



**ANALISA PERILAKU STRUKTUR KOLOM
BANGUNAN GEDUNG 3 LANTAI TANPA DAN
DENGAN DINDING TERKEKANG AKIBAT
GELOMBANG BEBAN LEDAKAN SETEMPAT**

Skripsi

**Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil**

Oleh

Nisa Haniy Kamilah

NIM.5111417082

TEKNIK SIPIL JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2021

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Nisa Haniy Kamilah
NIM : 5111417082
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Analisa Perilaku Struktur Bangunan Kolom Gedung
3 Lantai Tanpa dan Dengan Dinding Terkekang Akibat Gelombang
Beban Ledakan Setempat.

Skripsi atau tugas akhir ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi atau tugas akhir Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 12 April 2021

Pembimbing,



Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.

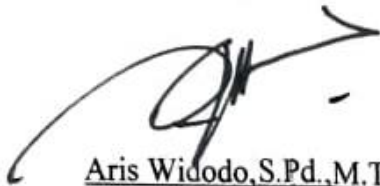
NIP.197207091998032003

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Analisa Perilaku Struktur Kolom Bangunan Gedung 3 Lantai Tanpa dan Dengan Dinding Terkekang Akibat Gelombang Beban Ledakan Setempat” telah dipertahankan di depan sidang panitia ujian skripsi Fakultas Teknik Unnes pada tanggal 12 April 2021

Oleh :
Nama : Nisa Hanij Kamilah
NIM : 5111417082
Program Studi : Teknik Sipil
Panitia :

Ketua Panitia



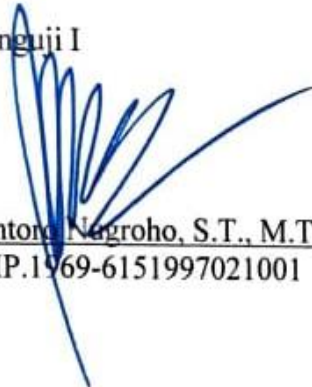
Aris Widodo, S.Pd., M.T.
NIP.19710207199903100

Sekretaris



Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc
NIP.197809212005012001

Penguji I



Untoro Nagroho, S.T., M.T.
NIP.1969-6151997021001

Penguji II



Ir. Agung Sutarto, M.T.
NIP. 196104081991021001

Pembimbing



Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.
NIP. 197207091998032003

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Oudus, M.T., IPM.
NIP. 19691130199431001

PERNYATAAN KEASLIAN

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doctor), baik di Universitas Negeri Semarang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 12 April 2021

Yang Membuat Pernyataan,



Nisa Hanij Kamilah
NIM.5111417082

MOTTO

1. Allah Tidak Membebani HambaNya di Luar Kesanggupannya (Al-Baqarah ayat 286)
2. Allah Selalu Bersama Orang – Orang Yang Sabar (Al-Anfal ayat 66)
3. Jangan menjelaskan dirimu kepada siapa pun, karena yang menyukaimu tidak butuh itu. Dan yang membencimu tidak percaya itu (Ali bin Abi Thalib)
4. Bukanlah ilmu yang semestinya mendatangimu, tetapi kamulah yang seharusnya mendarangi ilmu (Imam Malik)

PERSEMBAHAN

1. Skripsi ini saya persembahkan kepada Ayah (Rudy Sulaiman), Ibu (Tri Sulistyorini) Kakak (Alif Farkhan Bachtiar) Saudara dan keluarga besar saya karena telah mendidik dan menuntun saya menjadi seseorang yang bisa berpikir dan tetap melangkah di jalan yang baik.
2. Untuk dosen perkuliahan sekaligus dosen pembimbing skripsi (Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.) yang telah membimbing saya menyelesaikan karya tulis ini dan telah menuntun saya untuk menjadi orang yang disiplin dan berani.
3. Untuk dosen penguji I Bapak Untoro Nugroho, S.T., M.T. dan Penguji II Bapak Ir. Agung Sutarto, M.T. yang telah memberikan saran dalam penyusunan skripsi ini.
4. Untuk seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan banyak ilmu selama perkuliahan.
5. Untuk sahabat saya (Serina Eka Putri dan Nada Kriscahyani) yang telah menjadi tempat keluh kesah yang luar biasa dalam proses penelitian data skripsi ini dan kepada seluruh rekan Program Studi Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang angkatan tahun 2017.
6. Untuk Universitas Negeri Semarang.

RINGKASAN

Nisa Haniy Kamilah. 2021.

Analisa Perilaku Struktur Bangunan Kolom Gedung 3 Lantai Tanpa dan Dengan Dinding Terkekang Akibat Gelombang Beban Ledakan Setempat.

Endah Kanti Pangestuti

Teknik Sipil S1

Pembangunan di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Dalam proses desai struktur bangunan, aspek – aspek pembebanan seperti beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin, serta beban ledakan sangatlah penting. Akan tetapi, struktur bangunan dengan perencanaan beban ledakan masih cukup jarang diperhitungkan, padahal beban ledakan mengakibatkan dampak yang cukup fatal bagi kerusakan konstruksi bangunan.

Meningkatnya ancaman bom dari material berdaya ledak tinggi seperti TNT yang cukup banyak di Indonesia menjadi ancaman nyata bagi masyarakat. Dalam fenomena ledakan tersebut, dapat terjadi korban jiwa dan cedera pada penghuninya dari keruntuhan struktural. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis terhadap pengaruh beban ledakan pada gedung dengan tujuan untuk menganalisis kondisi respon struktur akibat ledakan. Model struktur bangunan adalah gedung 3 lantai dengan ketinggian lantai 4 meter. Bobot beban ledakan sebesar 500 kg TNT yang diaplikasikan pada model struktur gedung yang kemudian diubah menjadi beban statis pada jarak 10 m dari sumber ledakan. Untuk menentukan parameter beban ledakan perlu dihitung dengan menggunakan *Teorema Pythagoras* berdasarkan TM 5-1300-1990 dengan bantuan *software Microsoft excel* dan analisis dilakukan

menggunakan *software* *SAP2000*. Hasil analisis berupa gaya momen yang membandingkan antara struktur gedung tanpa dinding terkekang dan struktur gedung dengan dinding terkekang.

Berdasarkan analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi pada model struktur tanpa dinding terkekang tidak cukup kuat untuk menerima beban ledakan sehingga terjadi keruntuhan kolom dan struktur dengan dinding terkekang dianggap cukup kuat dan masih dapat menerima beban ledakan sebesar 500 Kg TNT.

Kata Kunci : Ledakan, *SAP2000*, beban ledakan, kolom, dinding terkekang

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya ucapkan kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Analisa Perilaku Struktur Bangunan Kolom Gedung 3 Lantai Tanpa dan Dengan Dinding Terkekang Akibat Gelombang Beban Ledakan Setempat”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil S1 Universitas Negeri Semarang. Shalawat serta salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah – mudahan kita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumul akhir nanti. Aamiin.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini, saya selaku penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM. Dekan Fakultas Teknik atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Aris Widodo, S.Pd., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang telah menyediakan fasilitas yang dibutuhkan mahasiswa.
4. Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil

5. Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah senantiasa memberikan waktu, ilmu, bimbingan serta arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
6. Untoro Nugroho, S.T., M.T., selaku Penguji 1 yang telah memberikan masukan serta saran untuk penulis dalam penyusunan skripsi.
7. Ir. Agung Sutarto, S.T., selaku Penguji 2 yang telah memberikan masukan serta saran untuk penulis dalam penyusunan skripsi.
8. Semua dosen serta staff Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan bekal pengetahuan yang bermanfaat.
9. Kedua Orang Tua serta saudara yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan dan bantuan baik dalam bentuk moral maupun materil.
10. Sahabat dan seluruh rekan seperjuangan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2017 Universitas Negeri Semarang.
11. Serta berbagai pihak yang telah memberi bantuan dalam penyelesaian skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan masukan. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Semarang, 12 April 2021

Nisa Haniy Kamilah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iiiv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN.....	vi
RINGKASAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
2.1. Latar Belakang.....	1
2.2. Rumusan Masalah.....	3
2.3. Tujuan Penelitian.....	3
2.4. Batasan Masalah.....	3
2.5. Manfaat Penelitian.....	4
2.6. Sistematis Skripsi.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Kolom.....	5
2.2. Beton Bertulang.....	7
2.3. Dinding.....	8
2.4. Batu Bata Merah.....	11
2.5. Pembebanan.....	11
2.6. Ledakan.....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1. Persiapan Penelitian.....	22
3.2. Data Yang Digunakan.....	23
3.3. Bagan Alir Penelitian.....	25
3.4. Metode Pengumpulan Data.....	26

3.5. Metode Pengolahan Data	26
3.6. Pembebanan	29
3.7. Lokasi Beban Ledakan.....	29
3.8. Distribusi Gelombang Ledakan Pada Joint.....	29
BAB IV HASIL ANALISA	37
4.1. Hasil Analisa Distribusi Gelombang Ledakan.....	37
4.2. Hasil Analisa Struktur Bangunan Kolom Tanpa Dinding Terkekang Terhadap Gelombang beban Ledakan.....	38
4.3. Hasil Analisa Struktur Bangunan Kolom Dengan Dinding Terkekang Terhadap Gelombang beban Ledakan.....	52
4.4. Hasil Analisa Pada <i>Software SAP2000</i>	60
BAB V PENUTUP	67
5.1. Kesimpulan	62
5.1. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Perbedaan struktur dinding pengisi rangka beton bertulang dan struktur dinding terkekang	8
Tabel 2. 2. Kuat tekan (f_p') minimum bata berdasarkan luas kotor	10
Tabel 2. 3. Ukuran Batu Bata Merah	10
Tabel 2. 4. Kuat Tekan Batu Bata Merah	10
Tabel 3. 1. Data Struktur Bangunan	23
Tabel 3. 2. Berat Beban Mati	29
Tabel 3. 3. Berat Beban Mati Atap	29
Tabel 3. 4. Berat Beban Hidup	30
Tabel 3. 5. Kombinasi Pembebanan	32
Tabel 4. 1. Momen Yang Terjadi Pada Portal 1	38
Tabel 4. 2. Momen Yang Terjadi Pada Portal 2	41
Tabel 4. 3. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 3	43
Tabel 4. 4. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 4	45
Tabel 4. 5. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 5	47
Tabel 4. 6. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 6	49
Tabel 4. 7. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 1	52
Tabel 4. 8. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 2	54
Tabel 4. 9. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 3	56

Tabel 4. 10. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 4.....	57
Tabel 4. 11. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 5.....	59
Tabel 4. 12. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 6.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Macam kolom dan penulangannya	6
Gambar 2. 2. Free Air Burst	18
Gambar 2. 3. Air Burst	18
Gambar 2. 4. Surface Air Burst	19
Gambar 2. 5. Ilustrasi Perhitungan Gelombang Ledakan	19
Gambar 2. 6. Parameter Gelombang Untuk <i>Surface Explosion</i>	20
Gambar 2. 7. Proses merambatnya gelombang ledakan	21
Gambar 3. 1. <i>Microsoft Excel</i>	23
Gambar 3. 2. Tampilan SAP2000	23
Gambar 3. 3. Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3. 4. Beban Mati	30
Gambar 3. 5. Beban Mati arah YZ	30
Gambar 3. 6. Beban Hidup Lantai Arah X-Z	31
Gambar 3. 7. Desain 3D Struktur Bangunan	31
Gambar 3. 8. Lokasi Beban Ledakan	31
Gambar 4. 1. Gelombang Refleksi Skenario Ledakan pada Joint Struktur	37
Gambar 4. 2. Label Frame Kolom	38
Gambar 4. 3. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 1	40
Gambar 4. 4. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 2	42

Gambar 4. 5. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 3	44
Gambar 4. 6. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 4	46
Gambar 4. 7. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 5	48
Gambar 4. 8. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 5	50
Gambar 4. 9. Label Frame Kolom	52
Gambar 4. 10. Hasil Running Struktur Gedung tanpa dinding terkekang	64
Gambar 4. 11. Momen pada Struktur Gedung tanpa dinding Terkekang	64
Gambar 4. 12. Hasil Running Struktur Gedung dengan Dinding Terkekang	65
Gambar 4. 13. Hasil Running Struktur Gedung dengan Dinding Terkekang	65
Gambar 4. 14. Titik Joint Pembebanan Gelombang Ledakan	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan	66
Lampiran 2 Tabel Perhitungan Gelombang Ledakan Lantai 1	77
Lampiran 3 Tabel Perhitungan Gelombang Ledakan Lantai 2	78
Lampiran 4 Tabel Perhitungan Gelombang Ledakan Lantai 3	79
Lampiran 5 Grafik Hubungan Joint dengan Pr	80
Lampiran 6 Jenis Ledakan	81
Lampiran 7 Parameter Gelombang	82
Lampiran 8 Ilustrasi Perhitungan Gelombang	83
Lampiran 9 Desain 3D Struktur Tanpa Dinding Terkekang	84
Lampiran 10 Desain 3D Struktur Dengan Dinding Terkekang	85
Lampiran 11 Beban Mati Struktur	86
Lampiran 12 Beban Hidup Struktur	87
Lampiran 13 Pembebanan Gelombang Ledakan	88
Lampiran 14 Momen Struktur Tanpa Dinding Terkekang	89
Lampiran 15 Momen Struktur Dengan Dinding Terkekang	90
Lampiran 16 Hasil Running Struktur Tanpa Dinding Terkekang	91
Lampiran 17 Hasil Running Struktur Dengan Dinding Terkekang	92
Lampiran 18 Perbandingan Momen Kolom Struktur Gedung Tanpa Dan Dengan Dinding Terkekang	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Indonesia memiliki banyak bangunan-bangunan besar dan tinggi, diantaranya adalah akibat bertambahnya populasi sehingga menyebabkan meningkatnya permintaan dan kebutuhan akan ruang untuk melakukan aktifitas baik tempat kerja, hunian, maupun tempat hiburan. Saat proses desain struktur bangunan sipil, aspek pembebanan adalah hal utama yang harus diperhatikan. Klasifikasi pembebanan pada konstruksi teknik sipil diantaranya beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin, serta beban ledakan yang juga termasuk dalam beban hidup. Beban ledakan pada umumnya sangat jarang diperhitungkan dalam proses perencanaan desain konstruksi, padahal beban ledakan mengakibatkan dampak yang cukup fatal untuk kerusakan konstruksi bangunan.

Beberapa tahun belakang, di Indonesia terdapat beberapa kasus fenomena ledakan yang terjadi. Aksi ini diidentifikasi dengan peristiwa ledakan bom dengan tujuan tertentu yang merugikan. Seperti peristiwa yang terjadi pada tahun 2018 dimana terjadi ledakan tabung gas dengan bobot 50 Kg di Gerai Pizza Hut Delivery Kota Bekasi yang menyebabkan kehancuran struktur total pada bangunan.. Peristiwa ini tidak hanya menghancurkan bangunan gerai tersebut, tetapi juga bangunan – bangunan yang ada di sekitar terjadinya ledakan. Hal ini menunjukkan bahwa gelombang ledakan dapat berpecah dan memantul ke struktur bangunan lain yang ada di sekitarnya. Dari kejadian ini maka peristiwa peledakan harus lebih diperhatikan dan dipertimbangkan terutama dalam segi keamanan

struktur konstruksi bangunan.

Ledakan itu sendiri terjadi dari hasil proses kimia dengan rentang waktu yang sangat cepat. Bentuk dari ledakan berupa gelombang kejut yang memiliki tekanan yang dapat melebar ke sekitar udara dari pusat titik ledakan. Ledakan dapat menimbulkan tekanan puncak yang berkembang secara cepat, kemudian semakin meningkat sebagai gelombang yang menyebar bergerak dari pusat ledakan. Gelombang ledakan dapat memantul saat gelombang tersebut menghantam sebuah benda atau permukaan. Besaran beban ledakan memiliki berbagai variasi tekanan dan dalam hal ini penulis menggunakan besaran beban ledakan sebesar 500 Kg TNT dengan variasi jarak 10 dan 15 meter dari struktur bangunan. Berdasarkan latar belakang diatas dengan berbagai situasi kasus yang telah ada maka dirumuskan penelitian dengan judul **“Analisa Perilaku Struktur Kolom Bangunan Gedung 3 Lantai Tanpa dan Dengan Dinding Terkekang Akibat Gelombang Beban Ledakan Setempat”**.

Analisis ini dilakukan dengan data-data sebagai berikut :

1. Struktur bangunan yang dianalisis adalah struktur bangunan gedung 3 lantai
2. Pusat beban ledakan berada di luar struktur gedung yaitu pada sisi bagian depan tengah dan samping struktur.
3. Beban ledakan berada pada jarak 10 dan 15 meter dari struktur bangunan.
4. Beban ledakan memiliki massa beban ledakan yaitu 500 kg TNT
5. Analisis ini menggunakan *software SAP2000*
6. Standar yang digunakan dalam analisa ini yaitu SNI 2013 dan SNI 2019

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas dapat disimpulkan rumusan masalah pada perancangan kali ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh gelombang yang dihasilkan daribeban ledakan bom dengan jarak 10 meter pada struktur kolom bangunan tanpa dinding terkekang?
2. Bagaimana pengaruh gelombang yang dihasilkan dari beban ledakan bom dengan jarak 10 meter pada struktur kolom bangunan dengan dinding terkekang?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan yang dimaksudkan untuk memecahkan permasalahan di atas, berikut tujuan dari penelitian ini :

1. Mengetahui pengaruh gelombang ledakan yang terjadi pada kolom struktur bangunan tanpa dinding terkekang.
2. Mengetahui pengaruh gelombang ledakan yang terjadi pada kolom struktur bangunan dengan dinding terkekang.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah merupakan sebuah usaha untuk menetapkan batasan dari masalah yang direncanakan agar permasalahan pada penelitian ini tidak berkembang menjadi beberapa bagian. Adapun batasan masalah pada penelitian ini meliputi :

1. Objek dari penelitian ini yaitu bangunan gedung 3 lantai.

2. Subjek penelitian ini yaitu kolom struktur bangunan gedung 3 lantai yang dianalisis.
3. Melakukan pengujian ledakan pada kolomstruktur bangunan gedung 3 lantai yang dianalisis.
4. Melakukan pengujian kuat kolom struktur bangunan gedung 3 lantai yang dianalisis.

1.5 Manfaat Penelitian

Setelah dilakukan penelitian diharapkan menghasilkan wawasan baru terhadap kemajuan infrastruktur Indonesia terutama dalam pembangunan gedung di Indonesia. Adapun manfaat penelitian meliputi :

1. Penelitian ini diharapkan memberikan pengetahuan tentang bagaimana perilaku kolom bangunan terhadap gelombang beban ledakan.
2. Dari hasil penelitian bisa dikembangkan menjadi ilmu baru untuk mencoba beberapa hal tentang gelombang beban ledakan.

1.6 Sistematis Skripsi

Dalam penulisan skripsi perlu adanya sistematis agar pembaca dapat lebih mudah memahami inti dari skripsi ini. Sistematis penulisan skripsi terbagi menjadi 3 bagian, yaitu sebagai berikut :

1. Bagian Awal

Bagian penulisan skripsi yang berada pada awalan adalah judul, abstrak, lembar pengesahan, motto, bagian pengesahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

2. Bagian Isi

Adapun yang termasuk kedalam bagian isi skripsi dan disajikan dalam beberapa bab diantaranya

a. Bab 1 Pendahuluan

Pendahuluan mencakup beberapa hal diantaranya latar belakang, masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematis skripsi.

b. Bab 2 Landasan Teori

Berisi tentang kajian pustaka mengenai penelitian yang akan dilakukan, kerangka berpikir, dan hipotesis penelitian

c. Bab 3 Metode Penelitian

Sub bab pada metode penelitian menjelaskan tentang langkah-langkah penelitian, lokasi penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, dan peralatan untuk menunjang penelitian.

d. Bab 4 Hasil Analisa Penelitian

Merupakan hasil dari penelitian dan analisa data yang telah didapatkan dari perencanaan serta pembahasan penelitian. e. Bab 5 Penutup

Berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

3. Bagian Akhir

a. Daftar Pustaka

Berisi daftar referensi yang dijadikan sebagai acuan dalam penulisan penelitian tugas akhir.

b. Lampiran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1.Kolom

Kolom merupakan bagian dari suatu struktur kerangka bangunan yang menempati posisi terpenting dalam sistem struktur bangunan. Apabila terjadi kegagalan kolom maka akan mengakibatkan keruntuhan komponen struktur lain yang berhubungan atau dapat terjadi keruntuhan total pada keseluruhan struktur bangunan.

Kolom berfungsi sebagai batang tekan vertical rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari atas ke bawah hingga sampai ke tanah melalui pondasi. Kolom merupakan komponen tekan sehingga jika terjadi keruntuhan pada satu kolom dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan bahkan keruntuhan total seluruh strukturnya.

2.1.1. Jenis Kolom

Kolom dibagi menjadi beberapa bentuk dan susunan tulangnya, posisi beban pada penampang, dan panjang kolom dalam hubungan dimensi lateralnya.

1. Kolom Dengan Sengkang Ikat (Tied Column)

Bentuk kolom biasanya persegi atau bujur sangkar dengan tulangan utama memanjang diikat oleh sengkang persegi.

2. Kolom Dengan Sengkang Spiral (Spiral Column)

Bentuk kolom biasanya lingkaran atau segi-n atau persegi dengan tulangan memanjang diikat oleh sengkang berbentuk spiral.

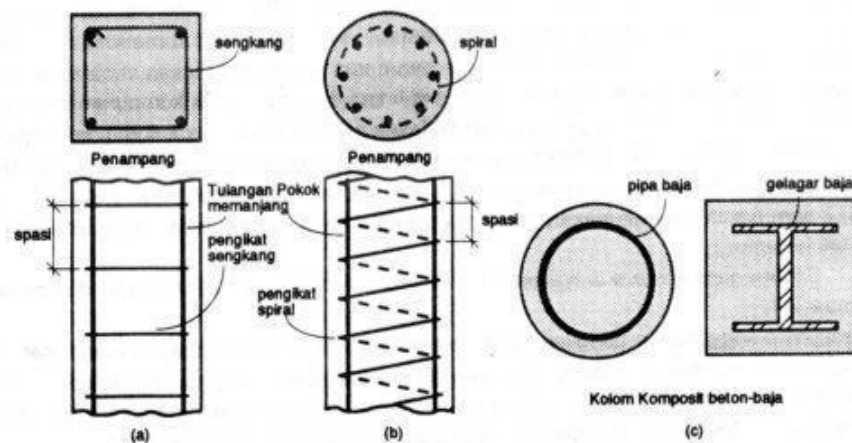
3. Kolom Komposit (Composite Column)

Kolom ini biasanya menggunakan baja profil dengan penambahan tulangan yang dibungkus oleh beton atau sebaliknya.

2.1.2. Jenis Kolom Berdasarkan Bentuk dan Susunan Tulangan

Jenis kolom berdasarkan bentuk dan macam penulangannya dibagi menjadi tiga kategori yang diperlihatkan pada Gambar 2.1 yaitu :

- Kolom segiempat atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang
- Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan sengkang berbentuk spiral
- Kolom komposit yaitu gabungan antara beton dan profil baja sebagai pengganti tulangan di dalamnya



Gambar 2. 1. Macam kolom dan penulangannya

2.1.3. Fungsi Kolom

Kolom berfungsi sebagai penerus beban bangunan ke pondasi. Kolom seperti rangka pada tubuh manusia untuk memastikan suatu bangunan berdiri

yang merupakan struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup, serta beban hembusan angin. Kolom memiliki fungsi yang sangat penting agar bangunan tidak mudah roboh. Beban bangunan dimulai dari bagian atap untuk diterima oleh kolom.

2.2.Beton Bertulang

Beton dibuat dengan menyampurkan bahan agregat halus maupun kasar, batu pecah, dan penambahan bahan penunjang lain berupa semen dan air untuk keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Nilai kekuatan serta daya tahan beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya sebagai nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, dan kondisi perawatan pengerasan.

Nilai kuat tekan beton relative lebih tinggi jika dibandingkan dengan kuat tarik yang dimiliki, dan beton merupakan struktur yang bersifat getas. Nilai kuat tarik yang dimiliki beton berkisar 9%-15% saja dari kuat tekannya. Sebagai komponen struktur, beton diperkuat dengan penambahan tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahan beton, terutama pada bagian gaya tarik. Dengan demikian tulangan baja berfungsi untuk memperkuat dan menahan gaya tarik, sedangkan beton diperhitungkan untuk menahan gaya tekan sehingga komponen struktur dengan kerja sama seperti itu dapat disebut dengan beton bertulang.

Kerjasama antara beton dan baja dapat terwujud berdasarkan pada keadaan:

- 1.) Lekatan sempurna antara tulangan baja dengan beton yang membungkusnya, sehingga tidak terjadi penggelinciran.
- 2.) Bahan beton yang mengelilingi baja harus bersifat kedap sehingga mampu melindungi dan mencegah terjadinya karat pada baja.
- 3.) Angka muai beton dan baja hampir sama, dimana untuk beton 0,000010 sampai dengan 0,000013 sedangkan baja 0,000012 untuk setiap kenaikan suhu satu derajat sehingga tegangan yang timbul dapat diabaikan.

2.3.Dinding

2.3.1. Dinding Terkekang

Terdapat beberapa jenis dinding berdasarkan bahan penyusunnya, antara lain yaitu dinding beton, dinding bata, dinding batako, dinding kayu, dan dinding batu alam. Sedangkan berdasarkan strukturnya terdapat dua jenis struktur dinding yaitu struktur dinding pengisi rangka beton bertulang (infill wall) dan struktur dinding terkekang (confined masonry). Dinding terkekang merupakan sistem struktur yang material dasarnya sama dengan struktur dinding pengisi rangka beton bertulang, tapi cara dan urutan pengerjaannya berbeda. Pada dinding terkekang, pasangan bata dikekang balok dan kolom beton bertulang di keempat sisinya.

Tabel 2. 1. Perbedaan struktur dinding pengisi rangka beton bertulang dan struktur dinding terkekang

Kategori	Dinding Pengisi Rangka Beton Bertulang	Dinding Terkekang

Struktur	Daktail (rangka beton bertulang fleksibel terhadap beban seismic).	Rigid (dinding bersifat kaku saat adanya beban seismic).
Gravitasi	Diterima oleh rangka beton bertulang	Diterima oleh dinding.
Beban Seismik	Diterima rangka beton bertulang	Diterima oleh dinding.
Perancangan Kolom dan Balok	Daktilitas perlu diperhitungkan secara detail pada perancangan kolom dan balok.	Daktilitas tidak perlu diperhitungkan secara detail saat perancangan balok dan kolom
Proses Pengerjaan	Rangka beton bertulang dikerjakan terlebih dahulu.	Dinding terkekang dikerjakan terlebih dahulu.
Dinding	Non struktural (sebagai dinding pengisi, secara umum tidak berpengaruh pada rangka beton bertulang tapi harus diperhitungkan	Struktural (kualitas pekerjaan sangat berpengaruh pada hasil struktur, harus adanya ikatan dengan balok dan kolom praktis).

	keruntuhannya).	
--	-----------------	--

2.3.2. Peraturan Perancangan Struktur Bangunan Dinding Terkekang

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain bangunan dengan dinding terkekang agar memiliki ketahanan yang baik, sebagai berikut :

1. Bentuk bangunan sebaiknya memiliki bentuk yang beraturan.
2. Bangunan tidak terlalu panjang, sebaiknya panjang bangunan tidak lebih dari 4 kali lebar bangunan.
3. Dinding dibangun sejajar menerus dari bagian bawah hingga atas.

2.3.3. Material Struktur Bangunan Dinding Terkekang

Berdasarkan *Seismic Design Guide for Low-Rise Confined Masonry Buildings* (EERI, 2011), jenis bata yang diperbolehkan untuk digunakan dalam struktur bangunan dinding bata terkekang adalah:

- 1) Blok beton padat
- 2) Blok beton berongga
- 3) Batu bata tanah liat padat
- 4) Blok atau ubin tanah liat berongga.

Kuat tekan (f_p') minimum untuk berbagai jenis bata dirangkum dalam Tabel 2.2, dimana besar kuat tekan minimum berdasarkan luas kotor masing-masing jenis pasangan bata.

Tabel 2. 2. Kuat tekan (f_p') minimum bata berdasarkan luas kotor

Jenis Bata	Kuat Tekan (f_p') Minimum MPa (kg/cm^2)
------------	--

Blok beton padat	5 (50)
Blok beton berongga	5 (50)
Batu bata tanah liat buatan tangan	4 (40)
Batu bata tanah liat buatan pabrik	10 (100)
Batu bata tanah liat berongga	10 (100)
Batu bata tanah liat banyak rongga	10 (100)

Sumber: EERI (2011)

2.4. Batu Bata Merah

Bata merah merupakan salah satu bahan material pembuat dinding, terbuat dari tanah liat yang dibakar dengan suhu tinggi sampai berwarna kemerah-merahan. Bata merah merupakan salah satu bahan pembuat dinding yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Hal ini karena bata merah merupakan bahan yang tahan api. Selain itu, ukuran bata merah yang relatif cukup ditangan juga memungkinkan pekerjaan pemasangan bata merah cukup mudah dikerjakan dan divariasikan oleh tukang. Sifat yang perlu diperhatikan untuk bata merah adalah kekuatan menahan beban tekan, tidak terdapat cacat atau retak-retak pada permukaannya, kandungan garamnya kecil atau tidak mengandung garam, tepinya tajam dan penyerapan airnya memenuhi persyaratan (Prayuda, 2016).

1.6.1 Syarat Batu Bata Merah

Adapun syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-2000 sebagai berikut ini.

1.6.1.1 Tampak.

Batu bata untuk pasangan dinding harus berbentuk prisma segi empat panjang,

memiliki warna, mempunyai rusuk-rusuk yang siku, bidang-bidang datar yang rata dan tidak menunjukkan retak.

1.6.1.2 Dimensi atau ukuran batu bata.

Ukuran batu bata yang diizinkan dalam peraturan SNI 15-2094-2000 dapat dilihat pada Tabel 2. 3. Pemeriksaan ini merupakan pengukuran pada batu bata dengan menggunakan jangka sorong.

Tabel 2. 3 Ukuran Batu Bata (SNI 15-2094-2000)

c

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65±2	90±3	190±4
M-5b	65±2	100±3	190±4
M-6a	52±3	110±4	230±4
M-6b	55±3	110±6	230±5
M-6c	70±3	110±6	230±5
M-6d	80±3	110±6	230±5

1.6.1.3 Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 15-2094-2000 yang terlihat pada Tabel 2. 4, kuat tekan rata – rata batu bata merah adalah sebagai berikut

Tabel 2. 4 Kuat Tekan Batu Bata Merah (SNI 15-2094-2000)

Kelas	Kuat Tekan Rata-rata minimum (Mpa)	Koefisien variasi kuat tekan rata-rata yang diuji (%)
50	5	22
100	10	15

150	15	15
-----	----	----

2.5.Pembebanan

Pembebanan memiliki gaya atau aksi yang diperoleh dari berat pada seluruh bagian bangunan, penghuni, barang dalam ruangan, efek lingkungan, perpindahan dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi.(SNI-1727-2013)

Beban memiliki efek dimana gaya dan deformasi yang dihasilkan dalam struktur bangunan akibat beban yang bekerja, serta memiliki faktor beban yang memperhitungkan penyimpangan beban actual dari beban nominal, yaitu ketidakpastian dalam analisa yang mengubah beban menjadi efek beban dan untuk memperhitungkan terjadinya lebih dari satu beban ekstrim secara bersama.

Beban dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Beban mati

Berat yang ditumpu oleh komponen struktur yang didefinisikan sebagai tata cara bangunan gedung .

b. Beban hidup

Beban yang ditetapkan oleh tata cara bangunan gedung. Beban hidup terbagi menjadi beberapa bagian, diantaranya:

1. Beban hidup akibat penggunaan dan penghunian

Beban ini merupakan beban yang dipakai berdasarkan tujuan dan penggunaan strukturnya. Pembebanan pada beban hidup ini berupa beban merata maupun terpusat.

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses Ruang kantor Ruang komputer	50 (2,4) 100 (4,79)	2 000 (8,9) 2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)*	
Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan Lantai podium	100 (4,79)* 100 (4,79)* 100 (4,79)* 100 (4,79)* 150 (7,18)*	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)*	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) ^{a,b,c}	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^a tidak boleh direduksi	
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a, h}	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^e	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^e	
Bangsal dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) ^e	
Gimnasium	100 (4,79) ^e	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^{a, k}	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terkat pada lantai)	60 (2,87) ^{a, k}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^f	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^f	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik ^g dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Atap Atap datar, berbubung, dan lengkung Atap digunakan untuk taman atap Atap yang digunakan untuk tujuan lain Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka tumpu layar penutup	20 (0,96) ^a 100 (4,79) Sama seperti hunian dilayani 5 (0,24) tidak boleh direduksi 5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	 200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	20 (0,96)	2 000 (8,9) 300 (1,33) 300 (1,33)
Sekolah Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1 000 (4,5) 1 000 (4,5) 1 000 (4,5)
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) ^{AP}	8 000 (35,6) ^a
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 ^f 300 ^f
Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) Ringan Berat	20 (0,96) 125 (6,00) ^a 250 (11,97) ^a	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Toko Eceran Lantai pertama Lantai diatasnya Grosir, di semua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00) ^a	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^a	

2. Beban hidup atap

Beban ini dapat terjadi akibat mesin, pekerja, dan material ataupun akibat benda bergerak selama umur struktur.

2.6.Ledakan

Ledakan terjadi dari hasil proses kimia berantai dengan rentang waktu yang sangat cepat. Gelombang ledakan berupa gelombang kejut yang memiliki tekanan sehingga dapat melebar ke sekitar udara dari pusat titik ledakan. Gelombang ledakan dapat memantul saat gelombang tersebut menghantam sebuah benda atau permukaan dan tekanan yang dihasilkan dapat beberapa kali lebih besar dibandingkan dengan tekanan awalnya.

Cepat Rambat (Velocity of Detonation) kemampuan kecepatan rambat gelombang ledakan. Yang dapat diukur menggunakan micro timer secara langsung maupun tidak langsung, yaitu menggunakan sumbu ledak yang telah diketahui kecepatannya, metode ini biasa disebut dengan metode dautriche.

2.5.1. Klasifikasi Ledakan

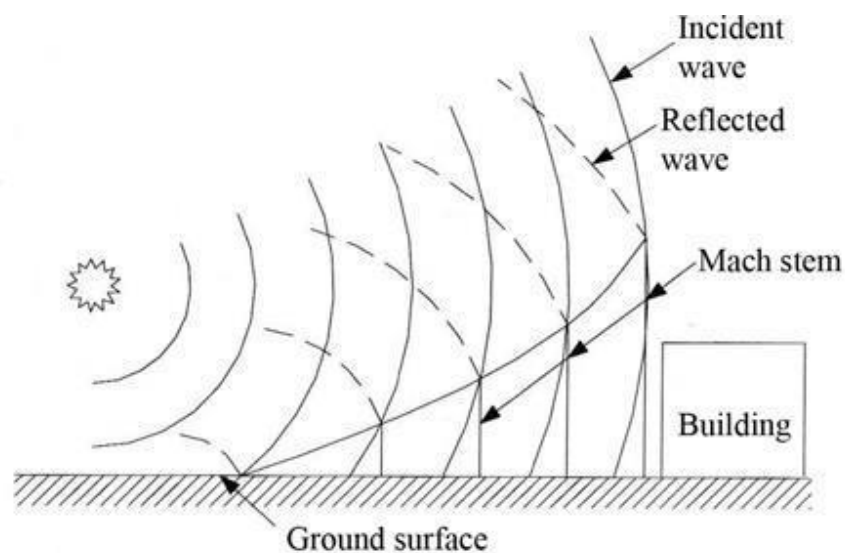
Ledakan secara umum terbagi menjadi tiga yaitu *Free Air Burst*, *Air Burst*, dan *Surface Burst*.

1. *Free Air Burst*, ledakan yang terjadi di udara bebas dan menghasilkan gelombang ledakan yang menyebar dari pusat peledak. Gelombang ledakan bergerak menjauh dari pusat ledakan dan kemudian akan mengenai struktur bangunan.



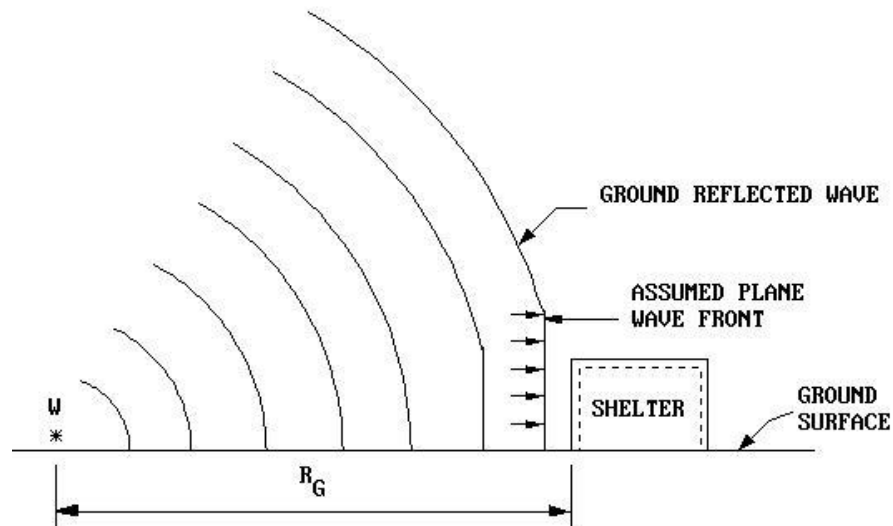
Gambar 2. 2. Free Air Burst

2. *Air Burst*, ledakan yang terjadi di udara kemudian dipantulkan oleh permukaan tanah. Gelombang dihasilkan dariledakan yang terjadi pada jarak jauh dari struktur bangunan sehingga gelombang akan menyebar dan mengenai permukaan tanah sebelum mengenai struktur.



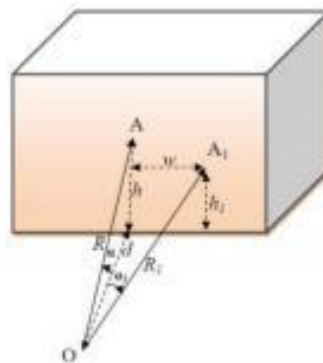
Gambar 2. 3. Air Burst

3. *Surface Burst*, ledakan yang terjadi di atas permukaan tanah. Gelombang ledakan ini diperkuat oleh permukaan tanah dan menghasilkan gelombang pantulan pada struktur bangunan.



Gambar 2. 4. Surface Air Burst

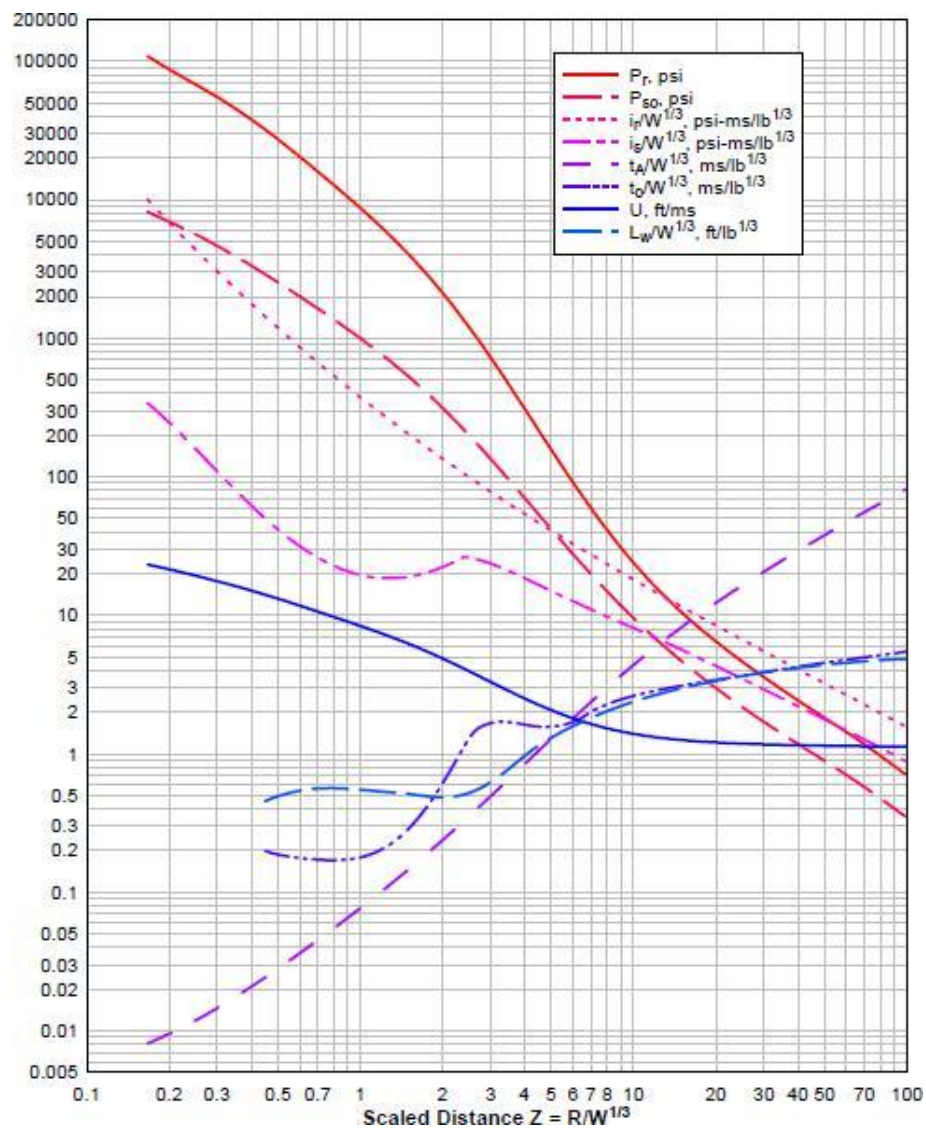
Gelombang ledakan yang diterima struktur akan mengalami difraksi dan refleksi berdasarkan standar TM 5-1300 seperti pada gambar dibawah



Gambar 2. 5. Ilustrasi Perhitungan Gelombang Ledakan Berdasarkan pada Gambar 2. 5 diketahui bahwa titik O adalah lokasi

sumber ledakan yang akan ditinjau. Garis R adalah garis yang terbentuk dari gelombang ledakan yang memancar dan membentur struktur bangunan pada Titik A yang merupakan titik yang akan dihitung distribusi gelombang ledakannya.

Adapun grafik penentuan parameter beban ledakan menggunakan grafik hubungan antara Z dengan Pr dimana grafik tersebut dapat membantu mencari nilai Pr. (Singla et al, 2015)



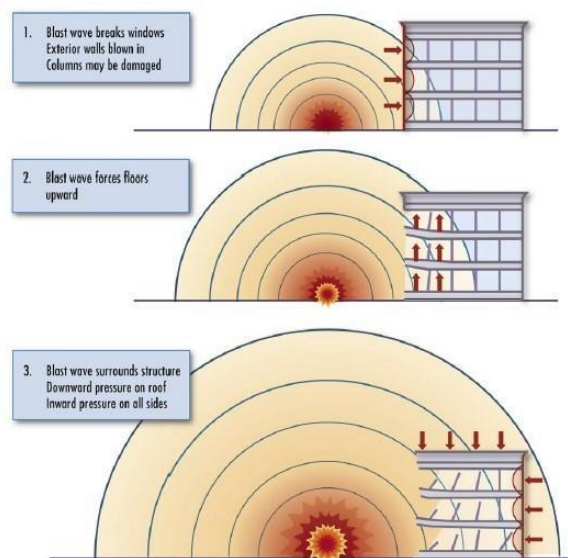
Gambar 2. 6. Parameter Gelombang Untuk *Surface Explosion*

Dengan data nilai Z yang sebelumnya sudah dihitung, dapat digunakan

untuk mencari nilai P_r menggunakan grafik pada Gambar 2. 6 dengan cara menarik garis ke atas sesuai nilai Z yang sudah diketahui sampai menyentuh garis P_r yang berwarna merah dan kemudian tarik garis lurus ke kiri untuk mengetahui besaran nilai P_r .

2.5.2. Mekanisme Beban Ledakan

Gelombang ledakan merupakan gelombang kejut yang menjadi penyebab utama dari kerusakan pada peristiwa ledakan. Tekanan pada gelombang ledakan diberikan pada permukaan bangunan yang bisa mencapai beberapa kali lipat lebih besar dari pembebanan yang telah direncanakan sebelumnya dalam perencanaan konstruksi bangunan. Gelombang ledakan pertama kali menyerang bagian titik terlemah pada bangunan, yaitu pada sisi yang berada paling dekat dengan sumber ledakan dan selanjutnya gelombang akan menyebar memasuki struktur yang pada akhirnya akan memberikan tekanan atau gaya pada struktur bangunan, yaitu pada balok dan kolom.



Gambar 2. 7. Proses merambatnya gelombang ledakan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Persiapan Penelitian

3.1.1. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini, lokasi struktur gedung yang digunakan sebagai objek analisa yaitu pembangunan pemukiman township yang terletak di Tj. Enim, Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Kota Palembang, Sumatera Selatan yang diapit oleh kompleks BTN PAMA dan lapangan Golf PTBA. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 hingga Maret 2021 dengan menggunakan *software SAP2000* sebagai alat bantu analisa struktur.

3.1.2. Peralatan Penelitian

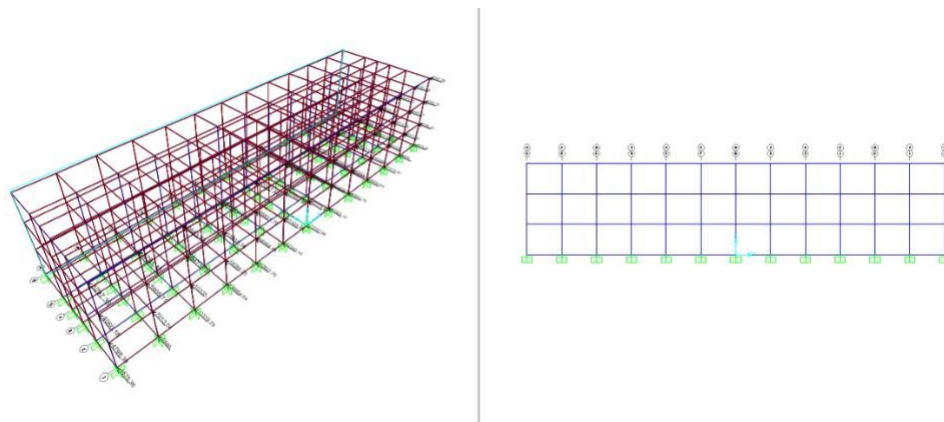
Pada penelitian ini, peralatan yang digunakan dalam analisa struktur yaitu berupa software sebagai alat bantu dalam penyelesaian penelitian. Berikut merupakan uraian peralatan yang digunakan. a. Microsoft Excel

Microsoft excel berfungsi untuk perhitungan data yang dibutuhkan untuk analisa beban pada SAP2000.

d	Joint (m)	v	W (lb)	R (m)	R (ft)	Z	Pr (Psi)	Pr (Kpa)	P (Mpa)	Pr (N)	P (Kg)
LANTAI DASAR											
10	0	3,5	1102,32	10	32,800	3,175	612	4216,68	4,217	737919	75297,86
10	4	3,5	1102,32	10,770	35,327	3,420	508	3500,12	3,500	612521	62502,14
10	8	3,5	1102,32	12,806	42,004	4,066	330	2273,7	2,274	397897,5	40601,79
10	12	3,5	1102,32	15,620	51,235	4,960	298	2053,22	2,053	359313,5	36664,64
10	16	3,5	1102,32	18,868	61,887	5,991	92	633,88	0,634	110929	11319,29
10	20	3,5	1102,32	22,361	73,343	7,100	56	385,84	0,386	67522	6890,00
10	24	3,5	1102,32	26	85,280	8,256	38	261,82	0,262	45818,5	4675,36
10	4	3,5	1102,32	10,770	35,327	3,420	508	3500,12	3,500	612521	62502,14
10	8	3,5	1102,32	12,806	42,004	4,066	330	2273,7	2,274	397897,5	40601,79
10	12	3,5	1102,32	15,620	51,235	4,960	298	2053,22	2,053	359313,5	36664,64
10	16	3,5	1102,32	18,868	61,887	5,991	92	633,88	0,634	110929	11319,29
10	20	3,5	1102,32	22,361	73,343	7,100	56	385,84	0,386	67522	6890,00
10	24	3,5	1102,32	26	85,280	8,256	38	261,82	0,262	45818,5	4675,36
LANTAI 1											

Gambar 3. 1. Microsoft Excel

- b. SAP2000 berfungsi untuk pembuatan rangka struktur dan pengujian struktur bangunan akibat beban ledakan.



Gambar 3. 2. Tampilan SAP2000

3.2. Data Yang Digunakan

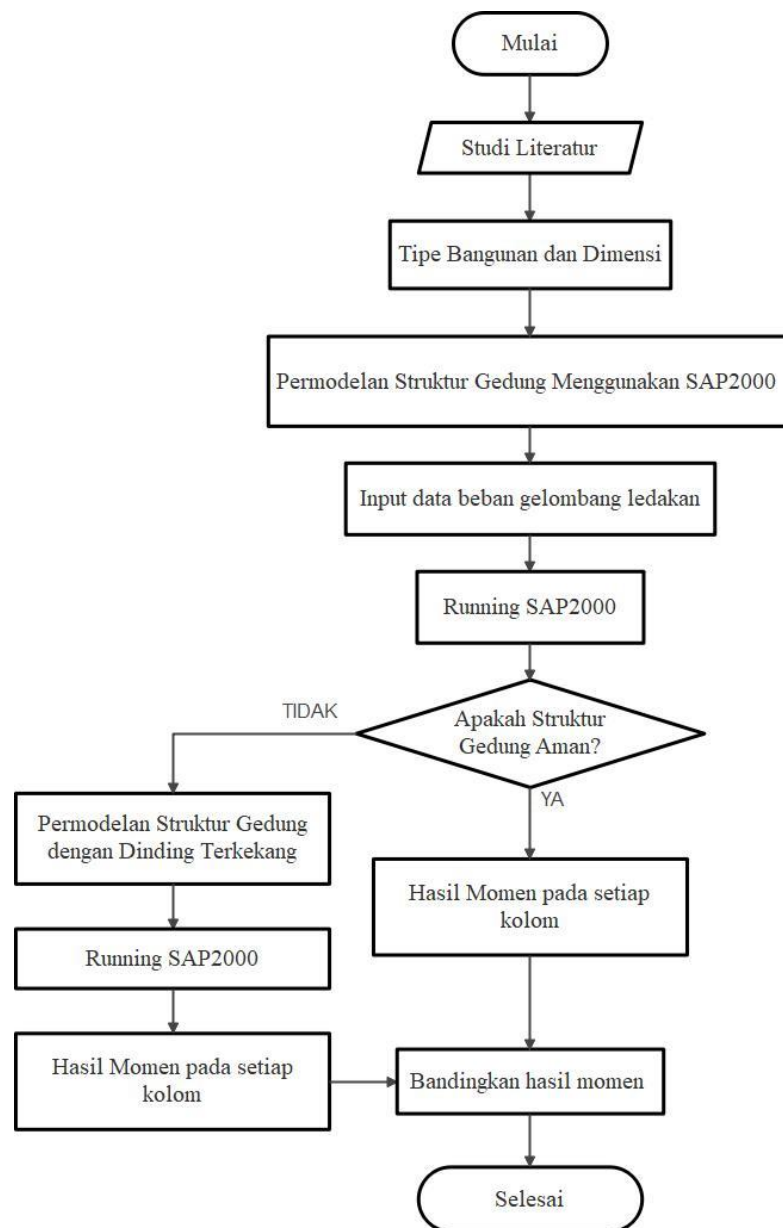
Tabel 3. 1. Data Struktur Bangunan

1	Mutu Beton	K-250
2	Fc'	21 MPa

3	BJTD	40
4	BJTP	240 Mpa
5	Fy	400 Mpa
6	Fu	550Mpa
7	E	4700 FC
8	Ratio Poisson	0,2
9		2400 kg/m ²
10	Tinggi Bangunan	10,5 meter
11	Lebar Bangunan	14 meter
12	Panjang Bangunan	44 meter
13	Dimensi Kolom 1	350 x 500 mm
14	Dimensi Balok 1	250 x 350 mm
15	Dimensi Balok 2	350 x 550 mm
16	Dimensi Ring Balk 1	250 x 400 mm
17	Dimensi Ring Balk 2	200 x 250 mm
18	Dimensi Tie Beam	250 x 350 mm
19	Sloof Beam 1	200 x 250 mm
20	Dimensi Pelat 1	120 mm
21	Jarak Beban Ledakan	10 meter
22	Beban Ledakan	500 kg TNT (1102,32 lb)
23	Berat Volume Batu Bata	1800 kg/m ²
24	Modulus Elastis Bata	7 KN

25 Mutu Batu Bata	5 Mpa
26 Angka Poison	0,25

3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 3. Diagram Alir Penelitian

3.4. Metode Pengumpulan Data

Data yang diperoleh pada penyusunan tugas akhir ini adalah data primer meliputi gambar dan spesifikasi struktur bangunan gedung yang akan di analisa yaitu proyek pembangunan township tanah putih Kota Palembang. Data sekunder meliputi jarak beban ledakan terhadap struktur bangunan, tinggi dan lebar bangunan tiap lantai Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan adalah : a. Metode studi literature

Metode pengumpulan data dengan cara mempelajari bahan-bahan tertulis, baik dari dokumen tertulis, jurnal penelitian, serta buku. Dokumen tertulis didapatkan dari PT. Adhi Karya yang didalamnya memuat data struktur berupa ukuran kolom, balok, pelat, dan data pendukung lainnya. Data struktur ini digunakan untuk pembangunan pemukiman township tanah putih milik PT. Bukit Asam di Kota Palembang.

3.5. Metode Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan kemudian diolah untuk mengetahui perilaku kolom struktur terhadap gelombang ledakan.

1. Data Gelombang

Data gelombang akibat beban ledakan yang diperhitungkan dengan rumusan menggunakan *Microsoft excel* dengan beban ledakan ditetapkan sebesar 500kg TNT pada sisi depan tengah struktur bangunan pada 10 meter. Berikut langkah – langkah pengolahan yang digunakan untuk menghitung data gelombang :

a. Microsoft Excel

Langkah – langkah

- 1.) Siapkan data sekunder yang sudah didapatkan dari struktur bangunan yang akan di analisa
- 2.) Buat kolom sesuai baris data yang dibutuhkan
- 3.) Tuliskan data sekunder sesuai urutan tiap lantai untuk mempermudah perhitungan.
- 4.) Data sekunder tersebut digunakan untuk perhitungan data gelombang akibat beban ledakan dengan menggunakan perumusan.
- 5.) Hitung hasil R (meter) dengan menggunakan rumus teorema pythagoras seperti pada Gambar 2. 5. Kemudian ubah satuan R dalam meter menjadi R dalam feet dengan rumus

$$R (\text{feet}) = R(\text{meter}) \times 3,28$$

- 6.) Hitung hasil Z dengan menggunakan rumus

$$Z = \frac{R(\text{ft})}{w}$$

- 7.) Hitung hasil Pr (psi) menggunakan grafik Parameter gelombang untuk *Surface Explosion* yang terlihat pada Gambar 2. 6, kemudian ubah satuan Pr menjadi Kpa, Mpa dan Newton dengan rumus

$$\begin{aligned} \text{Pr}(\text{psi}) &= \text{Pr}(\text{psi}) \\ \text{Pr}(\text{psi}) &= \frac{\text{Pr}(\text{psi}) \times 6,89}{1000} \\ \text{Pr}(\text{psi}) &= \text{Pr}(\text{psi}) \times \end{aligned}$$

- 8.) Hitung hasil P (kg) dengan menggunakan rumus
$$P = \frac{Pr(N)}{9.8}$$
- 9.) Setelah mendapatkan hasil P, selanjutnya menganalisa struktur bangunan akibat beban ledakan menggunakan *Software SAP2000*

b. SAP 2000

- 1.) Menggambar desain bangunan pada SAP2000 dengan cara memilih new model pada toolbar yang tersedia.
- 2.) Kemudian inputkan data yang sesuai dengan struktur bangunan yang akan di analisa seperti tinggi, panjang, dan lebar bangunan.
- 3.) Setelah gambar struktur awal siap, kemudia input data material berupa tulangan maupun mutu yang digunakan dalam data struktur dengan memilih toolbar define material
- 4.) Kemudian input data kolom, balok, dan penunjang lainnya kedalam toolbar define-frame section
- 5.) Kemudian input data dinding yang akan digunakan dengan memilih toolbar define.
- 6.) Setelah itu, input kombinasi pembebanan agar hasil sesuai dengan yang diharapkan.
- 7.) Setelah selesai, input pembebanan berupa beban mati pada frame, beban hidup pada pelat lantai yang dimana hasil pembebanan sudah tertulis pada SNI 2013 8.)
Kemudian tempelkan dinding terkekang pada bagian struktur tertentu sesuai penempatan dengan cara memilih toolbar define, area, membran

- 9.) Setelah selesai, running hasil struktur tanpa menggunakan beban P yang sudah diinputkan untuk mengetahui hasil momen.
- 10.) Dari data running yang dihasilkan, diperoleh hasil momen yang berbeda, yaitu sebelum struktur tanpa penambahan dinding terkekang dan struktur dengan penambahan dinding terkekang.
- 11.)

3.6.Pembebanan

Pembebanan menggunakan *software SAP200* dengan besar pembebanan untuk beban mati sebesar 900 kg/m^2 , dengan uraian:

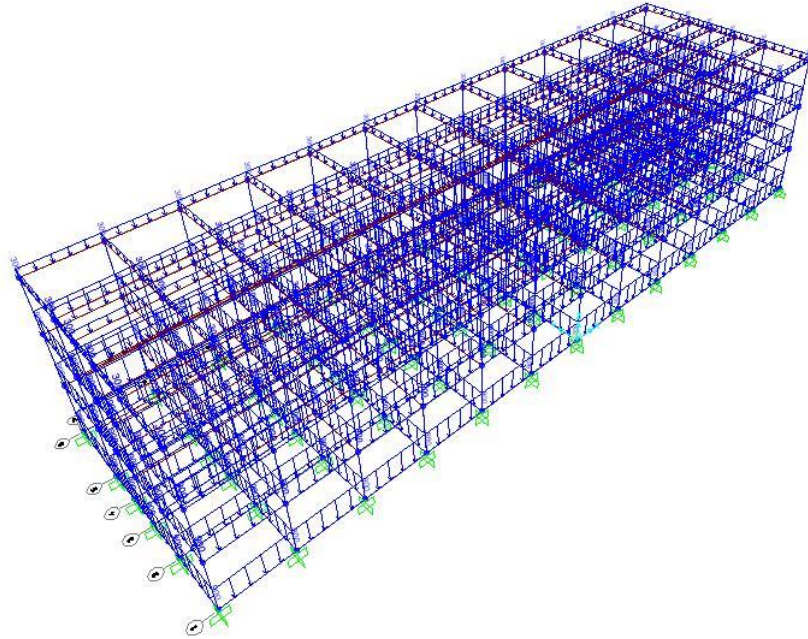
Tabel 3. 2. Berat Beban Mati

No	Jenis Beban	Berat Beban
1	Dinding Pasangan ½ Bata	798 kg/m^2
2	Beban Instalasi	102 kg/m^2

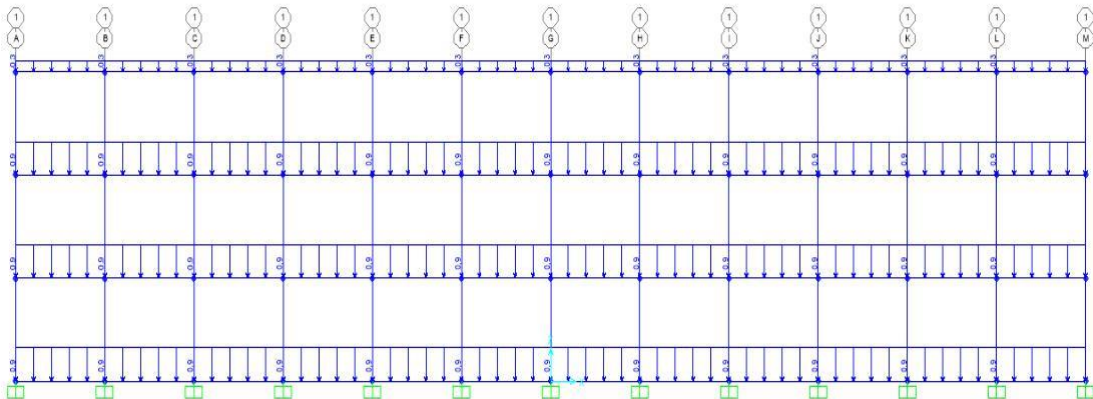
beban mati pada atap sebesar 300 kg/m^2 , dengan uraian:

Tabel 3. 3. Berat Beban Mati Atap

No	Jenis Beban	Berat Beban
1	Beban Mati Atap	300 kg/m^2



Gambar 3. 4. Beban Mati

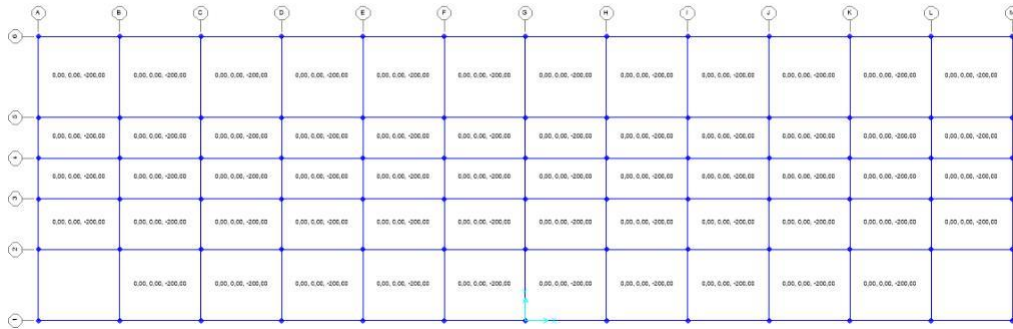


Gambar 3. 5. Beban Mati arah YZ

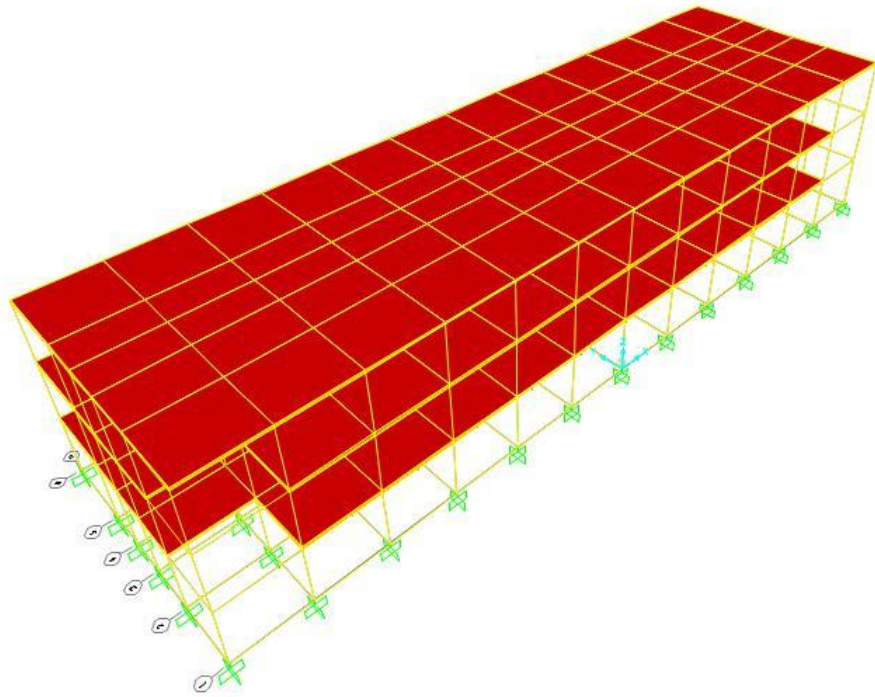
beban hidup pelat lantai untuk apartemen sebesar 200 kg/m^2 , dengan uraian:

Tabel 3. 4. Berat Beban Hidup

No	Jenis Beban	Berat Beban
1	Beban Hidup Lantai	200 Kg/m^2



Gambar 3. 6. Beban Hidup Lantai Arah X-Z



Gambar 3. 7. Desain 3D Struktur Bangunan

Dalam metode pembebanan diperlukan kombinasi pembebanan untuk menunjang perhitungan analisa pada struktur bangunan, kombinasi pembebanan hanya memerlukan beban mati dan beban hidup, dimana uraian pembebanan kombinasi:

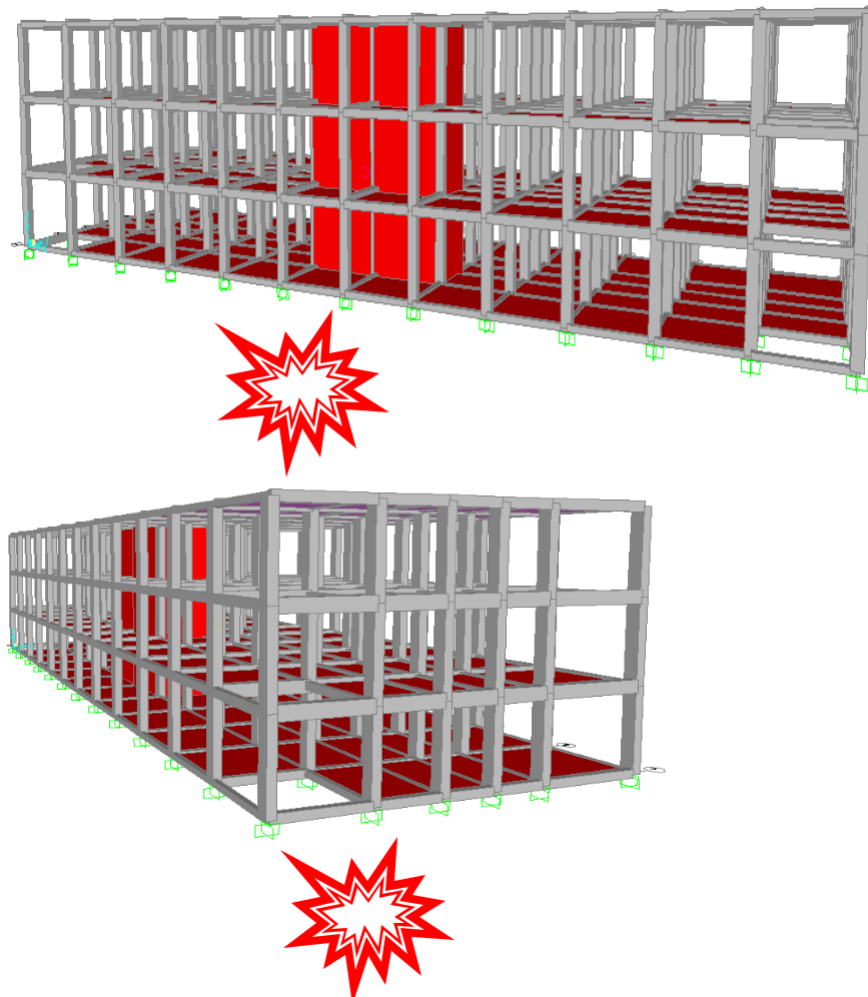
Tabel 3. 5. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan
1,4D
1,2D + 1,6L

Dalam analisa perilaku struktur bangunan kolom, adapun permodelan struktur gedung yang di analisa dapat dilihat pada Gambar 3. 6.

3.7 Lokasi Beban Ledakan

Beban ledakan dengan bobot sebesar 500 Kg TNT terletak di depan tengah dan samping struktur bangunan dengan jarak 15 meter.



Gambar 3. 8 Lokasi Beban Ledakan

3.7 Distribusi Gelombang Ledakan Pada Joint

Hasil perhitungan parameter – parameter untuk mengetahui besaran nilai gelombang beban ledakan yang mengenai joint struktur, dengan menggunakan Microsoft excel sebagai berikut :

1.) Distribusi beban ledakan pada jarak 15 meter di depan tengah gedung

Joint (m)	v	W (lb)	R (m)	R (ft)	Z	Pr (N)	P (Kg)
LANTAI DASAR							
0	3,5	1102,32	15	49,200	4,763	237532,75	24238,04
4	3,5	1102,32	15,524	50,919	4,929	225475,25	23007,68
8	3,5	1102,32	17,000	55,760	5,398	186891,25	19070,54
12	3,5	1102,32	19,209	63,007	6,099	108517,5	11073,21
16	3,5	1102,32	21,932	71,936	6,964	74756,5	7628,21
20	3,5	1102,32	25,000	82,000	7,938	53053	5413,57
24	3,5	1102,32	28	92,830	8,986	40995,5	4183,21
4	3,5	1102,32	15,524	50,919	4,929	225475,25	23007,68
8	3,5	1102,32	17,000	55,760	5,398	186891,25	19070,54
12	3,5	1102,32	19,209	63,007	6,099	108517,5	11073,21
16	3,5	1102,32	21,932	71,936	6,964	74756,5	7628,21
20	3,5	1102,32	25,000	82,000	7,938	53053	5413,57
24	3,5	1102,32	28	92,830	8,986	40995,5	4183,21
LANTAI 1							
0	3,5	1102,32	15,403	50,522	4,891	231504	23622,86
4	3,5	1102,32	15,914	52,197	5,053	207389	21162,14
8	3,5	1102,32	17,357	56,930	5,511	178451	18209,29
12	3,5	1102,32	19,526	64,044	6,200	97665,75	9965,89
16	3,5	1102,32	22,209	72,846	7,052	69933,5	7136,07
20	3,5	1102,32	25,244	82,800	8,015	47024,25	4798,39
24	3,5	1102,32	28,518	93,538	9,055	35931,35	3666,46
4	3,5	1102,32	15,914	52,197	5,053	231504	23622,86
8	3,5	1102,32	17,357	56,930	5,511	178451	18209,29
12	3,5	1102,32	19,526	64,044	6,200	97665,75	9965,89
16	3,5	1102,3	22,209	72,846	7,052	69933,5	7136,07
20	3,5	1102,32	25,244	82,800	8,015	47024,25	4798,39
24	3,5	1102,3	28,518	93,538	9,055	35931,35	3666,46

Joint (m)	v	W (lb)	R (m)	R (ft)	Z	Pr (N)	P (Kg)
LANTAI DASAR							
0	3,5	1102,32	15	49,200	4,763	237532,75	24238,04
4	3,5	1102,32	15,524	50,919	4,929	225475,25	23007,68
8	3,5	1102,32	17,000	55,760	5,398	186891,25	19070,54
12	3,5	1102,32	19,209	63,007	6,099	108517,5	11073,21
16	3,5	1102,32	21,932	71,936	6,964	74756,5	7628,21
20	3,5	1102,32	25,000	82,000	7,938	53053	5413,57
24	3,5	1102,32	28	92,830	8,986	40995,5	4183,21
4	3,5	1102,32	15,524	50,919	4,929	225475,25	23007,68
8	3,5	1102,32	17,000	55,760	5,398	186891,25	19070,54
12	3,5	1102,32	19,209	63,007	6,099	108517,5	11073,21
16	3,5	1102,32	21,932	71,936	6,964	74756,5	7628,21
20	3,5	1102,32	25,000	82,000	7,938	53053	5413,57
24	3,5	1102,32	28	92,830	8,986	40995,5	4183,21
LANTAI 1							
0	3,5	1102,32	15,403	50,522	4,891	231504	23622,86
4	3,5	1102,32	15,914	52,197	5,053	207389	21162,14
8	3,5	1102,32	17,357	56,930	5,511	178451	18209,29
12	3,5	1102,32	19,526	64,044	6,200	97665,75	9965,89
16	3,5	1102,32	22,209	72,846	7,052	69933,5	7136,07
20	3,5	1102,32	25,244	82,800	8,015	47024,25	4798,39
24	3,5	1102,32	28,518	93,538	9,055	35931,35	3666,46
4	3,5	1102,32	15,914	52,197	5,053	231504	23622,86
8	3,5	1102,32	17,357	56,930	5,511	178451	18209,29
12	3,5	1102,32	19,526	64,044	6,200	97665,75	9965,89
16	3,5	1102,3	22,209	72,846	7,052	69933,5	7136,07
20	3,5	1102,32	25,244	82,800	8,015	47024,25	4798,39
24	3,5	1102,3	28,518	93,538	9,055	35931,35	3666,46

LANTAI 2							
0	7	1102,32	16,919	55,494	5,372	190508,5	19439,64
4	7	1102,32	17,385	57,024	5,520	178451	18209,29
8	7	1102,32	18,715	61,385	5,942	110929	11319,29
12	7	1102,32	20,742	68,035	6,586	89225,5	9104,64
16	7	1102,32	23,286	76,379	7,394	62699	6397,86
20	7	1102,32	26,196	85,924	8,318	45818,5	4675,36
24	7	1102,32	29,364	96,314	9,324	33761	3445,00
4	7	1102,32	17,385	57,024	5,520	178451	18209,29
8	7	1102,32	18,715	61,385	5,942	110929	11319,29
12	7	1102,32	20,742	68,035	6,586	89225,5	9104,64
16	7	1102,3	23,286	76,379	7,394	62699	6397,86
20	7	1102,3	26,196	85,924	8,318	45818,5	4675,36
24	7	1102,3	29,364	96,314	9,324	33761	3445,00
LANTAI 3							
0	10,5	1102,3	19,912	65,312	6,323	98871,5	10088,93
4	10,5	1102,3	20,310	66,617	6,449	95254,25	9719,82
8	10,5	1102,3	21,459	70,386	6,814	80785,25	8243,39
12	10,5	1102,3	23,249	76,256	7,382	60287,5	6151,79
16	10,5	1102,3	25,544	83,785	8,111	47024,25	4798,39
20	10,5	1102,3	28,222	92,569	8,961	40995,5	4183,21
24	10,5	1102,3	31,185	102,287	9,902	33761	3445,00
4	10,5	1102,3	20,310	66,617	6,449	95254,25	9719,82
8	10,5	1102,3	21,459	70,386	6,814	80785,25	8243,39
12	10,5	1102,3	23,249	76,256	7,382	60287,5	6151,79
16	10,5	1102,3	25,544	83,785	8,111	47024,25	4798,39
20	10,5	1102,3	28,222	92,569	8,961	40995,5	4183,21
24	10,5	1102,3	31,185	102,287	9,902	28938	2952,86

2.) Distribusi beban ledakan jarak 15 meter pada samping struktur Gedung

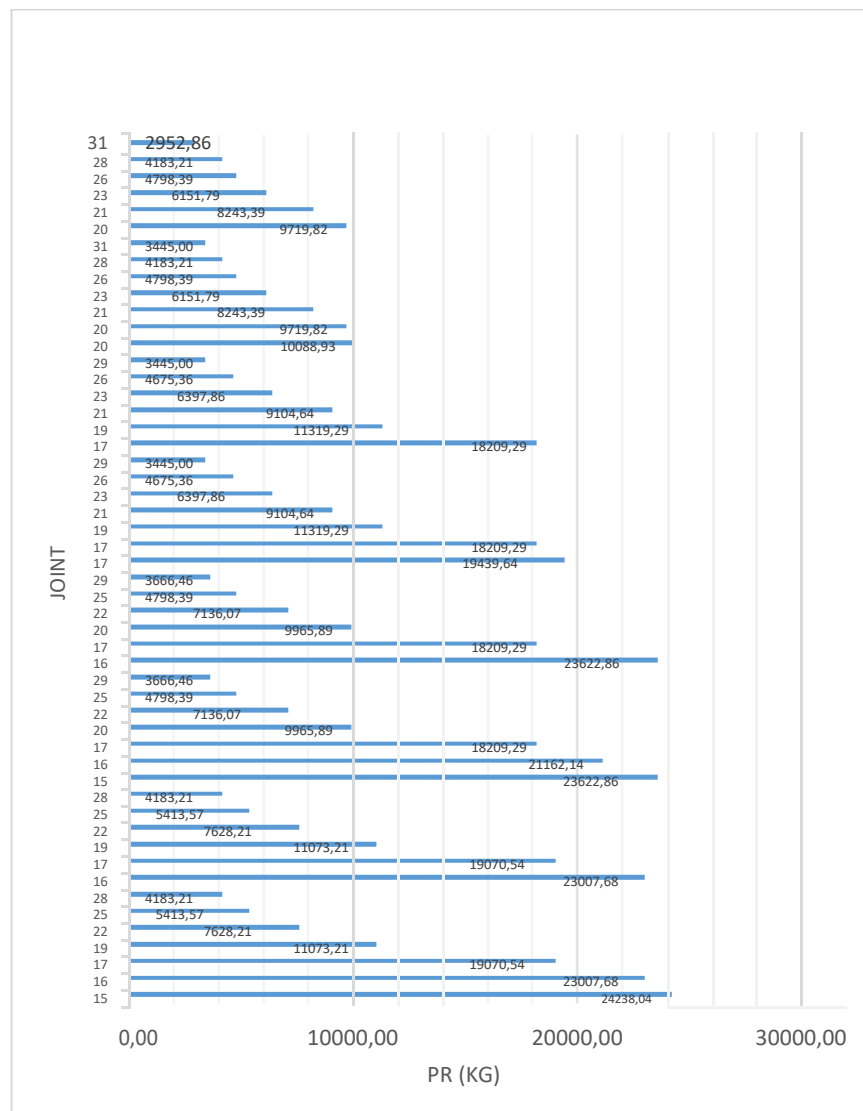
Joint (m)	W (lb)	R (m)	R (ft)	Z	Pr (N)	P (Kg)
LANTAI 3						
0	1102,32	21,1541958	69,39	6,72	62699	6397,857143
3,5	1102,32	23,31308645	76,47	7,40	57187	5833,074
6	1102,32	11,06797181	36,30	3,51	52364	5341,128
8	1102,32	18,30983342	60,06	5,81	44096	4497,792
10	1102,32	18,64135188	61,14	5,92	33072	3373,344
14	1102,32	19,9812412	65,54	6,34	83369	8503,638
LANTAI 2						
0	1102,32	17,60681686	57,75	5,59	188338,15	19210,4913
3,5	1102,32	18,38477631	60,30	5,84	183032,85	18669,3507
6	1102,32	19,33907961	63,43	6,14	171095,925	17451,78435
8	1102,32	21,67948339	71,11	6,88	124674,55	12716,8041
10	1102,32	7	22,96	2,22	116716,6	11905,0932
14	1102,32	7	22,96	2,22	84884,8	8658,2496
LANTAI 1						
0	1102,32	15,795569	51,81	5,02	259959,7	26515,8894
3,5	1102,32	16,53027525	54,22	5,25	248022,775	25298,32305
6	1102,32	17,35655496	56,93	5,51	237412,175	24216,04185
8	1102,32	18,36436767	60,24	5,83	222822,6	22727,9052
10	1102,32	20,8146583	68,27	6,61	204254,05	20833,9131
14	1102,32	3,5	11,48	1,11	90190,1	9199,3902
LANTAI DASAR						
0	1102,32	15	49,20	4,76	120333,85	12274,0527
3,5	1102,32	15,4029218	50,52	4,89	118163,5	12052,677
6	1102,32	16,15549442	52,99	5,13	108155,775	11031,88905
8	1102,32	17	55,76	5,40	89225,5	9101,001
10	1102,32	18,02775638	59,13	5,72	76565,125	7809,64275
14	1102,32	20,51828453	67,30	6,51	41839,525	4267,63155

BAB IV

HASIL ANALISA

4.1. Hasil Analisa Distribusi Gelombang Ledakan

Perhitungan distribusi gelombang ledakan pada tiap joint struktur bangunan menggunakan bantuan *Microsoft Excel*. Parameter gelombang yang didapat berupa gelombang ledakan Pr (Kg). Setelah dilakukan perhitungan didapatkan data perbandingan gelombang ledakan pada tiap joint struktur bangunan sesuai pada Gambar 4.1



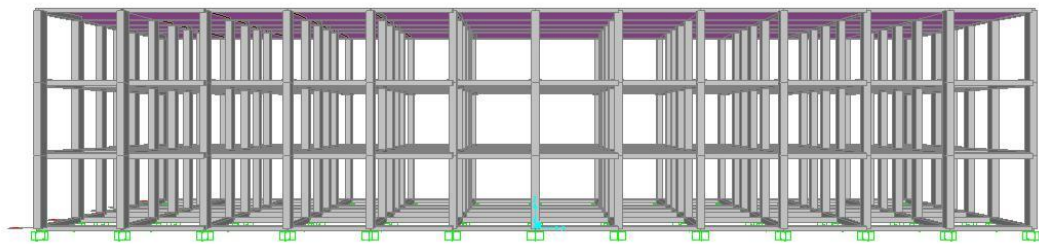
Gambar 4. 1. Gelombang Refleksi Skenario Ledakan pada Joint Struktur

Berdasarkan Gambar 4. 1 dilihat bahwa distribusi gelombang ledakan pada tiap joint memiliki nilai yang berbeda. Gelombang ledakan terbesar terjadi pada joint 15 sebesar 24238,04 Kg dimana merupakan joint yang berada tepat di depan sumber ledakan terjadi, dan gelombang terkecil terjadi pada joint 31 sebesar 2952,86 Kg dimana joint ini berada pada struktur paling belakang portal 6.

4.2. Hasil Analisa Struktur Bangunan Kolom Tanpa Dinding Terkekang

Terhadap Gelombang beban Ledakan

Berdasarkan analisa struktur menggunakan *software SAP2000*, bangunan mendapatkan hasil berupa momen yang bekerja pada titik kolom pada model penampang persegi.



Gambar 4. 2.3D-Struktur Gedung tanpa Dinding Terkekang

1. Portal 1

Tabel 4. 1. Momen Yang Terjadi Pada Portal 1

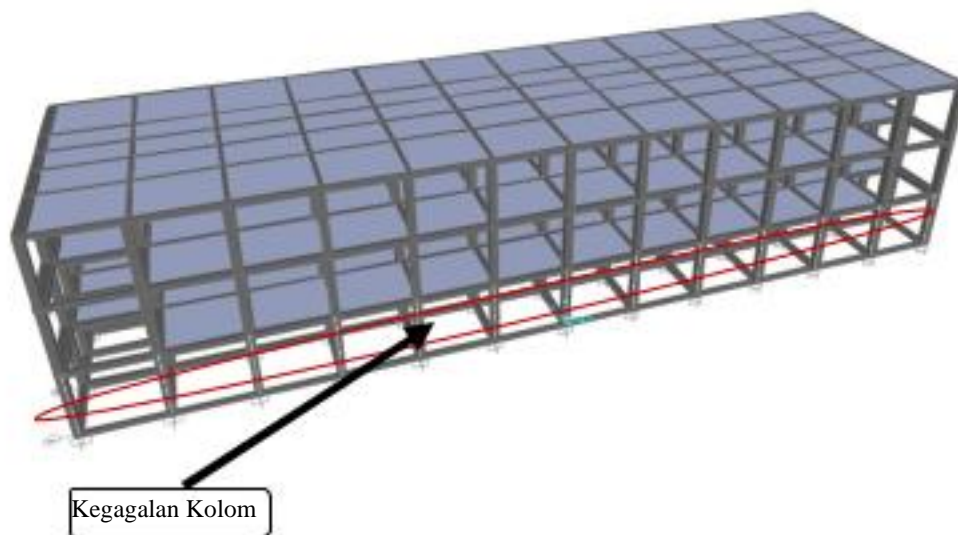
Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	102,463	4726,997	Tidak Aman
K2	204,016	9620,308	Tidak Aman
K3	446,37	11489,43	Tidak Aman
K4	446,463	11491,964	Tidak Aman
K5	446,027	11480,846	Tidak Aman
K6	445,898	11477,421	Tidak Aman
K7	445,856	12356,138	Tidak Aman

K8	445,898	11477,421	Tidak Aman
K9	446,027	11480,846	Tidak Aman
K10	446,463	11491,964	Tidak Aman
K11	446,37	11489,43	Tidak Aman
K12	204,016	9620,308	Tidak Aman
K13	102,463	4726,997	Tidak Aman
		Lantai 2	
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	138,171	11061,254	Aman
K15	259,085	6668,837	Aman
K16	295,501	7606,189	Aman
K17	297,982	7670,05	Aman
K18	300,064	7723,647	Aman
K19	301,662	7764,781	Aman
K20	302,232	8188,284	Aman
K21	301,662	7764,781	Aman
K22	300,064	7723,647	Aman
K23	297,982	7670,05	Aman
K24	295,501	7606,189	Aman
K25	259,085	6668,837	Aman
K26	138,171	11061,254	Aman
		Lantai 3	
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	59,867	9397,537	Aman
K28	110,796	2851,887	Aman
K29	111,614	2872,939	Aman
K30	112,533	2896,602	Aman
K31	113,285	2915,964	Aman
K32	113,804	2929,31	Aman
K33	113,935	2987,717	Aman
K34	113,804	2929,31	Aman

K35	113,285	2915,964	Aman
K36	112,533	2896,602	Aman
K37	111,614	2872,939	Aman
K38	110,796	2851,887	Aman
K39	59,867	9397,537	Aman

Hasil analisa memperlihatkan bahwa kolom yang lebih dekat dengan sumber ledakan akan mengalami momen yang lebih besar yang diperlihatkan dari kolom 7 dimana kolom ini terletak tepat di depan beban ledakan dengan jarak 10 meter.

Dari hasil pengecekan kapasitas struktur, portal 1 menunjukkan kondisi terjadi kegagalan struktur. Hal ini disebabkan momen terjadi yang besar pada kolom 7 sebesar 12356,138 KNmm. Kegagalan struktur ini terjadi pada seluruh kolom pada lantai 1, sedangkan untuk kolom yang lain masih mencukupi dalam menerima beban gelombang ledakan. Adapun hasil pengecekan kapasitas struktur dapat dilihat pada Gambar 4. 3



Gambar 4. 3. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 1

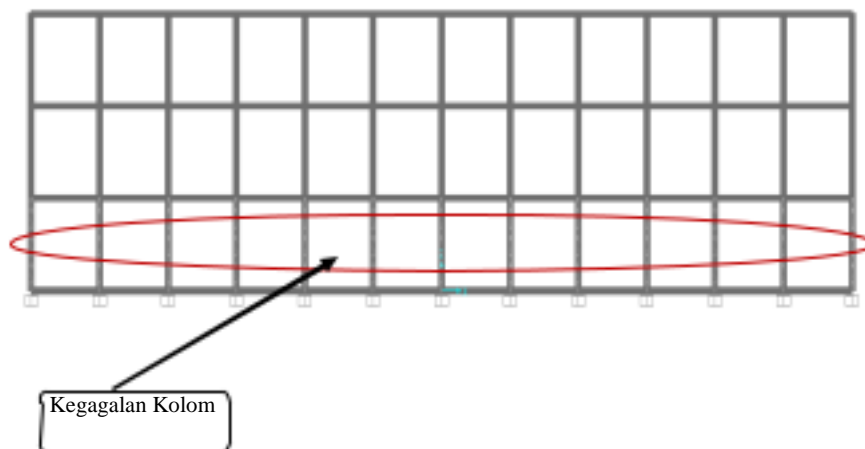
2. Portal 2

Tabel 4. 2. Momen Yang Terjadi Pada Portal 2

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	224,34	5774,522	Tidak Aman
K2	363,514	9356,856	Tidak Aman
K3	401,228	10327,605	Tidak Aman
K4	401,212	10327,196	Tidak Aman
K5	401,093	10324,292	Tidak Aman
K6	401,026	10322,41	Tidak Aman
K7	767,528	22673,813	Tidak Aman
K8	401,026	10322,41	Tidak Aman
K9	401,093	10324,292	Tidak Aman
K10	401,212	10327,196	Tidak Aman
K11	401,228	10327,605	Tidak Aman
K12	363,514	9356,856	Tidak Aman
K13	224,34	5774,522	Tidak Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	243,825	10778,631	Aman
K15	414,674	10673,721	Aman
K16	453,942	11684,462	Aman
K17	455,009	11711,942	Aman
K18	455,545	11725,733	Aman
K19	455,93	11735,636	Aman
K20	456,083	12709,504	Aman
K21	455,93	11735,636	Aman
K22	455,545	11725,733	Aman
K23	455,009	11711,942	Aman
K24	453,942	11684,462	Aman
K25	414,674	10673,721	Aman
K26	243,825	10778,631	Aman

Lantai 3			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	102,068	9883,72	Aman
K28	178,333	4590,299	Aman
K29	177,623	4572,01	Aman
K30	178,14	4585,328	Aman
K31	178,494	4594,423	Aman
K32	178,748	4600,968	Aman
K33	178,876	4741,339	Aman
K34	178,748	4600,968	Aman
K35	178,494	4594,423	Aman
K36	178,14	4585,328	Aman
K37	177,623	4572,01	Aman
K38	178,333	4590,299	Aman
K39	102,068	9883,72	Aman

Hasil analisa struktur pada Tabel 4. 2 memperlihatkan pada kolom K7 memperlihatkan bahwa kolom tersebut terjadi kegagalan struktur. Hal ini disebabkan oleh momen yang esar pada kolom K7 sebesar 22673,813 KNmm. Kegagalan struktur ini terjadi pada seluruh kolom pada lantai 1, sedangkan untuk kolom yang lain masih mencukupi dalam menerima beban gelombang ledakan. Adapun hasil pengecekan kapasitas struktur dapat dilihat pada Gambar 4. 4



Gambar 4. 4. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 2

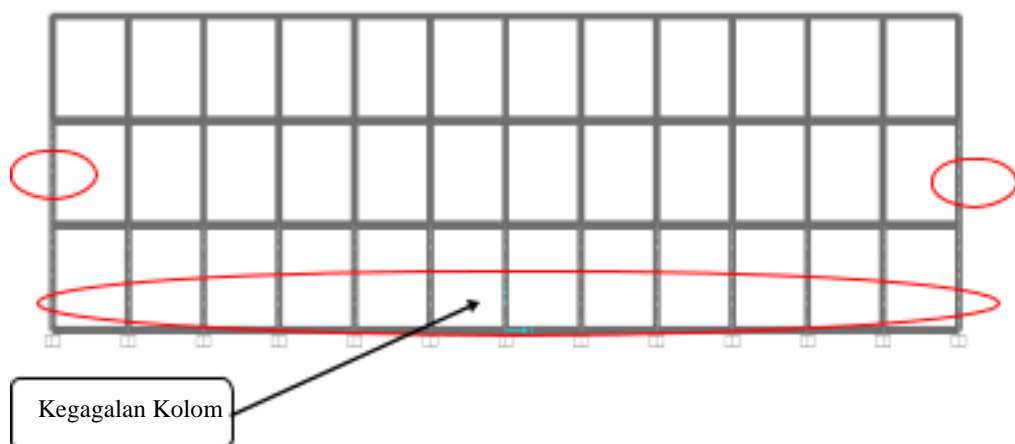
3. Portal 3

Tabel 4. 3. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 3

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	211,374	5440,755	Tidak Aman
K2	335,503	8635,85	Tidak Aman
K3	334,645	8613,755	Tidak Aman
K4	332,283	8604,439	Tidak Aman
K5	333,959	8596,104	Tidak Aman
K6	333,759	8590,962	Tidak Aman
K7	333,695	9308,686	Tidak Aman
K8	333,759	8590,962	Tidak Aman
K9	333,959	8596,104	Tidak Aman
K10	332,283	8604,439	Tidak Aman
K11	334,645	8613,755	Tidak Aman
K12	335,503	8635,85	Tidak Aman
K13	211,374	5440,755	Tidak Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	120,886	10035,549	Tidak Aman
K15	375,077	9654,472	Aman
K16	380,263	9787,969	Aman
K17	381,311	9814,949	Aman
K18	382,129	9835,991	Aman
K19	382,708	9850,896	Aman
K20	382,921	10536,463	Aman
K21	382,708	9850,896	Aman
K22	382,129	9835,991	Aman
K23	381,311	9814,949	Aman
K24	380,263	9787,969	Aman
K25	375,077	9654,472	Aman

K26	120,886	10035,549	Tidak Aman
		Lantai 3	
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	78,651	9345,578	Aman
K28	141,539	3643,22	Aman
K29	143,839	3702,423	Aman
K30	144,338	3715,267	Aman
K31	144,714	3724,948	Aman
K32	144,974	3731,633	Aman
K33	145,07	3824,677	Aman
K34	144,974	3731,633	Aman
K35	144,714	3724,948	Aman
K36	144,338	3715,267	Aman
K37	143,839	3702,423	Aman
K38	141,539	3643,22	Aman
K39	78,651	9345,578	Aman

Hasil analisa struktur pada Tabel 4. 3 memperlihatkan terdapat kegagalan struktur yang terjadi pada seluruh kolom lantai 1 dan 2 kolom pada lantai 2. Hal ini disebabkan oleh momen yang besar pada kolom K14 dan K26 sebesar 10035,549 KNmm. Sedangkan untuk kolom yang lain dianggap masih mampu menahan beban gelombang ledakan. Adapun hasil pengecekan kapasitas struktur dapat dilihat pada Gambar 4. 5



Gambar 4. 5. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 3

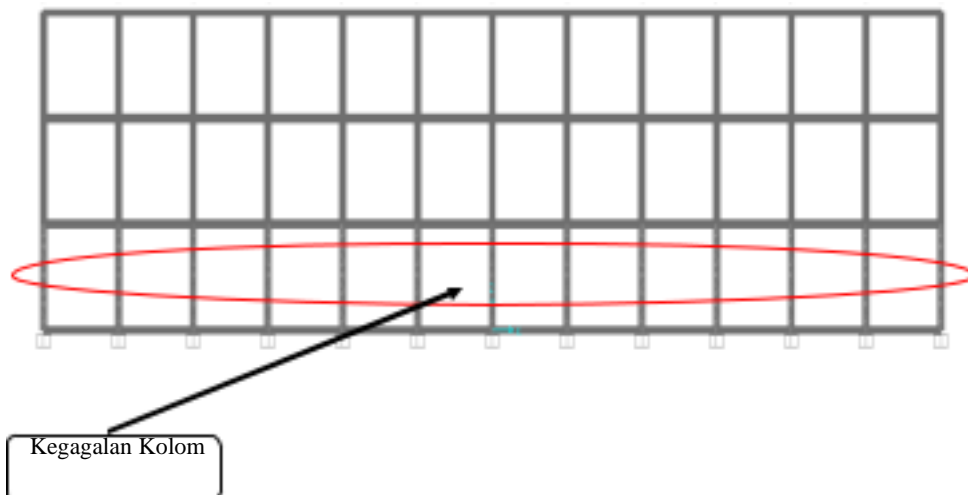
4. Portal 4

Tabel 4. 4. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 4

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	275,137	7082,038	Tidak Aman
K2	402,319	10355,694	Tidak Aman
K3	401,187	10326,554	Tidak Aman
K4	401,045	10322,886	Tidak Aman
K5	400,895	10319,029	Tidak Aman
K6	400,77	10315,822	Tidak Aman
K7	400,721	11369,716	Tidak Aman
K8	400,77	10315,822	Tidak Aman
K9	400,895	10319,029	Tidak Aman
K10	401,045	10322,886	Tidak Aman
K11	401,187	10326,554	Tidak Aman
K12	402,319	10355,694	Tidak Aman
K13	275,137	7082,038	Tidak Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	254,272	111113,08	Aman
K15	398,057	10245,992	Aman
K16	398,452	10256,153	Aman
K17	398,354	10253,641	Aman
K18	398,302	10252,291	Aman
K19	398,239	10250,677	Aman
K20	398,214	11011,022	Aman
K21	398,239	10250,677	Aman
K22	398,302	10252,291	Aman
K23	398,354	10253,641	Aman
K24	398,452	10256,153	Aman
K25	398,057	10245,992	Aman

K26	254,272	111113,08	Aman
		Lantai 3	
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	82,81	9122,031	Aman
K28	122,126	3709,813	Aman
K29	144,549	3720,692	Aman
K30	144,505	3719,548	Aman
K31	144,512	3719,74	Aman
K32	144,513	3719,771	Aman
K33	144,518	3811,993	Aman
K34	144,513	3719,771	Aman
K35	144,512	3719,74	Aman
K36	144,505	3719,548	Aman
K37	144,549	3720,692	Aman
K38	122,126	3709,813	Aman
K39	82,81	9122,031	Aman

Hasil analisa struktur pada Tabel 4. 4 memperlihatkan terdapat kegagalan struktur yang terjadi pada seluruh kolom lantai 1 Hal ini disebabkan oleh momen yang besar terutama pada kolom K7 sebesar 11369,716 KNmm. Sedangkan untuk kolom yang lain dianggap masih mampu menahan beban gelombang ledakan. Adapun hasil pengecekan kapasitas struktur dapat dilihat pada Gambar 4. 6



Gambar 4. 6. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 4

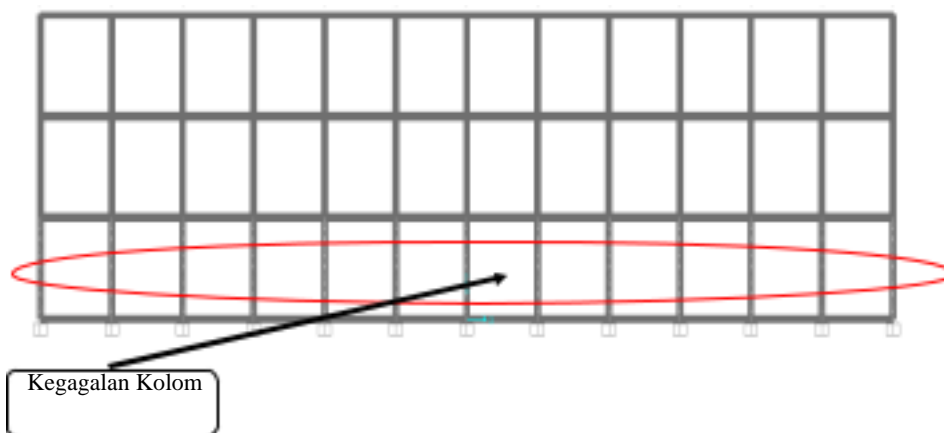
5. Portal 5

Tabel 4. 5. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 5

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	506,476	13036,692	Tidak Aman
K2	658,041	16937,969	Tidak Aman
K3	984,042	25329,238	Tidak Aman
K4	984,698	25346,118	Tidak Aman
K5	985,211	25359,332	Tidak Aman
K6	659,317	16970,825	Tidak Aman
K7	985,551	30920,515	Tidak Aman
K8	659,317	16970,825	Tidak Aman
K9	985,211	25359,332	Tidak Aman
K10	984,698	25346,118	Tidak Aman
K11	984,042	25329,238	Tidak Aman
K12	658,041	16937,969	Tidak Aman
K13	506,476	13036,692	Tidak Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	380,097	11166,096	Aman
K15	552,971	14233,469	Aman
K16	550,953	14181,541	Aman
K17	548,561	14119,953	Aman
K18	546,436	14065,265	Aman
K19	544,887	14025,402	Aman
K20	544,319	15516,901	Aman
K21	544,887	14025,402	Aman
K22	546,436	14065,265	Aman
K23	548,561	14119,953	Aman
K24	550,953	14181,541	Aman
K25	552,971	14233,469	Aman

K26	380,097	11166,096	Aman
		Lantai 3	
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	123,428	8770,676	Aman
K28	200,369	5157,508	Aman
K29	199,423	5133,156	Aman
K30	198,228	5102,398	Aman
K31	197,242	5077,012	Aman
K32	196,559	5059,411	Aman
K33	196,319	5226,073	Aman
K34	196,559	5059,411	Aman
K35	197,242	5077,012	Aman
K36	198,228	5102,398	Aman
K37	199,423	5133,156	Aman
K38	200,369	5157,508	Aman
K39	123,428	8770,676	Aman

Hasil analisa struktur pada Tabel 4. 5 memperlihatkan terdapat kegagalan struktur yang terjadi pada seluruh kolom lantai 1 Hal ini disebabkan oleh momen yang besar terutama pada kolom K7 sebesar 30920,515 KNmm. Sedangkan untuk kolom yang lain dianggap masih mampu menahan beban gelombang ledakan. Adapun hasil pengecekan kapasitas struktur dapat dilihat pada Gambar 4. 7.



Gambar 4. 7. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 5

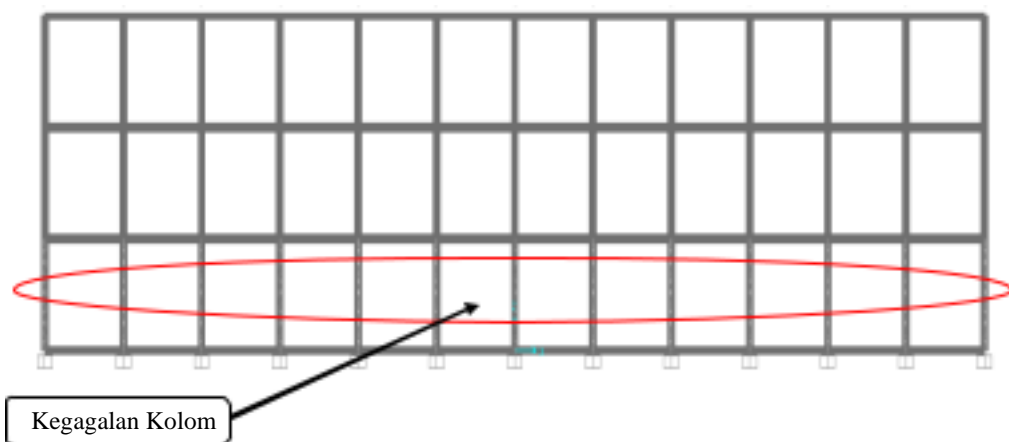
6. Portal 6

Tabel 4. 6. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 6

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	378,276	14659,738	Tidak Aman
K2	513,34	13213,383	Tidak Aman
K3	512,87	13201,286	Tidak Aman
K4	513,489	13217,199	Tidak Aman
K5	513,931	13228,592	Tidak Aman
K6	514,182	13235,056	Tidak Aman
K7	514,261	15026,753	Tidak Aman
K8	514,182	13235,056	Tidak Aman
K9	513,931	13228,592	Tidak Aman
K10	513,489	13217,199	Tidak Aman
K11	512,87	13201,286	Tidak Aman
K12	513,34	13213,383	Tidak Aman
K13	378,276	14659,738	Tidak Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	285,38	11579,498	Aman
K15	426,885	10988,027	Aman
K16	425,614	10955,293	Aman
K17	424,109	10916,555	Aman
K18	422,828	10883,587	Aman
K19	421,912	10860,011	Aman
K20	412,578	11738,23	Aman
K21	421,912	10860,011	Aman
K22	422,828	10883,587	Aman
K23	424,109	10916,555	Aman
K24	425,614	10955,293	Aman
K25	426,885	10988,027	Aman

K26	285,38	11579,498	Aman
Lantai 3			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	87,789	8677,673	Aman
K28	148,158	3813,593	Aman
K29	147,734	3802,677	Aman
K30	147,092	3786,142	Aman
K31	146,59	3773,221	Aman
K32	146,246	3764,369	Aman
K33	146,124	3857,314	Aman
K34	146,246	3764,369	Aman
K35	146,59	3773,221	Aman
K36	147,092	3786,142	Aman
K37	147,734	3802,677	Aman
K38	148,158	3813,593	Aman
K39	87,789	8677,673	Aman

Hasil analisa struktur pada Tabel 4. 6 memperlihatkan terdapat kegagalan struktur yang terjadi pada seluruh kolom lantai 1 Hal ini disebabkan oleh momen yang besar terutama pada kolom K7 sebesar 30920,515 KNmm. Sedangkan untuk kolom yang lain dianggap masih mampu menahan beban gelombang ledakan. Adapun hasil pengecekan kapasitas struktur dapat dilihat pada Gambar 4. 8



Gambar 4. 8. Hasil Pengecekan Kapasitas Struktur Portal 5

4.2 Persentase Kerusakan Kolom Struktur

Tabel. 4.7 Persentase Kerusakan Kolom pada Struktur

FRAME	Persentase Kerusakan					
	Portal 1	Portal 2	Portal 3	Portal 4	Portal 5	Portal 6
K1	60,11%	54,11%	53,26%	21,60%	21,54%	6,74%
K2	64,97%	65,71%	60,51%	64,00%	43,43%	11,09%
K3	73,71%	75,83%	72,34%	81,54%	43,54%	32,11%
K4	81,09%	85,49%	81,37%	108,40%	67,26%	54,80%
K5	102,69%	103,94%	102,91%	130,97%	76,80%	68,86%
K6	123,20%	125,66%	121,26%	146,63%	82,86%	76,51%
K7	130,74%	133,83%	131,77%	161,66%	90,74%	80,57%
K8	123,20%	125,66%	121,26%	146,63%	82,86%	76,51%
K9	102,69%	103,94%	102,91%	130,97%	76,80%	68,86%
K10	81,09%	85,49%	81,37%	108,40%	67,26%	54,80%
K11	73,71%	75,83%	72,34%	81,54%	43,54%	32,11%
K12	64,97%	65,71%	60,51%	64,00%	43,43%	11,09%
K13	60,11%	54,11%	53,26%	21,60%	21,54%	6,74%

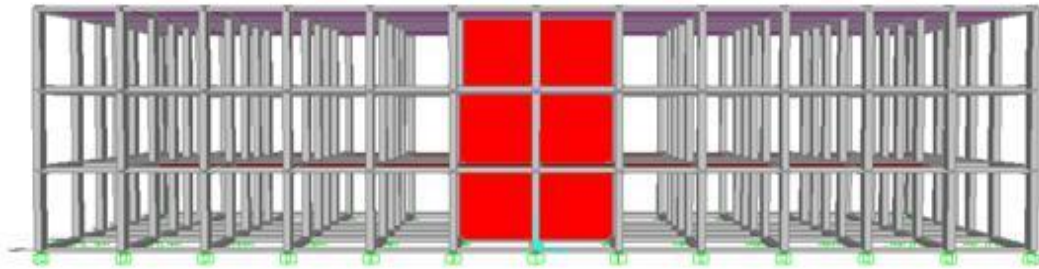
Tabel. 4.8 Persentase Total Kerusakan Kolom

PORTAL	JUMLAH KERUSAKAN KOLOM	KERUSAKAN
1	13	97,53%
2	13	88,87%
3	15	87,87%
4	13	85,78%
5	13	58,58%
6	13	44,68%

4.3. Hasil Analisa Struktur Bangunan Kolom Dengan Dinding Terkekang

Terhadap Gelombang beban Ledakan

Berdasarkan analisa struktur menggunakan *software SAP2000*, bangunan mendapatkan hasil berupa momen yang bekerja pada titik kolom pada model penampang persegi.



Gambar 4. 9. 3D-Struktur Gedung dengan Dinding Terkekang

A. Hasil Analisa strutur gedung terhadap beban ledakan dengan jarak 15 meter di depan tengah struktur

1. Portal 1

Tabel 4. 7.Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 1

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	242,68	9311,848	Aman
K2	414,689	10674,084	Aman
K3	475,74	12245,517	Aman
K4	476,805	12272,965	Aman
K5	475,105	12229,213	Aman
K6	441,854	11373,315	Aman
K7	440,83	12637,128	Aman
K8	441,854	11373,315	Aman
K9	475,105	12229,213	Aman
K10	476,805	12272,965	Aman

K11	475,74	12245,517	Aman
K12	414,689	10674,084	Aman
K13	242,68	9311,848	Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	153,641	11073,564	Aman
K15	261,929	7000,843	Aman
K16	292,459	7527,892	Aman
K17	292,635	7860,935	Aman
K18	290,731	7483,418	Aman
K19	268,061	6899,881	Aman
K20	266,772	7318,891	Aman
K21	268,061	6899,881	Aman
K22	290,731	7483,418	Aman
K23	292,635	7860,935	Aman
K24	292,459	7527,892	Aman
K25	261,929	7000,843	Aman
K26	153,641	11073,564	Aman
Lantai 3			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	88,412	2275,712	Aman
K28	103,062	2652,825	Aman
K29	102,794	2645,924	Aman
K30	102,739	2644,507	Aman
K31	101,74	2618,8	Aman
K32	94,704	2437,683	Aman
K33	93,957	2472,24	Aman
K34	94,704	2437,683	Aman
K35	101,74	2618,8	Aman

K36	102,739	2644,507	Aman
K37	102,794	2645,924	Aman
K38	103,062	2652,825	Aman
K39	88,412	2275,712	Aman

Berdasarkan hasil pengecekan kapasitas struktur kolom dapat diketahui bahwa momen yang terjadi pada setiap lantai memiliki hasil yang berbeda-beda. Berdasarkan Tabel 4.7 memperlihatkan hasil momen pada kolom portal 1 dimana kolom tidak mengalami kegagalan dan mampu menahan beban gelombang ledakan sebesar 500 TNT pada jarak 15 meter di depan tengah struktur. Dimana hasil momen terbesar adalah 12637,128 kNmm pada kolom K7.

2. Portal 2

Tabel 4. 8. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 2

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	184,669	4787,269	Aman
K2	510,898	13150,51	Aman
K3	559,921	14412,37	Aman
K4	581,223	14960,683	Aman
K5	596,212	15346,49	Aman
K6	604,793	15567,373	Aman
K7	607,687	18203,788	Aman
K8	604,793	15567,373	Aman
K9	596,212	15346,49	Aman
K10	581,223	14960,683	Aman
K11	559,921	14412,37	Aman
K12	510,898	13150,51	Aman
K13	184,669	4787,269	Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status

K14	101,567	6783,961	Aman
K15	252,987	6511,896	Aman
K16	271,383	6985,4	Aman
K17	270,328	6958,254	Aman
K18	262,671	6761,143	Aman
K19	255,301	6571,454	Aman
K20	252,599	6905,88	Aman
K21	255,301	6571,454	Aman
K22	262,671	6761,143	Aman
K23	270,328	6958,254	Aman
K24	271,383	6985,4	Aman
K25	252,987	6985,4	Aman
K26	101,567	6783,961	Aman
Lantai 3			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	30,666	5624,745	Aman
K28	74,672	1922,069	Aman
K29	75,969	1955,446	Aman
K30	73,711	1897,324	Aman
K31	69,44	1787,395	Aman
K32	66,419	1709,614	Aman
K33	65,846	1721,126	Aman
K34	66,419	1709,614	Aman
K35	69,44	1787,395	Aman
K36	73,711	1897,324	Aman
K37	75,969	1955,446	Aman
K38	74,672	1922,069	Aman
K39	30,666	5624,745	Aman

Berdasarkan Tabel 4.8 memperlihatkan hasil momen pada kolom portal 2dimana seluruh kolom tidak mengalami kegagalan dan dianggap masih mampu menahan beban gelombang ledakan sebesar 500 TNT pada jarak 15 meter di

depan tengah struktur. Dimana hasil momen terbesar adalah 18203,788 kNmm pada kolom K7 lantai 1.

3. Portal 3

Tabel 4. 9. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 3

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	208,767	5373,654	Aman
K2	291,025	7490,983	Aman
K3	302,475	7785,701	Aman
K4	305,093	7853,097	Aman
K5	305,692	7868,511	Aman
K6	305,973	7875,756	Aman
K7	306,077	8479,482	Aman
K8	305,973	7875,756	Aman
K9	305,692	7868,511	Aman
K10	305,093	7853,097	Aman
K11	302,475	7785,701	Aman
K12	291,025	7490,983	Aman
K13	208,767	5373,654	Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	125,251	3663,802	Aman
K15	171,457	4413,307	Aman
K16	181,035	4659,839	Aman
K17	182,847	4706,473	Aman
K18	183,92	4734,111	Aman
K19	184,584	4751,193	Aman
K20	184,848	4970,773	Aman
K21	184,584	4751,193	Aman

K22	183,92	4734,111	Aman
K23	182,847	4706,473	Aman
K24	181,035	4659,839	Aman
K25	171,457	4413,307	Aman
K26	125,251	3663,802	Aman
Lantai 3			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	36,176	2870,8	Aman
K28	52,168	1342,795	Aman
K29	55,818	1436,75	Aman
K30	56,312	1449,466	Aman
K31	56,667	1458,614	Aman
K32	56,804	1462,122	Aman
K33	56,823	1482,135	Aman
K34	56,804	1462,122	Aman
K35	56,667	1458,614	Aman
K36	56,312	1449,466	Aman
K37	55,818	1436,75	Aman
K38	52,168	1342,795	Aman
K39	36,176	2870,8	Aman

Berdasarkan Tabel 4.9 memperlihatkan hasil momen pada kolom portal 3dimana seluruh kolom tidak mengalami kegagalan dan dianggap masih mampu menahan beban gelombang ledakan sebesar 500 TNT pada jarak 15 meter di depan tengah struktur. Dimana hasil momen terbesar adalah 8479,482 kNmm pada kolom K7 lantai 1.

4. Portal 4

Tabel 4. 10. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 4

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	226,85	5839,117	Aman

K2	261,848	6739,955	Aman
K3	261,233	6723,876	Aman
K4	259,637	6683,056	Aman
K5	258,012	6641,223	Aman
K6	257,096	6617,657	Aman
K7	256,808	7028,241	Aman
K8	257,096	6617,657	Aman
K9	258,012	6641,223	Aman
K10	259,637	6683,056	Aman
K11	261,233	6723,876	Aman
K12	261,848	6739,955	Aman
K13	226,85	5839,117	Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	134,514	3712,049	Aman
K15	154,186	3968,75	Aman
K16	155,505	4002,696	Aman
K17	154,74	3983,008	Aman
K18	154,529	3977,585	Aman
K19	154,636	3980,34	Aman
K20	154,709	4130,184	Aman
K21	154,636	3980,34	Aman
K22	154,529	3977,585	Aman
K23	154,74	3983,008	Aman
K24	155,505	4002,696	Aman
K25	154,186	3968,75	Aman
K26	134,514	3712,049	Aman
Lantai 3			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	38,967	2539,026	Aman

K28	47,364	1219,156	Aman
K29	48,577	1250,38	Aman
K30	48,622	1251,533	Aman
K31	49,002	1261,299	Aman
K32	49,321	1268,532	Aman
K33	49,45	1287,597	Aman
K34	49,321	1268,532	Aman
K35	49,002	1261,299	Aman
K36	48,622	1251,533	Aman
K37	48,577	1250,38	Aman
K38	47,364	1219,156	Aman
K39	38,967	2539,026	Aman

Berdasarkan Tabel 4.10 memperlihatkan hasil momen pada kolom portal 4dimana seluruh kolom tidak mengalami kegagalan dan dianggap masih mampu menahan beban gelombang ledakan sebesar 500 TNT pada jarak 15 meter di depan tengah struktur. Dimana hasil momen terbesar adalah 7028,241 kNmm pada kolom K7 lantai 1.

5. Portal 5

Tabel 4. 11. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 5

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	442,772	11396,964	Aman
K2	479,49	12342,061	Aman
K3	462,037	11892,829	Aman
K4	445,766	11474,023	Aman
K5	432,79	11140,018	Aman
K6	424,528	10927,34	Aman
K7	421,693	11562,51	Aman
K8	424,528	10927,34	Aman
K9	432,79	11140,018	Aman

K10	445,766	11474,023	Aman
K11	462,037	11892,829	Aman
K12	479,49	12342,061	Aman
K13	442,772	11396,964	Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	262,031	7533,243	Aman
K15	322,812	8470,337	Aman
K16	320,604	8252,349	Aman
K17	319,297	8218,702	Aman
K18	319,6	8226,503	Aman
K19	320,618	8252,704	Aman
K20	321,126	8718,077	Aman
K21	320,618	8252,704	Aman
K22	319,6	8226,503	Aman
K23	319,297	8218,702	Aman
K24	320,604	8252,349	Aman
K25	322,812	8470,337	Aman
K26	262,031	7533,243	Aman
Lantai 3			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	85,813	5921,915	Aman
K28	131,766	3391,659	Aman
K29	132,416	3408,392	Aman
K30	133,203	3428,651	Aman
K31	134,339	3457,897	Aman
K32	135,359	3484,152	Aman
K33	135,757	3572,601	Aman
K34	135,359	3484,152	Aman
K35	134,339	3457,897	Aman

K36	133,203	3428,651	Aman
K37	132,416	3408,392	Aman
K38	131,766	3391,659	Aman
K39	85,813	5921,915	Aman

Berdasarkan Tabel 4.11 memperlihatkan hasil momen pada kolom portal 5 dimana seluruh kolom tidak mengalami kegagalan dan dianggap masih mampu menahan beban gelombang ledakan sebesar 500 TNT pada jarak 15 meter di depan tengah struktur. Dimana hasil momen terbesar adalah 11562,51 kNmm pada kolom K7 lantai 1.

6. Portal 6

Tabel 4. 12. Momen Yang Terjadi Pada Kolom Portal 6

Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	436,311	11230,65	Aman
K2	436,538	11231,846	Aman
K3	450,429	11594,032	Aman
K4	466,373	12004,451	Aman
K5	479,101	12332,055	Aman
K6	487,313	12543,428	Aman
K7	490,141	14231,696	Aman
K8	487,313	12543,428	Aman
K9	479,101	12332,055	Aman
K10	466,373	12004,451	Aman
K11	450,429	11594,032	Aman
K12	436,538	11231,846	Aman
K13	436,311	11230,65	Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	223,081	5742,097	Aman
K15	231,325	5954,303	Aman

K16	232,798	5992,215	Aman
K17	235,77	6068,708	Aman
K18	237,569	6115,029	Aman
K19	238,348	6135,082	Aman
K20	238,54	6499,055	Aman
K21	238,348	6135,082	Aman
K22	237,569	6115,029	Aman
K23	235,77	6068,708	Aman
K24	232,798	5992,215	Aman
K25	231,325	5954,303	Aman
K26	223,081	5742,097	Aman
Lantai 3			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	59,045	2527,162	Aman
K28	65,307	1681,011	Aman
K29	66,239	1704,984	Aman
K30	67,849	1737,17	Aman
K31	68,593	1765,577	Aman
K32	69,272	1783,057	Aman
K33	69,521	1818,765	Aman
K34	69,272	1783,057	Aman
K35	68,593	1765,577	Aman
K36	67,849	1737,17	Aman
K37	66,239	1704,984	Aman
K38	65,307	1681,011	Aman
K39	59,045	2527,162	Aman

Berdasarkan Tabel 4.12 memperlihatkan hasil momen pada kolom portal 6dimana seluruh kolom tidak mengalami kegagalan dan dianggap masih mampu menahan beban gelombang ledakan sebesar 500 TNT pada jarak 15 meter di depan tengah struktur. Dimana hasil momen terbesar adalah 14231,696 kNmm pada kolom K7 lantai 1.

B. Hasil Analisa Struktur Gedung Terhadap Beban Ledakan dengan Jarak 15 meter di samping struktur

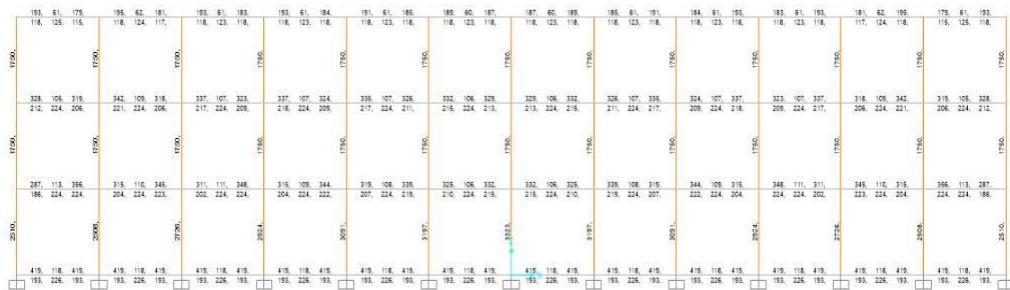
Lantai 1			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K1	261,021	19744	Aman
K2	402,308	12165,779	Aman
K3	372,886	11276,087	Aman
K4	362,357	10957,685	Aman
K5	462,47	13985,106	Aman
K6	357,51	10811	Aman
Lantai 2			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K14	163,928	10310,376	Aman
K15	249,385	10362,73	Aman
K16	225,681	10490,624	Aman
K17	221,578	10954,73	Aman
K18	277,836	10630,597	Aman
K19	215,941	9590,138	Aman
Lantai 3			
Kolom	P (KNmm)	M (KNmm)	Status
K27	61,325	11194,655	Aman
K28	95,372	10437,183	Aman
K29	73,888	9706,022	Aman
K30	70,685	9413,66	Aman
K31	94,387	9345,319	Aman
K32	68,998	8391,816	Aman

Berdasarkan hasil Analisa, didapatkan hasil momen terjadi yang berbeda pada tiap kolomnya. Pada analisa struktur gedung akibat beban ledakan di samping struktur dengan jarak 15 meter, membuktikan bahwa

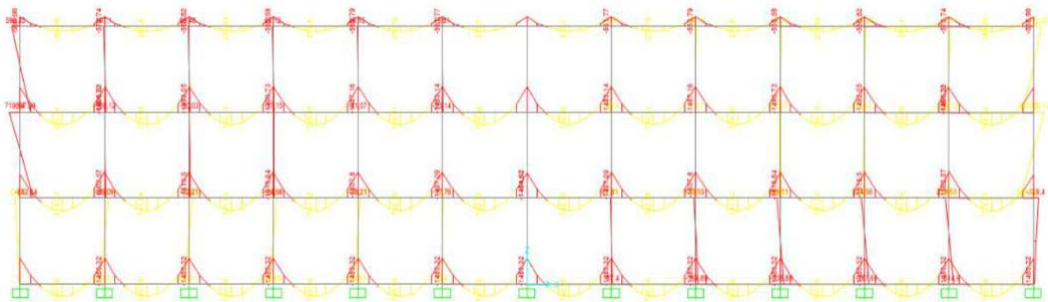
struktur gedung dengan dinding terkekang mempunyai jarak aman terhadap beban ledakan dengan massa 500 Kg TNT pada jarak 15 meter.

Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur kolom tidak runtuh dan aman menerima beban gelombang ledakan sebesar 500 kg TNT. Sehingga dapat dibuktikan bahwa jarak aman bangunan gedung dari gelombang ledakan adalah 15 meter.

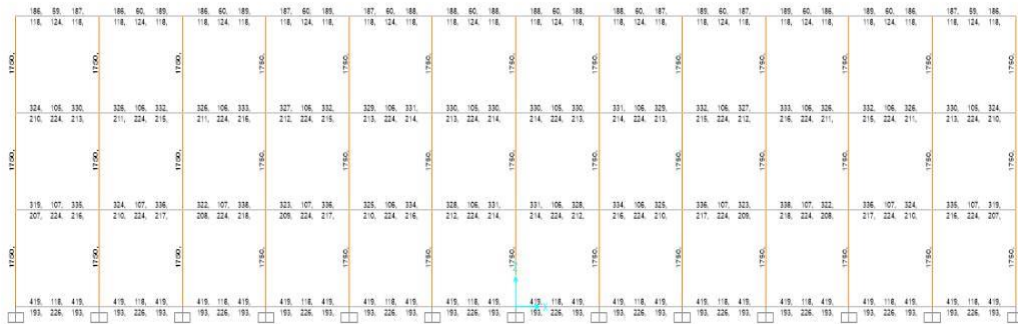
4.4. Hasil Analisa Pada Software SAP2000



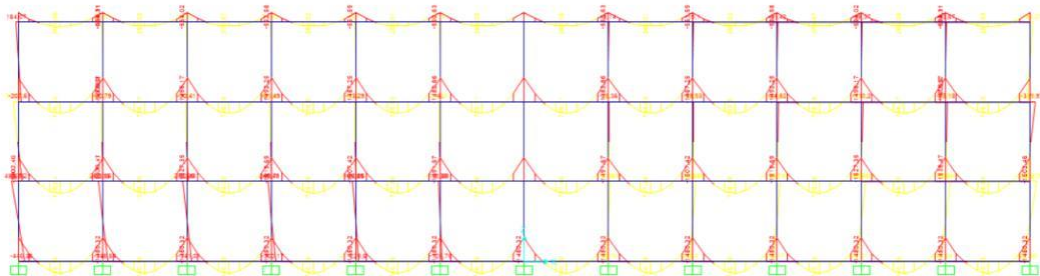
Gambar 4. 10. Hasil Running Struktur Gedung tanpa dinding terkekang



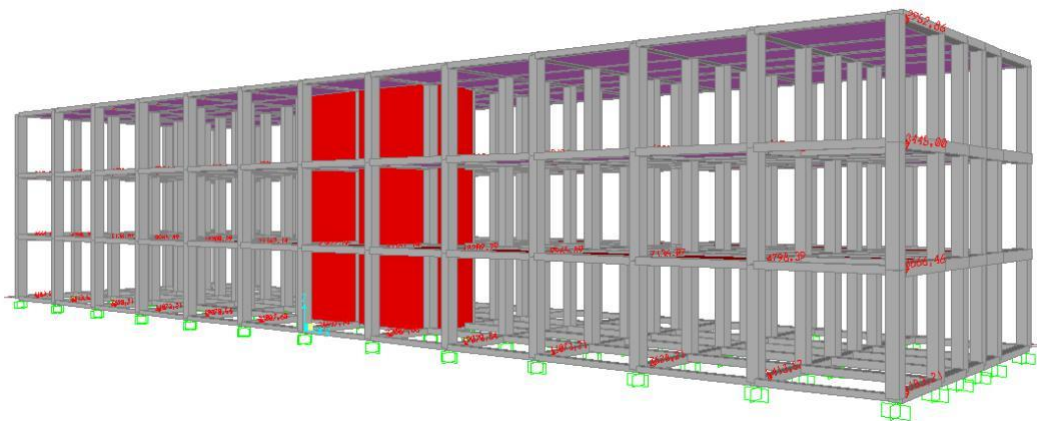
Gambar 4. 11. Momen pada Struktur Gedung tanpa dinding Terkekang



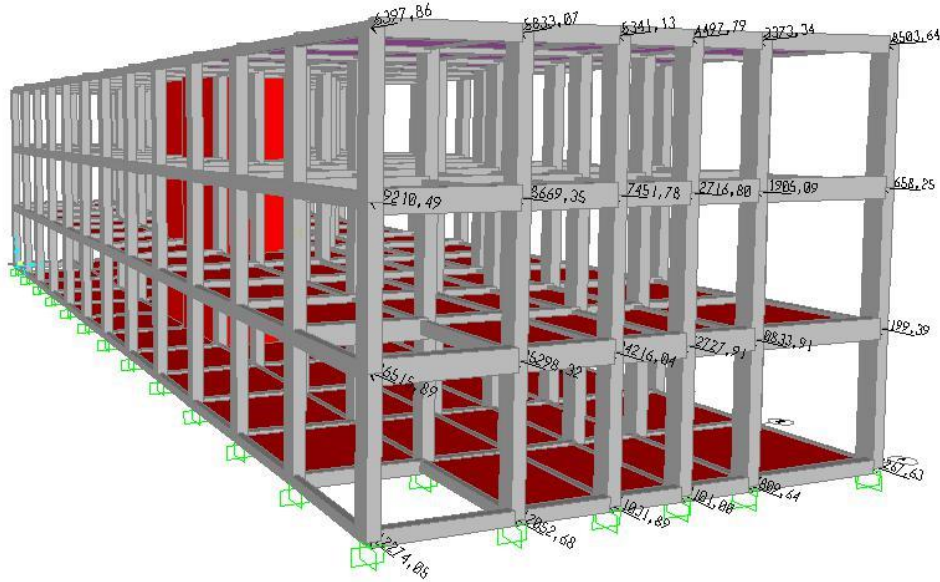
Gambar 4. 12. Hasil Running Struktur Gedung dengan Dinding Terkekang



Gambar 4. 13. Momen pada Struktur Gedung dengan dinding Terkekang



Gambar 4. 14. Titik Joint Pembebanan Gelombang Ledakan pada jarak 15 meter di depan tengah struktur



Gambar 4. 15. Titik Joint Pembebanan Gelombang Ledakan pada jarak 15 meter di samping struktur

BAB V

PENUTUP

5.1.Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian dan permodelan struktur pada software *SAP2000*, maka didapatkan kesimpulan dari hasil analisa struktur kolom gedung dengan dan tanpa dinding terkekang akibat gelombang beban ledakan, sebagai berikut :

1. Gaya momen terbesar yang diperoleh pada struktur gedung tanpa dinding terkekang adalah sebesar 15098,843 kNmm dan menyebabkan terjadinya kegagalan struktur bangunan karena tidak mampu menahan beban gelombang ledakan sebesar 500 Kg TNT.
2. Struktur gedung dengan dinding terkekang mampu menahan beban gelombang ledakan dengan berat peledak 500 Kg TNT pada jarak aman 15 meter di depan tengah struktur dan samping struktur bangunan.
3. Keruntuhan kolom pada struktur gedung tanpa dinding terkekang terjadi pada lantai 1 dan pada portal 1 sampai 6.
4. Struktur gedung dengan penambahan dinding terkekang lebih kuat dalam menahan beban gelombang ledakan dengan mutu beton, mutu tulangan dan luas penampang yang sama dengan jarak aman sumber ledakan 15 meter dari struktur bangunan.

5.1.Saran

Saran yang dapat penulis berikan dari hasil penelitian ini yaitu :

1. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, dapat digunakan variasi jenis struktur bangunan yang sesuai dengan perencanaan.
2. Variasi massa beban ledakan dapat ditambah sesuai dengan perencanaan agar mendapatkan hasil yang lebih beragam.
3. Untuk mendapatkan hasil analisa yang lebih bervariasi, dapat dilengkapi dengan menggunakan metode analisa dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- Frapanti, S. (2018). Studi Perhitungan Kekakuan Portal Dinding Bata pada Bangunan Bertingkat dari Beberapa Negara dengan Pushover. *EDUCATIONAL BUILDING Vol.14, No.1*, 1-10.
- Heriana. (2019). Pengujian Ledakan Blast Explosion TNT dengan Pemodelan Menggunakan LS DYNA. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, 1-6.
- SNI 15-2094-2000. (2000). Bata merah pejal untuk pasangan dinding. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 196. www.bsn.go.id
- SNI 1727:2013 - BSN. (2013). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 196. www.bsn.go.id
- Hussein, A. T. (2010). Non-Linear Analysis of SDOF System under Blast Load. *European Journal of Scientific Research Vol.45 No.3*, 430-437.
- Hutauruk, G. M., & Tarigan, J. (2009). Analisa Pengaruh Dinding Masonry Terhadap Kekuatan Kolom pada Bangunan Sekolah Akibat Gaya Gempa (Studi Kasus Perencanaan Bangunan Sekolah Gunung Tarok, Meulaboh). *USU*, 1-17.
- SNI, 2847:2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 1–265.

- Jayasooriya, R. (2010). Vulnerability and Damage Analysis of Reinforced Concrete Framed Buildings Subjected to Near Field Blast Events. *PhD Thesis Queensland University of Technology*, 1-214.
- Joni, M., Suryanita, R., & A. K. (2016). Analisis Beban Ledakan dan Pengaruhnya Terhadap Struktur Portal Baja. *Jom FTEKNIK Volume 3 No. 2*, 1-7.
- Mukhlis, A., Afifuddin, M., & Abdullah. (2010). Simulasi Analitis Pengaruh Beban Ledakan Terhadap Struktur Gedung. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4)*, 131-138.
- Mulrony, B. P., Suryanita, R., & Ismeddyanto. (2016). Analisis Kekuatan Kolom Beton Bertulang dengan Penampang Persegi dan Silinder Akibat Beban Ledakan (Blasting Loads). *Jom FTEKNIK Volume 3 No. 2*, 1-15.
- Susanto, E., & Alisjahbana, S. W. (2020). Pengaruh Beban Ledakan pada Permukaan Tanah Terhadap Pelat Lantai Atap Bangunan Tinggi. *Rekayasa Sipil, Vol. 9 No. 2.*, 33-42.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan

1. Untuk menghitung nilai R pada lantai dasar dalam satuan Meter:

$$R = \sqrt{\text{Jarak beban ledakan}^2 + \text{Panjang batang}^2}$$

2. Untuk menghitung nilai R pada lantai 1 sampai dengan lantai 3 dalam satuan Meter:

$$R = \sqrt{\text{Tinggi bangunan}^2 + R \text{ lantai dasar}^2}$$

3. Untuk menghitung nilai R pada lantai dasar dalam satuan ft:

$$R = \sqrt{R \text{ (m)}} \times 3,28$$

4. Menentukan sudut dalam perhitungan pada lantai dasar

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{R}{L} \right)$$

5. Menentukan sudut dalam perhitungan pada lantai 1 sampai dengan lantai 3

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{R}{L} \right)$$

6. Dalam menentukan nilai skala jarak, Z pada Gambar 8 dapat ditentukan gelombang puncak, gelombang refleksi, durasi beban, dan durasi beban hingga merambat ke struktur (Pr). Sehingga didapat rumusan menghitung Z dan Pr sebagai berikut:

$$Z = \frac{R(ft)}{w \cdot t}$$

$$\Pr(\dots) = \frac{\Pr(\dots)}{P = \Pr_{9,8}(N)} \times 6,89$$

7. Setelah semua data di dapatkan dengan menggunakan rumus diatas, desain struktur dapat di analisa agar mengetahui bagian mana saja yang hancur akibat gelombang dari beban ledakan tersebut.

Analisa Perhitungan

Perhitungan gelombang akibat beban ledakan pada jarak beban 10 meter di depan tengah struktur

a. Perhitungan R (meter)

Lantai dasar

$$\text{Panjang bentang } 0 = R(m) = \sqrt{10^2 + 0^2} = 10 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang bentang } 4 = R(m) = \sqrt{10^2 + 4^2} = 10,77 \text{ meter} \quad \text{Panjang bentang } 8 = R(m) = \sqrt{10^2 + 8^2} = 12,806 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang bentang } 12 = R(m) = \sqrt{10^2 + 12^2} = 15,62 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang bentang } 16 = R(m) = \sqrt{10^2 + 16^2} = 18,868 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang bentang } 20 = R(m) = \sqrt{10^2 + 20^2} = 22,361 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang bentang } 24 = R(m) = \sqrt{10^2 + 24^2} = 26 \text{ meter}$$

Lantai 1

$$\text{Panjang bentang } 0 = R(m) = \sqrt{3,5^2 + 10^2} = 10,595 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang bentang } 4 = R(m) = \sqrt{3,5^2 + 10,77^2} = 11,325 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang bentang } 8 = R(m) = \sqrt{3,5^2 + 12,806^2} = 13,276 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang bentang } 12 = R(m) = \sqrt{3,5^2 + 15,62^2} = 16,008 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang bentang } 16 = R(m) = \sqrt{3,5^2 + 18,868^2} = 19,19 \text{ meter}$$

Panjang bentang 20
Panjang bentang 24

$$=R(m) = \sqrt{3,5^2 + 22,361^2} = 222,633 \text{ meter}$$

$$=R(m) = \sqrt{3,5^2 + 26^2} = 26,235 \text{ meter}$$

Lantai 2

Panjang bentang 0 = $R(m) = \sqrt{7^2 + 0^2} = 12,698 \text{ meter}$
Panjang bentang 4 = $R(m) = \sqrt{7^2 + 4^2} = 13,314 \text{ meter}$
Panjang bentang 8 = $R(m) = \sqrt{7^2 + 8^2} = 15,008 \text{ meter}$

Panjang bentang 12

$$=R(m) = \sqrt{7^2 + 12^2}$$

= 17,471 meter

Panjang bentang 16

$$=R(m) = \sqrt{7^2 + 16^2}$$

= 20,427 meter

Panjang bentang 20

$$=R(m) = \sqrt{7^2 + 20^2}$$

= 23,691 meter

Panjang bentang 24

$$=R(m) = \sqrt{7^2 + 24^2}$$

= 27,152 meter

Lantai 3

Panjang bentang 0 = $R(m) = \sqrt{10,5^2 + 0^2} = 16,477 \text{ meter}$
Panjang bentang 4 = $R(m) = \sqrt{10,5^2 + 4^2} = 16,956 \text{ meter}$
Panjang bentang 8 = $R(m) = \sqrt{10,5^2 + 8^2} = 18,317 \text{ meter}$

Panjang bentang 12

$$=R(m) = \sqrt{10,5^2 + 12^2} = 20,384 \text{ meter}$$

Panjang bentang 16

$$=R(m) = \sqrt{10,5^2 + 16^2}$$

= 22,967 meter

Panjang bentang 20

$$=R(m) = \sqrt{10,5^2 + 20^2}$$

= 25,913 meter

Panjang bentang 24

$$=R(m) = \sqrt{10,5^2 + 24^2}$$

= 29,112 meter

b. Perhitungan R (ft)

Lantai dasar

Panjang bentang 0 = $R = 10 \times 3,28 = 32,8 \text{ ft}$

Panjang bentang 4 = $R = 10,77 \times 3,28 = 35,327 \text{ ft}$ Panjang bentang 8 = $R = 12,806 \times 3,28 = 42,004 \text{ ft}$

Panjang bentang 12

$$=R = 15,62 \times 3,28 = 51,235 \text{ ft}$$

Panjang bentang 16

$$=R = 18,868 \times 3,28 = 61,887 \text{ ft}$$

Panjang bentang 20
Panjang bentang 24

$$=R = 22,361 \times 3,28 = 73,343 \text{ ft}$$

$$=R = 26 \times 3,28 = 85,28 \text{ ft}$$

Lantai 1

Panjang bentang 0 = $R = 10,595 \times 3,28 = 34,751 \text{ ft}$
 Panjang bentang 4 = $R = 11,325 \times 3,28 = 37,145 \text{ ft}$
 Panjang bentang 8 = $R = 13,276 \times 3,28 = 43,545 \text{ ft}$

Panjang bentang 12
Panjang bentang 16
Panjang bentang 20
Panjang bentang 24

$$=R = 16,008 \times 3,28 = 52,506 \text{ ft}$$

$$=R = 19,19 \times 3,28 = 62,943 \text{ ft}$$

$$=R = 22,633 \times 3,28 = 74,236 \text{ ft}$$

$$=R = 26,235 \times 3,28 = 86,049 \text{ ft}$$

Lantai 2

Panjang bentang 0 = $R = 12,698 \times 3,28 = 41,651 \text{ ft}$
 Panjang bentang 4 = $R = 13,314 \times 3,28 = 43,668 \text{ ft}$
 Panjang bentang 8 = $R = 15,008 \times 3,28 = 49,2274 \text{ ft}$

Panjang bentang 12
Panjang bentang 16
Panjang bentang 20
Panjang bentang 24

$$=R = 17,471 \times 3,28 = 57,306 \text{ ft}$$

$$=R = 20,427 \times 3,28 = 67 \text{ ft}$$

$$=R = 23,691 \times 3,28 = 77,706 \text{ ft}$$

$$=R = 27,152 \times 3,28 = 89,06 \text{ ft}$$

Lantai 3

Panjang bentang 0 = $R = 16,477 \times 3,28 = 54,045 \text{ ft}$
 Panjang bentang 4 = $R = 16,956 \times 3,28 = 55,615 \text{ ft}$
 Panjang bentang 8 = $R = 18,317 \times 3,28 = 60,079 \text{ ft}$

Panjang bentang 12
Panjang bentang 16
Panjang bentang 20
Panjang bentang 24

$$=R = 20,384 \times 3,28 = 66,859 \text{ ft}$$

$$=R = 22,967 \times 3,28 = 75,333 \text{ ft}$$

$$=R = 25,913 \times 3,28 = 84,996 \text{ ft}$$

$$=R = 29,112 \times 3,28 = 95,487 \text{ ft}$$

c. Perhitungan Z

Lantai dasar

Panjang bentang 0 = $Z = 1102,32^{1/3} = 3,175$
 Panjang bentang 4 = $Z = 1102,32^{35,327/1/3} = 3,42$

Panjang bentang 8

$$-Z = \frac{42,004}{1102,32} = 4,066$$

Panjang bentang 12

$$-Z = \frac{51,235}{1102,32} = 4,96$$

Panjang bentang 16

$$-Z = \frac{61,887}{1102,32} = 5,991$$

Panjang bentang 20

$$-Z = \frac{73,343}{1102,32} = 7,1$$

Panjang bentang 24

$$-Z = \frac{85,29}{1102,32} = 8,256$$

Lantai 1

Panjang bentang 0 = $Z = 1102,32^{34,751/1/3} = 3,364$
 Panjang bentang 4 = $Z = 1102,32^{37,145/1/3} = 3,596$

Panjang bentang 8

$$-Z = \frac{43,545}{1102,32} = 4,215$$

Panjang bentang 12

$$-Z = \frac{52,506}{1102,32} = 5,083$$

Panjang bentang 16

$$-Z = \frac{62,9435}{1102,32} = 6,093$$

Panjang bentang 20

$$-Z = \frac{74,236}{1102,32} = 7,186$$

Panjang bentang 24

$$-Z = \frac{86,049}{1102,32} = 8,33$$

Lantai 2

Panjang bentang 0 = $Z = 1102,32^{41,651/1/3} = 4,032$
 Panjang bentang 4 = $Z = 1102,32^{43,668/1/3} = 4,227$
 Panjang bentang 8 = $Z = 1102,32^{49,227/1/3} = 4,765$

Panjang bentang 12

$$-Z = \frac{57,306}{1102,32} = 5,548$$

$$\text{Panjang bentang 16} \quad =Z = \frac{67}{1102,32} = 6,486$$

$$\text{Panjang bentang 20} \quad -Z = \frac{77,706}{1102,32} = 7,522$$

$$\text{Panjang bentang 24} \quad -Z = \frac{89,06}{1102,32} = 8,621$$

Lantai 3

$$\text{Panjang bentang 0} = Z = 1102,32^{54,045}_{1/3} = 5,232$$

$$\text{Panjang bentang 4} = Z = 1102,32^{55,615}_{1/3} = 5,384$$

$$\text{Panjang bentang 8} = Z = 1102,32^{60,079}_{1/3} = 5,816$$

$$\text{Panjang bentang 12} \quad -Z = \frac{66,859}{1102,32} = 6,472$$

$$\text{Panjang bentang 16} \quad -Z = \frac{75,333}{1102,32} = 7,293$$

$$\text{Panjang bentang 20} \quad -Z = \frac{84,996}{1102,32} = 8,228$$

$$\text{Panjang bentang 24} \quad -Z = \frac{95,487}{1102,32} = 9,244$$

d. Perhitungan Pr didapatkan dari hasil Z yang disempurnakan dengan grafik parameter penentuan beban ledakan

Lantai dasar

$$\text{Panjang bentang 0} = 612 \text{ Psi}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{612 \times 6,89}{1000} = 4,217 \text{ MPa} \\ &= 4,217 \times (350 \times 500) = 737919 \text{ N} \\ &= 737919 \times 9,8 = 75297,86 \text{ Kg} \\ &= \frac{508 \times 6,89}{1000} = 3,500 \text{ MPa} \\ P &= 3,500 \times (350 \times 500) = 612521 \text{ N} \\ &= 612521 \times 9,8 = 62502,14 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang bentang 8} = 330 \text{ Psi}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{330 \times 6,89}{1000} = 2,274 \text{ MPa} \\
 &= 2,274 \times (350 \times 500) = 397897,5 \text{ N} \\
 &= 397897,5 \times 9,8 = 40601,79 \text{ Kg} \\
 P &= \frac{298 \times 6,89}{1000} = 2,053 \text{ MPa} \\
 &= 2,053 \times (350 \times 500) = 359313,5 \text{ N} \\
 P &= 359313,5 \times 9,8 = 36664,64 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bentang 16} &= 92 \text{ Psi} \\
 &= \frac{92 \times 6,89}{1000} = 0,634 \text{ MPa} \\
 &= 0,634 \times (350 \times 500) = 110929 \text{ N} \\
 P &= 110929 \times 9,8 = 11319,29 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bentang 20} &= 56 \text{ Psi} \\
 &= \frac{56 \times 6,89}{1000} = 0,386 \text{ MPa} \\
 &= 0,386 \times (350 \times 500) = 67522 \text{ N} \\
 P &= 67522 \times 9,8 = 6890 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bentang 24} &= 38 \text{ Psi} \\
 &= \frac{38 \times 6,89}{1000} = 0,262 \text{ MPa} \\
 &= 0,262 \times (350 \times 500) = 45818,5 \text{ N} \\
 P &= 45818,5 \times 9,8 = 4675,36 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Lantai 1

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bentang 0} &= 494 \text{ Psi} \\
 &= \frac{494 \times 6,89}{1000} = 3,404 \text{ MPa} \\
 &= 3,403 \times (350 \times 500) = 595640,5 \text{ N} \\
 P &= 595640,5 \times 9,8 = 60779,64 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Panjang bentang 4 = 418 Psi

$$\begin{aligned}
 &= \frac{418 \times 6,89}{1000} = 2,88 \text{ MPa} \\
 &= 2,88 \times (350 \times 500) = 304003,5 \text{ N} \\
 P &= 304003,5 \times 9,8 = 51238,93 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Panjang bentang 8 = 298 Psi

$$\begin{aligned}
 &= \frac{298 \times 6,89}{1000} = 2,053 \text{ MPa} \\
 &= 2,053 \times (350 \times 500) = 359313,5 \text{ N} \\
 P &= 359313,5 \times 9,8 = 36664,64 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Panjang bentang 12 = 147 Psi

$$\begin{aligned}
 &= \frac{147 \times 6,89}{1000} = 1,013 \text{ MPa} \\
 &= 1,013 \times (350 \times 500) = 177245,25 \text{ N} \\
 P &= 177245,25 \times 9,8 = 18086,25 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Panjang bentang 16 = 84 Psi

$$\begin{aligned}
 &= \frac{84 \times 6,89}{1000} = 0,579 \text{ MPa} \\
 &= 0,579 \times (350 \times 500) = 101283 \text{ N} \\
 P &= 101283 \times 9,8 = 10335 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Panjang bentang 20 = 57 Psi

$$\begin{aligned}
 &= \frac{57 \times 6,89}{1000} = 0,393 \text{ MPa} \\
 &= 0,393 \times (350 \times 500) = 68727,75 \text{ N} \\
 P &= 68727,75 \times 9,8 = 7013,04 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Panjang bentang 24 = 39 Psi

$$\begin{aligned}
 &= \frac{39 \times 6,89}{1000} = 0,269 \text{ MPa} \\
 &= 0,269 \times (350 \times 500) = 47024,25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$P = 47024,25 \times 9,8 = 4798,39 \text{ Kg}$$

Lantai 2

Panjang bentang 0 = 292 Psi

$$P = \begin{aligned} &= \frac{292 \times 6,89}{1000} = 2,012 \text{ MPa} \\ &= 2,012 \times (350 \times 500) = 352079 \text{ N} \\ &= 352079 \times 9,8 = 35926,43 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Panjang bentang 4 = 276 Psi

$$P = \begin{aligned} &= \frac{276 \times 6,89}{1000} = 1,902 \text{ MPa} \\ &= 1,902 \times (350 \times 500) = 332787 \text{ N} \\ &= 332787 \times 9,8 = 33957,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Panjang bentang 8 = 218 Psi

$$P = \begin{aligned} &= \frac{218 \times 6,89}{1000} = 1,502 \text{ MPa} \\ &= 1,502 \times (350 \times 500) = 262853,5 \text{ N} \\ &= 262853,5 \times 9,8 = 26821,79 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Panjang bentang 12 = 122 Psi

$$P = \begin{aligned} &= \frac{122 \times 6,89}{1000} = 0,841 \text{ MPa} \\ &= 0,841 \times (350 \times 500) = 147101,5 \text{ N} \\ &= 147101,5 \times 9,8 = 15010,36 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Panjang bentang 16 = 77 Psi

$$P = \begin{aligned} &= \frac{77 \times 6,89}{1000} = 0,531 \text{ MPa} \\ &= 0,531 \times (350 \times 500) = 92842,75 \text{ N} \\ &= 92842,75 \times 9,8 = 9473,75 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Panjang bentang 20 = 48 Psi

$$= \frac{48 \times 6,89}{1000} = 0,331 \text{ MPa}$$

P

$$= 0,331 \times (350 \times 500) = 57876 \text{ N}$$

$$= 57876 \times 9,8 = 5905,71 \text{ Kg}$$

Panjang bentang 24 = 33 Psi

$$= \frac{33 \times 6,89}{1000} = 0,227 \text{ MPa}$$

P

$$= 0,227 \times (350 \times 500) = 39789,75 \text{ N}$$

$$= 39789,75 \times 9,8 = 4060,18 \text{ Kg}$$

Lantai 3

Panjang bentang 0 = 147 Psi

$$= \frac{147 \times 6,89}{1000} = 1,0128 \text{ MPa}$$

P

$$= 1,0128 \times (350 \times 500) = 177245,25 \text{ N}$$

$$= 177245,25 \times 9,8 = 18086,25 \text{ Kg}$$

Panjang bentang 4 = 119 Psi

$$= \frac{119 \times 6,89}{1000} = 0,82 \text{ MPa}$$

P

$$= 0,82 \times (350 \times 500) = 143484,25 \text{ N}$$

$$= 143484,25 \times 9,8 = 14641,25 \text{ Kg}$$

Panjang bentang 8 = 108 Psi

$$= \frac{108 \times 6,89}{1000} = 0,744 \text{ MPa}$$

P

$$= 0,744 \times (350 \times 500) = 130221 \text{ N}$$

$$= 130221 \times 9,8 = 13287,86 \text{ Kg}$$

Panjang bentang 12 = 72 Psi

$$= \frac{72 \times 6,89}{1000} = 0,496 \text{ MPa}$$

P

$$= 0,496 \times (350 \times 500) = 86814 \text{ N}$$


$$= 86814 \times 9,8 = 8858,57 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bentang 16} & \text{ —————} = 54 \text{ Psi} \\
 & = \frac{54 \times 6,89}{1000} = 0,372 \text{ MPa} \\
 P & = 0,372 \times (350 \times 500) = 65110,5 \text{ N} \\
 & = 65110,5 \times 9,8 = 643,93 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$


$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bentang 20} & \text{ —————} = 38,7 \text{ Psi} \\
 & = \frac{38,7 \times 6,89}{1000} = 0,267 \text{ MPa} \\
 P & = 0,267 \times (350 \times 500) = 46662,52 \text{ N} \\
 & = 46662,52 \times 9,8 = 4761,48 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bentang 24} & \text{ —————} = 26,8 \text{ Psi} \\
 & = \frac{26,8 \times 6,89}{1000} = 0,185 \text{ MPa} \\
 P & = 0,185 \times (350 \times 500) = 32314,1 \text{ N} \\
 & = 32314,1 \times 9,8 = 3297,36 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$


Lampiran 2 Tabel Perhitungan Gelombang Ledakan Lantai 1

		FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG								
		JUDUL TANGGAL PENELITIAN DITELITI OLEH JENIS STRUKTUR JENIS ALAT		PERHITUNGAN GELOMBANG LEDAKAN OKTOBER 2020-JANUARI 2021 NISA HANIY KAMILAH GEDUNG 3 LANTAI MICROSOFT EXCEL						
Joint (m)	v	W (lb)	R (m)	R (ft)	Z	Pr (Psi)	Pr (Kpa)	P (Mpa)	Pr (N)	P (Kg)
LANTAI DASAR										
0	3,5	1102,32	10	32,800	3,175	612	4216,68	4,217	737919	75297,86
4	3,5	1102,32	10,770	35,327	3,420	508	3500,12	3,500	612521	62502,14
8	3,5	1102,32	12,806	42,004	4,066	330	2273,7	2,274	397897,5	40601,79
12	3,5	1102,32	15,620	51,235	4,960	298	2053,22	2,053	359313,5	36664,64
16	3,5	1102,32	18,868	61,887	5,991	92	633,88	0,634	110929	11319,29
20	3,5	1102,32	22,361	73,343	7,100	56	385,84	0,386	67522	6890,00
24	3,5	1102,32	26	85,280	8,256	38	261,82	0,262	45818,5	4675,36
4	3,5	1102,32	10,770	35,327	3,420	508	3500,12	3,500	612521	62502,14
8	3,5	1102,32	12,806	42,004	4,066	330	2273,7	2,274	397897,5	40601,79
12	3,5	1102,32	15,620	51,235	4,960	298	2053,22	2,053	359313,5	36664,64
16	3,5	1102,32	18,868	61,887	5,991	92	633,88	0,634	110929	11319,29
20	3,5	1102,32	22,361	73,343	7,100	56	385,84	0,386	67522	6890,00
24	3,5	1102,32	26	85,280	8,256	38	261,82	0,262	45818,5	4675,36

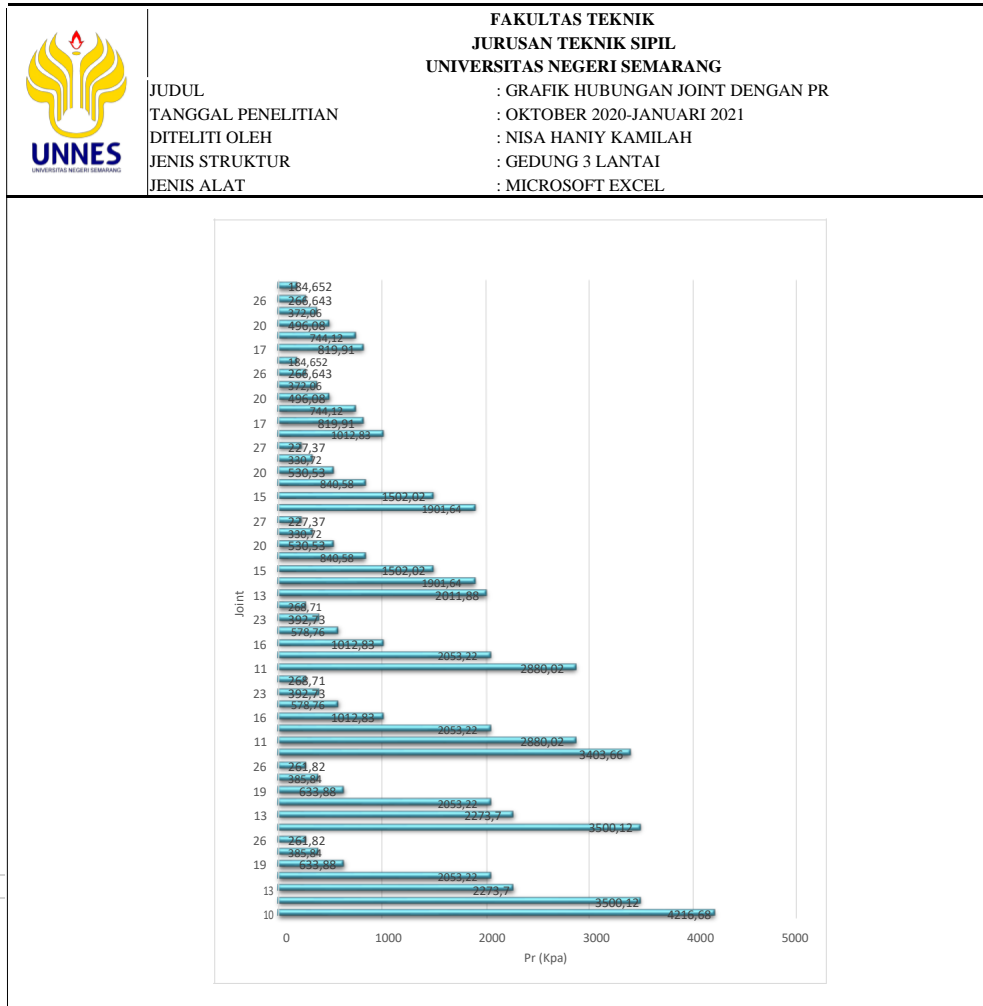
Lampiran 3 Tabel Perhitungan Gelombang Ledakan Lantai 2

		FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG								
		JUDUL		PERHITUNGAN GELOMBANG LEDAKAN						
TANGGAL PENELITIAN		OKTOBER 2020-JANUARI 2021								
DITELITI OLEH		NISA HANIY KAMILAH								
JENIS STRUKTUR		GEDUNG 3 LANTAI								
JENIS ALAT		MICROSOFT EXCEL								
Joint (m)	v	W (lb)	R (m)	R (ft)	Z	Pr (Psi)	Pr (Kpa)	P (Mpa)	Pr (N)	P (Kg)
LANTAI 2										
0	7	1102,32	12,698	41,651	4,032	292	2011,88	2,012	352079	35926,43
4	7	1102,32	13,314	43,668	4,227	276	1901,64	1,902	332787	33957,86
8	7	1102,32	15,008	49,227	4,765	218	1502,02	1,502	262853,5	26821,79
12	7	1102,32	17,471	57,306	5,548	122	840,58	0,841	147101,5	15010,36
16	7	1102,32	20,427	67,000	6,486	77	530,53	0,531	92842,75	9473,75
20	7	1102,32	23,691	77,706	7,522	48	330,72	0,331	57876	5905,71
24	7	1102,32	27,152	89,060	8,621	33	227,37	0,227	39789,75	4060,18
4	7	1102,32	13,314	43,668	4,227	276	1901,64	1,902	332787	33957,86
8	7	1102,32	15,008	49,227	4,765	218	1502,02	1,502	262853,5	26821,79
12	7	1102,32	17,471	57,306	5,548	122	840,58	0,841	147101,5	15010,36
16	7	1102,3	20,427	67,000	6,486	77	530,53	0,531	92842,75	9473,75
20	7	1102,3	23,691	77,706	7,522	48	330,72	0,331	57876	5905,71
24	7	1102,3	27,152	89,060	8,621	33	227,37	0,227	39789,75	4060,18

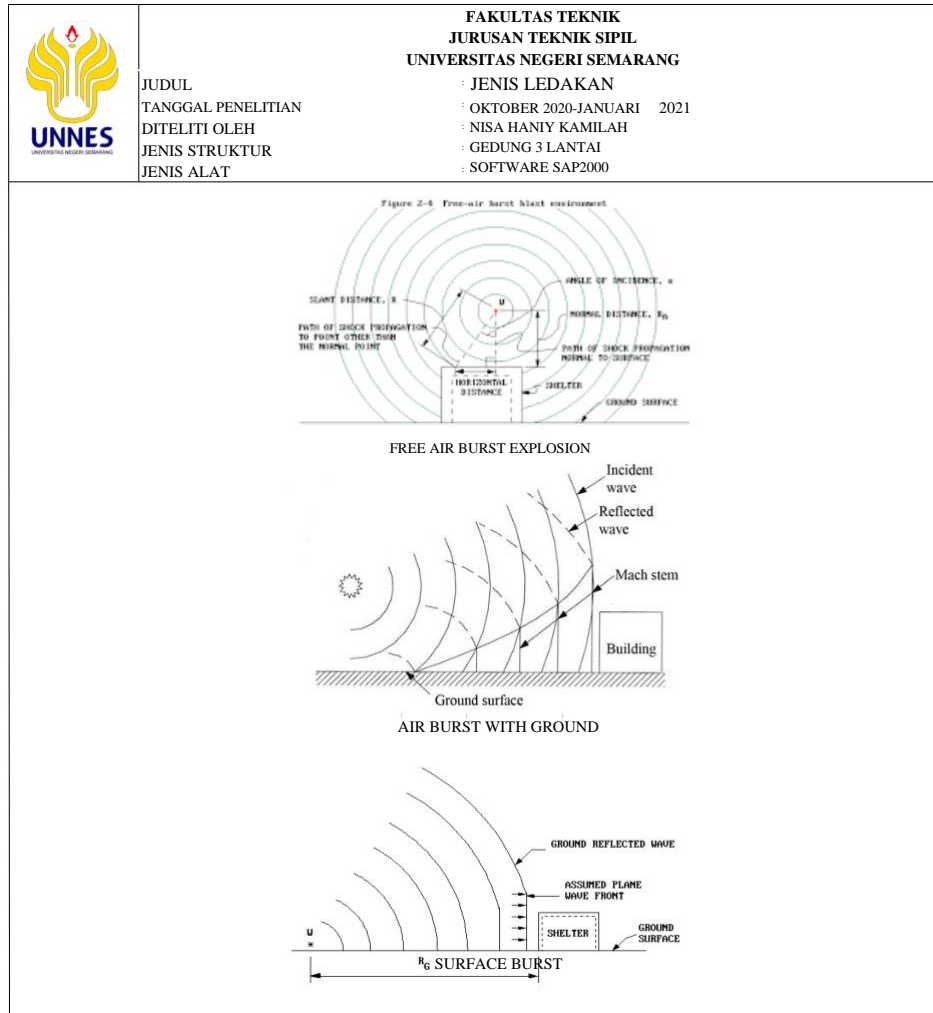
Lampiran 4 Tabel Perhitungan Gelombang Ledakan Lantai 3

		FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG								
JUDUL		PERHITUNGAN GELOMBANG LEDAKAN								
TANGGAL PENELITIAN		OKTOBER 2020-JANUARI 2021								
DITELITI OLEH		NISA HANIY KAMILAH								
JENIS STRUKTUR		GEDUNG 3 LANTAI								
JENIS ALAT		MICROSOFT EXCEL								
Joint (m)	v	W (lb)	R (m)	R (ft)	Z	Pr (Psi)	Pr (Kpa)	P (Mpa)	Pr (N)	P (Kg)
LANTAI 3										
0	10,5	1102,3	16,477	54,045	5,232	147	1012,83	1,0128	177245,25	18086,25
4	10,5	1102,3	16,956	55,615	5,384	119	819,91	0,8199	143484,25	14641,25
8	10,5	1102,3	18,317	60,079	5,816	108	744,12	0,7441	130221	13287,86
12	10,5	1102,3	20,384	66,859	6,472	72	496,08	0,4961	86814	8858,57
16	10,5	1102,3	22,967	75,333	7,293	54	372,06	0,3721	65110,5	6643,93
20	10,5	1102,3	25,913	84,996	8,228	38,7	266,643	0,2666	46662,525	4761,48
24	10,5	1102,3	29,112	95,487	9,244	26,8	184,652	0,1847	32314,1	3297,36
4	10,5	1102,3	16,956	55,615	5,384	119	819,91	0,8199	143484,25	14641,25
8	10,5	1102,3	18,317	60,079	5,816	108	744,12	0,7441	130221	13287,86
12	10,5	1102,3	20,384	66,859	6,472	72	496,08	0,4961	86814	8858,57
16	10,5	1102,3	22,967	75,333	7,293	54	372,06	0,3721	65110,5	6643,93
20	10,5	1102,3	25,913	84,996	8,228	38,7	266,643	0,2666	46662,525	4761,48
24	10,5	1102,3	29,112	95,487	9,244	26,8	184,652	0,1847	32314,1	3297,36

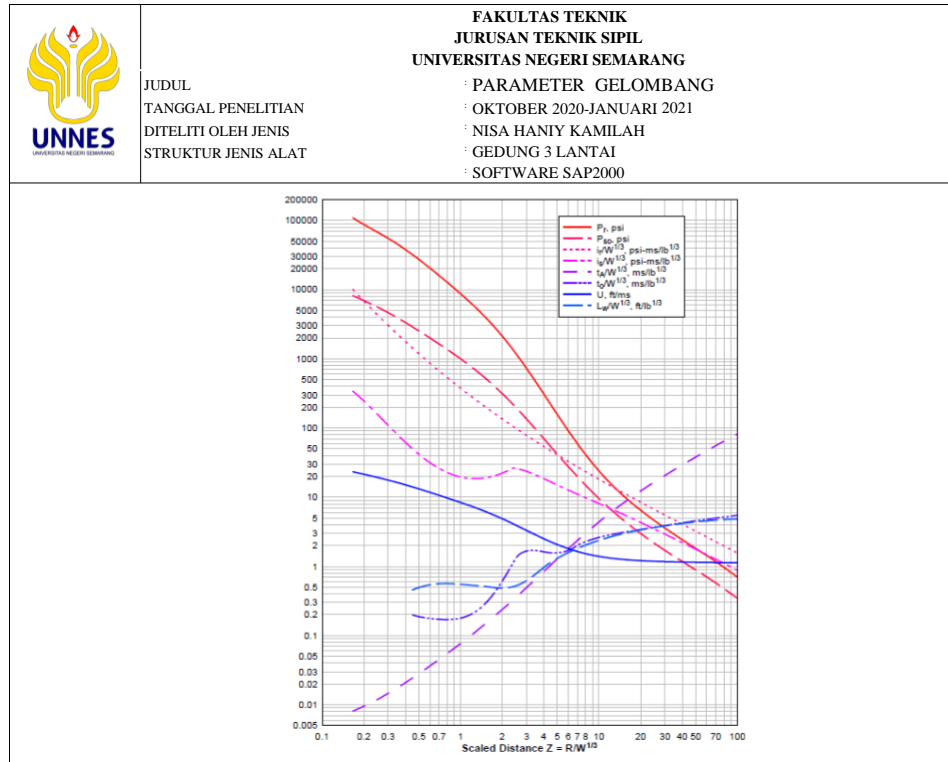
Lampiran 5 Grafik Hubungan Joint dengan Pr




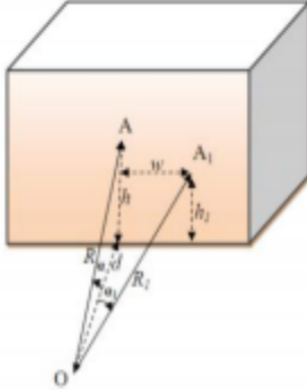
Lampiran 6 Jenis Ledakan




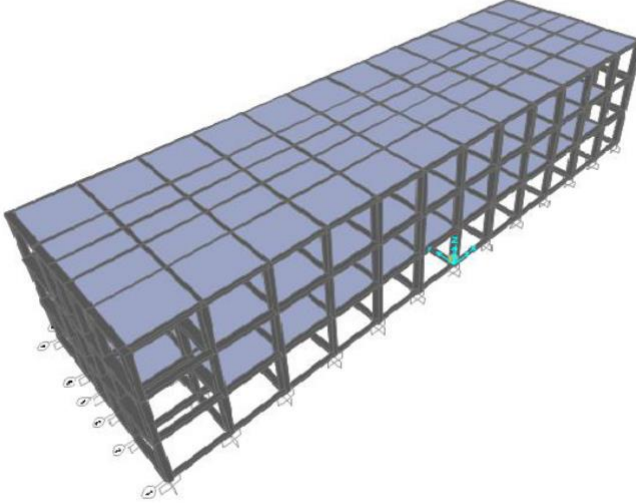
Lampiran 7 Parameter Gelombang




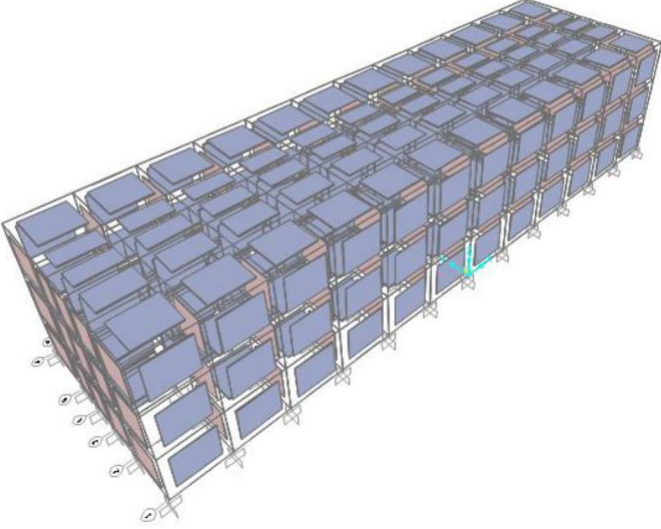
Lampiran 8 Ilustrasi Perhitungan Gelombang

 <p>UNNES UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</p>	<p style="text-align: center;">FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</p> <p>JUDUL : ILUSTRASI PERHITUNGAN GELOMBANG TANGGAL PENELITIAN : OKTOBER 2020-JANUARI 2021 DITELITI OLEH : NISA HANIY KAMILAH JENIS STRUKTUR : GEDUNG 3 LANTAI JENIS ALAT : SOFTWARE SAP2000</p>
	

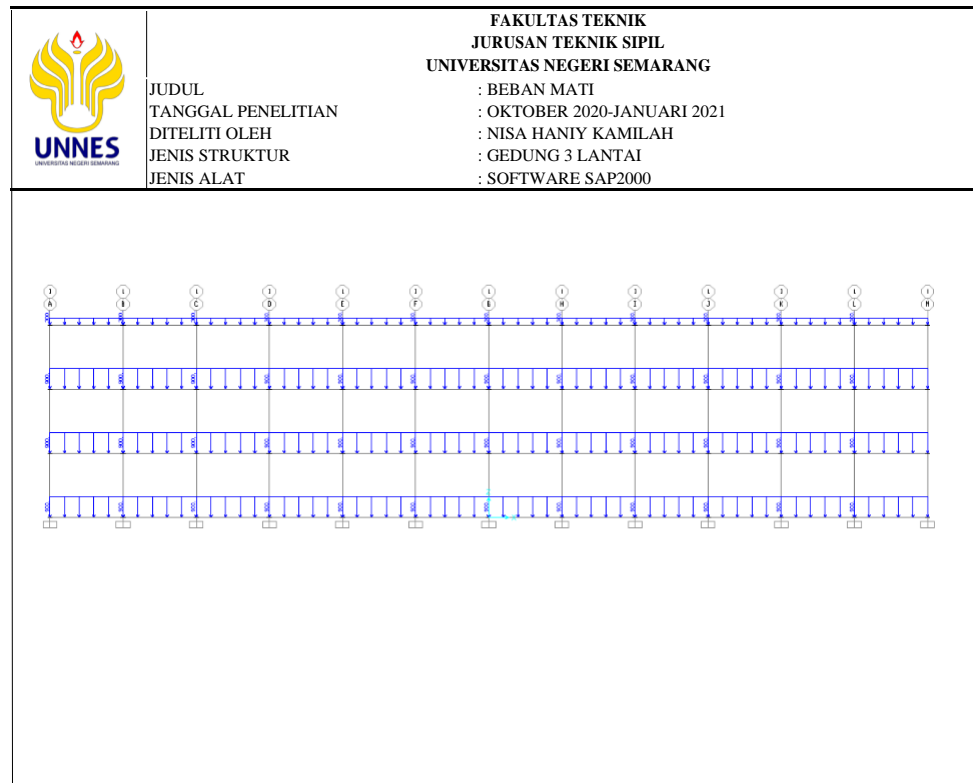
Lampiran 9 Desain 3D Struktur Tanpa Dinding Terkekang

 <p>UNNES UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</p>	<p>FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</p> <p>JUDUL : DESAIN 3D STRUKTUR TANPA DINDING TERKEKANG TANGGAL PENELITIAN : OKTOBER 2020-JANUARI 2021 DITELITI OLEH : NISA HANIY KAMILAH JENIS STRUKTUR : GEDUNG 3 LANTAI JENIS ALAT : SOFTWARE SAP2000</p>
	


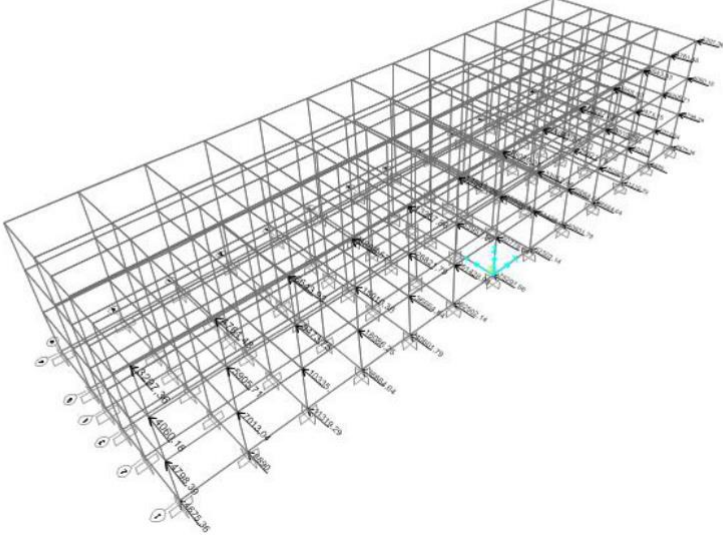
Lampiran 10 Desain 3D Struktur Dengan Dinding Terkekang

 <p>UNNES UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</p>	<p style="text-align: center;">FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</p> <p>JUDUL : DESAIN 3D STRUKTUR DENGAN DINDING TERKEKAN TANGGAL PENELITIAN : OKTOBER 2020-JANUARI 2021 DITELITI OLEH : NISA HANIY KAMILAH JENIS STRUKTUR : GEDUNG 3 LANTAI JENIS ALAT : SOFTWARE SAP2000</p>
	

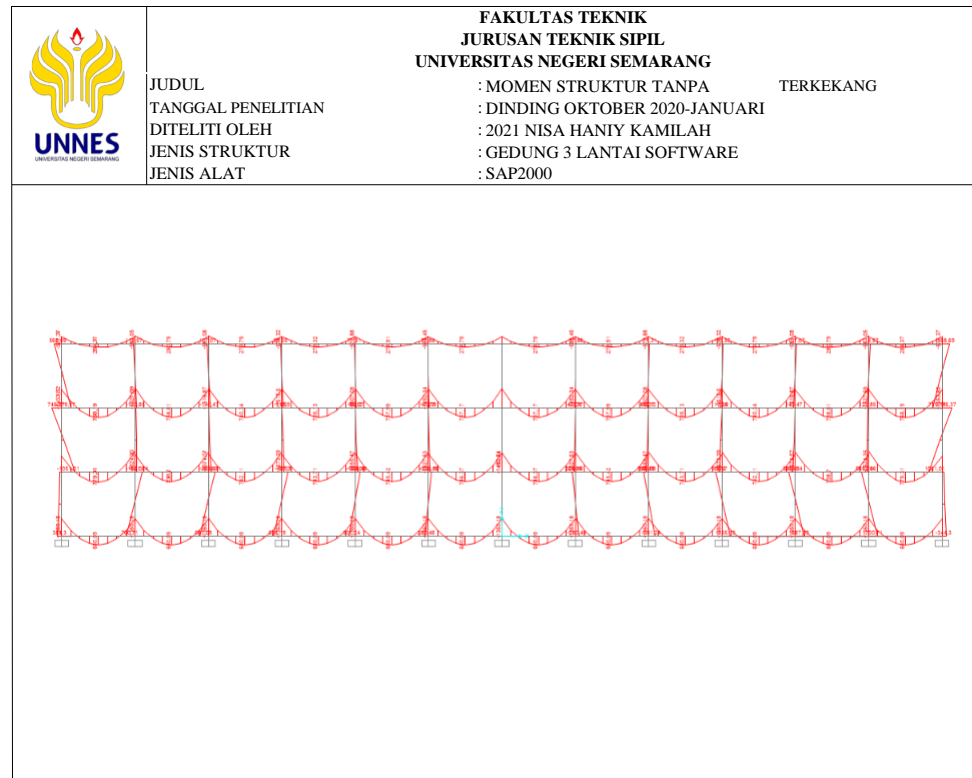
Lampiran 11Beban Mati Struktur



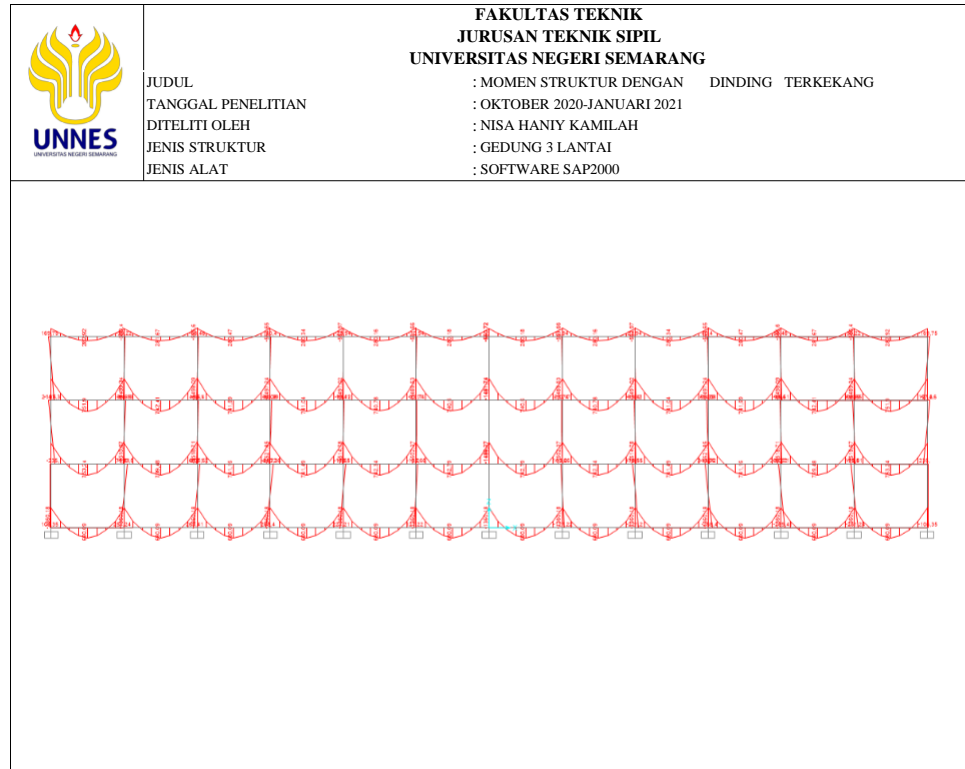
Lampiran 13Pembebanan Gelombang Ledakan

 <p>UNNES UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</p>	<p>FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</p> <p>JUDUL : PEMBEBANAN GELOMBANG LEDAKAN TANGGAL PENELITIAN : OKTOBER 2020-JANUARI 2021 DITELITI OLEH : NISA HANIY KAMILAH JENIS STRUKTUR : GEDUNG 3 LANTAI JENIS ALAT : SOFTWARE SAP2000</p>
	

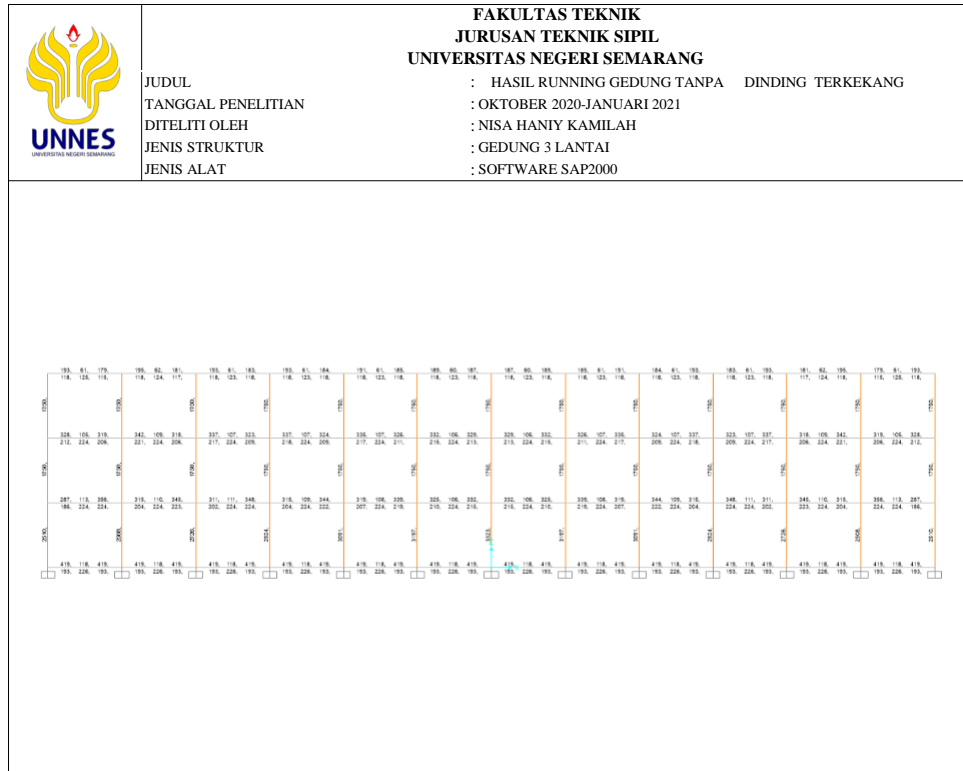
Lampiran 14 Momen Struktur Tanpa Dinding Terkekang



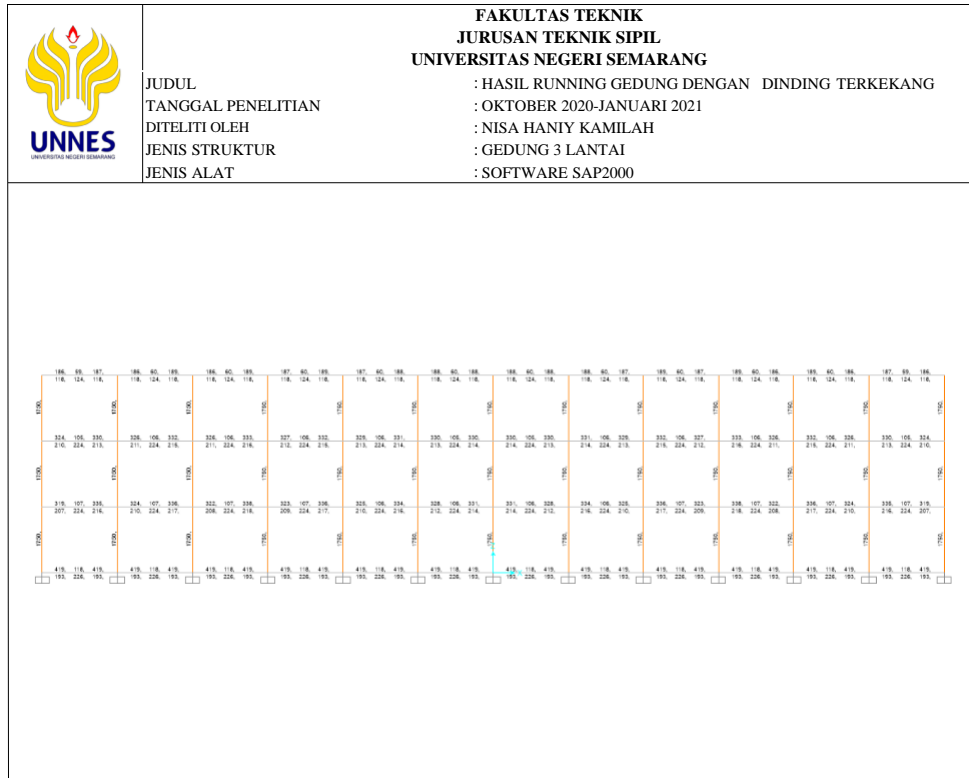
Lampiran 15 Momen Struktur Dengan Dinding Terkekang



Lampiran 16 Hasil Running Struktur Tanpa Dinding Terkekang



Lampiran 17 Hasil Running Struktur Dengan Dinding Terkekang



Lampiran 18 Perbandingan Momen Kolom Struktur Gedung Tanpa Dan Dengan Dinding Terkekang

A. Portal 1

Lantai 1		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K1	4726,997	2710,471
K2	9620,308	6698,234
K3	11489,43	7778,301
K4	11491,964	7598,572
K5	11480,846	7312,464
K6	11477,421	7119,142
K7	12356,138	7319,98
K8	11477,421	7119,142
K9	11480,846	7312,464
K10	11491,964	7598,572
K11	11489,43	7778,301
K12	9620,308	6698,234
K13	4726,997	2710,471
Lantai 2		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K14	11061,254	3543,121
K15	6668,837	5059,323

K16	7606,189	5781,409
K17	7670,05	5842,278
K18	7723,647	5843,841
K19	7764,781	5855,523
K20	8188,284	6077,648
K21	7764,781	5855,523
K22	7723,647	5843,841
K23	7670,05	5842,278
K24	7606,189	5781,409
K25	6668,837	5059,323
K26	11061,254	3543,121
Lantai 3		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K27	9397,537	3105,224
K28	2851,887	2011,923
K29	2872,939	2040,199
K30	2896,602	2054,5
K31	2915,964	2031,192
K32	2929,31	2017,423
K33	2987,717	2022,266
K34	2929,31	2017,423
K35	2915,964	2031,192
K36	2896,602	2054,5

K37	2872,939	2040,199
K38	2851,887	2011,923
K39	9397,537	3105,224

B. Portal 2

Lantai 1		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K1	5774,522	4787,269
K2	9356,856	13150,51
K3	10327,605	14412,37
K4	10327,196	14960,683
K5	10324,292	15346,49
K6	10322,41	15567,373
K7	22673,813	18203,788
K8	10322,41	15567,373
K9	10324,292	15346,49
K10	10327,196	14960,683
K11	10327,605	14412,37
K12	9356,856	13150,51
K13	5774,522	4787,269
Lantai 2		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K14	10778,631	6783,961
K15	10673,721	6511,896
K16	11684,462	6985,4
K17	11711,942	6958,254

K18	11725,733	6761,143
K19	11735,636	6571,454
K20	12709,504	6905,88
K21	11735,636	6571,454
K22	11725,733	6761,143
K23	11711,942	6958,254
K24	11684,462	6985,4
K25	10673,721	6985,4
K26	10778,631	6783,961
Lantai 3		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K27	9883,72	5624,745
K28	4590,299	1922,069
K29	4572,01	1955,446
K30	4585,328	1897,324
K31	4594,423	1787,395
K32	4600,968	1709,614
K33	4741,339	1721,126
K34	4600,968	1709,614
K35	4594,423	1787,395
K36	4585,328	1897,324
K37	4572,01	1955,446
K38	4590,299	1922,069

K39	9883,72	5624,745
-----	---------	----------

C. Portal 3

Lantai 1		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K1	5440,755	5373,654
K2	8635,85	7490,983
K3	8613,755	7785,701
K4	8604,439	7853,097
K5	8596,104	7868,511
K6	8590,962	7875,756
K7	9308,686	8479,482
K8	8590,962	7875,756
K9	8596,104	7868,511
K10	8604,439	7853,097
K11	8613,755	7785,701
K12	8635,85	7490,983
K13	5440,755	5373,654
Lantai 2		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K14	10035,549	3663,802
K15	9654,472	4413,307
K16	9787,969	4659,839
K17	9814,949	4706,473

K18	9835,991	4734,111
K19	9850,896	4751,193
K20	10536,463	4970,773
K21	9850,896	4751,193
K22	9835,991	4734,111
K23	9814,949	4706,473
K24	9787,969	4659,839
K25	9654,472	4413,307
K26	10035,549	3663,802
Lantai 3		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K27	9345,578	2870,8
K28	3643,22	1342,795
K29	3702,423	1436,75
K30	3715,267	1449,466
K31	3724,948	1458,614
K32	3731,633	1462,122
K33	3824,677	1482,135
K34	3731,633	1462,122
K35	3724,948	1458,614
K36	3715,267	1449,466
K37	3702,423	1436,75
K38	3643,22	1342,795

K39	9345,578	2870,8
-----	----------	--------

D. Portal 4

Lantai 1		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K1	7082,038	5839,117
K2	10355,694	6739,955
K3	10326,554	6723,876
K4	10322,886	6683,056
K5	10319,029	6641,223
K6	10315,822	6617,657
K7	11369,716	7028,241
K8	10315,822	6617,657
K9	10319,029	6641,223
K10	10322,886	6683,056
K11	10326,554	6723,876
K12	10355,694	6739,955
K13	7082,038	5839,117
Lantai 2		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K14	111113,08	3712,049
K15	10245,992	3968,75
K16	10256,153	4002,696
K17	10253,641	3983,008

K18	10252,291	3977,585
K19	10250,677	3980,34
K20	11011,022	4130,184
K21	10250,677	3980,34
K22	10252,291	3977,585
K23	10253,641	3983,008
K24	10256,153	4002,696
K25	10245,992	3968,75
K26	111113,08	3712,049
Lantai 3		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K27	9122,031	2539,026
K28	3709,813	1219,156
K29	3720,692	1250,38
K30	3719,548	1251,533
K31	3719,74	1261,299
K32	3719,771	1268,532
K33	3811,993	1287,597
K34	3719,771	1268,532
K35	3719,74	1261,299
K36	3719,548	1251,533
K37	3720,692	1250,38
K38	3709,813	1219,156

K39	9122,031	2539,026
-----	----------	----------

E. Portal 5

Lantai 1		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K1	13036,692	11396,964
K2	16937,969	12342,061
K3	25329,238	11892,829
K4	25346,118	11474,023
K5	25359,332	11140,018
K6	16970,825	10927,34
K7	30920,515	11562,51
K8	16970,825	10927,34
K9	25359,332	11140,018
K10	25346,118	11474,023
K11	25329,238	11892,829
K12	16937,969	12342,061
K13	13036,692	11396,964
Lantai 2		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K14	11166,096	7533,243
K15	14233,469	8470,337
K16	14181,541	8252,349
K17	14119,953	8218,702

K18	14065,265	8226,503
K19	14025,402	8252,704
K20	15516,901	8718,077
K21	14025,402	8252,704
K22	14065,265	8226,503
K23	14119,953	8218,702
K24	14181,541	8252,349
K25	14233,469	8470,337
K26	11166,096	7533,243
Lantai 3		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K27	8770,676	5921,915
K28	5157,508	3391,659
K29	5133,156	3408,392
K30	5102,398	3428,651
K31	5077,012	3457,897
K32	5059,411	3484,152
K33	5226,073	3572,601
K34	5059,411	3484,152
K35	5077,012	3457,897
K36	5102,398	3428,651
K37	5133,156	3408,392
K38	5157,508	3391,659

K39	8770,676	5921,915
-----	----------	----------

F. Portal 6

Lantai 1		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K1	14659,738	11230,65
K2	13213,383	11231,846
K3	13201,286	11594,032
K4	13217,199	12004,451
K5	13228,592	12332,055
K6	13235,056	12543,428
K7	15026,753	14231,696
K8	13235,056	12543,428
K9	13228,592	12332,055
K10	13217,199	12004,451
K11	13201,286	11594,032
K12	13213,383	11231,846
K13	14659,738	11230,65
Lantai 2		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K14	11579,498	5742,097
K15	10988,027	5954,303
K16	10955,293	5992,215
K17	10916,555	6068,708

K18	10883,587	6115,029
K19	10860,011	6135,082
K20	11738,23	6499,055
K21	10860,011	6135,082
K22	10883,587	6115,029
K23	10916,555	6068,708
K24	10955,293	5992,215
K25	10988,027	5954,303
K26	11579,498	5742,097
Lantai 3		
Kolom	Momen Tanpa Dinding Terkekang	Momen Dengan Dinding Terkekang
K27	8677,673	2527,162
K28	3813,593	1681,011
K29	3802,677	1704,984
K30	3786,142	1737,17
K31	3773,221	1765,577
K32	3764,369	1783,057
K33	3857,314	1818,765
K34	3764,369	1783,057
K35	3773,221	1765,577
K36	3786,142	1737,17
K37	3802,677	1704,984
K38	3813,593	1681,011
K39	8677,673	2527,162