

ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN GAYA-GAYA DALAM PROGRAM SAP2000 v21 DENGAN METODE MATRIKS KEKAKUAN PADA GEDUNG RUMAH SUSUN MAHASISWA UNIVERSITAS NEGERI MANADO

Juan Chalisto¹, Nova Mamarimbing²,
Rifana S.S.I. Kawet², Rocky F. Roring²

¹)Program Studi Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan

²)Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado, Minahasa

Email: chalisto@yahoo.com

Abstrak

Ilmu pengetahuan dan teknologi di dunia konstruksi saat ini berkembang pesat, salah satu bentuk penerapannya adalah penggunaan aplikasi program komputer dalam analisis struktur. Dengan adanya program ini pekerjaan perencana lebih dominan pada analisis struktur bangunan dengan menggunakan program dibandingkan dengan analisis secara manual. Hal ini tentunya yang membuat penggunaan dalam metode manual sudah semakin jarang digunakan. Berbagai macam metode yang dipakai untuk menganalisis struktur baik dengan metode Manual maupun menggunakan Program Komputer. Dengan demikian berbagai metode tersebut memiliki perbedaan baik dalam langkah-langkah perhitungan maupun hasil akhir yang diperoleh. Akibat adanya perbedaan tersebut sehingga dilakukan analisis perbandingan perhitungan antara metode manual Metode Matriks Kekakuan dengan Program komputer SAP2000 v21. Teknik analisis yang dilakukan yaitu dengan melakukan analisis perbandingan dimana analisa ini dikhususkan untuk membandingkan Metode Matriks dan Program SAP2000 v21, namun dalam kasus ini metode manual digunakan sebagai pembanding atau verifikasi hasil analisis yang diperoleh dari program SAP2000 v21 tersebut. Terkait hasil analisis yang dilakukan maka Program SAP2000 v21 lebih efisien waktu dibandingkan dengan metode manual yaitu Matriks Kekakuan, kemudian diperoleh hasil analisis memiliki perbedaan nilai dengan selisih yang kecil dimana selisih nilai yang ditinjau pada keseluruhan elemen dengan persentase nilai 2%-5%, kemudian ditinjau pada bagian elemen yang sama dengan persentase nilai 1%-5%.

Kata Kunci : Analisis Struktur, Metode matriks kekakuan, Program SAP2000 v21

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini berkembang sangat cepat dan dapat dirasakan langsung oleh manusia di berbagai bidang, baik secara individu maupun kelompok. Dalam dunia konstruksi khususnya Teknik sipil juga dapat dirasakan dalam berbagai penerepanya yaitu dapat digunakan dalam menyelesaikan berbagai permasalahan seperti dalam rekayasa struktur sudah dapat diatasi meskipun dengan berbagai jenis persoalan yang sulit.

Dampak dari kemajuan teknologi tersebut seorang insinyur teknik sipil dituntut untuk dapat mengikuti dan beradaptasi terhadap perkembangan teknologi dalam situasi sekarang yaitu menerapkan dalam mendesain, merancang, penggunaan material juga pengoperasian alat dengan teknolog terbaru. Hal ini menambah pemahaman para Praktisi Konstruksi, Konsultan serta para insinyur teknik sipil dalam bidang rekayasa sipil untuk semakin meningkatkan pengetahuannya agar dapat menyelesaikan masalah juga menghasilkan produk pekerjaan yang aman, dan efisien.

Struktur bangunan merupakan faktor utama dalam setiap konstruksi sehingga struktur pada konstruksi tersebut harus direncanakan dengan efisien, aman dan akurat. Pada elemen-elemen struktur seperti balok, kolom, juga rangka batang harus dimodelkan dengan baik agar memperoleh bentuk struktural yang aman dalam menahan berbagai beban.

Dalam merencanakan suatu konstruksi untuk menghitung momen pada suatu struktur bangunan, terdapat berbagai cara dan cara penyelesaiannya, baik secara manual maupun menggunakan alat yang berteknologi tinggi yaitu dengan menggunakan suatu aplikasi yaitu program komputer. Perkembangan teknologi dibidang teknik sipil tentunya memberikan kontribusi yang sangat menguntungkan bagi para perencana karena dapat membuat pekerjaan relatif lebih mudah dan efisien. Penggunaan aplikasi atau program komputer dalam perencanaan struktur dewasa ini cenderung lebih banyak digunakan daripada cara manual dalam menghitung gaya-gaya dalam pada struktur gedung, namun cara manual digunakan untuk memverifikasi hasil perhitungan program.

Untuk cara menghitung gaya menggunakan program komputer terlebih dahulu harus memahami prinsip analisis struktur dimana prinsip tersebut sering diterapkan pada cara manual, hal ini dilakukan karena cara manual menghitung gaya dalam merupakan dasar perhitungan menggunakan program komputer /aplikasi. Dengan kata lain, Bahasa pemrograman yang digunakan dalam metode perhitungan dengan program komputer didasarkan pada konsep perhitungan manual. Namun dari segi efisiensi, cara manual relatif lebih lama dibandingkan dengan menggunakan program komputer.

Metode perhitungan gaya dalam dalam analisis struktur suatu bangunan memiliki konsep yang sama, baik perhitungannya dilakukan secara manual maupun dengan program komputer. Tinggal bagaimana seorang perencana struktur dapat mengaplikasikannya dalam menghitung besarnya gaya- gaya dalam pada suatu bangunan dengan ketelitian yang sangat tinggi secara manual dan memasukkan input data yang benar sesuai dengan referensi dan peraturan yang ada dengan menggunakan program komputer, agar hasil yang maksimal diperoleh.

Ketelitian dalam perhitungan gaya-gaya dalam sangat penting, mengingat hasil gaya-gaya dalam tersebut akan dijadikan acuan bagi para perencana dalam merencanakan struktur bangunan. Kesalahan yang terjadi sangat fatal terhadap kekuatan dan kemampuan struktur dalam menerima beban. Selanjutnya berdasarkan permasalahan tersebut, penulis ingin melakukan analisis perbandingan antara metode penghitungan gaya dalam secara manual dengan menggunakan program komputer, dimana metode manual yaitu metode *Stiffness Matrix* digunakan sebagai verifikasi atas hasil analisis tersebut. pada program komputer SAP2000 v21.

Analisis ini dilakukan dengan cara menghitung besar gaya dalam dengan menggunakan cara manual atau program komputer pada salah satu proyek pembangunan rumah susun mahasiswa Universitas Negeri Manado, dimana proyek pembangunan tersebut memiliki struktur berupa struktur portal. Analisis akan membandingkan dua metode perhitungan gaya dalam, antara metode manual yang dalam hal ini menggunakan metode *Stiffness Matrix* dengan menggunakan program analisis struktur SAP2000 v21.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang: tersebut maka dapat dirumuskan permasalahan-permasalahan yang ada sebagai berikut

1. Bagaimanakah meningkatkan penguasaan dalam menganalisis perhitungan Gaya-Gaya Dalam dengan menggunakan program SAP2000 v21 ?
2. Bagaimanakah meningkatkan penguasaan dalam menganalisis struktur dengan menggunakan Metode manual khususnya dengan Metode Matriks Kekakuan ?
3. Bagaimanakah meningkatkan penguasaan dalam mengontrol hasil akhir dari analisa tersebut serta membandingkannya atau memverikasi hasilnya dengan metode Matriks Kekakuan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agar dapat memahami cara untuk mempersingkat waktu dalam menganalisis perhitungan gaya-gaya dalam dengan menggunakan program SAP2000 v21.
2. Untuk mengetahui cara meningkatkan penguasaan Analisa Struktur dengan Program SAP2000 v21.
3. Untuk meningkatkan penguasaan dalam mengontrol hasil akhir dari analisa tersebut serta membandingkannya atau memverikasi hasilnya dengan metode Matriks Kekakuan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Teori

Dalam pembangunan suatu struktur portal memiliki fungsi yang sangat penting. karena fungsi portal sebagai struktur rangka utama dalam suatu struktur bangunan. Dalam struktur portal, balok dan kolom merupakan elemen yang bertemu pada suatu titik berkumpul (Sanusi, 2013). Tujuan perencanaan struktur adalah untuk menghasilkan struktur yang kokoh dan ekonomis serta mudah diaplikasikan di lapangan. Kestabilan struktur dapat dicapai apabila tidak mengalami penurunan, terguling, mengalami kemiringan dan juga mengalami pergeseran selama umur rencana bangunan. Pada suprastruktur, portal merupakan bagian struktur yang paling penting untuk diperhatikan, karena jika gagal akan berakibat fatal seperti runtuhnya struktur atas bangunan secara keseluruhan akibat fungsi utama suatu struktur sebagai sarana penyaluran beban bangunan ke dalam tanah (Malik, 2014).

2.2 Konsep Dasar Analisa Struktur

Menurut Ghali dan Neville (1985), tujuan dari analisis struktur adalah untuk memperoleh nilai reaksi tumpuan dan gaya-gaya dalam yang dihasilkan, dalam menganalisis struktur digunakan ketentuan yang jika keduanya dapat ditentukan hanya dengan persamaan statis, maka strukturnya statis. Sedangkan jika struktur memiliki jumlah gaya yang tidak diketahui lebih besar dari jumlah persamaan kesetimbangan, maka struktur tersebut statis tak tentu. Menurut Liang (1984), suatu sistem gaya-gaya dalam pada suatu struktur berada dalam keadaan seimbang jika nilai gaya resultan dan momen resultan yang bekerja pada suatu titik sama dengan nol.

Tujuan dari analisis struktur adalah untuk mengetahui besarnya nilai reaksi penempatan dan gaya dalam berupa momen lentur, momen puntir, gaya normal dan gaya transversal yang terjadi akibat gaya luar yang bekerja. Kondisi kesetimbangan statis yang kita ketahui adalah $V = 0$, $H = 0$, dan $M = 0$. Dalam melakukan analisis struktur perlu dilakukan analisis beban yang dipikul oleh struktur. Dalam konstruksi bangunan, jenis beban yang dipikul adalah beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa (PPIUG 1987).

2.3 Analisis Pembebanan

Beban mati adalah berat seluruh bagian bangunan permanen, termasuk semua elemen tambahan, finishing, mesin dan peralatan yang merupakan bagian integral dari bangunan tersebut (PPPURG 1987). Beban hidup adalah semua beban yang bekerja karena ditempati atau digunakan suatu bangunan gedung, termasuk beban di lantai yang berasal dari barang bergerak, mesin dan peralatan yang bukan merupakan bagian integral dari bangunan gedung dan dapat diganti selama masa konstruksi. umur bangunan, mengakibatkan perubahan beban lantai dan atap. Khusus pada atau menjadi beban hidup, dapat mencakup beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) tetesan air (PPPURG 1987).

Beban gempa adalah semua beban statis ekuivalen yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan yang meniru efek gerakan tanah akibat gempa. Dalam hal pengaruh gempa terhadap struktur bangunan ditentukan berdasarkan analisis dinamik, maka beban gempa disini adalah gaya-gaya pada struktur yang terjadi akibat gerakan tanah akibat gempa (PPPURG 1987).

Pembebanan mengacu kepada peraturan SNI 2847-2013:

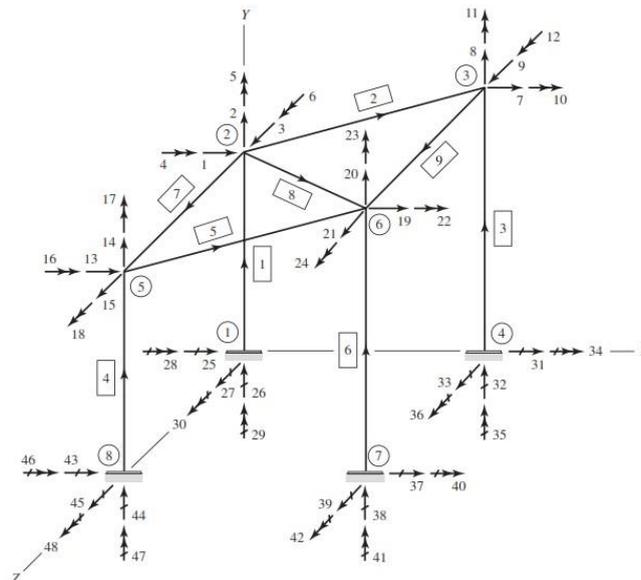
1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + 1,0L$
6. $0,9D + 1,0W$ 7. $0,9D + 1,0E$

2.4 Metode Matriks Kekakuan

Metode matriks kekakuan merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam menganalisis struktur statis tak tentu, seiring dengan berkembangnya teknologi komputer dalam mengoperasikan perhitungan aritmatika.

Konstruksi statis tak tentu tidak dapat dianalisa hanya dengan menggunakan persamaan kesetimbangan, diperlukan juga analisis sifat dan perilaku elemen struktur akibat adanya gaya (karakteristik hubungan antara gaya dan deformasi) yang digabungkan menjadi model matematis konstruksi, dimana kondisi kompatibilitas dan keseimbangan diperlukan. Harus dipenuhi kemudian disederhanakan dan dihitung menurut analisis matematis sederhana, menjadi persamaan linier.

Analisis struktural dengan metode matriks dapat menghasilkan kemungkinan untuk proses penyederhanaan. Jika proses ini telah selesai, maka perilaku konstruksi keseluruhan yang disebabkan oleh aksi gaya-gaya luar dapat diketahui dan ditentukan (Supartono dan Boen, 1980). Dalam menganalisis suatu struktur ada 2 metode yang dapat digunakan, yaitu metode kekakuan dan metode fleksibilitas. Karena rumusan dan prosedur perhitungan yang dihasilkan relatif jauh lebih sistematis, sehingga sangat cocok digunakan sebagai program dalam bentuk aplikasi komputer, sehingga metode rigor lebih populer untuk dipelajari dan dikembangkan (Suhendro, 2000). Hal ini dilakukan oleh mereka yang mengembangkan analisis perhitungan struktur metode matriks untuk struktur portal bidang yang untuk penyelesaiannya dapat menggunakan program Microsoft Excel untuk mendapatkan output berupa perpindahan, gaya ujung batang dan reaksi penempatan (Harahap, 2016).



Gambar 2.1 Pemodelan Metode Matriks Kekakuan Portal Ruang Tiga Dimensi, Penomoran derajat kebebasan, reaksi perletakan,

2.5 Program SAP2000 v21

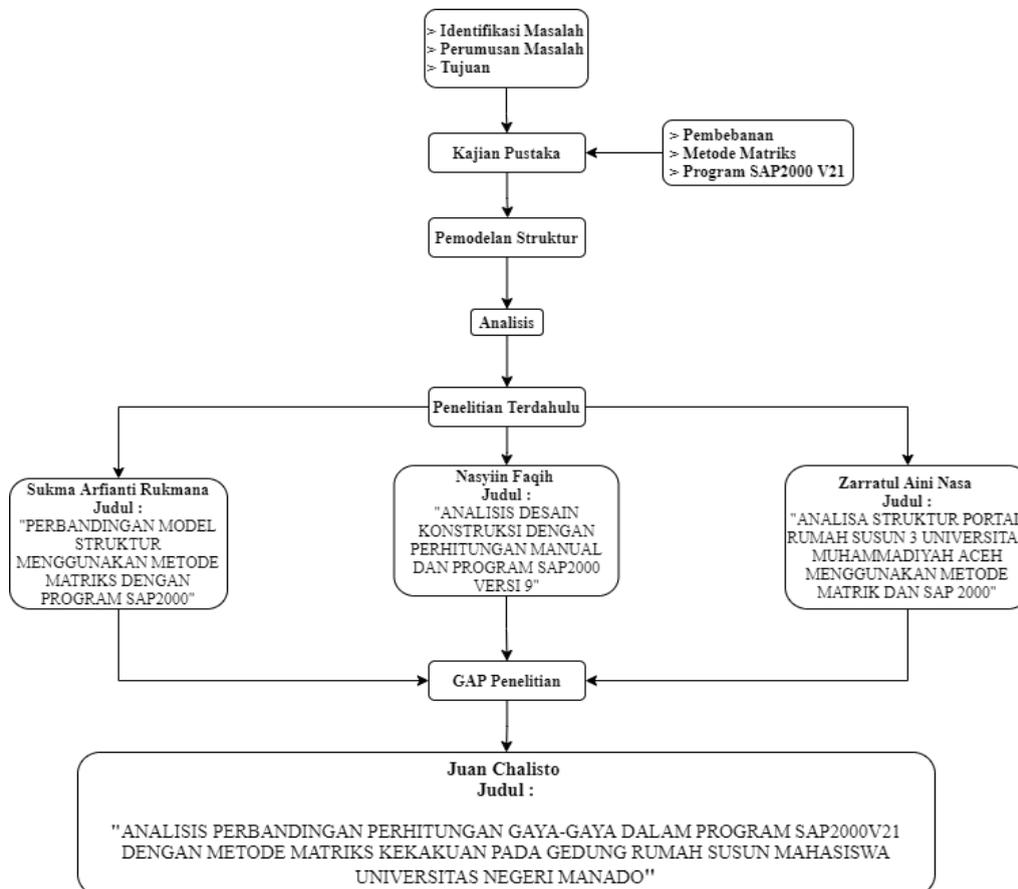
SAP 2000 merupakan salah satu software untuk analisis struktur sekaligus sebagai desain struktur baik untuk material beton bertulang, material baja, material aluminium atau material lainnya. Software SAP2000 adalah program analisis struktur yang sudah diintegrasikan dengan program desain struktur. Keunggulan Program ini adalah dapat memodelkan jenis struktur dengan bentuk struktur ruang, sehingga memiliki perbedaan dengan analisis struktur konvensional yang hanya dapat menganalisis bentuk struktur dengan model portal bidang saja.

Pada zaman belum adanya Program analisis struktur yang dilakukan sangat lambat dan analisis dilakukan dengan kelompok atau tim, berbeda dengan sekarang analisis dapat dilakukan dengan cepat secara individual, pengguna dapat memodelkan bentuk geometris struktur, menginputkan nilai beban, mengklik analisis, kemudian dengan melakukan design untuk menghitung tulangan jika elemen sebagai elemen batang.

Dalam hal satuan, pemakai bisa dengan mudah berpindah dari satuan metrik, satuan SI bahkan satuan inggris secara otomatis tanpa mengganti desain dari awal dan akan dilakukan konversi secara otomatis ke satuan yang lain.

2.6 Alur Penelitian

Alur dalam Penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Bagan Alur Penelitian

3. METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

Metode penelitian adalah hubungan logis antara data yang harus dikumpulkan, dan kesimpulan yang akan dihasilkan, dengan pertanyaan awal suatu penelitian. Untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu direncanakan langkah-langkah yang tepat yang akan dilakukan untuk membantu proses penelitian sehingga pada bab ini akan dijelaskan strategi penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif, dimana analisis yang dilakukan akan menggambarkan perbedaan dan hasil perbandingan kedua metode analisis struktural secara kuantitatif berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan.

Metode kuantitatif jenis ini digunakan sebagai pemahaman terhadap objek yang dianalisis, penulis mengetahui secara pasti tentang kondisi dan deskripsi objek untuk menggambarkan struktur portal yang nantinya akan dianalisis menggunakan metode analisis struktural secara manual dan menggunakan program komputer. Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi dari berbagai sumber yang mendukung proses analisis yang dilakukan terhadap objek tersebut.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah pembangunan rumah susun yang berlokasi di Universitas Negeri Manado Kabupaten Tondano Selatan Provinsi Sulawesi Utara. Struktur bangunan beton bertulang dengan tinggi 12 meter, dan total 3 lantai. Fungsi utama bangunan adalah sebagai tempat tinggal yang dilengkapi dengan fasilitas penunjang.

3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Komputer dengan Program didalamnya yang terdiri dari SAP2000 v21, Autocad, Microsoft Excel dll.

Bahan yang diperlukan untuk penelitian ini adalah, Gambar denah dan Gambar detail dimensi penampang Balok dan Kolom yang diperoleh dari kontraktor pelaksana lapangan.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur dari jurnal dan buku-buku terkait dalam analisis perhitungan gaya dalam dengan menggunakan metode manual khususnya metode matriks kekakuan dan menggunakan program khususnya program SAP2000 v21. Mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan analisis struktur portal statis tak tentu, dan analisis dinamik respon. Beberapa buku teks (Kassimali, 2022; Weaver and Gere, 1990; Nasution, 2009; dan Darmadi) digunakan sebagai acuan standar, serta jurnal yg berkaitan dengan materi penelitian ini.

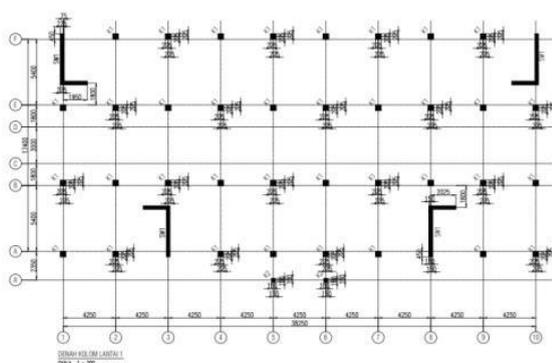
3.5. Studi Dokumen

Studi dokumen adalah mencari data tentang hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, lengger, agenda dan sebagainya. Metode ini digunakan untuk memperoleh data yang akan dipelajari mulai dari luas/lokasi, gambar potong, data penampang, mutu beton, mutu baja dan sebagainya. Sumber ini diperoleh dari kontraktor pelaksana proyek pembangunan Rumah Susun Universitas Negeri Manado. Data yang diperoleh adalah denah lantai, gambar penampang dan gambar detail penampang balok dan kolom rumah susun, data ini digunakan untuk pemodelan struktur 3D yang kemudian dianalisis menggunakan program SAP2000 v21 dan secara manual menggunakan metode Stiffness Matrix.

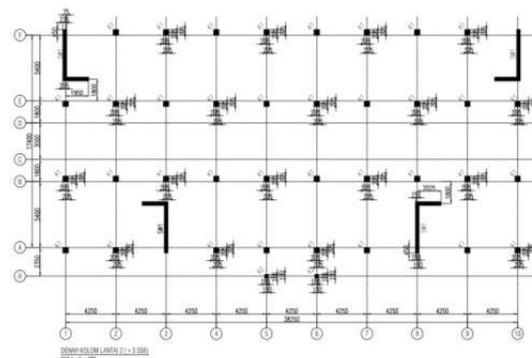
Denah lantai, gambar penampang dan gambar detail penampang balok dan kolom digunakan untuk tahapan pemodelan sesuai dengan gambar yang ada agar analisis ini tidak menyimpang dari gambar yang ada. Semua struktur yang dimodelkan harus sesuai dengan denah lantai, gambar penampang dan gambar detail penampang balok dan kolom, untuk bangunan non-struktural tidak dimodelkan karena tidak memberikan pengaruh yang signifikan dalam pemodelan 3d ini.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

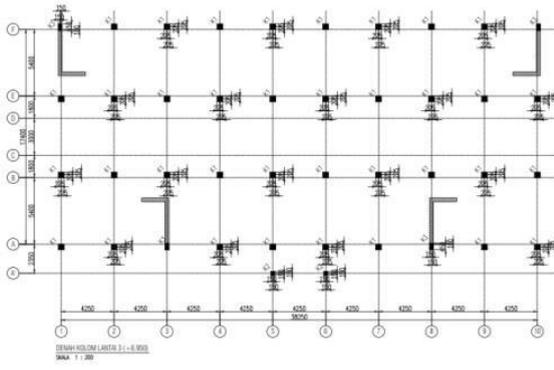
4.1 Data Perencanaan



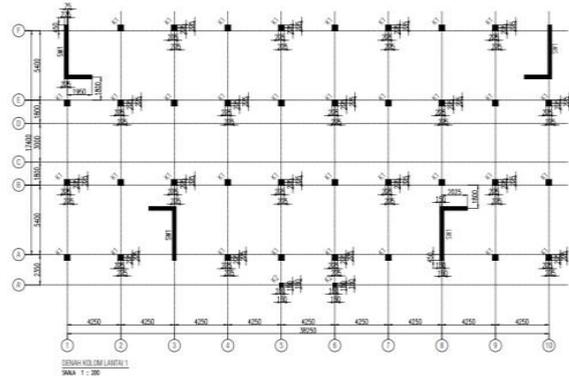
Gambar 4.1 Denah Kolom Lantai 1



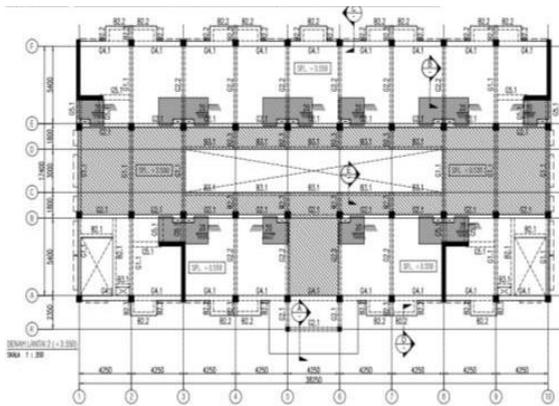
Gambar 4.2 Denah kolom Lantai 2



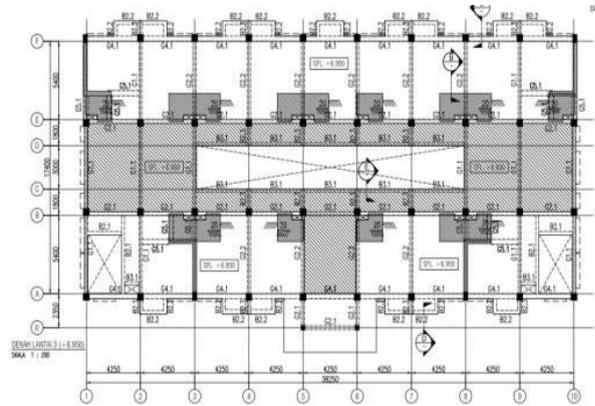
Gambar 4.3 Denah kolom Lantai 3



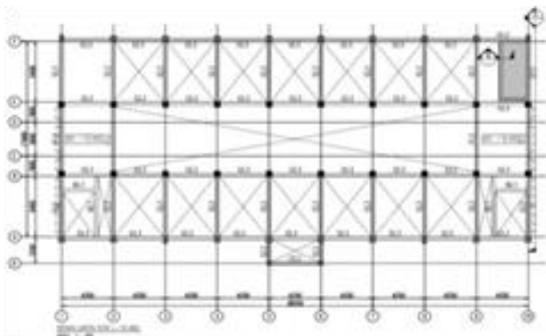
Gambar 4.4 Denah kolom Atap



Gambar 4.5 Denah Balok Lantai 2



Gambar 4.6 Denah Balok Lantai 3



Gambar 4.7 Denah Balok Atap

Tabel 4.2 Detail penulangan kolom lantai 1,2,3 dan Atap

Tabel 4.1 Dimensi kolom lantai 1,2,3 dan Atap

TABEL DIMENSI PENAMPANG KOLOM (mm)	
TIPE	DIMENSI
K1	450 x 450
K2	300 x 300
K3	300 x 550
K4	350 x 4200
K5	350 x 1800

ELEVASI	TIPE KOLOM		K1	
↑ LT. ATAP ↓ PONDASI	DIMENSI	450 x 450		
	TULANGAN	12 D16		
	SENGKANG	TUMPUAN		D10-100
		LAPANGAN		D10-150
	PENGKAT	TUMPUAN		X D10-100 Y D10-100
		LAPANGAN		X D10-150 Y D10-150
ELEVASI	TIPE KOLOM		K2	
↑ LT. 2 ↓ PONDASI	DIMENSI	300 x 300		
	TULANGAN	8 D16		
	SENGKANG	TUMPUAN		D10-100
		LAPANGAN		D10-150
	PENGKAT	TUMPUAN		X - Y -
		LAPANGAN		X - Y -
ELEVASI	TIPE KOLOM		K3	
↑ LT. ATAP ↓ PONDASI	DIMENSI	300 x 550		
	TULANGAN	10 D16		
	SENGKANG	TUMPUAN		D10-100
		LAPANGAN		D10-150
	PENGKAT	TUMPUAN		X D10-100 Y -
		LAPANGAN		X D10-150 Y -

4.2 Data Pembebanan Mengacu pada SNI 03-1727-1989 dan PPPURG 1987.

Pembebanan pada Pelat Lantai SNI 03-1727-1989 dan PPPURG 1987 -

• Tebal plat	=	12	cm
• Beban hidup 250 kg/m ²	=	2,4517	KN/m ²
• Beban mati	:		
• Spesi/campuran tebal 3 cm	=	0,63	KN/m ²
• Keramik tebal 1 cm	=	0,23536	KN/m ²
• Plumbing	=	0,245166	KN/m ²
• Plafon kalsi	=	0,061782	KN/m ²
• Beban instalasi/ME	=	0,25	KN/m ²
• Total	=	1,422308	KN/m²

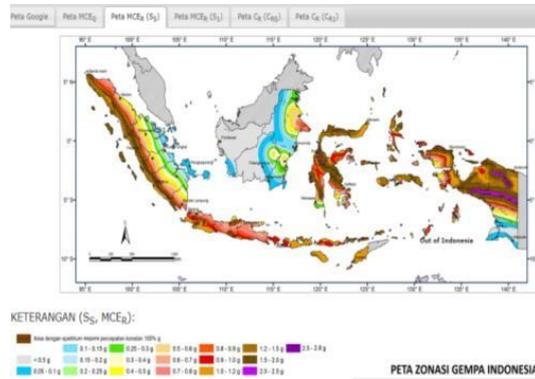
Pembebanan pada Pelat Atap SNI 03-1727-1989 dan PPPURG 1987 -

• Tebal plat	=	12	cm
• Beban hidup 100 kg/m ²	=	0,980665	KN/m ²
• Beban mati	:		
• Lap. kedap air /Waterproof	=	0,6	KN/m ²
• Beban instalasi/ME	=	0,25	KN/m ²
• Total	=	0,85	KN/m²

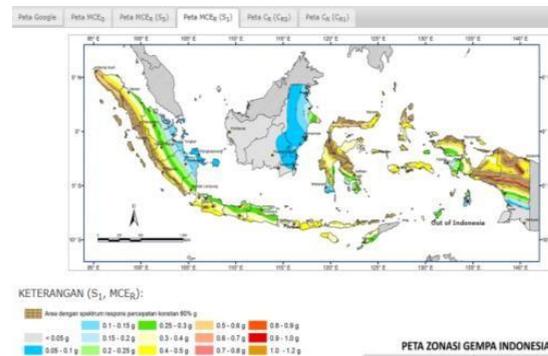
Pembebanan pada Balok SNI 03-1727-1989 dan PPPURG 1987 -

• Dinding setengah bata	=	2,451663	KN/m ²
• Plesteran tebal 2,5 cm	=	0,4697	KN/m ²
• Total Beban	=	2,921363	KN/m²

• Total beban	x	Tinggi dinding	
2,921363	KN/m ²	x	3,45 meter
		=	10,07870235 KN/m



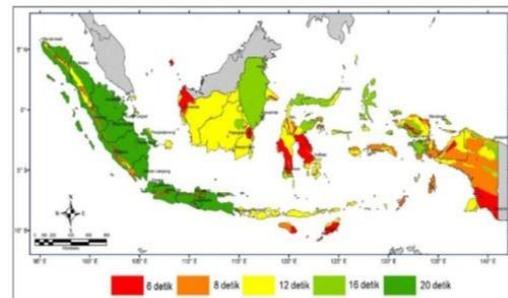
Gambar 4.8 Peta Respons Spektra Percepatan 1,2 Detik



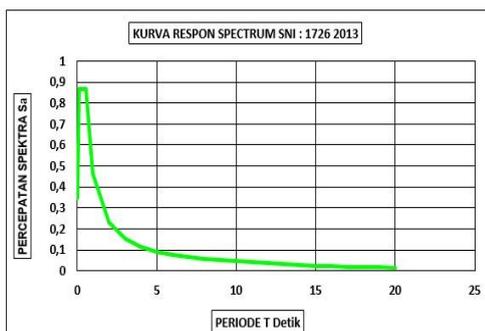
Gambar 4.9 Peta Respons Spektra Percepatan 1 Detik

Table 4.3 Kelas situs tanah pada daerah (jenis tanah D)

Kelas Lokasi	PROFIL TANAH (deskripsi umum)	SIFAT TANAH RATA-RATA UNTUK 30 M TERATAS		
		Kecepatan rambat gelombang (m/s)	N SPT (cohesionless soil layers)	Kuat geser nirair (KPa)
A	Hard Rock	> 1,500	Diasumsikan tidak ada di Indonesia	
B	Rock	760 – 1,500		
C	Very Dense Soil & Soft Rock (Tanah Keras)	360 – 760 (≥ 350)	> 50	> 100
D	Stiff Soil Profile (Tanah Sedang)	180 – 360 (175 – 350)	15 – 50	50 – 100
E	Soft Soil Profile (Tanah Lunak)	< 180 (< 175)	< 15	< 50
F	Membutuhkan evaluasi khusus (Tanah Khusus)			



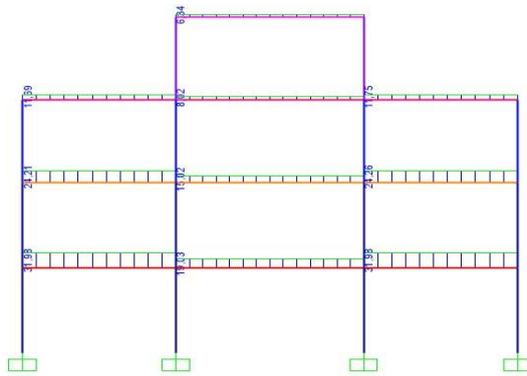
Gambar 4.10 Peta Nilai Lama Periode 12 Detik Sulawesi Utara



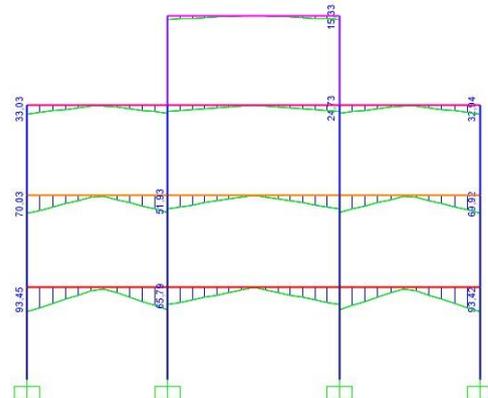
Gambar 4.11 Grafik respon spektrum

4.3 Analisis dengan Program SAP2000 v21.

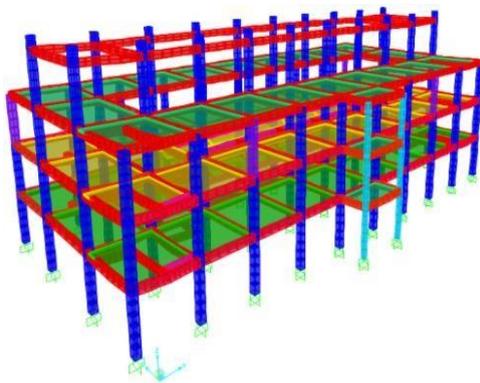
Untuk nilai dari hasil analisis stuktur pada Program SAP2000 v21 ditinjau pada Portal arah sumbu Y-Z dan Keseluruhan member pada gambar berikut :



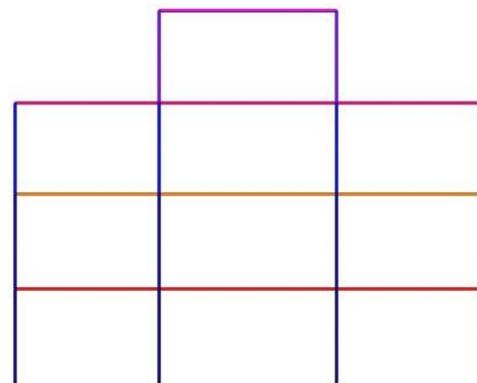
Gambar 4.12 Pemodelan tiga dimensi SAP2000 v21



Gambar 4.13 Diagram gaya Aksial akibat beban gempa(kN.m)



Gambar 4.14 Diagram gaya momen akibat beban gempa (kN.m)



Gambar 4.15 Diagram gaya geser akibat beban gempa (kN.m)

Table 4.4 Rekapitulasi Gaya-Gaya Dalam Nilai Maksimum dari hasil analisis perhitungan Program SAP2000 v21

SAP2000 v21 3D				
BATANG	G. DALAM BALOK			Member
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	
BALOK L1	-137,2756	-85,317	8,459	21
BALOK L2	-113,7267	-74,371	-7,339	88
BALOK L3	-51,6532	-27,794	-5,276	194
BALOK ATAP	-35,4851	21,305	-3,499	262

SAP2000 v21 3D				
BATANG	G. DALAM KOLOM			Member
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	
KOLOM L1	-152,0215	-73,223	-1077,294	402
KOLOM L2	128,5348	-69,963	-649,422	362
KOLOM L3	77,9292	-38,498	-228,835	465
KOLOM ATAP	31,8847	-15,671	-59,414	355

Table 4.5 Rekapitulasi Gaya-Gaya Dalam pada Member yang sama dari hasil analisis perhitungan Program SAP2000 v21

SAP2000 v21 3D				
BATANG	G. DALAM BALOK			MEMBER
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	
BALOK L1	-137,2531	83,114	8,459	20
BALOK L2	-112,297	72,911	-6,8943	105
BALOK L3	-48,9584	-24,75868	-5,11198	92
BALOK ATAP	-35,2119	-21,02228	-2,6229774	262

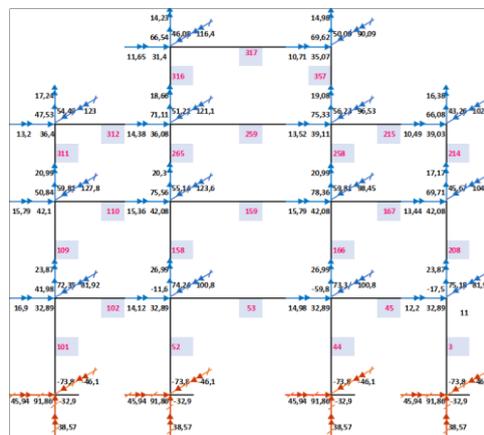
SAP2000 v21				
BATANG	G. DALAM KOLOM			MEMBER
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	
KOLOM L1	147,6654	69,224	-1077,158	358
KOLOM L2	120,8768	-64,717	-649,422	363
KOLOM L3	-62,4979	31,418	-228,795	366
KOLOM ATAP	-22,5555	-15,671	-59,396	356

4.4 Hasil Analisis struktur yang dihitung manual menggunakan Metode Matriks Kekakuan Portal Ruang Tiga Dimensi

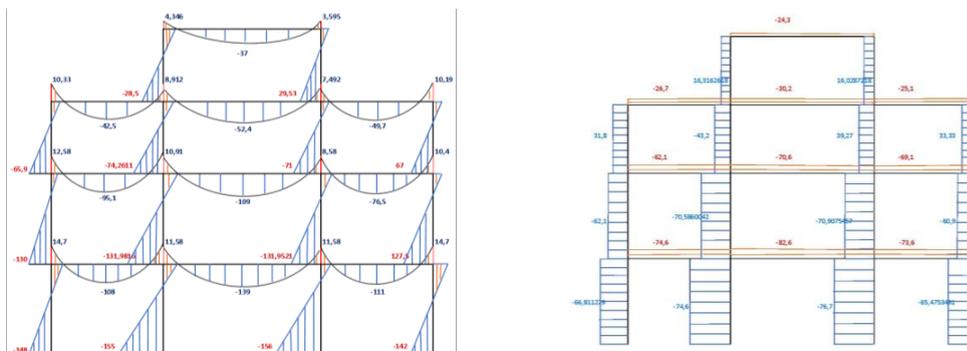
Nilai hasil analisis dengan cara manual Metode Matriks Kekakuan Portal Ruang Tiga Dimensi, ditinjau pada Portal arah sumbu y-z dan Keseluruhan member pada gambar berikut:
 Analisis gaya gempa dengan menggunakan metode static ekuivalen SNI 03 1726 - 2002:

Table 4.6 berat gedung pada setiap lantai ditinjau pada portal Y-Z

JLH LANTAI	Wi (KN)	Hi (m)	$\Sigma wi.Hi$	V (KN)	F (KN)
Lantai 4	1940,15	14	27162,1	2435,508	832,852871
Lantai 3	4320,25	10,55	25110,055	2435,508	769,93242
Lantai 2	6830,55	7,1	17823,13	2435,508	546,498429
Lantai 1	9460,05	3,55	9334,725	2435,508	286,22428
JUMLAH =	22551	35,2	79430,01	9742,032	2435,508



Gambar 4.16 Momen ujung dan gaya ujung akhir elemen (KN.m) Portal Y-Z

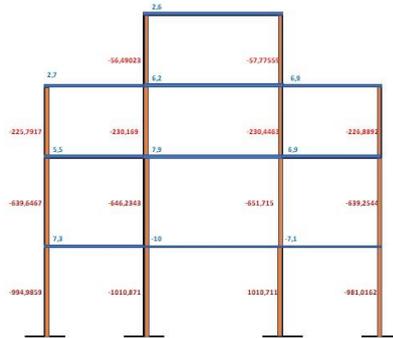


Gambar 4.17 Gaya momen dan gaya geser yg bekerja pada struktur balok dan kolom (KN.m) Portal Y-Z

Table 4.7 Rekapitulasi Gaya-Gaya Dalam Nilai Maksimum dari hasil analisis perhitungan Metode Matriks Kekakuan

METODE MATRIKS KEKAKUAN 3D				
BATANG	G. DALAM BALOK			Member
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	
BALOK L1	-139,005075	-82,6380026	-10,2462761	53
BALOK L2	-109,074608	-72,0638248	7,90173219	159
BALOK L3	-52,409108	-27,8755202	6,2282	259
BALOK ATAP	-37,016778	24,3658293	2,644	317

METODE MATRIKS KEKAKUAN 3D				
BATANG	G. DALAM BALOK			Member
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	
KOLOM L1	155,914375	-76,7304304	-1010,87137	44
KOLOM L2	-131,9816	-72,4132305	-651,715047	166
KOLOM L3	-74,2611	41,5594418	-230,446303	258
KOLOM ATAP	29,5273	16,3441251	-57,7755945	357

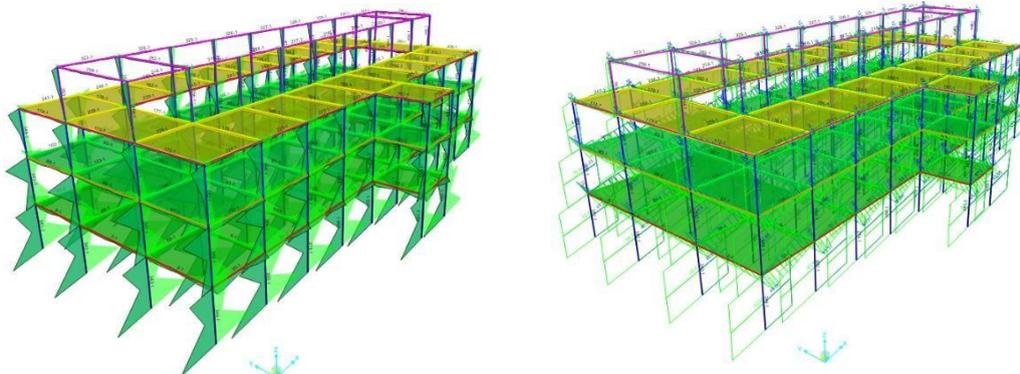


Gambar 4.18 Gaya aksial yang bekerja pada struktur balok dan kolom (KN.m) Portal Y-Z

Table 4.8 Rekapitulasi Gaya-Gaya Dalam pada Member yang sama dari hasil analisis perhitungan Metode Matriks Kekakuan

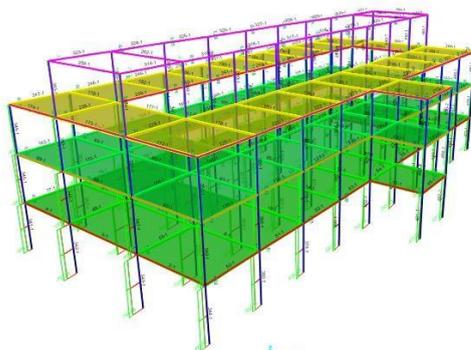
METODE MATRIKS KEKAKUAN 3D				
BATANG	G. DALAM BALOK			
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	MEMBER
KOLOM L1	151,893847	66,2204375	-1010,02776	358
KOLOM L2	121,5336	-67,8329082	-650,00643	363
KOLOM L3	-59,6710	35,0326517	-230,116903	366
KOLOM ATAP	-24,19	-16,3441251	-55,2689	356

METODE MATRIKS KEKAKUAN 3D				
BATANG	G. DALAM BALOK			
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	MEMBER
BALOK L1	-139,005075	81,443697	10,13258	20
BALOK L2	-108,83421	72,011097	-7,9827472	105
BALOK L3	-50,93321	-25,1919	-6,08326	92
BALOK ATAP	-34,098	-23,6064	-2,5518	262



Gambar 4.19 Gaya Momen dan Gaya Geser yang bekerja akibat Beban Gempa pada struktur balok dan kolom (KN.m) Portal 3D (Tiga Dimensi)

Tabel Rekapitulasi gaya-gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisis struktur dengan Program SAP2000 v21 dan Metode Matriks Kekakuan nilai gaya-gaya dalam tersebut ditinjau dari nilai maksimum keseluruhan member dan nilai maksimum pada member yang sama.



Gambar 4.20 Gaya Aksial yang bekerja akibat Beban Gempa pada struktur balok dan kolom (KN.m) Portal 3D (Tiga Dimensi)

REKAPITULASI GAYA DALAM

SAP2000 V21 3D					METODE MATRIKS KEKAKUAN 3D				
BATANG	G. DALAM BALOK				BATANG	G. DALAM BALOK			
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	Member		MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	Member
BALOK L1	-137,2756	-85,317	8,459	21	BALOK L1	-139,005075	-82,6380026	-10,2462761	53
BALOK L2	-113,7267	-74,371	-7,339	88	BALOK L2	-109,074608	-72,0638248	7,90173219	159
BALOK L3	-51,6532	-27,794	-5,276	194	BALOK L3	-52,409108	-27,8755202	6,2282	259
BALOK ATAP	-35,4851	21,305	-3,499	262	BALOK ATAP	-37,016778	24,3658293	2,644	317

SAP2000 V21 3D					METODE MATRIKS KEKAKUAN 3D				
BATANG	G. DALAM KOLOM				BATANG	G. DALAM BALOK			
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	Member		MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	Member
KOLOM L1	-152,0215	-73,223	-1077,294	402	KOLOM L1	155,914375	-76,7304304	-1010,87137	44
KOLOM L2	128,5348	-69,963	-649,422	362	KOLOM L2	-131,9816	-72,4132305	-651,715047	166
KOLOM L3	77,9292	-38,498	-228,835	465	KOLOM L3	-74,2611	41,5594418	-230,446303	258
KOLOM ATAP	31,8847	-15,671	-59,414	355	KOLOM ATAP	29,5273	16,3441251	-57,7755945	357

Table 4.9 Rekapitulasi Gaya-Gaya Dalam Maksimum dari hasil analisis perhitungan Manual dan Program

REKAPITULASI GAYA DALAM PADA MEMBER YANG SAMA

SAP2000 V21 3D					METODE MATRIKS KEKAKUAN 3D				
BATANG	G. DALAM BALOK				BATANG	G. DALAM BALOK			
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	MEMBER		MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	MEMBER
BALOK L1	-137,2531	83,114	8,459	20	BALOK L1	-139,005075	81,443697	10,13258	20
BALOK L2	-112,297	72,911	-6,8943	105	BALOK L2	-108,83421	72,011097	-7,9827472	105
BALOK L3	-48,9584	-24,75868	-5,11198	92	BALOK L3	-50,93321	-25,1919	-6,08326	92
BALOK ATAP	-35,2119	-21,02228	-2,6229774	262	BALOK ATAP	-34,098	-23,6064	-2,5518	262

SAP2000 V21 3D					METODE MATRIKS KEKAKUAN 3D				
BATANG	G. DALAM KOLOM				BATANG	G. DALAM BALOK			
	MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	MEMBER		MOMEN (KN.m)	GESER (KN)	AKSIAL (KN)	MEMBER
KOLOM L1	147,6654	69,224	-1077,158	358	KOLOM L1	151,893847	66,2204375	-1010,02776	358
KOLOM L2	120,8768	-64,717	-649,422	363	KOLOM L2	121,5336	-67,8329082	-650,00643	363
KOLOM L3	-62,4979	31,418	-228,795	366	KOLOM L3	-59,6710	35,0326517	-230,116903	366
KOLOM ATAP	-22,5555	-15,671	-59,396	356	KOLOM ATAP	-24,19	-16,3441251	-55,2689	356

Table 4.10 Rekapitulasi Gaya-Gaya Dalam dari hasil analisis perhitungan Manual dan Program pada member yang sama

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan yg dilakukan pada kedua cara yaitu Program Komputer (SAP2000 v21) dan Manual (Metode matriks kekakuan 3D) diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Analisis Struktur yang dilakukan dengan menggunakan Program Komputer yaitu Program SAP2000 v21 lebih efisien waktu, karena dalam Pemodelan dan Analisis yang dilakukan dapat memberikan hasil atau Output berupa gambar dan nilai secara otomatis/langsung sehingga tidak memakan waktu yang lama.
2. Berdasarkan proses Analisis Struktur yang dilakukan maka penguasaan pada penggunaan Program Komputer yaitu SAP2000 v21 dalam Analisa Struktur sangat diperlukan, karena Program SAP2000 v21 memiliki fasilitas cukup lengkap untuk disain Elemen, membuat Model Struktur Baru, Memodifikasi Element Struktur, Mengubah Dimensi serta Mengubah Satuan sesuai dengan Acuan/Peraturan yang dapat dilakukan secara langsung tanpa harus mengulang analisis struktur.
3. Kontrol hasil perhitungan gaya-gaya dalam yang dilakukan dengan Program SAP2000 v21, kemudian diverifikasi dengan menggunakan metode manual yaitu Matriks Kekakuan memberikan hasil akhir/output yang berbeda antara Program SAP2000 v21 dan Metode Matriks Kekakuan, namun hasilnya dapat ditolerir karena selisih nilai besarnya Gaya Momen, Gaya Geser dan Gaya Aksial pada Balok dan Kolom baik yang ditinjau dari :
 - Nilai maksimum gaya-gaya dalam pada keseluruhan elemen/member Balok dan Kolom, memiliki selisih nilai yang kecil dengan Persentase selisih nilai berkisar antara 2% - 5%.
 - Serta Nilai maksimum gaya-gaya dalam yang ditinjau pada bagian elemen/member Balok dan Kolom yang sama, selisihnya juga memiliki selisih nilai dengan Persentase selisih nilai berkisar antara 1% - 5%.

5.2 Saran

Adapun saran yg dapat disampaikan oleh penulis berdasarkan hasil analisis perbandingan perhitungan pada kedua cara adalah berikut ini:

Pada perhitungan dengan cara Manual untuk mengontrol hasil akhir/output dari Program SAP2000 v21 sebaiknya mempergunakan asumsi Pembebanan Dinamis dengan metode Statik Ekuivalen.

6. DAFTAR PUSTAKA

Darmadi, *Bedah SAP2000*, Modul SAP2000

Ghali, A., Neville, A. M., 1985. *Analisa Struktur Gabungan Metode Klasik dan Metode Matriks*, Edisi Kedua, diterjemahkan oleh Wira. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Harahap, John., 2016. *Analisis Struktur Rangka Cara Kekakuan Sebagai Alat Bantu Alternatif Dalam Perhitungan Struktur*, Tesis Magister Teknik, Program Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi. Manado

Hakim, Rafli Hasuna. 2017. *Pembuatan Program Analisis Struktur Metode Matriks Kekakuan untuk Frame 2D dan Frame 3D*. Ph.D Dissertation., Universitas Pendidikan Indonesia.

Kassimali, Aslam., 2022. *Matrix Analysis of Structures*, 3rd Edition, Cengage Learning.

Liong, The Houw. 1984. *Teori dan Analisis Struktur*, Edisi Kedua. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Malik. 2014. *Perencanaan Struktur Atas*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Weaver William Jr & James M. Gere. 1990. *Matrix Analysis of Framed Structures*, 3rd Edition. VNR Structural Engineering.

Nasution, A., 2009. *Metode Matriks Kekakuan Analisis Struktur*. Penerbit ITB. Bandung.

PPPR Gedung (SKBI-1.3.5.3-1987).

PPIUG 1987.

PPPURG 1987.

Sanusi, H. 2013. *Jurnal Perencanaan Struktur Portal Beton Bertulang*. Surakarta.

Suhendro, Bambang. 2000. *Analisis Struktur Metode Matrix*. Beta Offset, Yogyakarta.

Supartono dan Boen, Teddy., 1980. *Analisa Struktur dengan Metode Matrix*, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta.

Tumewu, Dewi., Enteng J. Saerang, and John T. Harahap. 2019. Studi Perbandingan Metode Perhitungan Struktur Statis Tak Tentu pada Portal Bangunan Gedung. *Jurnal Teknik Sipil Terapan (JTST)* 1, no. 2 (2019)