penyusutan dan pengembangan tanah di bawah pondasi tersebut juga sangat perlu.

a. Jika kedalaman dasar pondasi dari muka tanah adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) maka disebut pondasi dangkal.
b. Jika kedalaman pondasi dari muka-tanah adalah lebih dari lima kali lebar pondasi ($D \geq 5B$) maka disebut pondasi dalam.

2.3.1 Perencanaan pondasi

Persyaratan umum yang harus dipenuhi oleh pondasi antara lain :

1. Terhadap tanah dasar :
   a. Pondasi harus mempunyai bentuk, ukuran dan struktur sedemikian rupa sehingga tanah dasar mampu memikul gaya-gaya yang bekerja.
   b. Penurunan yang terjadi tidak boleh terlalu besar/tidak merata.
   c. Bangunan tidak boleh bergeser atau mengguling.
2. Terhadap struktur pondasi sendiri :

   Struktur pondasi harus cukup kuat sehingga tidak pecah akibat gaya yang bekerja. Pemilihan jenis pondasi yang akan digunakan sebagai struktur bawah (*Sub Structure*) dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain kondisi tanah dasar, beban yang diterima pondasi, peraturan yang berlaku, biaya, kemudahan pelaksanaannya dan sebagainya. Secara umum pondasi dapat dibagi menjadi dua macam yaitu pondasi dalam (*deep foundation*) dan pondasi dangkal (*Shallow Foundation*).

   Penyaluran beban dari bangunan atas ke tanah bisa dilakukan dengan memakai :

   1. Pondasi dangkal yang sering disebut pondasi dangkal telapak, jalur atau pondasi rakit. Jika keadaan daya dukung tanah dasar mengizinkan penyaluran beban gedung lewat pondasi dangkal, maka pondasi dangkal merupakan sistem pondasi paling ekonomis.
   2. Pondasi dalam yang sering dibuat dalam bentuk tiang (tiang pancang dan tiang bor) maupun *caisson*. Pondasi dalam digunakan jika kekuatan tanah tidak memenuhi kebutuhan karena tidak teratur atau karena pembebanan terlalu tinggi. Pondasi dalam akan menyalurkan beban kepada lapisan tanah yang lebih bawah.

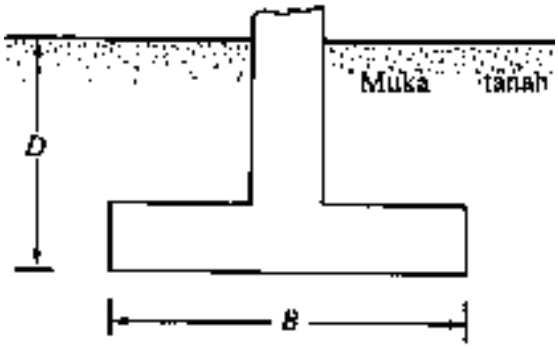
      Kegagalan fungsi pondasi dapat disebabkan karena "*base-shearfailure*" atau penurunan yang berlebihan, dan sebagai akibatnya dapat timbul kerusakan struktural pada kerangka bangunan atau kerusakan lain seperti tembok retak, lantai ubin pecah dan pintu jendela yang sukar dibuka.

Kegagalan fungsi pondasi sering terjadi terjadi dan untuk menghindarinya, maka pondasi bangunan harus diletakkan pada lapisan tanah yang cukup keras/padat serta kuat mendukung beban bangunan tanpa timbul penurunan yang berlebihan, dan untuk mengetahui letak/kedalaman lapisan tanah padat dengan daya dukung yang cukup besar, maka perlu dilakukan penyelidikan tanah. Pondasi bangunan biasa dibedakan sebagai pondasi-dangkal (*shallow foundations*) dan pondasi dalam (*deep foundations*), tergantung dari perbandingan kedalaman pondasi dengan lebar pondasi, dan secara umum digunakan patokan

2.4 Pondasi Dalam (Deep Foundation)

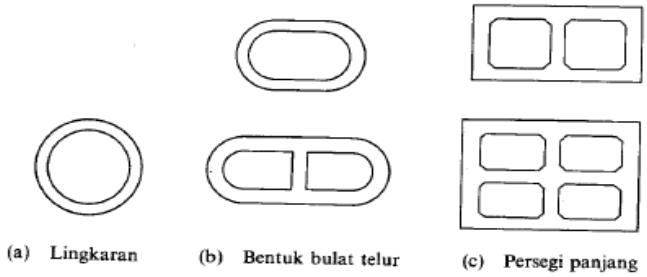
Menurut *Dr.ir.L.D.Wesley* dalam bukunya *Mekanika Tanah 1*, pondasi dalam seringkali diidentikkan sebagai pondasi tiang yaitu suatu struktur pondasi yang mampu menahan gaya *orthogonal* ke sumbu tiang dengan menyerap lenturan. Pondasi tiang di buat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat dibawah konstruksi dengan tumpuan pondasi. Untuk keperluan perencanaan, tiang dapat dibagi menjadi dua golongan:

a. Tiang yang tertahan pada ujung (*end bearing pile* atau *point beraing pile*). Tiang semacan ini dimasukkan sampai lapisan tanah keras, sehingga daya dukung tanah untuk pondasi ini lebih ditekankan pada tahanan ujungnya. Untuk tiang tipe ini harus diperhatikan bahwa ujung tiang harus terletak pada lapisan keras. Lapisan keras ini boleh dari bahan apapun, meliputi lempung keras sampai batuan keras.
b. Tiang yang tertahan oleh peletakan antara tiang dengan tanah (*friction pile*) kadang - kadang ditemukan keadaan tanah dimana lapisan keras sangat dalam sehingga pembuatan tiang sampai lapisan tersebut sukar dilaksanakan. Maka untuk menahan beban yang diterima tiang, mobilisasi tahanan sebagian besar ditimbulkan oleh gesekan antara tiang dengan tanah (*skin* friction). Tiang semacam ini disebut *friction pile* atau juga sering disebut sebagai tiang terapung (*floating piles*). Pondasi dalam sering dibuat dalam bentuk tiang pancang maupun kaison ($D/B \geq 4$).



Gambar 2.4 Pondasi Dalam (D/B≥4)

Menurut Nakazawa (2000) bentuk datar dari kaison adalah lingkaran, bulat telur atau segi empat. Bentuk ini ditentukan oleh bentuk dan ukuran bangunan dan skala beban, tetapi umumnya dianggap sebanding dengan bentuk dasar bangunan



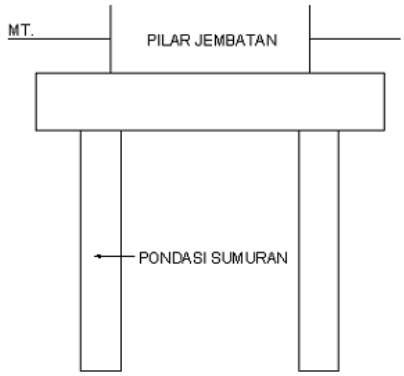
Sumber: Nakazawa (2000)

Gambar 2.5. Penampang mendatar kaison

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan dengan kedalaman Df/B, seperti:

a. Pondasi sumuran (*pier foundation*) yaitu pondasi yang merupakan peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang , digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (Df) dibagi lebarnya (B) lebih besar 4 sedangkan pondasi dangkal Df/B ≤ 1.

b. Pondasi tiang (pile foundation), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam . Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran.



Sumber: Hardiyatmo,H.C.,2002

Gambar 2.6 pondasi sumuran

Menurut, Hardiyatmo (2002)**,** jika tiang pancang dipasang dengan cara dipukul ke dalam tanah, tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai ke dalam lubang bor dan kemudian dicor beton. Untuk memperoleh tahanan ujung yang tinggi, kadang-kadang tiang bor diperbesar pada ujungnya. Tiang bor semacam ini disebut *belled pier* atau *belled caisson* (kaison yang ujungnya dibentuk seperti bel).
Nama – nama lain dari tiang bor, adalah:

1. sumuran bor (drilled shaft)
2. kaison (caisson)
3. kaison bor (drilled caisson)
4. pier
5. Drilled pier

Di Indonesia, tiang bor yang pendek dengan kedalaman yang tidak begitu dalam, disebut pondasi sumuran. Pada awalnya, sebelum tiang bor berkembang, yang dimaksud pondasi kaison adalah pondasi yang berbentuk kotak, bulat atau kombinasi bentuk-bentuk tersebut dengan tampang melintang yang relatif besar. Karena tampangnya yang besar ini, bagian dalam pondasi kaison sering terbagi-bagi dalam ruangan-ruangan. Pondasi kaison yang terbentuk silinder atau kotak beton dibuat dengan membenamkan silinder beton ditempatnya, bersamaan dengan penggalian tanah. Pondasi ini dimaksudkan untuk mengirimkan beban besar yang harus melalui air atau material jelek sebelum mencapai tanah pendukung yang kuat. Pekerjaan

pembuatan kaison memerlukan banyak alat-alat berat. Dalam tiap-tiap pelaksanaan sering ditemui masalah-masalah umum dan yang tidak biasa dilakukan.

2.4.1 Persyaratan Pondasi Sumuran.

a. Berikut merupakan persyaratan untuk pondasi sumuran, yakni :

1. Daya dukung pondasi harus lebih besar dari pada beban yang dipikul oleh pondasi tersebut.
2. Penurunan yang harus terjadi harus sesuai batas yang diijinkan (toleransi) yaitu 1" (2,54 cm).

b. Alasan Menggunakan Pondasi Sumuran.

Pondasi sumuran adalah pondasi yang khusus, dalam prakteknya terdapat beberapa kondisi yang dapat dijadikan alasan untuk penggunaannya, diantaranya adalah:

1. Bila tanah keras terletak lebih dari 3 m, pondasi plat kaki atau jenis pondasi langsung lainnya akan menjadi tidak hemat (galian tanahnya terlalu dalam dan lebar).
2. Bila air permukaan tanah terletak agak tinggi, konstruksi plat beton akan sulit dilaksanakan karena air harus dipompa dan dibuang ke luar lubang galian.
3. Dalam kondisi ini, pondasi sumuran menjadi pilihan yang tepat untuk konstruksi yang tanah kerasnya terletak 3 – 5 m.

2.5 Daya Dukung Pondasi sumuran

Menurut Pamungkas, et al (2013) daya dukung tanah (Q_{all}) adalah kemampuan tanah memikul tekanan atau tekanan maksimum yang diijinkan yang bekerja pada tanah di atas pondasi.

Daya dukung terfaktor (Q_{ult}) atau *Facored Bearing Capacity* adalah kemampuan adalah kemampuan tanah memikul tekanan atau tekanan maksimum pada batas runtuh.

Rumus untuk mendapatkan daya dukung tanah adalah :

$$\mathbf{Q_{all} = Q_{ult} / SF} \qquad \mathbf{(1)}$$

Dimana :

SF = *Safety faktor*

Cat : Untuk beban normal, SF = 3

Untuk beban normal, SF = 2

Daya dukung tanah ditentukan dan dibatasi oleh :

1. Aman terhadap runtuhnya tanah (Q_{ult} / SF).
2. Aman terhadap penurunan akibat konsolidasi tanah sehingga penurunan total tidak terlalu besar.

Daya dukung terfaktor dipengaruhi oleh :

1. Nilai parameter tanah (φ, c, γ)
   Kedalaman pondasi Df
2. Ukuran dan bentuk pondasi
3. Sifat tanah terhadap penurunan
4. Kedalaman muka air tanah

Untuk menentukan daya dukung pondasi sumuran dianggap bahwa sumuran tersebut terdukung pada dasarnya saja, jadi perlawanan akibat gesekan antara dinding sumuran dengan tanah tidak diperhitungkan.

Berikut merupakan persamaan – persamaan untuk mendapatkan daya dukung pondasi sumuran, yaitu :

Qb= Ah . qc **(2)**

Dimana :

Qb = Daya dukung ujung (kg)

Ah = Luas penampang (cm^2)

Qc = Tekanan rata – rata (kg/cm^2)

Ah dapat dicari dengan persamaan **Ah = ¼ .π.d²** **(3)**

Dimana:

π = 3,14

d = diameter pondasi sumuran (cm)

untuk mendapatkan qc = tekanan ujung dari hambatan konus **(4)**

daya dukung kulit dapat dicari dengan persamaan :

Qs = As . Fs **(5)**

Dimana :

Qs = Daya dukung kulit (kg)

As = Luas selimut (cm^2)

Fs = Tahanan dinding (kg/cm^2)

As dapat dicari dengan persamaan :

$$\mathbf{As = (\pi . d).t} \quad \mathbf{(6)}$$

π = 3,14

d = diameter pondasi sumuran (cm)

t = tinggi pondasi sumuran (cm)

Fs dapat dicari dengan persamaan :

$$\mathbf{Fs = 0{,}012 \ . \ qc} \quad \mathbf{(7)}$$

Dimana:

qc = Tekanan rata-rata dari hambatan pelekat (kg/cm^2)

untuk mendapatkan nilai qc :

$$\mathbf{qc = \frac{Jumlah\ tekanan\ hambatan\ pelekat}{jumlah\ titik\ kedalaman}} \quad \mathbf{(8)}$$

Sehingga, daya dukung batas dan daya dukung ijin bisa didapatkan dengan persamaan :

$$\mathbf{Q_{ult} = Qb + Qs} \quad \mathbf{(9)}$$

$$\mathbf{Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}} \quad \mathbf{(10)}$$

Dimana :

Qult = Daya dukung batas / daya dukung terfaktor (kg)

Q_{all} = Daya Dukung Ijin (kg)

SF = Faktor keamanan

2.6 Daya dukung ijin untuk kelompok tiang pondasi sumuran

Sarjono (1988), mengemukakan bahwa jarang terjadi suatu bangunan hanya cukup menggunakan sebuah tiang tunggal, biasanya tiang dipasang dalam kelompok seperti misalnya dalam hal tiang – tiang yang menyangga suatu bangunan, maka biasanya suatu pondasi merupakan kelompok yang terdiri lebih dari 1 tiang. Kelompok tiang ini secara bersama-sama memikul beban yang bekerja.

Daya dukung sebuah tiang dalam kelompok adalah sama dengan daya dukung tiang tersebut dikalikan dengan faktor reduksi, sehingga persamaannya adalah

$$\boldsymbol{Q_{pg} = E_g . n . Q_{all}} \quad \textbf{(11)}$$

Dimana:

Q_{pg} = daya dukung yang diijinkan untuk kelompok tiang (kg)

n = Jumlah tiang

Q_{all} = Daya dukung ijin vertikal untuk tiang tunggal (kg)

E_g = Efisiensi kelompok tiang diambil 0,7

Cat: Efisiensi kelompok tiang berdasarkan empiris karena untuk kedalaman pondasi sumuran dengan jarak minimal 5 m efisiensi kelompok tiang diambil 0,7-0,57 menurut modul CSF – 4 tentang "Spesifikasi Jembatan" (chief Supervision Engineer 2013).

2.7. Penulangan Pondasi Bored Pile

Jika dimensi/penampang pondasi ditentukan oleh gaya aksial/berat bangunan yang dipikul masing-masing kolom, maka penulangan pondasi ditentukan oleh gaya momen dan gaya geser yang bekerja pada pondasi tersebut. Dengan perhitungannya sebagai berikut.

2.7.1 Hitung Tulangan Utama :

Untuk menentukan presentasi tulangan kolom mengunakan grafik interaksi kolom dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan momen nominal (Mn)

$$\mathbf{Mn = \frac{Mu}{\varphi}} \quad \textbf{(12)}$$

Dimana:

φ = faktor reduksi kekuatan tekan dengan tulangan spiral 0,70

Mn = Momen nominal yang bekerja

Mu = Momen maksimum yang bekerja pada tiang

2. Menghitung Menghitung ρmin, ρ dan ρmax

$$\boldsymbol{\rho min} = \frac{1{,}4}{Fy} \quad \textbf{(13)}$$

$$\rho b = \left(\frac{0{,}85.\beta.Fc'}{Fy}\right) . \left(\frac{600}{600+Fy}\right) \quad (14)$$

$$\rho max = 0{,}75. (\rho b) \quad (15)$$

Dimana :

ρmin = rasio tulangan minimum

ρb = rasio tulangan seimbang (*balance*)

ρmax = rasio tulangan maksimum

3. Menghitung ρ

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2m.Rn)}{Fy}}\right) \quad (16)$$

$$m = \frac{Fy}{0{,}85.Fc'} \quad (17)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} \quad (18)$$

Dimana :

ρ = rasio tulangan yang digunakan

4. Menghitung Luas Tulangan

$$As = \rho \text{ x b x d} \quad (19)$$

$$\text{As tul.} = ¼\ \pi \text{ (diameter tulangan)} \quad (20)$$

Dimana :

As = luas tulangan yang dipakai

b = diameter pondasi

d = lebar efektif pondasi

As tul. = Luas tulangan

5. Menghitung jumlah tulangan

$$n = \frac{As}{Astulangan} \quad (21)$$

Dimana :

n = jumlah tiang yang digunakan

2.7.2 Hitung Tulangan Geser :

Vu = Gaya geser yang bekerja (diambil dari data ETABS)

$$Vc = \left(1+\frac{Vu}{14A_g}\right) .\left(\frac{\sqrt{fc'}}{6}\right).b_w.d \quad (22)$$

Vu < ∅ **. Vc** **(23)**

Vu < **0,70 . Vc**

Dimana :

Vc = tegangan geser ijin bton

Ag = Luas penampang pondasi tiang

Fc' = Mutu beton yang digunakan

bw = diameter pondasi

d = lebar efektif pondasi

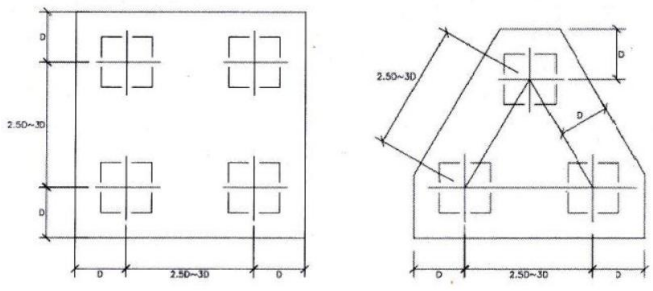
2.8. *Pile Cap*

Pile cap berfungsi untuk mengikat tiang-tiang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. *Pile cap* biasanya terbuat dari beton bertulang. Perencanaan *pile cap* dilakukan dengan anggapan sebagai berikut :

1. *Pile cap* sangat kaku
2. Ujung atas tiang menggantung pada *pile cap*. Karena itu, tidak ada momen lentur yang diakibatkan ole *pile cap* ke tiang
3. Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu distribusi tegangan dan deformasi membentuk bidang rata

2.8.1 Dimensi Pile Cap

Jarak tiang mempengaruhi ukuran *pile cap*. Jarak tiang pada kelompok tiang bisanya diambil 2,5D – 3D, dimana D adalah diameter tiang. Jarak tiang pada *pile cap* dijelaskan pada gambar berikut.



Sumber: Pamungkas A, & Harianty,2013

Gambar 2.7.Jarak tiang

Menurut SNI 03-2847-2002, ketebalan *pile cap* di atas lapisan tulangan bawah tidak boleh kurang dari 300 mm dan selimut betonminimum untuk beton yang

di cor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah adalah 75 mm.

2.8.2 Menghitung Tinggi Pile Cap

Dalam menghitung tinggi *Pile Cap*, langkah pertama adalah mencari besarnya momen, gaya geser yang bekerja dan gaya geser pons. Dalam menghitung struktur betonnya, beban yang bekerja perlu dikalikan dengan faktor beban :

U = 1,2 (beban mati) + 1,6 (beban hidup)

Namun, jika yang diketahui adalah nilai tunggal (dalam hal ini beban hasil analisa ETABS), dapat dilakukan pendekatan nilai faktor beban 1,4.

$$\mathbf{Pu = 1{,}4 \cdot P} \qquad \mathbf{(24)}$$

Pengali faktor beban ini juga pada nantinya dikalikan dengan gaya yang dipikul masing-masing tiang.

a. Cek terhadap geser pons

Besarnya tinggi efektif (d) *pile cap* diambil secara coba-coba namun harus lebih dari batas ketebalan minimum.

$$\boldsymbol{V_{Upons}} = \mathbf{Pu} \qquad \mathbf{(25)}$$

Dimana :

V_{Upons} = Gaya geser pons yang bekerja

Pu = Beban aksial yang bekerja yang sudah dikalikan 1,4

Keliling bidang kritis geser pons (bo)

$$\mathbf{bo = 2\,(b + d) + 2\,(h + d)} \qquad \mathbf{(26)}$$

$$\mathbf{\phi\ Vcpons = 0{,}6 \cdot 0{,}33 \cdot \sqrt{fc'} \cdot bo \cdot d} \qquad \mathbf{(27)}$$

Dimana :

bo = Keliling bidang kritis geser pons

b = Panjang penampang kolom

h = Lebar penampang kolom

d = Tinggi efektif *pile cap*

ϕ Vcpons = Gaya geser pons *pile cap*

fc’ = Mutu beton

b. Cek terhadap geser lentur

Vu geser lentur > ϕ Vc geser lentur **(28)**

ϕ Vc geser lentur = 0,6 . 0,17 . √fc' . B . **(29)**

Dimana :

Vu geser lentur = Gaya geser yang bekerja (diambil dari ETABS)

fc' = Mutu beton

B = Lebar *Pile Cap*

D = Tinggi efektif *Pile Cap*

c. Menghitung tinggi Pile Cap

Sehingga tinggi (tebal) *Pile Cap* (th) :

th = d + 15 cm + selimut beton + ½ diameter tul. *Pile Cap* **(30)**

2.8.3 Perhitungan Tulangan Pile Cap

Data-data yang diperlukan :

B = Lebar *Pile Cap*

d = Tinggi efektif *Pile Cap*

fc' = Mutu beton

fy = Mutu Baja

β1 = 0,85 ; jika fc' ≤ 300 kg/m2

= 0,85 – 0,0008 (fc' -300) ; jika fc' > 300 kg/m2

= 0,65 ; jika β1 < 0,65

$$\mathbf{Mn} = \frac{Mu}{0,8} \quad \textbf{(31)}$$

$$\mathbf{K} = \frac{Mn}{B \,.d2.0,85\,.fc'} \quad \textbf{(32)}$$

$$\mathbf{F} = 1 - \sqrt{1-2.K} \quad \textbf{(33)}$$

Jika, F ≤ Fmax = Tulangan tunggal

F > Fmax = Tulangan rangkap

Untuk kondisi tulangan tunggal :

$$\mathbf{As} = \frac{F \,.B \,.d \,.0,85\,.fc'}{fy} \quad \textbf{(34)}$$

ρmin = 0,0025 (nilai ρmin untuk plat)

Asmin = ρmin . B . d **(35)**

$$\mathbf{n} = \frac{As}{Astul.yang\ dipakai} \quad \textbf{(36)}$$

Untuk tulangan atas :

As' = 0,15% . B . d **(37)**

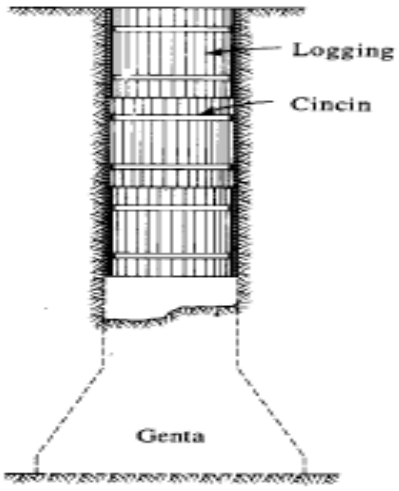
2.9 Metode pelaksanaan Pondasi Sumuran

Menurut Ralph E.Pech, et al, secara umum metode pelaksanaan pondasi sumuran dibagi dalam dua kelompok dasar . Pada kelompok satu, suatu lubang digali hingga kedalaman alas fondasi dan sumuran dibuat di dalam lubang tersebut. Biasanya, dinding galian harus diberi pelapis dan penahan untuk menghindari longsoran. Lubang semacam ini dinamakan lubang fondasi berdinding penahan atau lubang berselubung, tergantung apakah pelapisnya terdiri atas papan atau tiang turap, atau kerangka logam bentuk tabung. Lubangnya kadang-kadang distabilisasi dengan cairan berat sebagai pengganti selubung. Apabila permukaan tanah, berada di bawah permukaan air, luasan yang akan dipakai untuk sumuran sebaiknya dikelilingi oleh bangunan yang relatif kedap air dikenal dengan bangunan pengelak. Dengan pengamanan bangunan pengelak tersebut, penggalian tanah dapat dikerjakan hingga kedalaman yang diinginkan, selanjutnya" sumuran dapat dibangun.

Cara lain untuk membuat sumuran ialah dengan penggunaan *caisson*. Caisson ialah sebuah corong atau kotak yang dibenamkan hingga posisi yang) diinginkan, yang kemudian akan merupakan bagian luar sumuran. Untuk memudahkan pembenaman, maka bagian bawah caisson dilengkapi dengan giran yang tajam. Bahan-bahan yang berada di dalam *caisson* dikeluarkan dengan cara pengerukan melalui lubang di bagian atas, atau dengan cara penggalian tangan. Bagian bawah caisson harus tertutup dari udara luar dan diisi udara bertekanan untuk mengeluarkan air dari ruang untuk memungkinkan orang dapat bekerja. Prosedur yang dikenal sebagai metode udara-tertekan ini, memungkinkan pembersihan gangguan-gangguan di bawah pinggiran caisson dan memudahkan pembersihan bagian bawah galian. Metode ini membawa resiko dan bahaya bagi kesehatan pekerja, karena itu sedapat mungkin ditinggalkan.

Sumuran dalam lubang berselubung dan lubang berbentuk tabung. Sumuran' hasil galian tang an dengan menggunakan kayu sebagai turapnya pada waktu dulu merupakan cara yang umum dikerjakan dan kadang-kadang

masih digunakan karena menguntungkan, khususnya dalam underpinning. Metode terbaik yang dikenal lahir di Chicago pada tahun 1892 (Gen'l Wm. SooySmith, Stock Exchange). Metode ini terutama tepat untuk tanah-tanah lempung yang tidak mengandung bahan-bahan yang berair. Pada metode Chicago, suatu lubang bundar dengan diameter paling sedikit 3,5 ft digali dengan tangan hingga kedalaman 2 sampai 6 ft, tergantung pada konsistensi lempungnya. Dinding lubang kemudian diratakan dengan papan vertikal, disebut *lagging. Lagging* ini dipertahankan pada posisinya dengan dua cincin baja sirkuler (Gambar 2.8). Penggalian kemudian dilanjutkan hingga logging yang lain dan cinein dapat dipasang. Sewaktu lubang mencapai lapisan tempat fondasi akan didukung. alasnya dapat diperluas atau dibuat bentuk genta untuk meningkatkan luas alas pendukung. Cincin dan lagging dibiarkan tetap ditempatnya sewaktu lubang diisi dengan beton.



Gambar 2.8 Metode Chicago untuk penggalian lubang sumuran

Menurut *bowles,* Setelah kita mengecor lantai kerja, kita pasang papan acuan untuk pelat. Kemudian kita pasang penulangan pelat dan penulangan beronjong dan setelah itu kita pasang papan acuan luar dan papan acuan dalam untuk sumur. Hendaknya diperhatikan bahwa garis-garis system dari bangunan bersangkutan selalu harus dicantumkan drngan jelas pada acuan, misalnya; bagian dalam sumur hendaknya dilengkapi kelos-kelos gelincir dan kelos-kelos

jarak agar kolom dapat disetel dengan baik (vertical ke semua arah dan tepat di tempatnya) setelah itu kita dapat menuangkan mortel pengisi.

2.10 Perhitungan pembebanan dengan Manual dan perhitungan Momen Menggunakan Bantuan *Software* ETABS v.9.0.7

Beban – beban pada struktur gedung dapat terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban air dan beban khusus lainnya seperti beban getaran mesin, beban kejut listrik dan lain – lain. Beban yang bekerja pada bangunan Kantor Otoritas Bandar udara Wilayah VIII Manado hanya akan dihitung beban mati dan hidup, beban angin dan beban air untuk atap tidak diperhitungkan karena atap diasumsikan sebagai pelat, juga beban khusus diabaikan.

2.10.1 Beban Mati (DL)

Menurut Pamungkas, et al (2013) beban mati merupakan berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, *finishing*, mesin – mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan.

Beban mati adalah beban yang berasal dari material yang digunakan pada struktur dan beban mati tambahan yang bekerja pada struktur. Pada perhitungan menggunakan bantuan *software* ETABS, berat beban mati dari material dihitung secara otomatis berdasarkan *input* data material dan dimensi material yang digunakan. Berikut merupakan beberapa contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) tabel 2.1 adalah :

1. Baja = 7850 kg/m^3
2. Batu alam = 2600 kg/m^3
3. Beton bertulang = 2400 kg/m^3
4. Pasangan bata merah = 1700 kg/m^3

Beban mati tambahan adalah beban yang berasal dari *finishing* lantai (keramik, plester), beban dinding dan beban tambahan lainnya. Sebagai contoh, berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) :

1. Beban *finishing* (keramik) = 24 kg/m^2
2. Plester 2,5 cm (2,5 x 21 kg/m^2) = 53 kg/m^2
3. Beban *Mechanical Electrical* (*ME*) = 25 kg/m^2
4. Beban plafond dan penggantung = 18 kg/m^2
5. Beban dinding = 250 kg/m^2

2.10.2 Beban Hidup (LL)

Menurut Pamungkas, et al (2013) beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan di dalamnya termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin – mesin serta peralatan yang bukan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup gedung itu sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap gedung tersebut.

Didalam Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) telah ditetapkan bahwa fungsi suatu ruangan di dalam gedung akan membuat beban berbeda. Misalnya untuk beban perkantoran tentu berbeda dengan beban untuk gudang dan lainnya.

Contoh untuk beban hidup berdasarkan fungsi ruangan dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) tabel 3.1, yaitu :

1. Parkir = 400 kg/m^2
2. Parkir lantai bawah = 800 kg/m^2
3. Lantai kantor = 250 kg/m^2
4. Lantai sekolah = 250 kg/m^2
5. Ruang pertemuan = 400 kg/m^2
6. Ruang dansa = 500 kg/m^2
7. Lantai olahraga = 400 kg/m^2
8. Tangga dan bordes = 300 kg/m^2

2.10.3 Beban Gempa (E)

2.10.3.1 Tipe Profil Tanah

SNI 03-1726-2002 pasal 4.6 menetapkan bahwa ada 4 macam jenis tanah, yaitu tanah keras, sedang, lunak dan tanah khusus berdasarkan

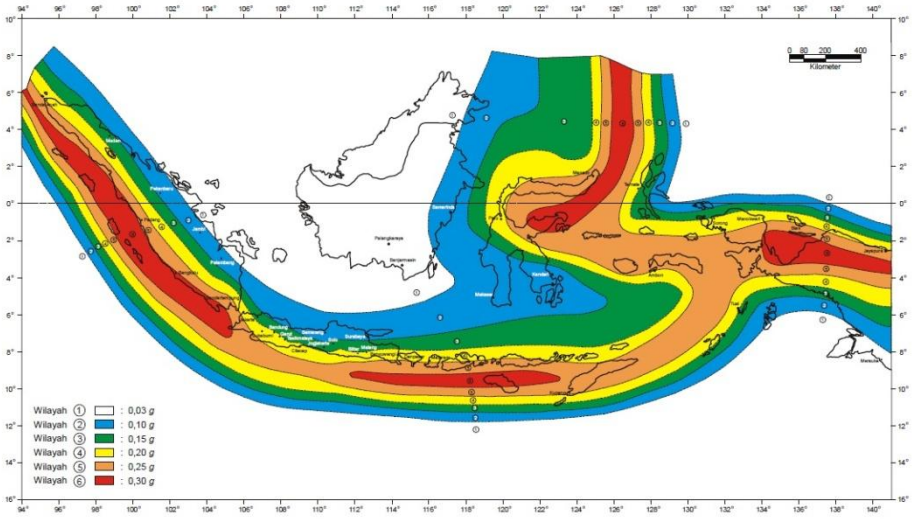
karakteristik dari lapisan tanah setebal maksimum 30 m paling atas dipenuhi syarat – syarat yang Tercantum di SNI 03-1726-2002.

2.10.3.2 Wilayah Gempa

Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa seperti yang ditunjukkan Gambar 1, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah 6 adalah wilayah dengan kegempaan paling tinggi.

Dalam hal pembebanan gempa, penentuan lokasi akan berpengaruh terhadap perhitungan beban gempa. Perencanaan struktur gedung di wilayah gempa 1 dan 6 akan sangat jauh berbeda.

Adapun proyek Pembangunan Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado masuk di wilayah Kota Manado yang berada dalam wilayah gempa 5.



Sumber: SNI 03-1726-2002

Gambar 2.9.Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun

2.10.3.3 Kategori Gedung

Pada setiap bangunan harus dikenal masuk dalam kategori salah satu dari 5 kategori gedung yang tersebut pada SNI-03-1726-2002 pada pasal 4.1. dalam pasal tersebut mencantumkan faktor keutamaan I untuk

berbagai kategori gedung dan bangunan yang dipakai untuk menghitung beban gempa nominal (V). Untuk gedung yang digunakan sebagai hunian, perniagaan dan perkantoran, faktor keutamaan I = 1.

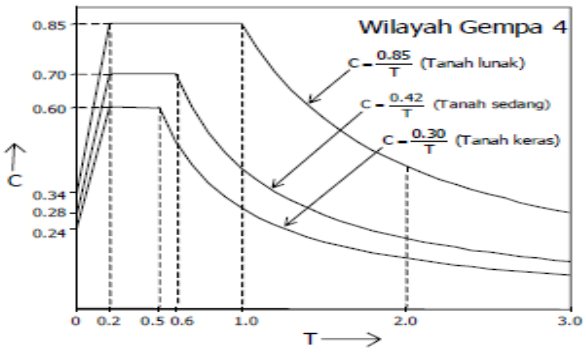
2.10.3.4 Daktilitas Struktur

Untuk struktur dengan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral pada struktur tersebut dipikul oleh rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur dan sistem tersebut adalah rangka pemikul momen menengah beton (SPRMM) maka faktor reduksi gempa R yang digunakan sesuai SNI-03-1726-2002 adalah 5,5.

2.10.3.5 Faktor Respons Gempa

Faktor respons gempa C dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana.

Faktor respons gempa ditunjukkan pada gambar 2 SNI-03-1726-2002. Dalam gambar tersebut C adalah faktor respons gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi dan T adalah waktu getar alami struktur gedung yang dinyatakan dalam detik. Untuk T = 0 nilai C tersebut menjadi sama dengan Ao, dimana Ao merupakan percepatan puncak muka tanah menurut SNI-03-1726-2002.



Sumber: SNI 03-1726-2002

Gambar 2.10. Respon Spektrum Gempa Rencana untuk wilayah

2.10.3.6 Bentuk Struktur Gedung

Struktur gedung terdiri atas struktur beraturan dan tidak beraturan. Untuk struktur ruko ini merupakan struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut SNI-03-1726-2002 analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen. Analisa untuk struktur gedung beraturan dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen yang tersebut pada pasal 6 SNI-03-1726-2002.

2.10.3.7 Beban Gempa Nominal

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing – masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen yang ditetapkan pada pasal 6 SNI-03-1726-2002.

Beban gempa didapat dari hasil perhitungan gaya geser dasar nominal V yang diperoleh dari rumus :

$$\mathbf{V} = \frac{C_1 \cdot \mathbf{I}}{R} x W_t \qquad \textbf{(35)}$$

Dimana :

V = Gaya geser dasar nominal

C_1 = Faktor respons gempa

I = Faktor keutamaan gedung

W_t = Berat total gedung termasuk beban hidup yang bekerja

R = Faktor reduksi gempa

Gaya geser dasar nominal V ini harus didistribusikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban – beban gempa nominal statik ekuivalen Fi yang bekerja pada pusat massa lantai tingkat ke – I menurut persamaan :

$$Fi = \frac{Wi.zi}{\sum_{i=1}^{n} Wi.zi} V \quad \textbf{(36)}$$

Dimana :

Fi = Gempa nominal statik ekuivalen

Wi = Berat lantai tingkat ke – I termasuk beban hidup

Zi = Ketinggian lantai tingkat ke – I diukur dari taraf penjepitan lateral

V = Gaya geser dasar nominal

2.11 Langkah – Langkah Perhitungan Menggunakan Bantuan *Software* ETABS v.9.0.7

Untuk menghitung pembebanan dalam pembahasan ini menggunakan bantuan bantuan *software* ETABS v.9.0.7. Berikut langkah – langkah yang harus dilakukan dalam menghitung pembebanan, yaitu :

1. Memasukkan data – data desain

a. Mutu bahan, yaitu : mutu beton dan mutu baja

b. Lokasi bangunan

c. Jenis tanah

d. Kategori gedung

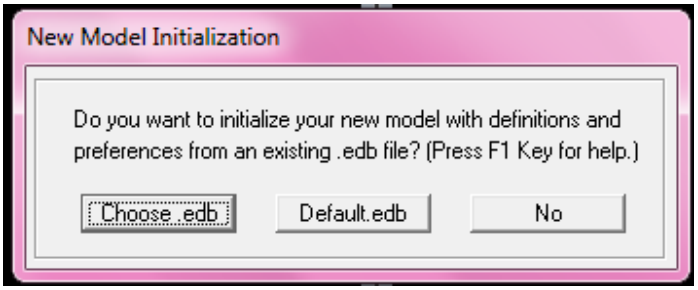
e. Tinggi tiap lantai

f. Beban – beban, yaitu : beban hidup, beban mati

2. Pembuatan model

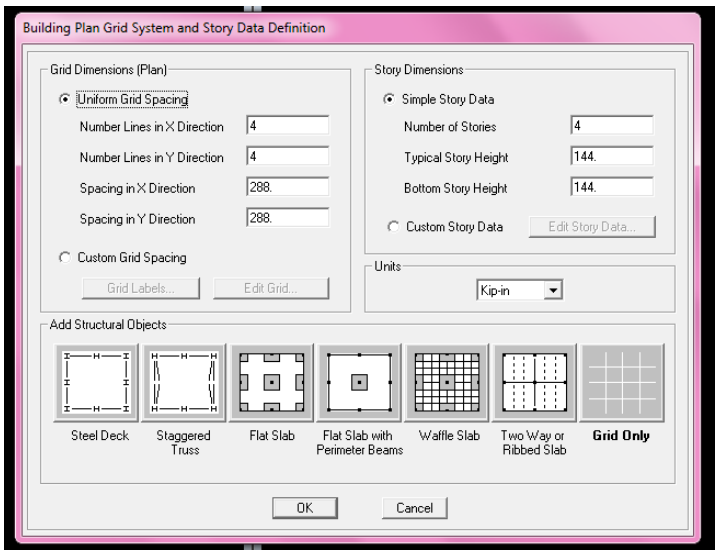
a. Buka program ETABS dan pilih jenis satuan yang akan digunakan. Walau nanti akan tetap berubah namun satuan ini akan tetap menjdai standar (*default*) bagi ETABS untuk menganalisis.

b. Pilih new model kemudian akan muncul *pop up* (*New Model Initialization*), pilih *optionNo* untuk membuat model baru tanpa mengambil dari *file* ETABS yang sudah ada pada komputer. Gambar 2.11 menunjukkan permulaan pembuatan model baru dimaksud.



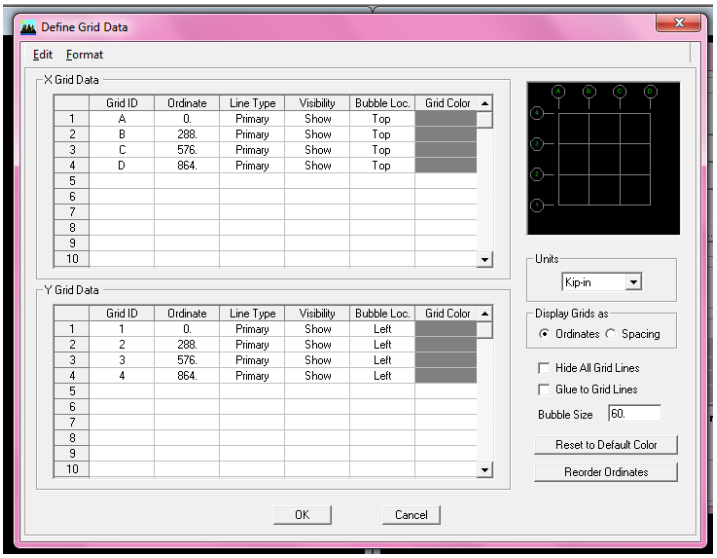
Gambar 2.11. Permulaan pembuatan model baru

c. Akan muncul *form* seperti Gambar 2.12 dimana *form* tersebut adalah untuk menentukan denah awal, ukuran – ukuran as bangunan, jumlah bentang, tinggi tiap lantai dan lain – lain. Kemudian isi *form* tersebut sesuai dengan rencana bangunan. Gambar 2.12 menunjukkan *inputgrid* bangunan dimaksud.



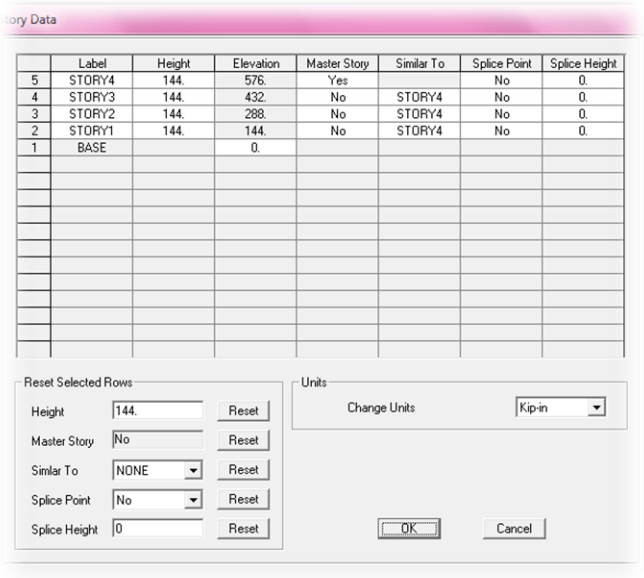
Gambar 2.12. Input grid bangunan

d. Untuk mengatur as bangunan dan jarak bentang pilih *Custom Grid Spacing, Edit Grid.* Atur *Grid ID* dan *Ordinate* sesuai dengan denah struktur yang akan dihitung. *Line Type, Visibility, Buble Loc* dan *Grid Color* dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Setelah pengaturan *grid* data selesai, tekan OK untuk kembali pada *Building Plan Grid System and Story Data Definition*. Kemudian tekan OK untuk menentukan data – data yang lainnya. Gambar 2.13 menunjukkan pengaturan *grid* bangunan dimaksud.



Gambar 2.13. Pengaturan grid bangunan

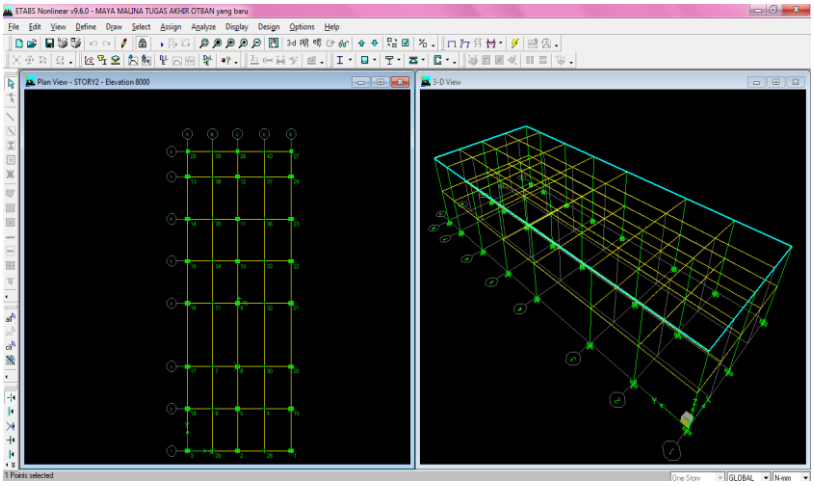
e. Pada *Simple Story Data* isi jumlah lantai ketinggiannya. Pilih *Custom StoryData* untuk mengetahui elevasi lantai, menentukan nama lantai pada struktur atau menentukan apakah suatu lantai *typical* atau sama dengan lantai yang lain. Tekan OK untuk menutup *form*. Gambar 2.14 menunjukkan data nama lantai struktur dimaksud.



Gambar 2.14 Data nama lantai struktur

f. Ada dua tampilan *window* pada layar monitor. Satu *window* menunjukkan *plan view* dan *window* yang lain adalah 3D view. Apabila akan menggambar balok, kolom dan plat pada *plan view* akan tampak

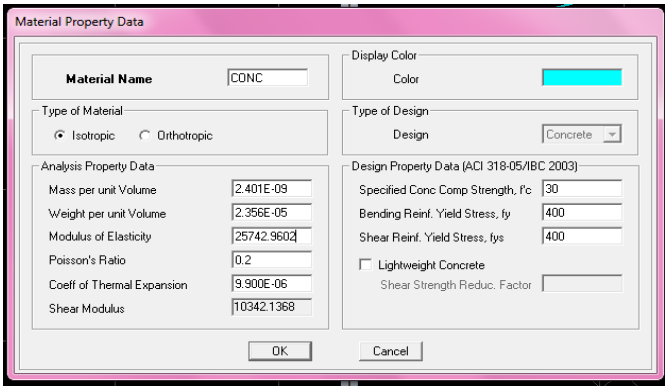
pada 3D *view*. Gambar 2.15 menunjukkan *windows* pada layar ETABS dimaksud.



Gambar 2.15. Windows pada layar ETABS

3. *Input* data material

a. Menentukan material properties, seperti yang telah disebutkan pada data – data desain. Selanjutnya ganti satuan pada ujung kanan layar ETABS menjadi N.mm. Pilih menu *Define*, *Material Properties*. Untuk memasukkan data – data dari beton, pilih *CONC*, *Modify/Show Material*. Memasukkan data – data beton sesuai dengan desain. Untuk *mass per unit volume* dan *weight per unit volume* biasanya *default* sudah selesai. Kemudian isi berat yaitu percepatan gravitasi dikalikan dengan massa dan isi modulus elastisitas. Selanjutnya masukkan nilai fy dan fys yang nilai tulangan lentur dan geser yang direncanakan. Kemudian tekan OK dua kali untuk keluar. Gambar 2.16 menunjukkan *input* data material dimaksud.



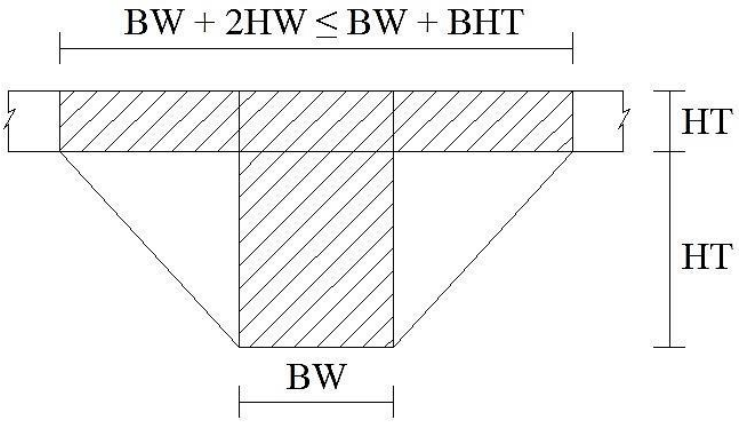
Gambar 2.16. Input data material

4. *Input* data dimensi balok dan kolom

Sebelum memasukkan data dimensi balok dan kolom tentu saja adalah menentukan rencana dimensi balok dan kolom. Hal ini dapat ditentukan pada penjelasan sebagai berikut :

a. Dimensi balok

Perencanaan pada balok yang dicetak menjadi satu kesatuan monolit dengan plat lantai atau atap, didasarkan pada anggapan bahwa antara plat dengan balok terjadi interaksi saat menahan momen lentur positif yang bekerja pada balok. Interaksi antara plat dan balok yang menjadi satu kesatuan pada penampangnya membentuk huruf T tipikal dan oleh karena itu balok dinamakan sebagai balok T. Gambar 2.17 menunjukkan bahwa suatu balok mencakup juga bagian plat pada setiap sisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau di bawah plat dimaksud. Lebar efektif sayap (Be) dari masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi delapan kali tebal plat.



Gambar 2.17. Ukuran balok T

b. Dimensi kolom

Sedangkan untuk menentukan dimensi kolom rencana untuk kolom yang paling bawah (lantai 1) dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut L

$\sigma = P / A$

Dimana :

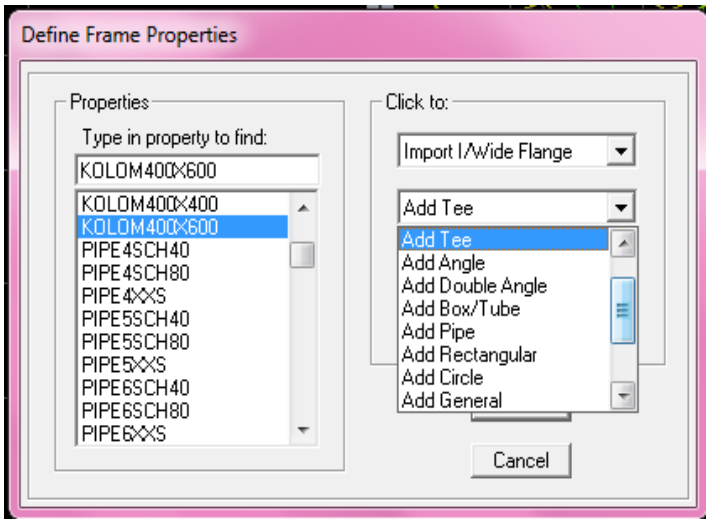
σ = Tegangan beton

P = Total beban ditanggung kolom paling bawah

A = Luas penampang kolom

σ diambil berdasarkan mutu beton fc' = 25/3, sehingga nilainya adalah 8,33 MPa.

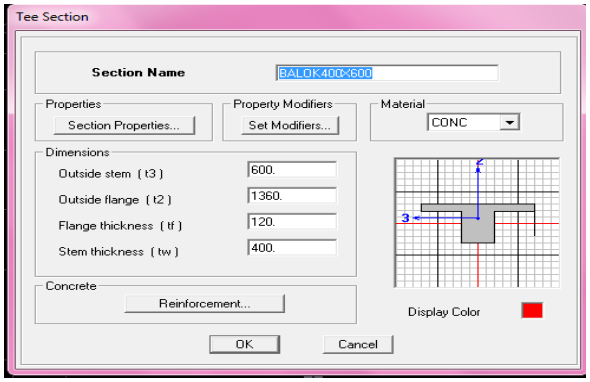
Langkah selanjutnya adalah memasukkan data dimensi balok dan kolom tersebut pada ETABS. Caranya pilih menu *Define*, *Frame Section*. Untuk *input* balok T pada pilihan *Add I/Wide flange* pilih *Add tee* untuk memasukkan ukuran balok T dan untuk *input* data kolom pada pilihan *Add I/Wide flange* pilih *Add rectangular* untuk memasukkan ukuran kolom. Gambar 2.17 menunjukkan *input* data balok dan kolom dimaksud.



Gambar 2.18. Input data balok dan kolom

Pada *input* data balok T, setelah klik Add tee akan keluar *form* seperti Gambar 2.19 yang menunjukkan *input* data balok T dimaksud.

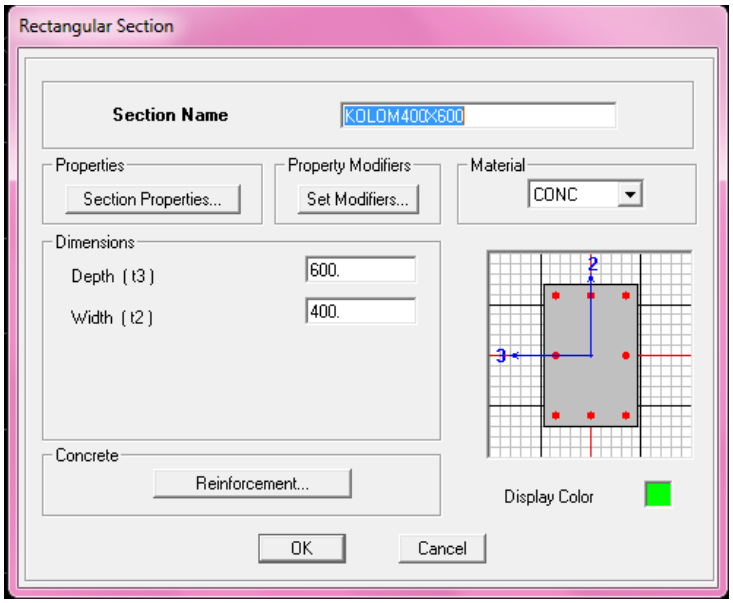
Masukkan data ukuran balok T seperti pada Gambar 2.16 pada ETABS. *Outside stem* (t3) sebagai ukuran tinggi balok, *Outside flange* (t2) sebagai ukuran lebar efektif balok, *Flange thickness* (tf) sebagai ukuran tebal plat dan *Stem thikcness* (tw) sebagai ukuran lebar balok.



Gambar 2.19. Input data balok T

Beri nama komponen struktur yang akan didefinisikan, ubah jenis material yang dipakai untuk balok menjadi *concrete*.

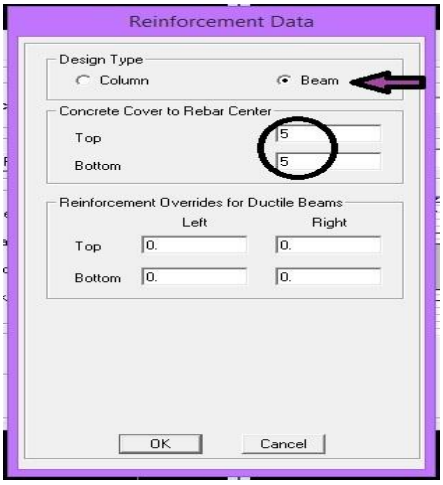
Untuk *input* data kolom setelah klik *Add rectangular* akan keluar *form* seperti Gambar 2.22.



Gambar 2.20. Input data kolom

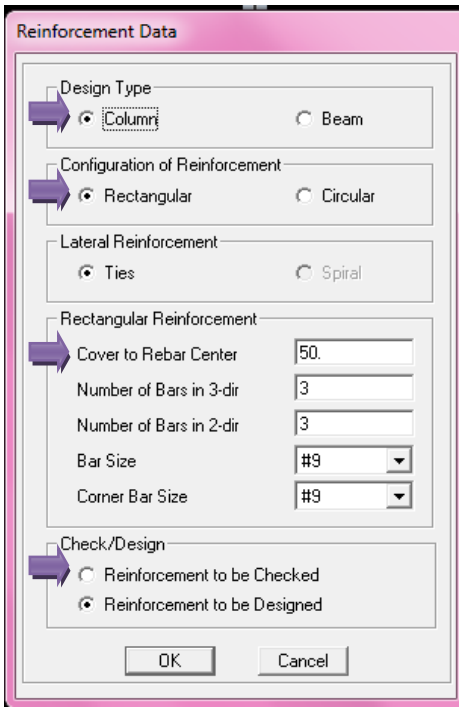
Beri nama komponen struktur yang akan didefinisikan dan masukkan ukuran tinggi dan lebar *frame*. Ubah ukuran kolom yang akan dipakai dan jenis material yang dipakai untuk kolom menjadi *concrete*.

Untuk menentukan jenis *frame* sebagai balok atau kolom, klik pada *reinforcement*, kemudian pilih *type frame* sebagai balok atau kolom. Apabila *frame* yang akan dimasukkan datanya adalah balok, maka akan muncul *form* seperti Gambar 2.21.



Gambar 2.21. Input data tulangan untuk balok

Selimut beton ditentukan dengan mengganti ukuran *Cover to Rebar Center/Concrete Cover to Rebar Center*. Apabila *frame* yang akan dimasukkan adalah kolom, maka *form* yang akan muncul adalah seperti pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22. Input data tulangan untuk kolom

Khusus pada *input* data kolom, pilih jenis tulangan yang akan dipakai (spiral atau tulangan tegak). Isi selimut beton pada *Rectangular Reinforcement*, *Cover to Rebar Center*. Pada bagian paling bawah pilih *reinforcement to be*

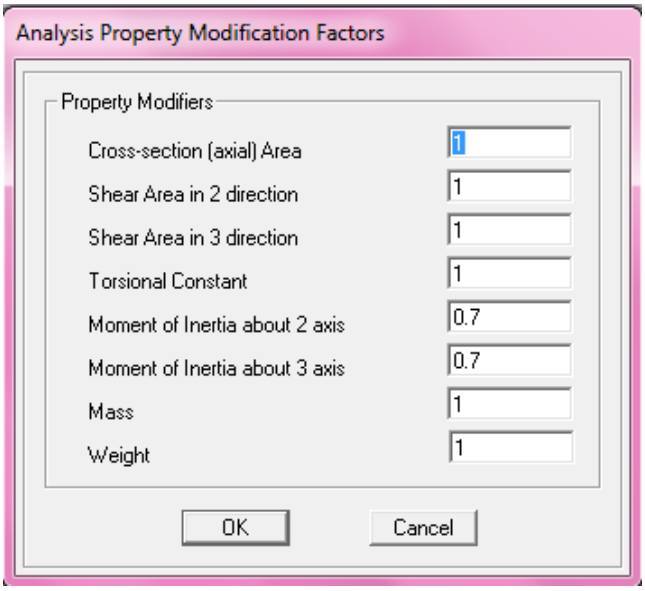
designed agar ETABS memberikan nilai luas tulangan yang nanti diperlukan. Klik OK dan kembali ke *Add Rectangular* lagi untuk memasukkan data *frame* yang lain, seperti cara sebelumnya. Berdasarkan pasal 12.11.1 SNI 03-2847-2002, gaya – gaya aksial terfaktor, Pu momen terfaktor M1 dan M2 pada ujung – ujung kolom dan bilamana diperlukan simpangan relatif antar lantai Δo harus dihitung dengan analisis elastis rangka orde satu, dimana besaran – besaran penampang ditentukan dengan memperlihatkan pengaruh beban aksial, adanya retak sepanjang bentang komponen struktur dan pengaruh durasi beban. Sebagai alternatif, nilai – nilai besaran pada tabel 2. 1 di bawah ini boleh digunakan untuk komponen–komponen struktur pada bangunan yang ditinjau.

Tabel 2.1. Nilai besaran untuk komponen struktur pada bangunan

Modulus elastisitas	Ec (dari pasal 10.5.1 SNI 03-2847-2002)
Momen Inertia	
Balok	0,35 Ig
Kolom	0,70 Ig
Dinding : Tidak retak	0,70 Ig
Retak	0,35 Ig
Plat datar dan lantai datar	0,25 Ig
Luas	1,0 Ag

Maka untuk *input* data balok dan kolom harus lengkap dengan faktor yang sesuai.

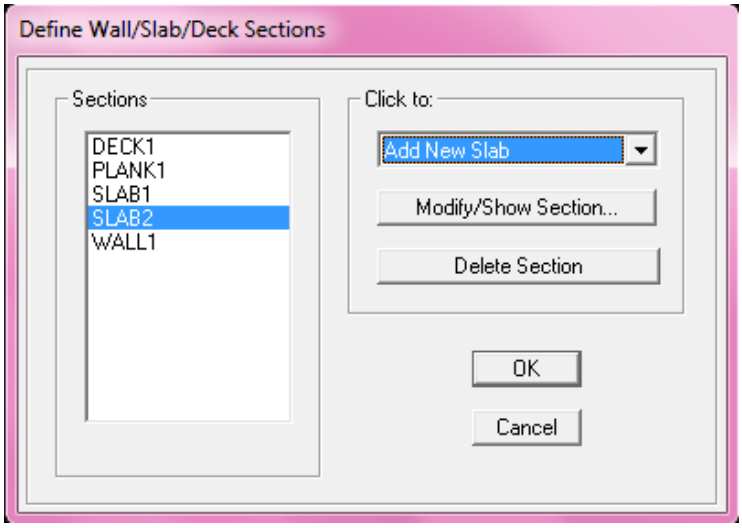
Masih pada menu *define frame property* pada langkah yang dijelaskan sebelumnya, dibawah *property modifier*, klik *set modifier*. Gambar 2.23 menunjukkan *input set modifier* balok T dan kolom. Pada *property modifier*, masukkan data *momen of inertia about 2 axis* dan *momen of inertia about 3 axis*. Untuk data balok dan kolom masukkan angka 0,7 pada dua *item* tersebut. Hal ini arena balok diasumsikan sebagai balok T. Sehingga momen inertia balok T dua kali momen inersia balok persegi. Sampai tahap ini, selesai langkah – langkah pendefinisian balok dan kolom.



Gambar 2.23. Input set modifier balok T dan kolom

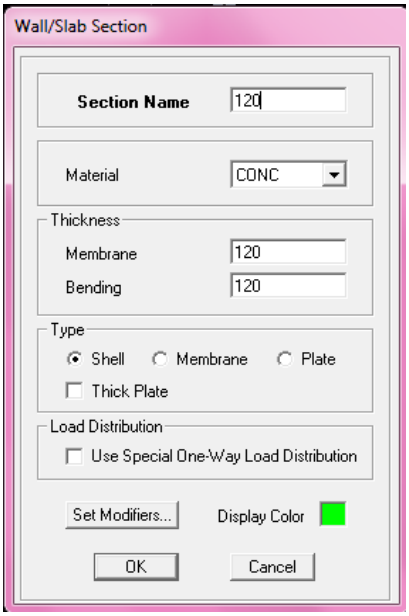
5. *Input* data plat

   Untuk memasukkan ukuran plat pada ETABS pilih menu *Define*, *Wall/Slab/Deck Sections* akan muncul *form* seperti Gambar 2.24.



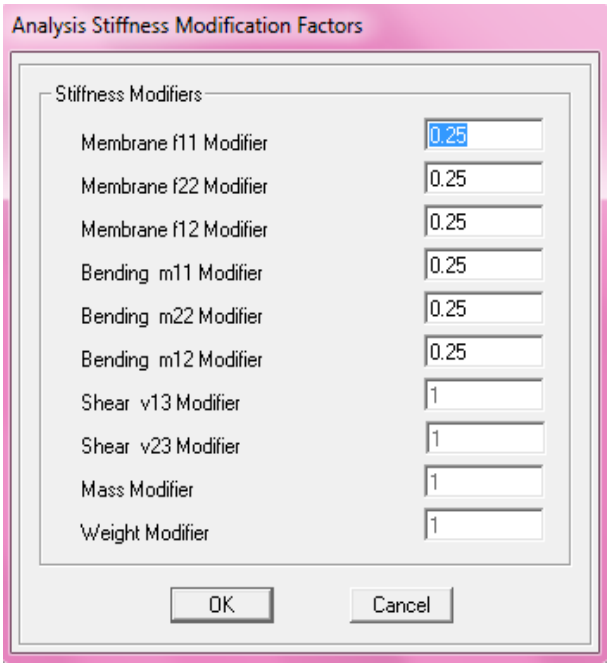
Gambar 2.24. Input data plat

Pilih *Add New Slab* untuk *input* data plat yang baru. Gambar 2.25 menunjukkan *input property* plat.



Gambar 2.25. Input property plat

Beri nama plat yang akan dipakai, ganti material yang dipakai untuk plat dengan concrete dan ganti ukuran tebal plat sesuai dengan perencanaan. Seperti pada balok dan kolom, plat juga harus memenuhi pasal 12.11.1 SNI 03-2847-2002. Untuk itu klik pada set modifier seperti pada Gambar 2.25 dan ganti ke enam data dengan nilai 0,25 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.26.



Gambar 2.26. Input set modifier plat

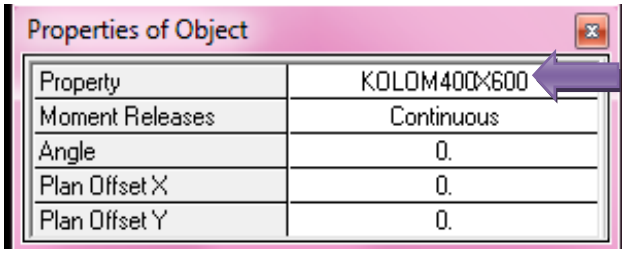
6. Membuat denah balok, kolom dan plat

Setelah semua data material yang dipakai sudah didefinisikan, langkah selanjutnya adalah menggambarkan ketak balok, kolom dan pelat sesuai dengan denah yang diberikan pada gambar yang ada.

Menggambar Kolom

Untuk memulai menggambar kolom dilakukan dengan cara pilih menu *Draw, Draw Line Object, Create Columbs in Regions or at Click.*

Cara lain klik *toolbar* yang berada pada layar ETABS. *Properties of Object* akan muncul seperti yang terlihat pada Gambar 2.27, untuk memberi pilihan ukuran *frame*. Pilih ukuran kolom yang akan digambar pada baris *Property*. Gambar 2.26 menunjukkan pilihan jenis properti kolom dimaksud.



Gambar 2.27. Pilihan jenis properti kolom

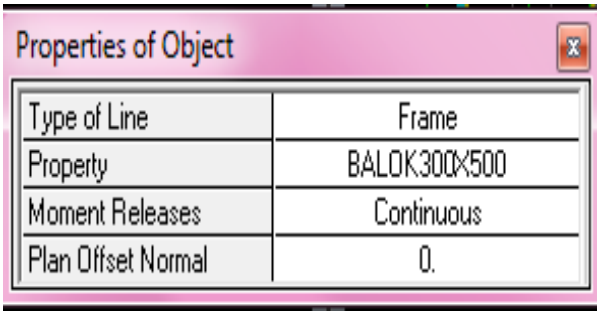
Klik satu kali pada titik – titik letak kolom sesuai gambar denah rencana. Setelah menyelesaikan gambar kolom, klik *toolbar* untuk keluar.

Menggambar Balok

Untuk menggambar balok, pilih menu *Draw, Draw Line Objects, Draw Lines*.

Cara lain dengan klik *toolbar* pada layar ETABS. *Properties of Object* seperti pada Gambar 2.27 kembali akan muncul untuk memberikan ukuran *frame* yang akan digambar. Pilih ukuran balok yang akan digambar pada baris *Property*.

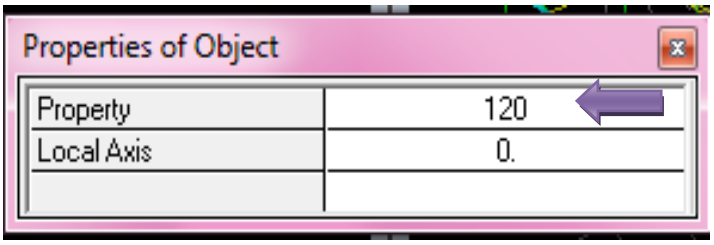
Klik satu kali pada titik ujung awal lokasi balok dan klik lagi pada ujung akhir lokasi balok. Lakukan pada seluruh lokasi balok sesuai dengan gambar denah rencana. Setelah seluruh balok tergambar semua, klik *toolbar* untuk keluar. Gambar 2.28 menunjukkan pilihan jenis properti balok dimaksud.



Gambar 2.28. Pilihan jenis properti balok

Menggambar Plat

Penggambaran plat dilakukan dengan cara pilih menu *Draw, Draw Area Object. Properties of Object* seperti pada gambar 2.29 akan muncul untuk memberikan pilihan nama plat yang akan digambar. Pilih nama plat yang akan digambar pada baris *Property*. Gambar 2.28 menunjukkan pilihan jenis properti plat dimaksud.



Gambar 2.29. Pilihan jenis properti plat

Ada beberapa pilihan cara untuk menggambar plat, yaitu :

a. Menggunakan *toolbar*

   Toolbar ini lebih mudah untuk plat yang tidak beraturan bentuknya. Cara pemakaiannya klik satu kali pada semua ujung lokasi plat, klik kanan untuk berpindah lokasi plat yang akan digambar.

b. Menggunakan *toolbar*

   Toolbar ini lebih mudah untuk plat yang bentuknya segi empat (bujursangkar atau persegi panjang). Cara pemakaiannya klik pada titik ujung lokasi plat, pindahkan *mouse* dengan tetap ditekan pada titik ujung plat yang lain dan lepaskan *mouse,* kemudian bisa langsung pindah ke lokasi plat lain yang akan digambar.

c. Menggunakan *toolbar*

   Toolbar ini lebih mudah lagi penggunaannya daripada *toolbar* yang pertama dan kedua. Cara pemakaiannya tinggal klik satu kali pada tengah lokasi plat yang akan digambar dan bisa langsung pindah ke lokasi plat yang lain.

Setelah semua plat selesai digambar, klik  untuk keluar.

Untuk menampilkan agar terlihat jelas dimana saja lokasi plat, pilih menu *View, Set Building View Options*. Pada bagian *special effect* pilih tulisan *Object Fill* di sebelah kiri. Klik OK untuk keluar.

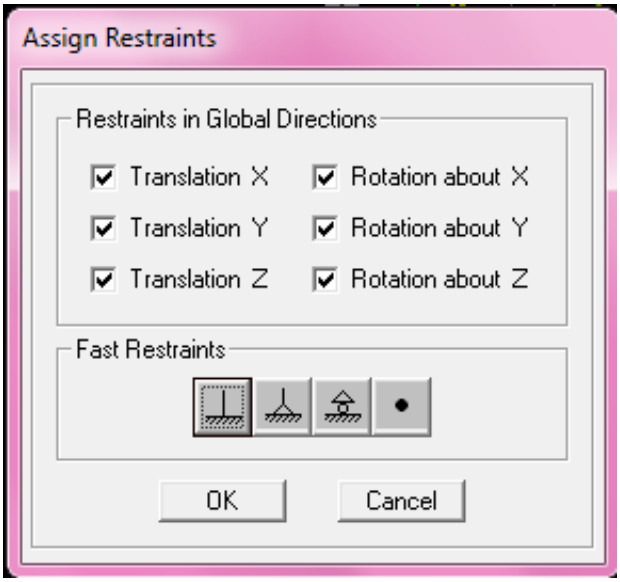
Apabila penggambaran balok, kolom dan plar pada langkah – langkah sebelumnya dilakukan pada waktu keterangan pada ujung bawah kanan layar ETABS menunjukkan *one story*, ini berarti penggambaran tersebut dilakukan pada satu lantai saja. *All story* menunjukkan bahwa semua yang dilakukan sebelumnya adalah berlaku untuk semua lantai, sedangkan *similar story* menunjukkan bahwa semua yang dilakukan sebelumnya adalah berlaku untuk semua lantai yang *typical* (sama).

7. Menentukan jenis perletakan / *restraint*

   Restrain / support untuk menentukan jenis perletatakn pada bagian bawah struktur. Pada contoh perhitungan ini, kolom pada bagian bawah dijepit penuh. Hal ini tergantung dari asumsi masing – masing perencana. Prinsipnya bila kolom ditentukan terjepit penuh, maka pada kolom bawah akan menghasilkan momen akibat gaya – gaya yang bekerja. Konsekuensinya adalah harus memperhitungkan struktur bawah (dalam hal ini *pile cap*, sloof dan pondasi) harus dapat menahan beban momen tersebut.

   Pada lantai *base*, klik semua titik – titik yang berada di bawah kolom bisa dengan cara klik ujung kiri lantai base kemudian tekan *mouse* dan lepaskan pada ujung kanan bawahnya seperti pada langkah menyalin balok, kolom dan plat dari satu lantai ke lantai yang lainnya. Pilih menu *Assign, Joint / Point, Restraint / Support* jenis *support* jepit (bisa menahan translasi dan rotasi pada semua arah). Klik OK untuk keluar.

   Gambar 2.30 akan menunjukkan jenis *support* yang akan digunakan adalah jepit. Setelah jenis *support* jepit dipilih akan menunjukkan bahwa struktur akan menahan rotasi dan translasi pada semua arah X, Y dan Z.



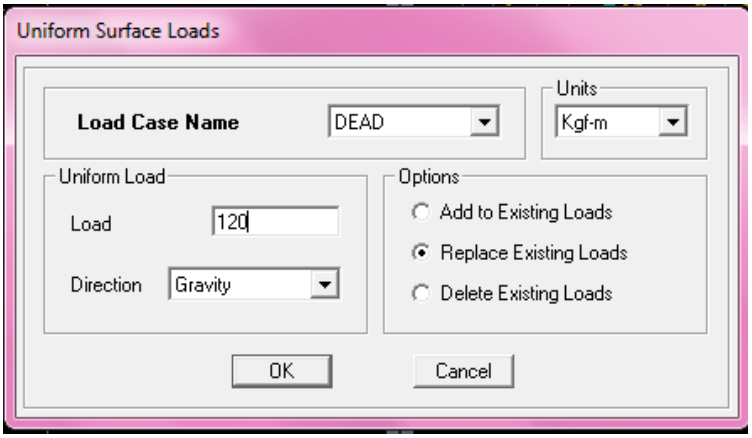
Gambar 2.30. Menentukan jenis support

8. *Input* beban mati dan beban hidup

   Untuk menentukan beban – beban yang bekerja pada plat (beban hidup dan beban mati tambahan), pilih keseluruhan plat pada lantai yang mempunyai beban yang sama. Memilih plat lantai bisa diklik pada masing – masing plat yang mempunyai fungsi ruangan yang sama pada tiap lantai.

   Pilih menu *Assign, Shell / Area Loads, Uniform*. Pilih *Load Case Name, Dead*, satuan diganti dengan kg.m. Isi *uniform load* dengan 120 (besar beban mati tambahan (DL) = 120 kg/m^2). Pilih arah beban sesuai gaya gravitasi (ke bawah). Klik OK untuk keluar.

   Untuk memasukkan beban hidup, pilih *Live* pada *Load Case Name*. Lakukan langkah yang sama untuk memasukkan beban hidup (250 kg/m^2). Gambar 2.31 menunjukkan *pop up* untuk menentukan beban plat lantai dimaksud.



Gambar 2.31. Menentukan beban plat lantai

Untuk menentukan beban yang bekerja pada balok (beban dinding bata diasumsikan hanya terdapat pada balok di tepi bangunan dan bekerja pada balok), pilih semua balok. Pilih menu Assign, Frame / Line Loads, Distributed, maka akan muncul pop up . Pilih Load Case Name dengan Dead, satuan diganti dengan kg.m. Isi Uniform Load pada ujung kiri bawah dengan 1125. Klik OK untuk keluar. Balok tepi pada lantai 2 diasumsikan tidak menanggung beban dinding.

Keterangan :

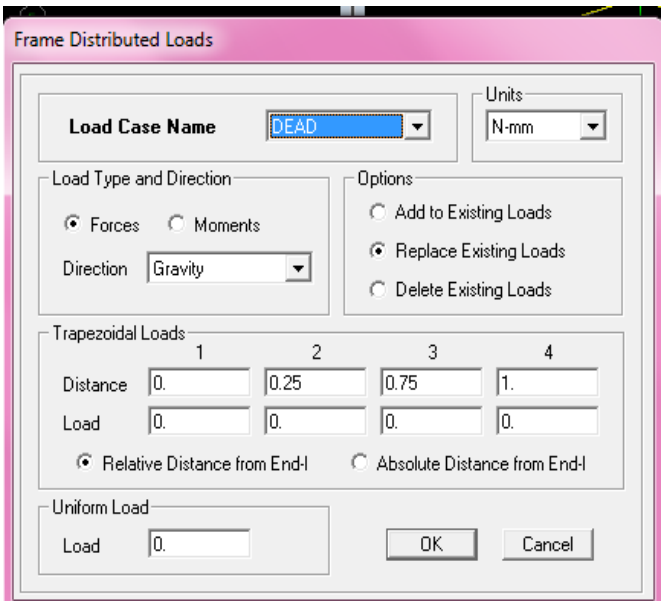
Tinggi lantai = 3,85 m

Tinggi balok tepi = 50 cm = 0,5 m

Beban dinding = 250 kg/m^2

Beban merata = (4,5 – 0,5) x 250

= 1125 kg/m^2



Gambar 2.32. Menentukan beban balok

9. *Input* beban gempa rencana

Pada tahap ini, beban gempa yang akan bekerja pada gedung direncanakan lebih dahulu berdasarkan peraturan. Sesuai dengan pasal 4.2.1 SNI 03-2847-2002 maka contoh gedung yang ada dapat dikategorikan sebagai gedung beraturan. Untuk itu perencanaannya dapat mengikuti pasal 6 SNI 03-2847-2002.

Hasil akhir dari pemodelan gempa rencana ini adalah gedung didesain secara ekonomis namun akan tetap berdiri ketika gempa kuat terjadi.

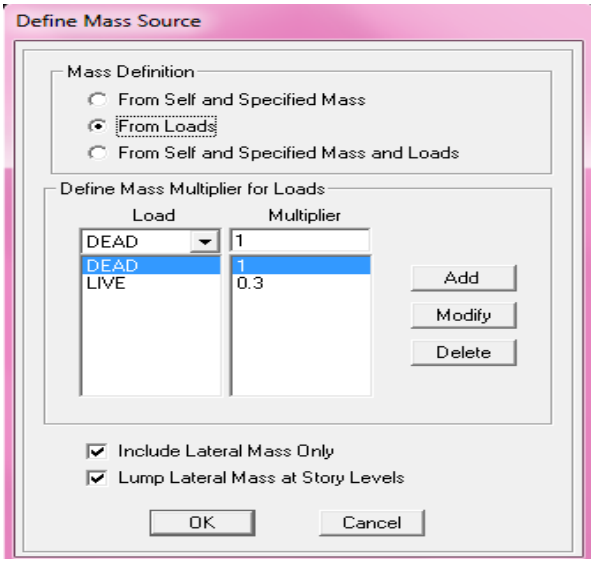
10. Reduksi beban hidup

Pasal 3.5.1 SNI 03-2847-2002 menyatakan bahwa peluang tercapainya suatu prosentase tertentu dari beban hidup yang membebani struktur pemikul suatu gedung selama umur gedung tersebut bergantung pada bagian atau unsur struktur yang ditinjau dan bergantung pula pada penggunaan gedung itu dan untuk apa beban tersebut ditinjau.

Berhubung peluang untuk terjadinya beban hidup penuh yang membebani semua bagian dan semua unsur struktur pemikul secara serempak selama umur gedung tersebut adalah sangat kecil, maka beban tersebut dapat dianggap tidak efektif sepenuhnya sehingga beban hidup terbagi rata dapat dikalikan dengan suatu koefisien reduksi.

Tabel 3.3 SNI 03-2847-2002 menentukan koefisien reduksi beban hidup untuk peninjauan gempa, dimana fungsi gedung adalah untuk perkantoran adalah sebesar 0,30.

Untuk memasukkan faktor 0,3 tersebut pilih menu *Define, Mass Source*. Pada bagian *mass definition* pilih *from loads*. Pada bagian di bawah pilih beban *dead* dan isi nilai *multiplier* 1. Sedangkan untuk beban *live* 0,3. Klik OK untuk keluar. Gambar 2.32 menunjukkan input faktor reduksi beban hidup untuk gempa.



Gambar 2.33. Input faktor reduksi beban hidup untuk gempa

Pasal 3.5.4 SNI 03-2847-2002 menyatakan bahwa pada perencanaan unsur – unsur vertikal seperti kolom yang memikul beberapa lantai tingkat, maka untuk perhitungan gaya normal (gaya aksial) di dalam unsur – unsur struktur vertikal

seperti kolom, jumlah kumulatif beban hidup terbagi rata dapat dikalikan dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada jumlah lantai yang dipikul.

Pada perencanaan kolom dengan beban hidup penuh tanpa dikalikan dengan koefisien reduksi harus tetap ditinjau pada lantai dengan ruang yang memikul beban berat (ruang arsip, ruang penyimpanan, gudang dan lain – lain).

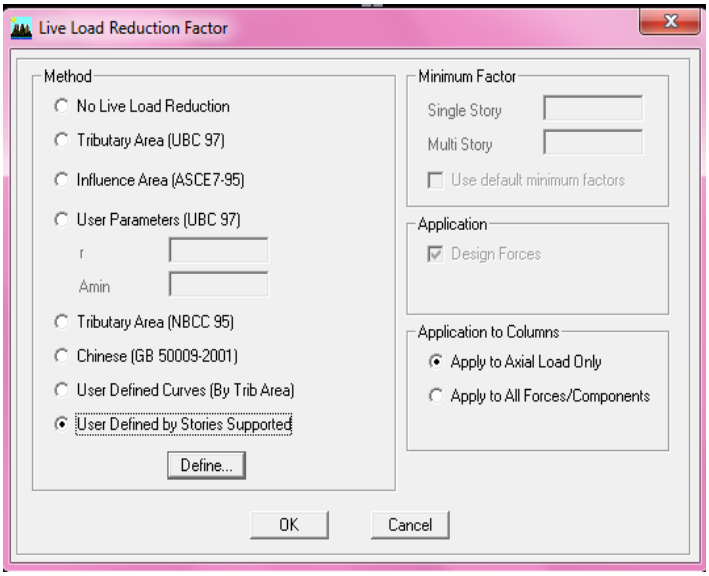
Karena fungsi gedung yang direncanakan adalah perkantoran, maka reduksi beban hidup untuk perencanaan kolom harus tetap diperhitungkan.

Koefisien reduksi beban hidup kumulatif untuk perencanaan kolom harus sesuai dengan tabel 3.4 SNI 03-2847-2002. Tabel 2.2 menunjukkan koefisien reduksi beban hidup kumulatif untuk perencanaan kolom.

Tabel 2.2. Koefisien reduksi beban hidup kumulatif untuk perencanaan kolom

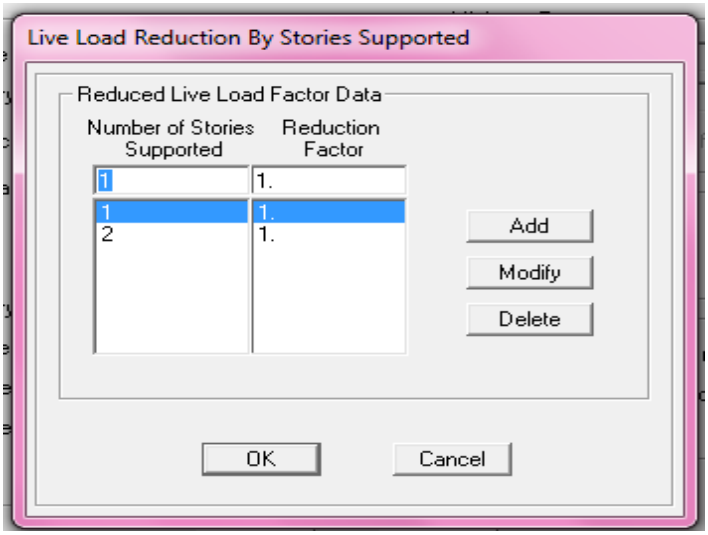
Jumlah lantai yang dipikul	Koefisien reduksi yang dikalikan kepada jumlah beban hidup kumulatif
1	1,0
2	1,0
3	0,9
4	0,8
5	0,7
6	0,6
7	0,5
8 dan lebih	0,4

Untuk menentukan faktor reduksi beban hidup kumulatif di atas, klik menu *Options, preferences, live load reduction*. Pada *form live load reduction factor* seperti pada Gambar 2.34, pilih *user defined by stories supported*. Klik *define* di bawahnya.



Gambar 2.34. Input faktor reduksi beban hidup untuk perencanaan kolom

Masukkan koefisien reduksi dan jumlah lantai sesuai tabel 3.4 SNI 03-2847-2002. Klik OK untuk menutup. Gambar 2.35 menunjukkan *input* faktor reduksi beban hidup kumulatif.



Gambar 2.35. Input faktor reduksi beban hidup kumulatif

11. Berat bangunan

    Berdasarkan pasal 5.3 SNI 03-2847-2002 lantai tingkat, atap beton dan sistem lantai dengan ikatan suatu struktur gedung dapat dianggap sangat kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal.

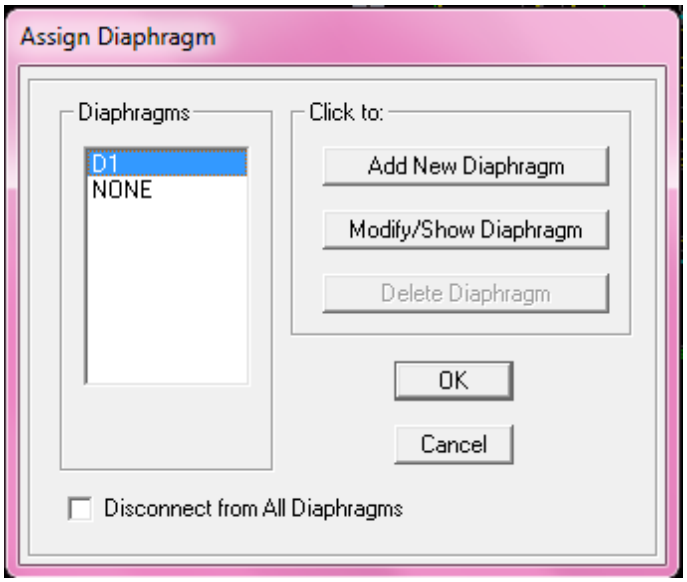
    Untuk memodelkan plat sebagai diafragma dan ETABS dapat dengan cepat dan akurat menentukan berat bangunan, pilih semua plat lantai pada model. Plat

dapat dipilih dengan cara klik satu persatu, tetapi cara ini akan memakan waktu yang lebih lama. Atau dengan cara cepat dengan cara pilih menu *Select, by Wall/Slab/Deck sections*. Pilih slab 120. Maka semua *slab* 120 setiap lantai akan terpilih. Gambar 2.36 menunjukkan cara untuk memilih semua plat dengan ukuran yang sama.



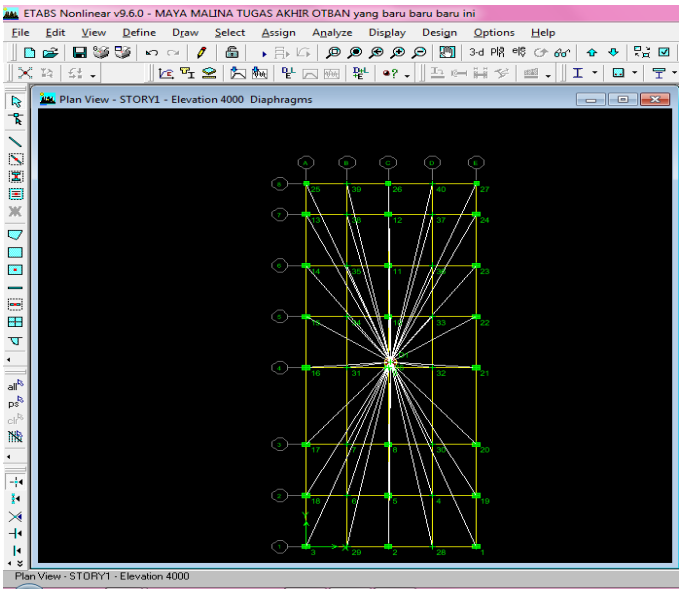
Gambar 2.36. Memilih semua plat dengan ukuran yang sama

Setelah semua plat terpilih, pilih menu *assign, shell/area, rigid diaphragma*. Pilih D1 dan klik OK. Gambar 2.37 menunjukkan cara untuk menentukan diafragma lantai dimaksud.



Gambar 2.37. Menentukan diafragma lantai

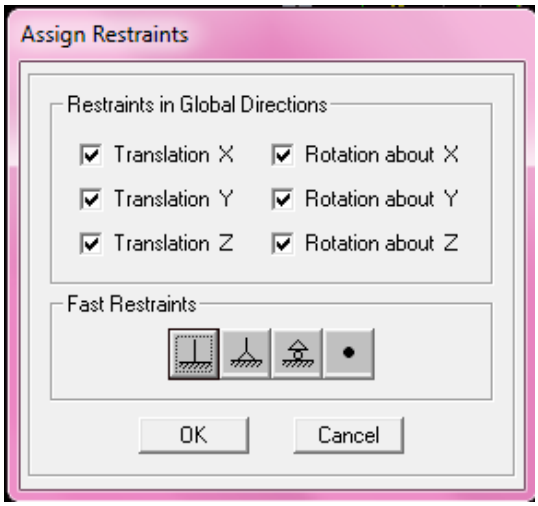
Setelah diafragma ditentukan, pada semua lantai akan muncul gambar seperti jaring laba – laba, menandakan bahwa plat lantai sudah ditentukan sebagai diafragma. Gambar 2.38 menunjukkan diafragma lantai dimaksud.



Gambar 2.38. Diafragma lantai

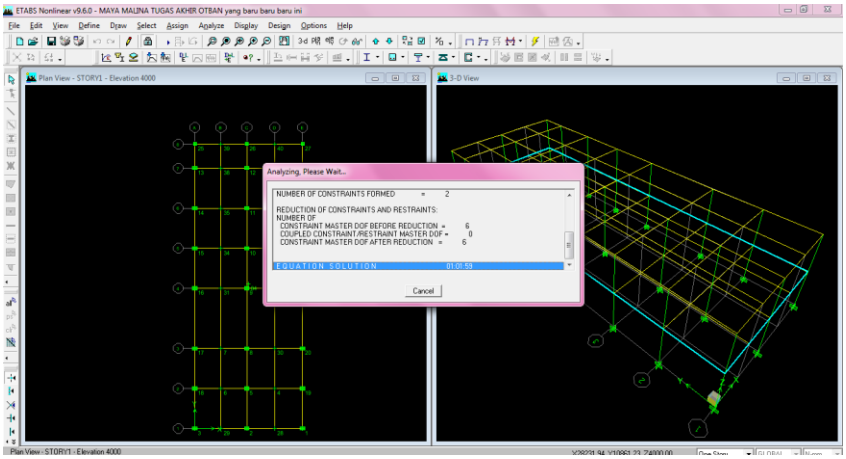
Hal ini untuk memerintahkan ETABS agar memperlakukan plat yang dimodelkan sebagai lantai diafragma yang kaku. Sehingga ETABS akan dapat melakukan perhitungan berat bangunan keseluruhan dari plat dan beban yang bekerja.

Selanjutnya jalankan ETABS, pilih menu *analyze, set analysis options*. Maka akan muncul *pop up* seperti pada Gambar 2.38. Klik gambar di bawah tulisan *full 3D*. Kosongkan semua pilihan *dynamic analysis*, *include P-delta*, *save access DB file*. Klik OK. Gambar 2.39 menunjukkan pilihan untuk analisa program dimaksud.



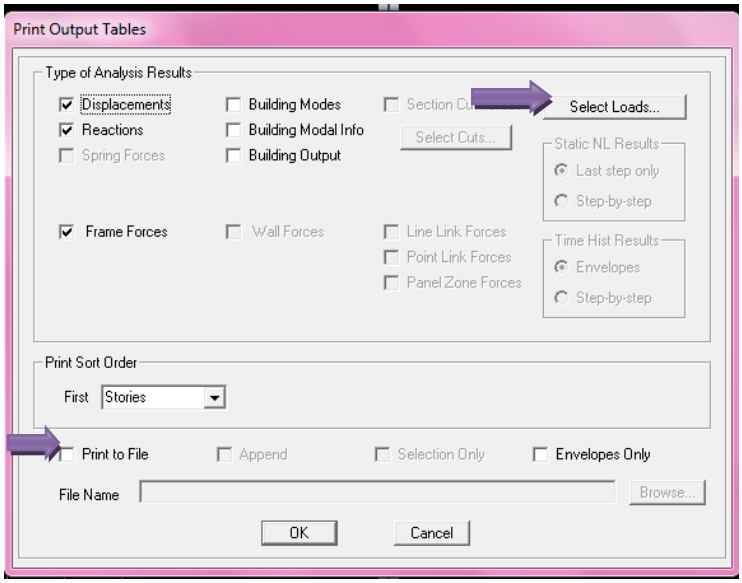
Gambar 2.39. Pilihan untuk analisa program

Pilih lagi menu *analyze, run analysis*. Program ETABS akan melakukan analisis seperti pada Gambar 2.40. Gambar 2.40 menunjukkan analisa struktur dimaksud.



Gambar 2.40. Pilihan untuk analisa program

Untuk dapat melihat hasil yang diinginkan, yaitu berat total bangunan. Langkah selanjutnya adalah mengubah unit satuan menjadi kg.m. Pilih menu *file, print tables, analysis output*. Maka akan muncul *pop up* seperti Gambar 2.41. Gambar 2.41 menunjukkan pilihan *output* untuk mendapatkan berat bangunan dimaksud.



Gambar 2.41.Pilihan output untuk mendapatkan berat bangunan

Kosongkan semua pilihan, kecuali hanya *building output* dan *print to file*. Tekan *select loads* untuk menentukan beban yang diinginkan. Pilih beban *dead* dan *live*. Artinya beban mati struktur dan beban hidup saja yang diperhitungkan.

Untuk menyimpan *file output* dalam bentuk *file txt*, klik tulisan *Print to file*, kemudian klik *browse* untuk memberi nama dan lokasi *file output*. Sebagai contoh *file* dinamai *berat.txt* untuk kemudahan. Klik *save* kemudian klik OK.

Kemudian pilih menu *file*, *display input/output text files*, pilih *file* berat.txt. Maka *file* berat.txt akan terbuka. Pada *file* ini ditunjukkan nama *file*, satuan yang digunakan (perhitungkan pada *file* ini satuan yang digunakan sudah dalam *unit* satuan kg.m), tanggal dan waktu *output* dibuat dan data *output* yang dihasilkan.

Building output yang dihasilkan terdiri dari *Centres of Cumulative Mass and Centres of Rigidity*, *Story Forcesdan Tributary Area and Reduced Live Load Factores* (Pamungkas, et al. 2013).

BAB III

PEMBAHASAN

3.1 Data Teknis Perhitungan

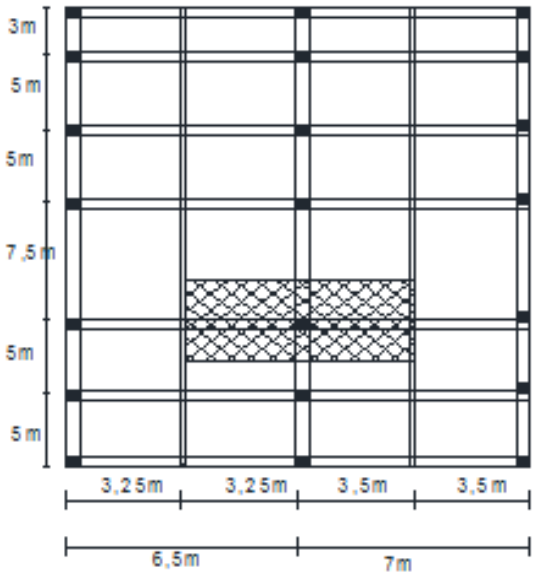
- Jenis konstruksi : Konstruksi beton bertulang
- Lokasi bangunan : Manado
- Jenis Tanah : Keras
- Kategori Gedung : Kantor
- Wilayah Gempa : Wilayah 5 (lima)
- Fc : 30 Mpa
- Ec : 4700 x √Fc = 25743 Mpa
- Fy : 400 Mpa

3.2 Perhitungan Pembebanan

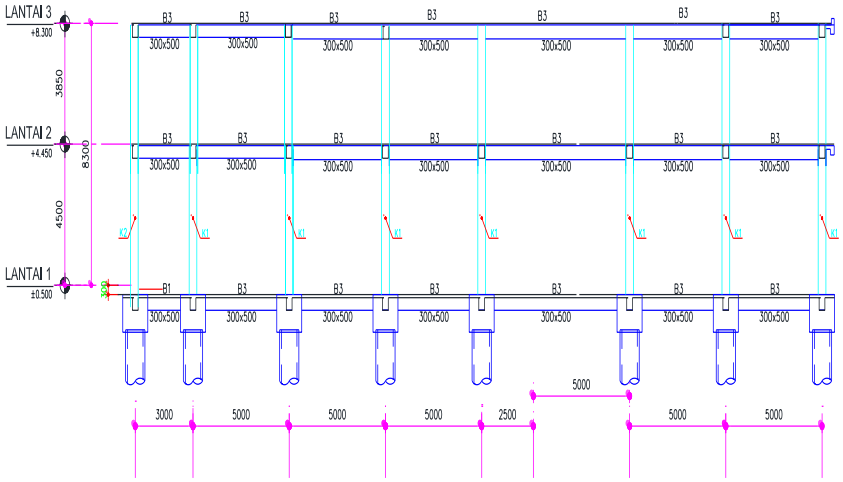
3.2.1 Beban lantai dan kolom

3.2.1.1 Denah Bangunan yang ditinjau

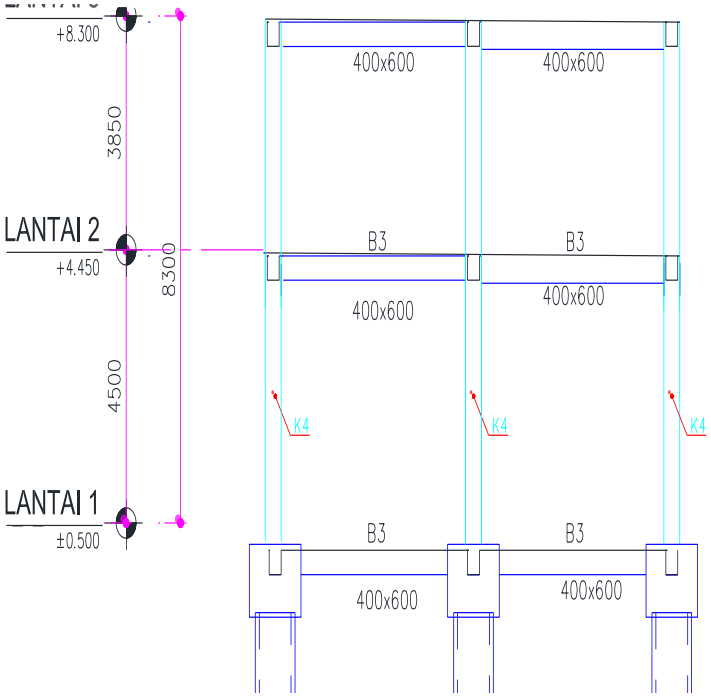
Bagian yang ditinjau untuk perhitungan pembebanan berada pada titik P8 dan data sondir titik S4. Gambar 3.1 memperlihatkan denah dan portal yang ditinjau.



Gambar 3.1. Denah Bangunan



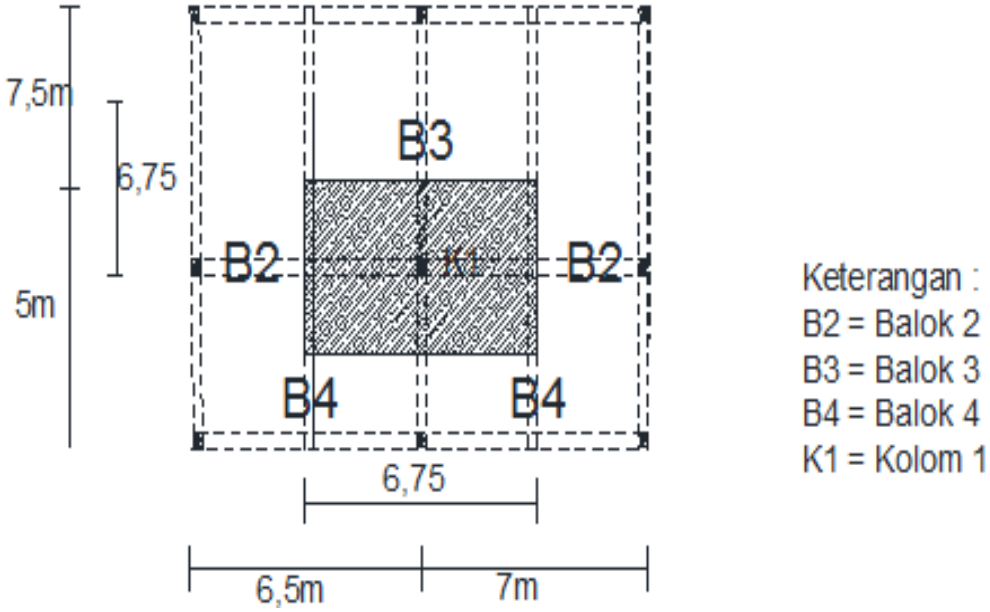
Gambar 3.2. Potongan Memanjang/arah Y bangunan



Gambar 3.3. Potongan Arah X bangunan

3.2.2 Perhitungan Pembebanan Lantai 1

3.2.2.1 Di tinjau dari daerah yang kritis



Gambar 3.4 Area Pembebanan Pada Lantai 1 dan 2 Yang Dipikul Oleh Kolom

Menurut Pedoman Pembebanan Perencanaan Untuk Rumah dan Gedung pada halaman 17 maka digunakan:

- Berat jenis beton = 2400 kg/m^3
- Nilai beban hidup gedung = 250 kg/m^2
- Berat plafon + penggantung = 18 kg/m^2

a. Beban Mati

$W_{K1lantai\ 1}$ = (P x l) x Bj Beton x L

= (0,60m x 0,40m) x 2400 kg/m^3 x 4,5 m

= **2592 kg**

$W_{K1lantai\ 2}$ = (P x l) x Bj Beton x L

= (0,60m x 0,40m) x 2400 kg/m^3 x 3,85 m

= **2217,6 kg**

W_{B02} = (h x b) x Bj Beton x L

= (0,40m x 0,60m) x 2400 kg/m^3 x 6,75 m

= **3888 kg**

W_{B03} = (h x b) x Bj Beton x L

= (0,30m x 0,50m) x 2400 kg/m^3 x 6,75 m

= **2430 kg**

W_{B04} = (h x b) x Bj Beton x L

= (0,50m x 0,20m) x 2400 kg/m^3 x 6,75 m x 2

= **3240 kg**

W_{Plat} = (P x l) x Bj Beton x T

= (6,75m x 6,75m) x 2400 kg/m^3 x 0.12 m

= **13122 kg**

W_{Plafon} = (P x l) x (Berat Plafon + Penggantung)

= (6,75m x 6,75m) x 18 kg/m^2

= **820,125 kg**

- **Total beban mati lantai 1:**

$W_{DL\ lantai\ 1}$ = $W_{K1} + W_{B02} + W_{B03} + W_{B04} + W_{Plat} + W_{Plafon}$

= 2592 kg + 3888 kg + 2430 kg + 3240 kg + 13122 kg + 820,125 kg

= 26092,125 kg

- **Total beban mati lantai 2:**

$W_{DL\ lantai\ 2}$ = $W_{K1} + W_{B02} + W_{B03} + W_{B04} + W_{Plat} + W_{Plafon}$

= 2217,6 kg + 3888 kg + 2430 kg + 3240 kg + 13122 kg + 820,125 kg

= 25717,725 kg

b. Beban Hidup

- **$W_{LL\ lantai\ 1}$** = 250 kg/m^2 x P x l

= 250 kg/m^2 x 6,75m x 6,75m

= 11390,625 kg

Jadi, **P**

$P_{L.1}$ = 26092,125kg +11390,625 kg

= 37482,75 kg

$\mathbf{P_{L.2}}$ = 25717,725 kg + 11390,625 kg

= 37108,35 kg

Sehingga total beban dari lantai 1-2 adalah :

P $= \mathbf{P_{L.1} + P_{L.2}}$

= 37482,75 kg + 37108,35 kg

= 74591,1 kg = 74,5911 ton

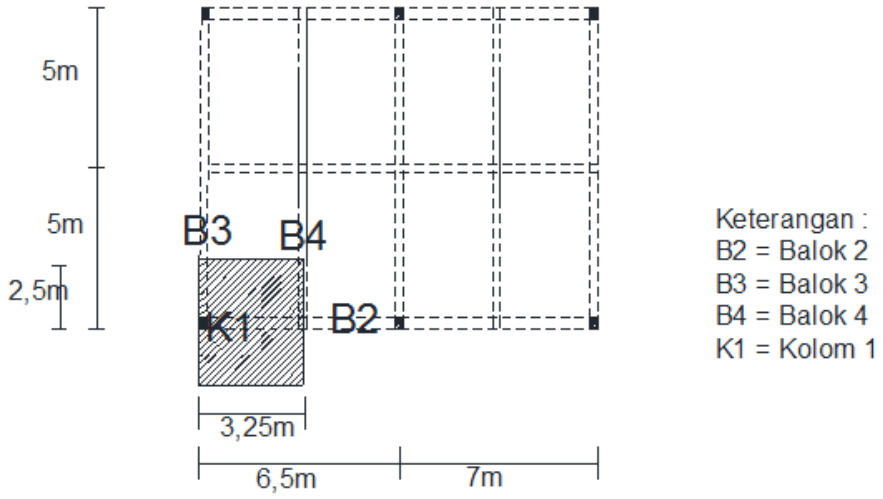
Keterangan:

$\mathbf{W_{DL}}$: Beban Mati

$\mathbf{W_{LL}}$: Beban Hidup

P : Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang dikalikan dengan factor keamanan

3.2.1.2 **Di tinjau pada posisi balok di bagian tepi**



Gambar 3.5. Area Pembebanan Pada Lantai 1 dan 2 Yang Dipikul Oleh Kolom

a. Beban Mati

W_{K1} = (P x l) x Bj Beton x L

= (0,60m x 0,40m) x 2400 kg/m^3 x 4,5 m

= **2592 kg**

W_{B02} = (h x b) x Bj Beton x L

= (0,40m x 0,60m) x 2400 kg/m^3 x 3,25 m

= **1875 kg**

W_{B03} = (h x b) x Bj Beton x L

= (0,30m x 0,50m) x 2400 kg/m^3 x 2,5 m

= **900 kg**

W_{B04} = (h x b) x Bj Beton x L

= (0,50m x 0,20m) x 2400 kg/m^3 x 2,5 m

= **600 kg**

W_{Plat} = (P x l) x Bj Beton xT

= (2,5m x 3,25m) x 2400 kg/m^3 x 0.12 m

= **2340 kg**

W_{Plafon} = (P x l) x (Berat Plafon + Penggantung)

= (2,5m x 3,25m) x 18 kg/m^2

= **146,25 kg**

- **Total beban mati lantai 1:**

$W_{DL\ lantai\ 1}$ = $W_{K1} + W_{B02} + W_{B03} + W_{B04} + W_{Plat} + W_{Plafon}$

=2592 kg +1875 kg +900 kg 600 kg +2340 kg + 146,25 kg

= 8453,25 kg

- **Total beban mati lantai 2:**

$W_{DL\ lantai\ 2}$ = $W_{K1} + W_{B02} + W_{B03} + W_{B04} + W_{Plat} + W_{Plafon}$

=2217,6 kg+1875 kg +900 kg+600 kg +2340 kg +146,25 kg

= 8078,85 kg

c. Beban Hidup

- Total beban hidup lantai 1-2

W_{LL} = 250 kg/m^2 x P x l

= 250 kg/m^2 x 2,5m x 3,25m

= 2031,25 kg

Jadi, **P**

- **$P_{L.1}$** = **8453,25 kg + 2031,25 kg**

= 10484,5 kg

- **$P_{L.2}$** = **8078,85 kg + 2031,25 kg**

= 10110,1 kg

Sehingga total beban dari lantai 1-2 adalah :

P **= $P_{L.1}$ + P_{L2}**
= 10484,5 kg + 10110,1 kg
= 20594 kg = 20,5941 ton

3.3 Data-Data Input ETABS

a. Beton
F'c = 30 Mpa
Ec = 4700 x √ F'c = 25743 Mpa
b. Baja
Fy' = 400 Mpa
c. Lokasi bangunan = Manado
d. Jenis tanah = Keras
e. Kategori Gedung = Kantor
f. Tinggi Lantai 1 = 4,5 m
g. Tinggi Lantai 2 = 3,85 m

3.3.1 Beban-beban

a. Beban Hidup (LL) sesuai dengan PPBBI 1983 pasal 3.3 :
1. Lantai 1 (Kantor) = 250 kg/m2
2. Lantai 2 (Atap) = 100 Kg/m2

Berat sendiri komponen struktur (DL) sudah dihitung secara otomatis oleh ETABS berdasarkan input data dimensi dan karateristik material yang direncanakan. Berikut beban mati tambahan menurut SNI 03-1727-1989.

Beban Mati tambahan (DL) antara sebagai berikut:

Dinding bata = 250 kg/m2
Keramik = 24 kg/m2
Plester (2.5 cm) = 53 kg/m2
Beban M.E = 25 Kg/m2
Beban plafond = 18 kg/m2

Sehingga beban – beban gravitasi tersebut dapat dirangkum untuk masing - masing

Lantai sebagai berikut

1.lantai 1	=	250 kg/m² (kantor)
Beban mati tambahan:		
Keramik	=	24 kg/m²
Plester (2,5 cm)	=	53 kg/m²
Beban M.E	=	25 kg/m²
Beban plafon	=	18 kg/m²
	=	120 kg/m2
2. lantai 2		
Beban hidup	=	100 kg/m² (atap)
Beban Mati tambahan:		
Plester (2.5 cm)	=	53 kg/m²
Water proofing	=	5 kg/m²
Beban M.E	=	25 kg/m²
Beban plafon	=	18 kg/m²
	=	101 kg/m²

3.Beban dinding:

Berat dinding diasumsikan sebagai beban merata yang dipikul oleh balok-balok struktur dan bekerja pada balok.

Tinggi lantai 1	=	4.5 m
Tinggi balok induk	=	60 cm = 0,60 m
Beban dinding	=	250 kg/m2
Beban merata	=	(4.5 – 0,6) x 250 = 975 kg/m
Tinggi lantai 1	=	4.5 m
Tinggi balok anak	=	50cm = 0.50 m
Beban dinding	=	250 kg/m2
Beban merata	=	(4.5-0.50) x 250 =625 kg/m

Tabel 3.1 Berat Dinding Yang dipikul Balok

Berat dinding	**Lt.1**	**Lt.2**
Tinggi lantai (m)	4.5	3.85
Tinggi balok tepi induk (m)	0.6	0.6
Beban dinding (kg/m2)	250	250
Beban merata (kg/m)	975	625
Beban dinding		
Tinggi lantai (m)	4.5	3.85
Tinggi balok tepi anak (m)	0.5	0.5
Beban dinding (kg/m2)	250	250
Beban merata (kg/m)	1000	8375
Total beban	**1975**	**1462,5**

Sumber: Hasil input dari ETABS

3.4 Menghitung Gaya geser dasar

Berdasarkan data – data *input* pada ETABS, massa bangunan yang diperoleh adalah sebagai berikut yang ditunjukkan pada Gambar 3.6

ETABS v9.6.0 File:MAYA MALINA TUGAS AKHIR OTBAN Units:Kgf-m June 30, 2015 15:37 PAGE 1

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	MASS	CENTER OF MASS ORDINATE-X	CENTER OF MASS ORDINATE-Y	CENTER OF RIGIDITY ORDINATE-X	CENTER OF RIGIDITY ORDINATE-Y
STORY2	D1	7.099E+04	6.711	18.036	6.660	17.648
STORY1	D1	1.447E+05	6.710	18.037	6.662	17.544

Sumber: Hasil Input dari ETABS

Gambar 3.6 Hasil input data ETABS, massa bangunan

Massa bangunan di atas adalah massa bangunan kumulatif, sehingga Harus mengurangi massa tiap-tiap lantai lalu di kalikan dengan satuan gravitasi (9,81) m/det²) untuk mendapatkan berat bangunan per lantai, sehingga:

Tabel 3.2 Berat masing-masing lantai

LANTAI	Massa Bangunan	Massa Lantai	Gravitasi	Berat (Kg)
	a	b	c	b x c
STORY2	70990	70,990	9.81	696,412
STORY1	144700	73,710	9.81	723,095
		Berat Total (Kg)		**1,419,507**

Sumber: Hasil Input dari ETABS

3.4.1 Waktu getar alami

T = Ç . n **(1)**

= 0,16 x 2

= 0,32

Ç = Koefisien pengali dari jumlah tingkat sesuai dengan wilayah gempa 0,16 (tabel 8 pada SNI-1726-2002)

3.4.2 Gaya Geser dasar nominal

$$V = \frac{C_1 .I}{R} x\, Wt \qquad \textbf{(2)}$$

$$V = \frac{0{,}9 .1}{8.5} x\ 1419507 = 150.301$$

C_1 =Faktor respon Gempa adalah 0,9 (sesuai zona dan jenis tanah)

I =Faktor Keutamaan I adalah 1(Tabel 1, hal 12 pada SNI-1726-2002)

R =Faktor Reduksi Gempa adalah 8,5 (Tabel 3, hal 16 pada SNI-1726-2002)

Wt =Berat total gedung,termasuk beban hidup yang sesuai

3.4.3 Distribusi gaya geser horizontal gempa

$$Fi = \frac{wi .zi}{\sum_{i=1}^{n} Wi .zi} x\, V \qquad \textbf{(3)}$$

Fi = Gempa nominal statik ekuivalen

Wi = Berat lantai tingkat ke – I termasuk beban hidup

Zi = Ketinggian lantai tingkat ke – I diukur dari taraf penjepitan lateral

V = Gaya geser dasar nominal

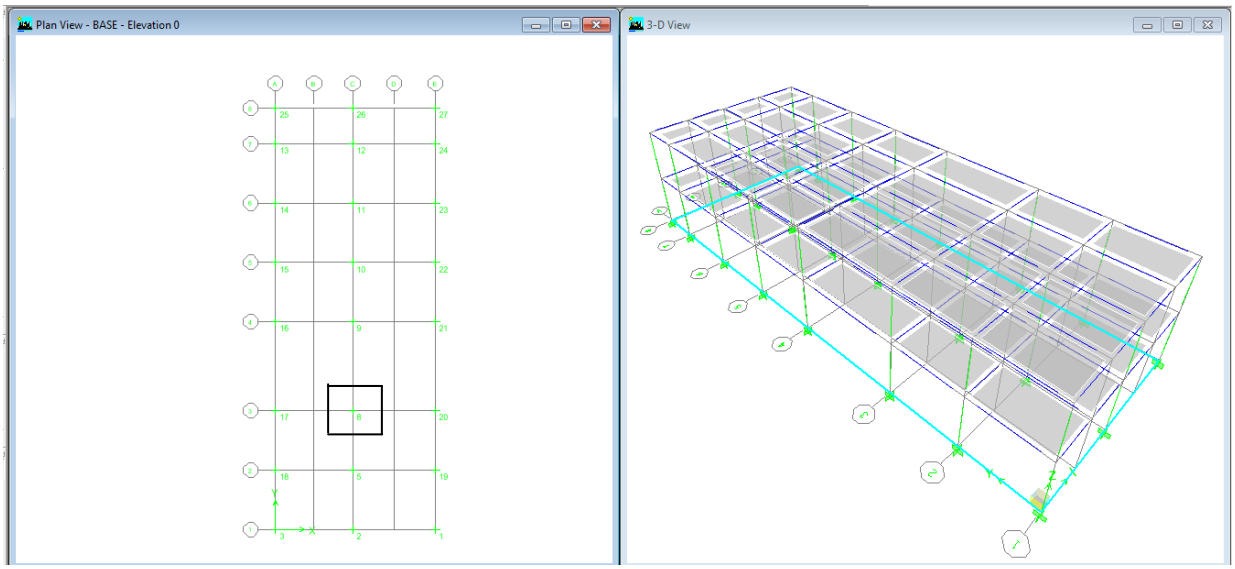
Berikut ini adalah hasil hitungan nilai Fi dalam arah x dan arah y

Tabel 3.3 Distribusi Gaya Geser Horizontal Gempa

LEVEL	zi (m)	Wi (Kg)	Wi x zi	Fi $_{x,y}$ (Kg)
STORY2	8.35	696,412	5,815,039	96,373
STORY1	4.50	723,095	3,253,928	53,927.62
	∑	**1,419,507**	**9,068,967**	**150,301**

Sumber: Hasil Analisa di Etabs

Nilai PU pada titik 8 berdasarkan kombinasi pembebanan ETABS. Gambar 3.7 menunjukkan tinjauan berat bangunan di titik 8.



Sumber: Hasil Analisa di Etabs

Gambar 3.7. tinjauan berat bangunan di Titik 8

ETABS v9.6.0 File:MAYA MALINA TUGAS AKHIR OTBAN Units:Kgf-m July 1, 2015 14:51 PAGE 2

S U P P O R T R E A C T I O N E N V E L O P E S

STORY	POINT	ITEM	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
BASE	N5	Min Value	-7000.49	-6515.06	698.19	-14926.553	-15614.947	-152.322
		Min Case	FX	FY	FX	COMB14	FX	COMB5
		Max Value	7475.24	7024.78	164051.63	14274.565	16381.007	151.627

Gambar 3.8. Output Tinjauan Berat di titik 8

3.5 Perhitungan Perencanaan Pondasi

3.5.1 Data Pondasi Sumuran

1. Panjang sumuran = 6 m
2. diameter sumuran = θ60 cm (diambil diameter yang dipakai di lapangan)
4. Slump = 16-18 cm

3.5.2 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Sumuran

Untuk mendapatkan daya dukung pondasi sumuran dapat menggunakan persamaan :

Qb = Ah . Qc **(4)**

Dimana:

Qb = Daya dukung ujung (kg)

Ah = Luas penampang (cm²)

qc = tekanan ujung dari hambatan konus (kg/cm²)

Untuk mendapatkan **Ah =** $\frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ d^2$ **(5)**

Dimana:

π = 3,14

d = Diameter Sumuran

Jadi, nilai Ah adalah :

Ah = $\frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ d^2$

= $\frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 60^2$

= 2826 cm²

Untuk mendapatkan qc :

qc = tekanan ujung dari hambatan konus **(6)**

tabel 3.4 merupakan hambatan konus berdasarkan laporan penyelidikan pada titik S4.

Kedalaman (m)	**Perlawanan konus (kg/cm^2)**
0,00	0
0,20	5
0,40	20
0,60	4
0,80	4
1,00	10
1,20	5
1,40	5
1,60	10
1,80	10
2,00	50
2,20	30
2,40	40
2,60	30
2,80	60
3,00	80
3,20	60
3,40	45
3,60	30
3,80	55
4,00	45
4,20	250
qc=	**250**

Sumber: Laporan Penyelidikan Tanah proyek Pembangunan Gedung Otoritas Bandar udara Sam Ratulangi Manado

Sehingga daya dukung ujung Qb :

a. Kapasitas daya dukung ujung (Qb).

Qb= Ah . qc **(7)**

Dimana:

Qb = Daya dukung ujung (kg)

Ah = Luas penampang (cm^2)

qc = Tekanan rata-rata (kg/cm^2)

Qb = Ah . qc

$=2826\ cm^2 . 250\ kg/cm^2$

$= 706.500\ kg$

Selanjutnya untuk mendapatkan daya dukung kulit (Qs)

a. Daya dukung kulit pondasi sumuran (Qs).

Qs = As . Fs **(8)**

Dimana:

Qs = Daya Dukung kulit (kg)

As = Luas Selimut (cm^2)

Fs = Tahanan dinding (kg/cm^2)

Untuk mendapatkan luas selimut As menggunakan persamaan

$$\mathbf{As} = (\boldsymbol{\pi} . \boldsymbol{d}) . \boldsymbol{t} \quad \textbf{(6)}$$

Dimana :

π = 3,14

d = diameter pondasi sumuran (cm)

t = tinggi pondasi cumuran (cm)

jadi, nilai dari luas selimut As adalah :

As $= (\boldsymbol{\pi} . \boldsymbol{d}) . \boldsymbol{t}$

$= (3{,}14 . 60\ cm) \times 600\ cm$

$= 113040\ cm^2$

Untuk mendapatkan tahanan dinding Fs :

Fs = 0,012 . qc **(7)**

Dimana:

qc = Tekanan rata=rata dari hambatan pelekat (kg/cm^2)

untuk mendapatkan nilai qc :

$$\mathbf{qc} = \frac{\textbf{Jumlah tekanan hambatan pelekat}}{\boldsymbol{jumlah\ titik\ kedalaman}} \quad \textbf{(8)}$$

Tabel 3.5 merupakan hambatan pelekat berdasarkan laporan penyelidikan tanah pada titik S4.

Kedalaman	**Hambatan pelekat (kg/cm²)**
0,00	0
0,20	2
0,40	5
0,60	1
0,80	1
1,00	2
1,20	2
1,40	2
1,60	5
1,80	5
2,00	10
2,20	5
2,40	5
2,60	5
2,80	10
3,00	10
3,20	5
3,40	5
3,60	5
3,80	5
4,00	5
4,20	5
4,40	5
4,60	5
4,80	5
5,00	5
5,20	5
5,40	5
5,60	5
5,80	5
6,00	5
qc =	**4,66**

Sumber: Laporan Penyelidikan Tanah proyek Pembangunan Gedung Otoritas Bandar Udara Sam Ratulangi Manado

Nilai tahanan dinding Fs yang didapat:

Fs = 0,012 . qc

= 0,012 x 4,66 kg/cm²

= 0,056

Sehingga daya dukung kulit Qs adalah :

Qs = As . Fs

= 113040cm ² x 0,056 kg/cm²

= 6330,24 kg

Selanjutnya, daya dukung batas dan daya dukung ijin bisa didapatkan dengan persamaan :

$$\boldsymbol{Q_{ult}} = \mathbf{Qb + Qs} \quad \textbf{(9)}$$

$$\boldsymbol{Q_{all}} = \frac{\boldsymbol{Q_{ult}}}{\boldsymbol{SF}} \quad \textbf{(10)}$$

Dimana:

Q_{ult} = Daya Dukung Batas / daya dukung terfaktor (kg)

Q_{all} = Daya Dukung Ijin (kg)

SF = Faktor Keamanan, diambil 3 untuk beban normal.

Untuk mendapatkan daya dukung batas Q_{ult} :

$\boldsymbol{Q_{ult}}$ **= Qb + Qs**

= 706.500 kg + 6330,24 kg

= 712830,24 kg

Sehingga daya dukung ijin Q_{all} didapat :

$\boldsymbol{Q_{all}} = \frac{\boldsymbol{Q_{ult}}}{\boldsymbol{SF}}$

$= \frac{\mathbf{712830{,}24 kg}}{3}$

= 237610,08 kg

3.4.2 **Perhitungan Daya Dukung Ijin untuk kelompok tiang pondasi sumuran .**

Untuk mendapatkan daya dukung ijin kelompok tiang, dapat menggunakan persamaan :

$$\boldsymbol{Q_{pg} = E_g \text{ . n . } Q_{all}} \quad (11)$$

Dimana :

Q_{pg} = Daya Dukung yang diijinkan untuk kelompok tiang (kg)

E_g = Efisiensi kelompok tiang, diambil 0,7

n = Jumlah Tiang

Q_{all} = Daya Dukung ijin vertical untuk tiang tunggal (kg)

Cat: Efisensi kelompok tiang berdasarkan empiris karena untuk kedalaman pondasi sumuran dengan jarak minimal 5 meter efeisensi kelompok tiang diambil 0,7

Karena Daya dukung tiang tunggal sudah aman untuk digunakan maka tidak perlu menghitung daya dukung yang dijinkan untuk kelompok tiang.

Beban yang bekerja pada titik pondasi ke 8 menurut hasil perhitungan manual

P= 74591,1 kg =74,5911 Ton

P < $\boldsymbol{Q_{all}}$

74,5911 ton < **237,61** ton ….. **OK untuk 1 tiang**

Tabel 3.6 Hasil perhitungan perbandingan diameter pondasi sumuran.

No	Diameter P.sumuran	Jumlah	Perbandingan P < Q_{pg}	Keterangan
1	**∅ 30**	**2**	**74,5911 ton < 83,89 ton**	**OK**
2	**∅ 40**	**1**	**74,5911ton <106,07 ton**	**OK**
3	**∅ 50**	**1**	**74,5911 ton <165,29 ton**	**OK**
4	**∅ 60**	**1**	**74,5911 ton< 237,61** ton	**OK**

Sumber: Hasil analisa

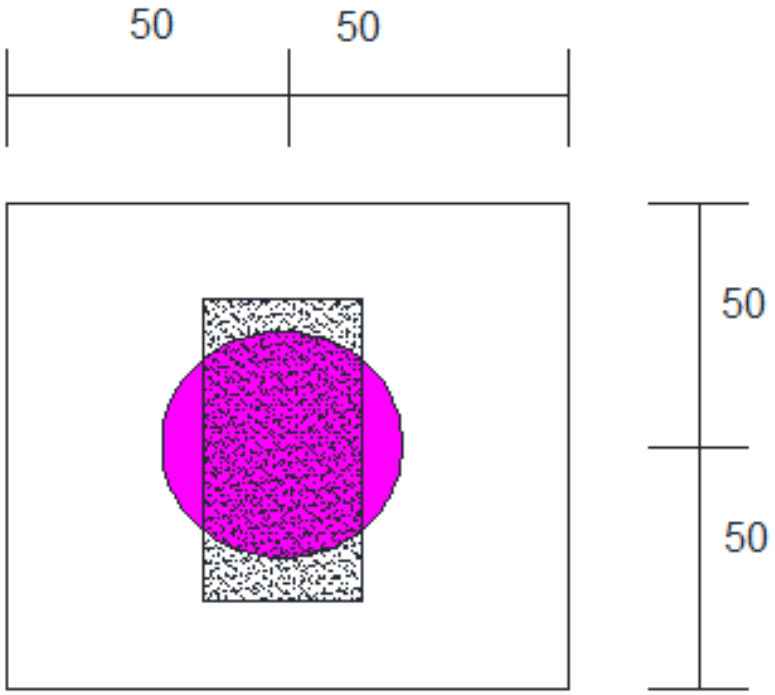
3.4.2.2 Penentuan Jumlah Pondasi Sumuran dalam satu titik.

a. Posisi tinjauan pada titik 8.

$$n = \frac{P}{Qu} = \frac{\mathbf{74{,}5911}\ \text{ton}}{712{,}83024} = 0{,}10464$$

Direncanakan menggunakan 1 tiang sumuran

Jarak pondasi sumuran ke tepi = 50 cm



Sumber: Hasil Analisa

Gambar 3.9. jumlah dan jarak sumuran di Titik 8

3.4 Daya Dukung Kelompok Tiang untuk titik 8

Untuk mendapatkan daya dukung yang diijinkan untuk kelompok tiang Q_{pg}. Pada Titik P8 hanya cukup menggunakan 1 tiang pondasi sehingga hanya dipakai Qall saja .

3.5 Penulangan Pondasi Sumuran

Dari perhitungan program ETABS didapat momen, shear, dan aksial seperti pada Tabel 3.5 berikut ini :

Tabel 3.7 Momen, Shear, Aksial dari perhitungan ETABS untuk titik P8

Momen (M) (Kg.m)	**Shear (V) (Kg.m)**	**Aksial (P) (Kg)**
16381.007	**9808.38**	**154247.65**

Sumber: Hasil perhitungan ETABS

Penyelesaian:

a.Perhitungan Tulangan Lentur

❖ Hitung Mu

Mu = 16381.007 kg.m

❖ Hitung Mn

Mn = $\frac{Mu}{\varphi}$ $\varphi =$ *faktor Reduksi kekuatan tekan dengan tulangan spiral* 0,70

$= \frac{16381,007}{0,70}$

= 23401,43857 kg.m

❖ Menghitung $\rho_{\min,}$, ρ dan ρ_{max}

Untuk, $\rho_{\min,}$ $= \frac{1,4}{F_y}$

$= \frac{1,4}{400}$

= 0,0035

ρ_b $= \frac{0,85 .\beta .Fc'}{Fy}$ X $\frac{600}{600+Fy}$

$= \frac{0,85\ x\ (0,85)(30\ Mpa)}{400\ Mpa}$ x $\frac{600}{600+400}$

= 0,054 x 0,6

= 0,035

ρ_{max} = 0,75 (ρ_b)

= 0,75 (0,035)

= 0,026

❖ Menghitung ρ

m $= \frac{Fy}{0{,}85\ Fc'}$

$= \frac{400\ Mpa}{0{,}85\ (30\ Mpa)}$

= 15,686

Rn $= \frac{Mn}{bd^2}$

$= \frac{23401{,}43857}{0{,}60\ x\ (0{,}475)^2}$

= 172863,8122 kg/m² = 1,7 Mpa

ρ $= \frac{1}{m}\ x\ (1 - \sqrt{1 - \frac{2(m)(Rn)}{Fy}}$

$= \frac{1}{15{,}68}\ x\ (1 - 1 - \sqrt{\frac{2(15{,}68)(1{,}7)}{400\ Mpa}}$

= 0,0044

0,0035<0,0044< 0,026

= $\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \rightarrow$ Gunakan ρ

❖ Menghitung Luas Tulangan

As_{perlu} = ρ x b x d

= (0,0044) x (60 cm) x (47,5cm)

= 12,54 cm²

Untuk Tul. Utama D22 :

As $_{tul}$ b

= ¼ π (2,2 cm) ² = 3,7 cm²

Jumlah tulangan $= \frac{As}{As\ tul}$

$= \frac{12{,}54\ Cm^2}{3{,}7 cm^2}$ = 3,38 ≈ 4 ujung

3.5.1 Perhitungan Tulangan Geser (berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002)

Titik 8

Vu = 9808.38 kg → = 96187,3 N

Vc = $(1 + \frac{Vu}{14\ x\ A_g})$ x $\frac{\sqrt{fc'}}{6}$. bw . d

=$(1+ \frac{96187,3\ N}{14\ X\ 282600}) x \left(\frac{\sqrt{30\ Mpa}}{6}\right) x\ 600\ mm\ x\ 475\ mm$

= 323419,835 N = 32979,56 kg

Ø.Vc = 0,70 x 323419 N ; Ø = Faktor reduksi kekuatan untuk tul.spiral

= 226393,3 N

Vu < ØVc

Kontrol, Jika Vu < Ø.Vc → Tidak perlu tulangan geser

Vu > Ø.Vc → Perlu Tulangan Geser

Karena Vu < ØVc, maka tidak perlu tulangan geser , maka digunakan tulangan geser minimum sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002 dimana tulangan geser minimum yaitu Ø10-150 mm²

Tabel 3.8 Hasil Perbandingan Penulangan:

Tulangan Hasil Perhitungan		Tulangan Yang dipakai di lapangan	
Tul. Utama	**Tul. Geser**	**Tul. Utama**	**Tul.Geser**
4D22 mm²	Ø10-150 mm²	5 D22 mm²	Ø13-250 mm²

3.6 Menghitung Tinggi pile cape dan Penulangannya

a. Titik 8

Untuk menghitung besarnya momen, geser satu arah dan geser poer diperlukan data sebagai berikut :

a. Dimensi kolom 40 cm x 60 cm
b. Mutu beton (fc') = 30 Mpa
c. Mutu baja (fy) = 400 Mpa

Gaya geser (P):

Pu = 1,2 . DL + 1,6 . LL

= 1,2 . 51809,85 kg + 1,6 . 15946 kg

= 62171,82 kg + 25513,6 kg

= 87685,42 kg

Sehingga beban per tiang ultimate:

Q1 = Pu = 87685,42 kg = 859,90 KN

- Lakukan pengecekan terhadap geser pons

Besarnya tinggi efektif (d) diambil secara coba – coba

d = 60 cm = 600 mm

Vu_{pons} = Pu

= 87685,42 kg ≈ 859,90 KN

Keliling bidang kritis geser pons (b_O)

b_O = 2 (b+d) + 2 (h +d)

b_O = 2(40+60) + 2(60+60)

= 440 cm = 4400 mm

ØVc_{pons}= 0,6 . 0,33 . $\sqrt{30}$ .4400 .600 →1Mpa = 1N/mm²

= 0,6 . 0,33 . $\sqrt{30}$ .4400 .600

= 2863055,353 N = 2863,05 KN

Vu_{pons} < ØVc_{pons}

859,90 KN < 2863,05 KN → OK (aman terhadap gaya geser pons)

- Cek terhadap geser lentur

V$u_{geser\ lentur}$ = total gaya geser (Data ETABS)

= 9808.38 kg = 96,18 kN

ØV$c_{geser\ lentur}$ = 0,6 . 0,17 . $\sqrt{fc'}$ .b_o . d

= 0,6 . 0,17 . $\sqrt{30}$. 4400. 600

= 1474907,303 N = 1474,90 KN

Syarat :

V$u_{geser\ lentur}$ < Ø$Vc_{geser\ lentur}$

96,18 Kn < 1474,90 KN → OK (aman terhadap geser lentur)

- Tebal pile cape (t_h)

t_h = d + 15 cm + selimut beton + ½ diameter tu.pile cape

= 60 + 15 + 5 + (1/2 x 1.6)

= 80,8 cm = 80 cm

3.7 **Perhitungan Tulangan Pile cape**

Momen terhadap titik berat kolom

Mu = 16381.007 kg.m

= 1638100,7 kg.cm → 1Kn.m = 16196,568 kg.cm

B = 100 cm

d = 80 cm

fc' = 30 Mpa = 305,81 kg/cm²

fy = 400 Mpa = 4078,88 kg/cm²

β_1 = 0,85 → karena fc' ≤ 30 Mpa

$Mn = \frac{Mu}{0,8}$

= 2047625,875 kg.cm

$K = \frac{Mn}{B.d^2.0,85.f'c}$

$K = \frac{2047625,875 \text{ kg.cm}}{130.80^2.305,81}$

= 0,01430

$F = 1 - \sqrt{1 - 2K}$

$= 1 - \sqrt{1 - 2x0,01430}$

= 0,0144

$Fmax = \frac{\beta_1 .4500}{6000 + 400}$

$= \frac{0,85_1 .4500}{6000 + 400}$

= 0,59766

Karena, F ≤ $Fmax$ maka diperhitungkan untuk tulangan tunggal

$As = \frac{F.B\ d\ .0,85\ .fc'}{fy}$

$= \frac{0,0144\ .130\ .80\ .0,85.\ 305,81}{4078,88}$

= 7,34 cm²

ρ_{min} = 0,0025 → (nilai ρ_{min} untuk pelat)

As_{min} = ρ_{min} . B . d

= 0,0025 . 130 . 80

= 26 cm²

Karena As_{min} > As, maka dipakai nilai dan tulangan menggunakan As_{min} D19.

$As_{tulangan}$ = ¼ . π . 1,9²

= 2,833 cm²

Jumlah tulangan (n)

n = $\frac{As}{As_{tulangan}}$

= $\frac{7,15}{2,833}$

= 2,52 ≈ 3 D19

Untuk tulangan atas

As' = 0,15 % . B .d

= 0,15% . 130 . 80

= 15,6 cm²

Tulangan atas digunakan D16, dimana

$As_{tulangan}$ = ¼ . π . 1,6²

= 2,00cm²

Maka,

n = $\frac{As}{As_{tulangan}}$

= $\frac{11,7}{2,00}$

= 5,85 ≈ 6 D16

Karena panjang pile cap (B) = 130 cm, maka tulangan dapat dikonversikan penggambarannya menjadi :

$\frac{\boldsymbol{B-(2xselimut\ beton)}}{jumlah\ tulangan}$ = $\frac{130\ cm-(2x\ 5)}{3}$

= 40 cm

= D19-400 mm …. Tulangan bawah

$$\frac{\boldsymbol{B-(2xselimut\ beton)}}{jumlah\ tulangan} = \frac{130\ cm-(2x\ 5)}{6}$$

= 20

= D13 – 200 …… Tulangan Atas

3.8 Metode Pelaksanaan Pondasi Sumuran

Metode pelaksanaan pekerjaan pondasi sumuran terdiri dari beberapa hal sebagai berikut:

1. Mempelajari gambar kerja yang ada kemudian menentukan titik –titik berdasarkan gambar dimana akan diletakkan pondasi sumuran.
2. Mempersiapkan lokasi pekerjaan dimana akan didirikan bangunan pondasi sumuran tersebut serta pembersihan lokasi. Gambar 3.1 menunjukkan proses pembersihan lokasi dan penggalian lubang menggunakan excavator untuk pondasi sumuran. Kedalaman pondasi yang digali yaitu 6 m di mana untuk hambatan tanah diabaikan dikarenakan penggalian untuk lubang pondasi dikerjakan sekaligus. Tanah yang dikeluarkan dari dalam lubang galian hanya diletakkan di samping lubang galian sehingga mempermudah proses pekerjaan urugan tanah kembali



Gambar 3.9. Pembersihan Lokasi dan Penggalian Lubang pondasi Sumuran

3. Menyediakan bahan – bahan yang akan digunakan untuk membuat pondasi sumuran. Seperti drum sebagai pengganti buis beton, tulangan yang akan digunakan dan cor beton yang akan digunakan untuk pondasi sumuran. Drum

berfungsi sebagai pengganti bekisting untuk pondasi sumuran. Ukuran drum yang digunakan adalah diameter 60cm. Stek tulangan menggunakan3D19, 5D22 dan spiral D13 – 250.



Gambar 3.10. Drum Sebagai Pengganti Buis Beton



Gambar 3.11. Tulangan Untuk Pondasi Sumuran

4. Pada saat penggalian lubang kondisi muka air tanah yang ada tinggi sehingga memerlukan pompa air untuk mengeluarkan air dari dalam lubang pondasi. Hal ini diperlukan agar proses proses untuk meletakkan drum pada pondasi sumuran tidak terhalang oleh air tanah yang ada. Kapasitas pompa air yang

digunakan adalah 40 PK yang kemudian dibuang ke drainase yang disekitar lokasi proyek. Memasukkan drum ke dalam lubang yang sudah digali dengan cara memakai bantuan alat berat. Proses untuk menurunkan drum dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. Proses Diturunkan Drum Ke Lubang Pondasi

5. Setelah drum sudah berada pada posisi yang tepat , maka selanjutnya pekerjaan untuk memasukkan tulangan yang diperlukan untuk pondasi sumuran. Gambar 3.13 menunjukkan tulangan ke dalam drum yang telah tersusun dalam lubang pondasi. Stek tulangan menggunakan 3 D19, 5D22 dan spiral D13-250.



Gambar 3.13. Memasukkan Tulangan Ke Dalam Drum Pondasi Sumuran

6. Melakukan pekerjaan pengecoran. Pondasi sumuran untuk 1/3 di isi dengan adukan beton, kemudian 1/3 bagian kedua disi dengan campuran beton *cyclop* , yaitu campuran beton yang dimana diameter ukuran agregat kasar adalah 25-30 cm dan 1/3 bagian teratas disi dengan campuran beton. Pengecoran pondasi dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Proses Pengecoran

7. Setelah pengecoran selesai dan beton pondasi sudah mengeras juga kuat maka dilanjutkan dengan pekerjaan penimbunan tanah kembali untuk daerah sekitar lubang pondasi. Pekerjaan ini dilakukan menggunakan alat bantuan excavator. Gambar 3.15 menunjukkan proses penimbunan tanah kembali.



Gambar 3.15. Proses Penimbunan Tanah Di Area Sekitar Lubang Pondasi

8. Perakitan *pile cap* dengan ukuran sisi 1,3 m dan tinggi 1,2 m .kemudian melakukan pekerjaan meletakkan tulangan *pile cap*. Perakitan tulangan *pile cap* sudah dikerjakan sebelumnya, sehingga pada saaat akan diletakkan pada tempatnya, tulangan *pile cap* sudah siap kemudian tinggal diletakkan pada titik-titik tertentu dan disambungkan dengan pondasi sumuran sesuai dengan gambar kerja yang ada. Dimensi tulangan yang dipakai untuk pile cap yaitu untuk tulangan pokok D13, D16 dan D19- 200 behel. Pekerjaan bisa dilihat pada gambar 3.16



Gambar 3.16. Pekerjaan Pemasangan Tulangan Untuk Pile Cap

9. Selanjutnya dilakukan pengecoran pada pile cap. Gambar 3.17 memperlihatkan proses pengecoran pile cap. Dalam pekerjaan pengecoran pile cap dilakukan pengujian slump untuk memastikan mutu beton yang direncanakan. Untuk kegiatan pengujian slump lihat pada gambar 3.18



Gambar 3.17. pekerjaan pengecoran pile cap



Gambar 3.18 Pekerjaan Pengujian Slump

10. Pekerjaan dilanjutkan kembali dengan membuat lantai kerja untuk mempermudah pekerjaan *pile cap*. Lantai kerja dengan terdiri dari 2 lapisan yakni lapisan bawah yang merupakan lapisan pasir padat yag memiliki ketebalan 7 cm dan lapisan atas yaitu lapisan campuran spesi dengan ketebalan 2 cm yang didirikan di atas tanah dasar yang dipadatkan. Pembuatan lantai kerja bisa dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.19. Pembuatan Lantai Kerja

BAB IV
PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Daya dukung pondasi sumuran mampu menahan beban yang bekerja pada bangunan Kantor Otoritasa Bandar Udara Wilayah VIII Manado dengan hasil **74,5911** ton < **237,61** ton.
2. Ukuran pile cap yang telah dihitung yaitu **100 cm x 100cm x 80 cm** dengan tulangan bawah **D19 – 400 mm** dan tulangan atas **D13 – 200 mm**.
3. Beban yang di dapat berdasarkan hasil perhitungan yaitu P = **74,5911** ton.
4. Gaya – gaya dalam dari hasil input ETABS yaitu momen = **16381.007 Kg.m**, Shear = **9808.38 Kg.m**.
5. Metode pelaksanaan pondasi sumuran belum sesuai dengan teori yang ada pada pemakaian buis yang berfungsi sebagai selimut dari pondasi sumuran dimana di lapangan diganti dengan menggunakan drum.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini, maka disarankan beberapa hal berikut:

a. Untuk bagian pondasi sumuran perlunya analisa daya dukung lebih detail sehingga desain dari pondasi sumuran lebih tepat.

b. Diperlukan ketelitian dalam melakukan perhitungan dimensi pile cap dan perhitungan tulangannya agar tidak mendapatkan hasil kekeliruan .

c. Untuk Perhitungan pembebanan pada suatu bangunan harus dihitung lebih detail sehingga beban yang didapat secara keseluruhan yang tepat.

d. Untuk perhitungan gaya – gaya dalam perlu dilakukan kontrol secara manual supaya dapat mengetahui hasil dari perhitungan gaya – gaya dalam dari ETABS sudah sesuai dengan aturan keseimbangan.

e. Untuk metode pelaksanaan pekerjaan pondasi sumuran dikerjakan sesuai dengan standar yang ada supaya pelaksanaannya bisa lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

Belenehu, T. 2014. Tugas Akhir: *"**Analisa Perhitungan Perkuatan Struktur Kolom Pada Proyek pembangunan Mall Star Square Manado*".** Politeknik Negeri Manado. Manado

Bowles Joseph. 1988. ***Analisa dan Desain pondasi***. Edisi Keempat. Jilid 1. Erlangga, Jakarta

Departemen Pekerjaan Umum. 1983. ***Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*** *(PPIUG)*, Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan. Bandung

Frick Heins. 1980. ***Konstruksi bangunan 1***, Kanisus.Jakarta.

Frich, H, Setiawan P.L, (2001). ***Ilmu konstruksi Struktur Bangunan***, Penerbit Kanisius. Yogyakarta

Gunawan, R. (1983). ***Pengantar Teknik pondasi,*** Penerbit Kanisius. Yogyakarta

Hardiyatmo, H.C. 2014. ***Analisi dan Perancangan Fondasi II***, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

Kalangie, Venita,2014, "***Tinjauan Metode Pelaksanaan dan Analisa Daya Dukung Pondasi Sumuran Pada Proyek Pembangunan Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Sama Ratulangi Manado,*** Politeknik Negeri Manado. . Manado

Pamungkas, A. Harianti, E, (2013), ***Desain Pondasi Tahan Gempa.*** ANDI OFFSET

Peck, R. Walter, Thomburn . (1966). ***Teknik Pondasi*.** **Edisi Ke 2**,Fakultas Teknik Universitas Gadjah mada. Yogyakarta

Poluan, Zwingly. 2014. **Tugas Akhir*"Desain pondasi Pada Proyek Pembangunan Golden Kawanua*",** Politeknik Negeri Manado. Manado

Santosa Budi, Heri, Suryadi. 1998. ***Seri Diktat Kuliah Dasar mekanika Tanah***. Gunadarma

Sasrodarsono, S. Nakazawa Kazuto. (2000). ***Mekanika Tanah dan Teknik pondasi.*** PT Pradnya Paramita. Jakarta:

SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

SNI 1726-2002. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung

Tabel 2.1.

Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung

BAHAN BANGUNAN

Baja	7.850 kg/m^3
Batu alam	2.600 kg/m^3
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m^3
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m^3
Batu pecah	1.450 kg/m^3
Besi tuang	7.250 kg/m^3
Beton (1)	2.200 kg/m^3
Beton bertulang (2)	2.400 kg/m^3
Kayu (Kelas I) (3)	1.000 kg/m^3
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m^3
Pasangan bata merah	1.700 kg/m^3
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m^3
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m^3
Pasangan batu karang	1.450 kg/m^3
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m^3
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m^3
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m^3
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m^3
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m^3
Timah hitam (timbel)	11.400 kg/m^3

KOMPONEN GEDUNG

Adukan, per cm tebal:	
– dari semen	21 kg/m^2
– dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m^2
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m^2
Dinding pasangan bata merah:	
– satu batu	450 kg/m^2
– setengah batu	250 kg/m^2
Dinding pasangan batako:	
Berlubang:	
– tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m^2
– tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m^2

Tanpa lubang	
– tebal dinding 15 cm	300 kg/m²
– tebal dinding 10 cm	200 kg/m²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :	
– semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m²
– kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	10 kg/m²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m²	40 kg/m²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7 kg/m²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m² bidang atap	50 kg/m²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m² bidang atap	40 kg/m²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m²

Catatan:

(1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi.

(2) Untuk beton getar, beton kejut, beton mampat dan beton pada lain sejenis, berat sendirinya harus ditentukan tersendiri.

(3) Nilai ini adalah nilai rata-rata; untuk jenis-jenis kayu tertentu lihat NI 5 Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia.

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983

Tabel 3.1.

Beban hidup pada lantai gedung

a.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m²
b.	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m²
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250 kg/m²
d.	Lantai ruang olah raga	400 kg/m²
e.	Lantai ruang dansa	500 kg/m²
f.	Lantai dan balkon-dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m²
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m²
h.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam e	300 kg/m²
i.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500 kg/m²
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250 kg/m²
k.	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400 kg/m²
l.	Lantai gedung parkir bertingkat:	
	— untuk lantai bawah	800 kg/m²
	— untuk lantai tingkat lainnya	400 kg/m²
m.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300 kg/m²

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983

Tabel 1 Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

Sumber: SNI – 1726 – 2002

Tabel 8 Koefisien ζ yang membatasi waktu getar alami Fundamental struktur gedung

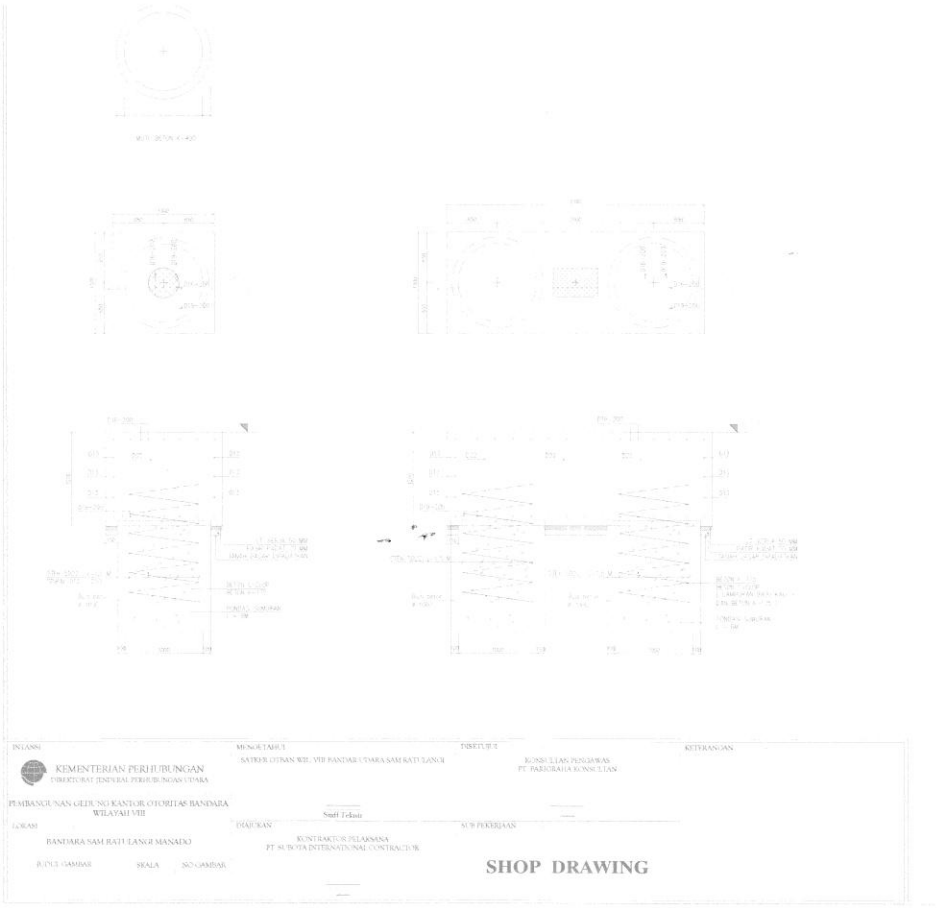
Wilayah Gempa	ζ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Sumber: SNI – 1726 – 2002

Tabel 3 Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_m	R_m Pers. (6)	f Pers. (39)
1. Sistem dinding penumpu (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).	1. Dinding geser beton bertulang	2,7	4,5	2,8
	2. Dinding penumpu dengan rangka baja ringan dan bresing tarik	1,8	2,8	2,2
	3. Rangka bresing di mana bresingnya memikul beban gravitasi			
	a.Baja	2,8	4,4	2,2
	b.Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,8	2,8	2,2
2. Sistem rangka gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).	1. Rangka bresing eksentris baja (RBE)	4,3	7,0	2,8
	2. Dinding geser beton bertulang	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a.Baja	3,6	5,6	2,2
	b.Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	3,6	5,6	2,2
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a.Baja	4,1	6,4	2,2
	5. Dinding geser beton bertulang berangkai daktail	4,0	6,5	2,8
	6. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail penuh	3,6	6,0	2,8
	7. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a.Baja	5,2	8,5	2,8
	b.Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a.Baja	2,7	4,5	2,8
	b.Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8
4. Sistem ganda (Terdiri dari: 1) rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi; 2) pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral; 3) kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi /sistem ganda)	1. Dinding geser			
	a.Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	b.Beton bertulang dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RBE baja			
	a.Dengan SRPMK baja	5,2	8,5	2,8
	b.Dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a.Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b.Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c.Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	4,0	6,5	2,8
	d.Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	2,6	4,2	2,8
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a.Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8
	b.Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
5. Sistem struktur gedung kolom kantilever: (Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kantilever	1,4	2,2	2
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka	Beton bertulang biasa (tidak untuk Wilayah 3, 4, 5 & 6)	3,4	5,5	2,8
7. Subsistem tunggal (Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	1. Rangka terbuka baja	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka terbuka beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	3. Rangka terbuka beton bertulang dengan balok beton pratekan (bergantung pada indeks baja total)	3,3	5,5	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang berangkai daktail penuh.	4,0	6,5	2,8

Sumber: SNI – 1726 – 2002



INTANSI

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
DIREKTORAT JENDERAL PERHUBUNGAN UDARA

PEMBANGUNAN GEDUNG KANTOR OTORITAS BANDARA WILAYAH VIII

LOKASI
BANDARA SAM RATULANGI MANADO

JUDUL GAMBAR

SKALA

NO GAMBAR

MENGETAHUI
SATKER UPBU WIL. VIII BANDAR UDARA SAM RATULANGI

DISETUJUI
KONSULTAN PENGAWAS
PT. PARSUKMA KONSULTAN

Staff Teknis

DIAJUKAN

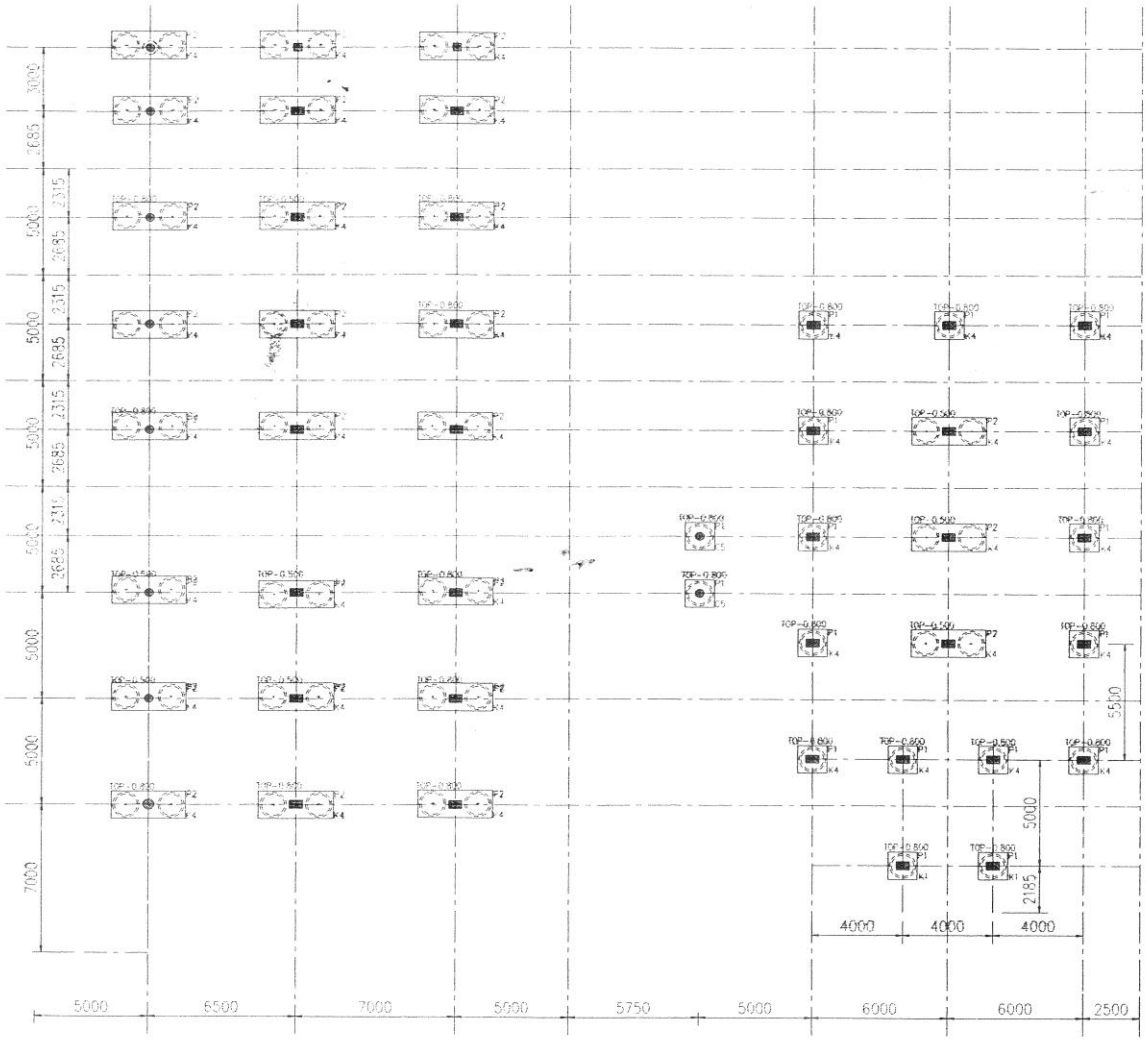
KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SUBOSA INTERNATIONAL CONTRACTOR

SUB PEKERJAAN

KETERANGAN

SHOP DRAWING

GAMBAR DENAH FONDASI



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MANADO
Alamat : Kampus Politeknik Ds. Buha Manado 95252
Telp.(0431) 812988, 811568, Fax.(0431) 812988

SONDIR

Proyek : Pembangunan Gedung
Lokasi : Bandara SamRatulangi Manado
Titik : S-1

Tanggal : 07 Juni 2013
Dikerjakan : Sutikno, dkk
Diperiksa : Sudarno, ST.,MT

Kedalaman (m)	Perlawanan Konus (Cw) (kg/cm2)	Perlawanan Konus + Geser (Tw) (kg/cm2)	Hambatan Pelekat (Kw-Tw-Cw) (kg/cm2)	Perlawanan geser lokal (fs) (kg/cm)	fs * 20 cm (kg/cm)	Geseran total (Tf) (kg/cm)	Friction Ratio (%)
0.00	0	0	0	0	0	0	0.00
0.20	15	16	1	0.07	1.34	1.34	0.45
0.40	35	40	5	0.33	6.69	8.03	0.96
0.60	35	40	5	0.33	6.69	14.72	0.96
0.80	20	30	10	0.67	13.38	28.11	3.35
1.00	40	50	10	0.67	13.38	41.49	1.67
1.20	50	55	5	0.33	6.69	48.18	0.67
1.40	15	17	2	0.13	2.68	50.86	0.89
1.60	15	18	3	0.20	4.02	54.87	1.34
1.80	10	15	5	0.33	6.69	61.56	3.35
2.00	5	6	1	0.07	1.34	62.90	1.34
2.20	10	15	5	0.33	6.69	69.59	3.35
2.40	40	45	5	0.33	6.69	76.29	0.84
2.60	70	80	10	0.67	13.38	89.67	0.96
2.80	120	130	10	0.67	13.38	103.05	0.56
3.00	40	50	10	0.67	13.38	116.44	1.67
3.20	25	30	5	0.33	6.69	123.13	1.34
3.40	35	40	5	0.33	6.69	129.82	0.96
3.60	35	40	5	0.33	6.69	136.51	0.96
3.80	25	30	5	0.33	6.69	143.20	1.34
4.00	50	55	5	0.33	6.69	149.89	0.67
4.20	40	45	5	0.33	6.69	156.59	0.84
4.40	40	45	5	0.33	6.69	163.28	0.84
4.60	30	35	5	0.33	6.69	169.97	1.12
4.80	25	30	5	0.33	6.69	176.66	1.34
5.00	60	65	5	0.33	6.69	183.35	0.56
5.20	25	30	5	0.33	6.69	190.05	1.34
5.40	35	40	5	0.33	6.69	196.74	0.96
5.60	70	80	10	0.67	13.38	210.12	0.96
5.80	130	140	10	0.67	13.38	223.50	0.51
6.00	>250	-	-	-	-	-	-

604853,88

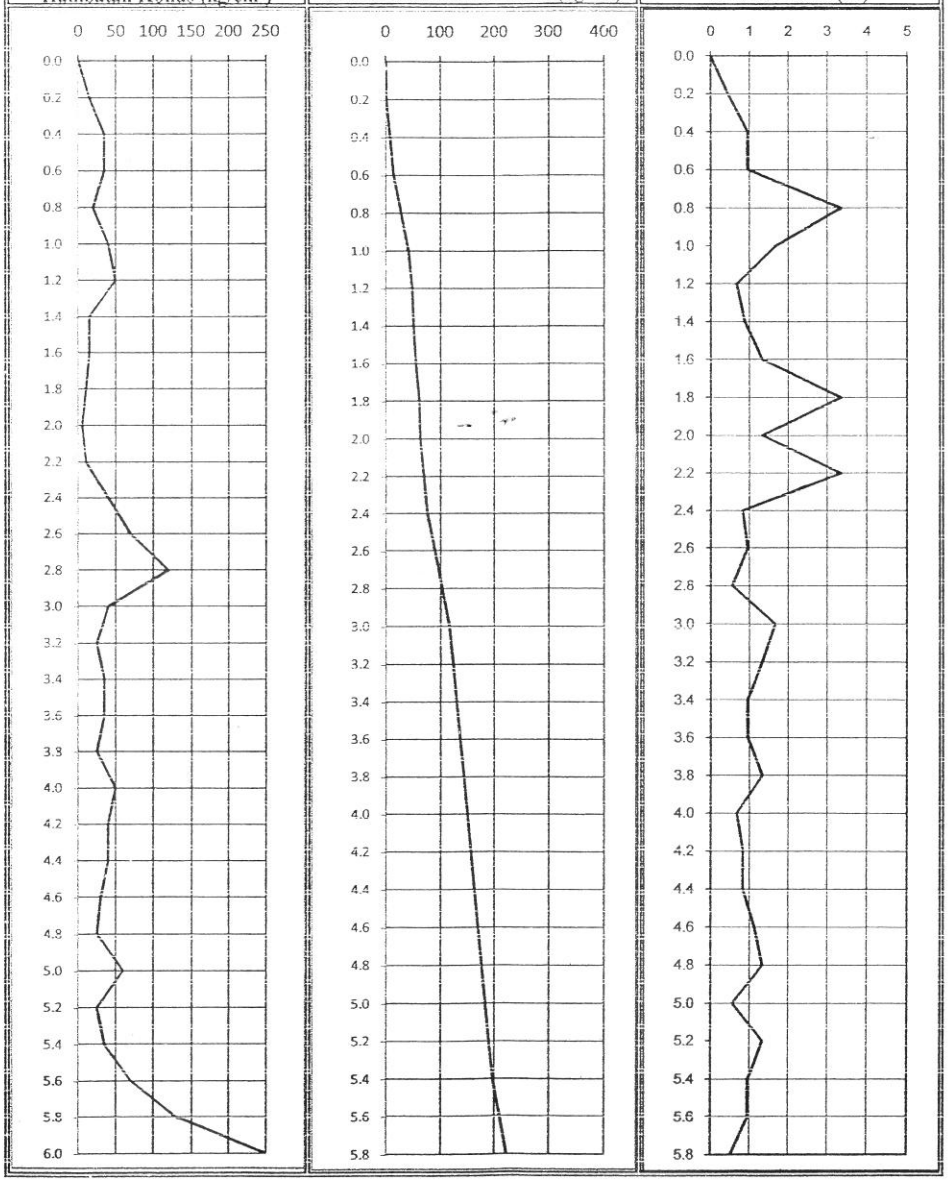
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MANADO
Alamat : Kampus Politeknik Ds. Buha Manado 95252
Telp. (0431) 812988, 811568, Fax (0431) 812988

GRAFIK SONDIR

Proyek : Pembangunan Gedung
Lokasi : Bandara SamRatulangi Manado
Titik : S-1

Tanggal : 07 Juni 2013
Dikerjakan : Sutikno, dkk
Diperiksa : Sudarno, ST.,MT



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MANADO

Alamat : Kampus Politeknik Ds. Buha Manado 95252

Telp. (0431) 812988, 811568, Fax.(0431) 812988

SONDIR

Proyek : Pembangunan Gedung — Tanggal : 07 Juni 2013

Site name : Bandara SamRatulangi Manado — Dikerjakan : Sutikno, dkk

Titik : S-4 — Diperiksa : Sudarno, ST.,MT

Kedalaman (m)	Perlawanan Konus (Cw) (kg/cm2)	Perlawanan Konus + Geser (Tw) (kg/cm2)	Hambatan Pelekat (Kw=Tw-Cw) (kg/cm2)	Perlawanan geser lokal (fs) (kg/cm)	fs * 20 cm (kg/cm)	Geseran total (Tf) (kg/cm)	Friction Ratio (%)
0.00	0	0	0	0	0	0	0.00
0.20	5	7	2	0.13	2.68	2.68	2.68
0.40	20	25	5	0.33	6.69	9.37	1.67
0.60	4	5	1	0.07	1.34	10.71	1.67
0.80	4	5	1	0.07	1.34	12.05	1.67
1.00	10	12	2	0.13	2.68	14.72	1.34
1.20	5	7	2	0.13	2.68	17.40	2.68
1.40	5	7	2	0.13	2.68	20.08	2.68
1.60	10	15	5	0.33	6.69	26.77	3.35
1.80	10	15	5	0.33	6.69	33.46	3.35
2.00	50	60	10	0.67	13.38	46.84	1.34
2.20	30	35	5	0.33	6.69	53.53	1.12
2.40	40	45	5	0.33	6.69	60.23	0.84
2.60	30	35	5	0.33	6.69	66.92	1.12
2.80	60	70	10	0.67	13.38	80.30	1.12
3.00	80	90	10	0.67	13.38	93.68	0.84
3.20	60	65	5	0.33	6.69	100.38	0.56
3.40	45	50	5	0.33	6.69	107.07	0.74
3.60	30	35	5	0.33	6.69	113.76	1.12
3.80	45	50	5	0.33	6.69	120.45	0.74
4.00	45	50	5	0.33	6.69	127.14	0.74
4.20	> 250	-	-	-	-	-	-

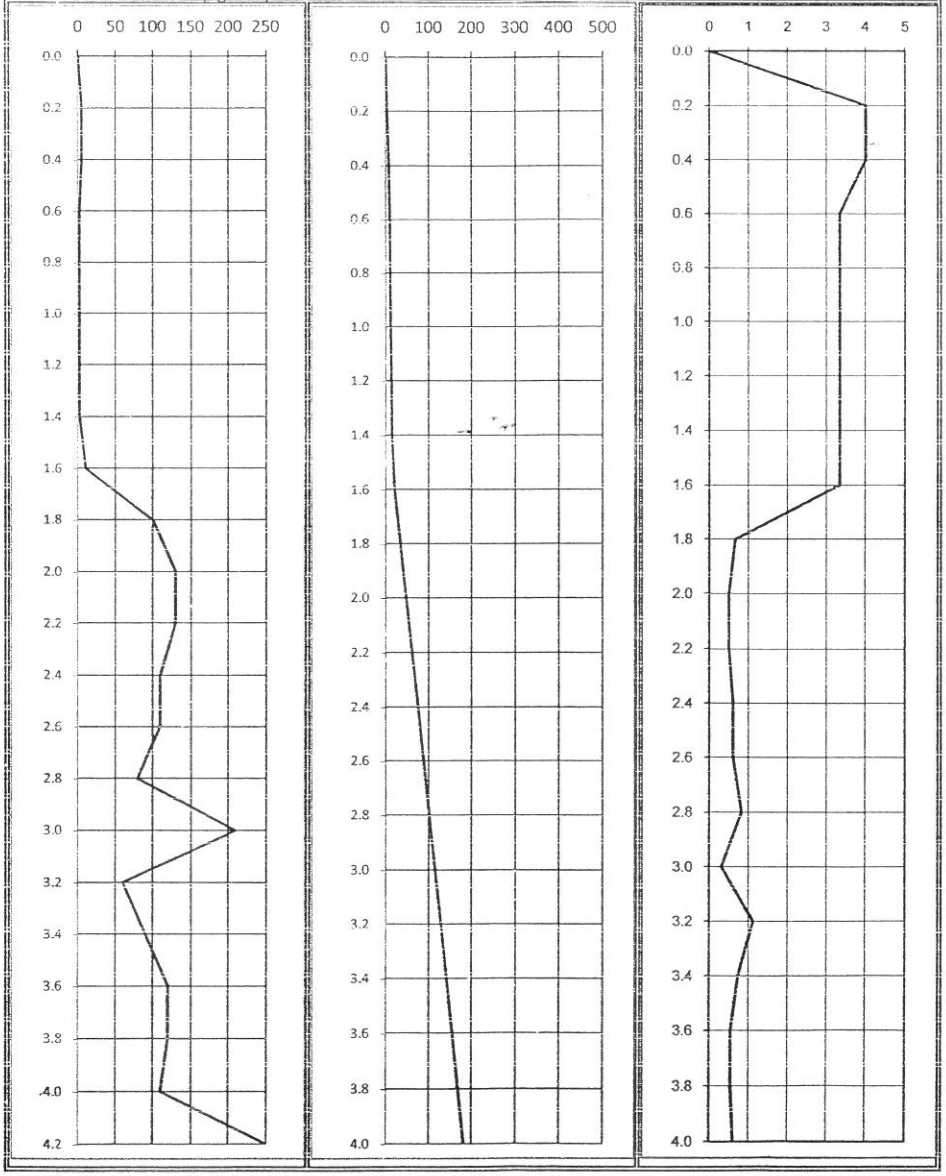
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MANADO
Alamat : Kampus Politeknik Ds. Buha Manado 95252
Telp. (0431) 812988, 811568, Fax.(0431) 812988

GRAFIK SONDIR

Proyek : Pembangunan Gedung
Lokasi : Bandara SamRatulangi Manado
Titik : S-2

Tanggal : 07 Juni 2013
Dikerjakan : Sutikno, dkk
Diperiksa : Sudarno, ST.,MT



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MANADO
Alamat : Kampus Politeknik Ds. Buha Manado 95252
Telp. (0431) 812988, 811568, Fax.(0431) 812988

SONDIR

Proyek : Pembangunan Gedung
Site name : Bandara SamRatulangi Manado
Titik : S-3

Tanggal : 07 Juni 2013
Dikerjakan : Sutikno, dkk
Diperiksa : Sudarno, ST.,MT

Kedalaman (m)	Perlawanan Konus (Cw) (kg/cm2)	Perlawanan Konus + Geser (Tw) (kg/cm2)	Hambatan Pelekat (Kw=Tw-Cw) (kg/cm2)	Perlawanan geser lokal (fs) (kg/cm)	fs * 20 cm (kg/cm)	Geseran total (Tf) (kg/cm)	Friction Ratio (%)
0.00	0	0	0	0	0	0	0.00
0.20	10	15	5	0.33	6.69	6.69	3.35
0.40	2	3	1	0.07	1.34	8.03	3.35
0.60	20	30	10	0.67	13.38	21.41	3.35
0.80	5	7	2	0.13	2.68	24.09	2.68
1.00	25	35	10	0.67	13.38	37.47	2.68
1.20	90	100	10	0.67	13.38	50.86	0.74
1.40	30	40	10	0.67	13.38	64.24	2.23
1.60	90	100	10	0.67	13.38	77.62	0.74
1.80	40	50	10	0.67	13.38	91.01	1.67
2.00	>250	-	-	-	-	-	-

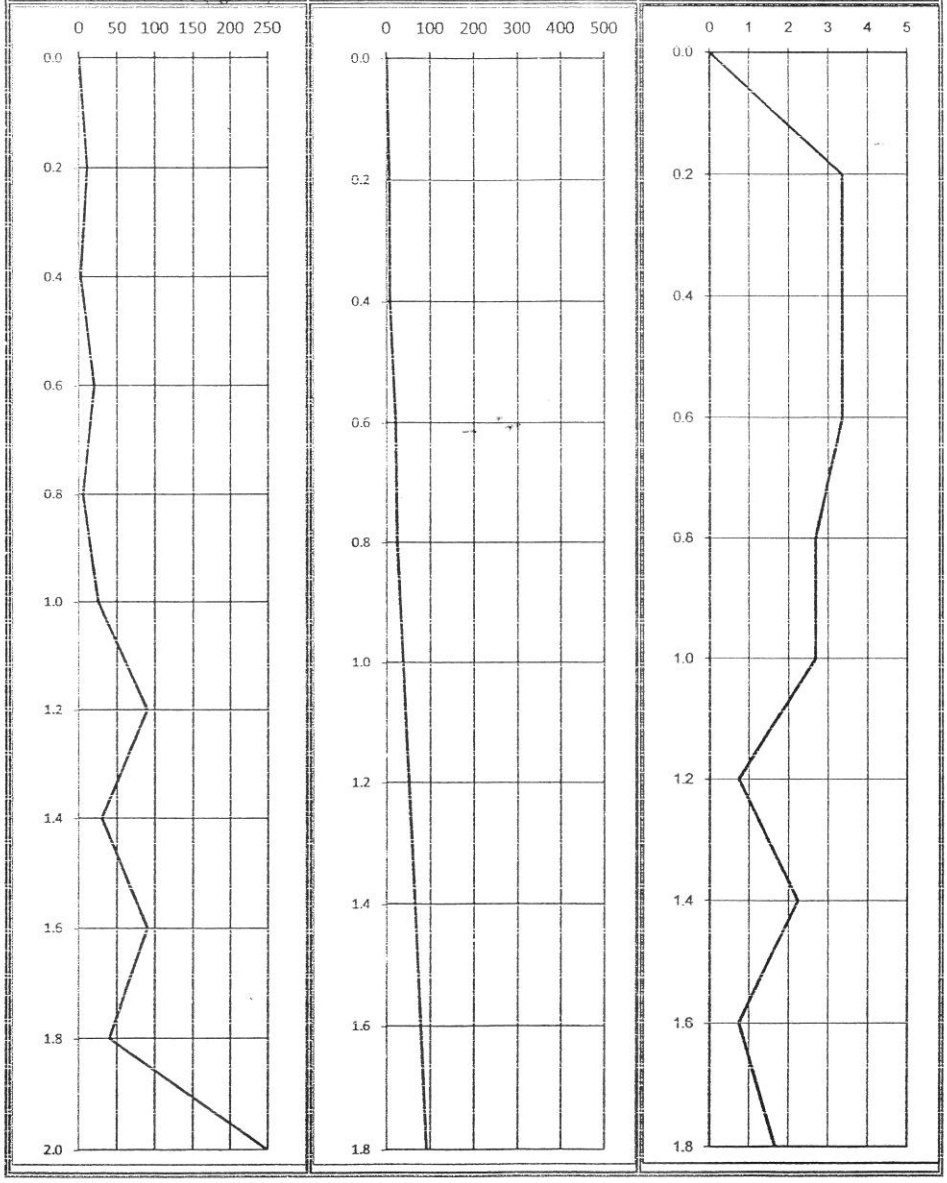
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MANADO
Alamat : Kampus Politeknik Ds. Buha Manado 95252
Telp. (0431) 812988, 811568, Fax.(0431) 812988

GRAFIK SONDIR

Proyek : Pembangunan Gedung
Lokasi : Bandara SamRatulangi Manado
Titik : S-3

Tanggal : 07 Juni 2013
Dikerjakan : Sutikno, dkk
Diperiksa : Sudarno, ST.,MT



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MANADO
Alamat : Kampus Politeknik Ds. Buha Manado 95252
Telp. (0431) 812988, 811568, Fax.(0431) 812988

SONDIR

Proyek : Pembangunan Gedung
Site name : Bandara SamRatulangi Manado
Titik : S-4

Tanggal : 07 Juni 2013
Dikerjakan : Sutikno, dkk
Diperiksa : Sudarno, ST.,MT

Kedalaman (m)	Perlawanan Konus (Cw) (kg/cm2)	Perlawanan Konus + Geser (Tw) (kg/cm2)	Hambatan Pelekat (Kw=Tw-Cw) (kg/cm2)	Perlawanan geser lokal (fs) (kg/cm)	fs * 20 cm (kg/cm)	Geseran total (Tf) (kg/cm)	Friction Ratio (%)
0.00	0	0	0	0	0	0	0.00
0.20	5	7	2	0.13	2.68	2.68	2.68
0.40	20	25	5	0.33	6.69	9.37	1.67
0.60	4	5	1	0.07	1.34	10.71	1.67
0.80	4	5	1	0.07	1.34	12.05	1.67
1.00	10	12	2	0.13	2.68	14.72	1.34
1.20	5	7	2	0.13	2.68	17.40	2.68
1.40	5	7	2	0.13	2.68	20.08	2.68
1.60	10	15	5	0.33	6.69	26.77	3.35
1.80	10	15	5	0.33	6.69	33.46	3.35
2.00	50	60	10	0.67	13.38	46.84	1.34
2.20	30	35	5	0.33	6.69	53.53	1.12
2.40	40	45	5	0.33	6.69	60.23	0.84
2.60	30	35	5	0.33	6.69	66.92	1.12
2.80	60	70	10	0.67	13.38	80.30	1.12
3.00	80	90	10	0.67	13.38	93.68	0.84
3.20	60	65	5	0.33	6.69	100.38	0.56
3.40	45	50	5	0.33	6.69	107.07	0.74
3.60	30	35	5	0.33	6.69	113.76	1.12
3.80	45	50	5	0.33	6.69	120.45	0.74
4.00	45	50	5	0.33	6.69	127.14	0.74
4.20	> 250	-	-	-	-	-	-

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

JURUSAN TEKNIK SIPIL - POLITEKNIK NEGERI MANADO
Alamat : Kampus Politeknik Ds. Buha Manado 95252
Telp. (0431) 812988, 811568, Fax.(0431) 812988

GRAFIK SONDIR

Proyek : Pembangunan Gedung
Lokasi : Bandara SamRatulangi Manado
Titik : S-6

Tanggal : 07 Juni 2013
Dikerjakan : Sutikno, dkk
Diperiksa : Sudarno, ST.,MT

