



Vierendeel Journal

e-ISSN: 3064-4631

Journal Page is available to <http://ejournal.lppmbinabangsa.ac.id/index.php/vierendeel>



ANALISA DESAIN KONSTRUKSI STATIS TERTENTU DENGAN METODE MEKANIKA TEKNIK KLASIK

Salma Naba Johari¹, Bambang Setyo Panulisan², Kartika Maharani³, Zhafira Mayla Hafsari⁴, Puja Putri Adila⁵, Anggun Wahyu Dwi Astuti⁶

^{1,2,3,4,5,6}Teknik Sipil.Universitas Bina Bangsa. Serang
Email: salmanabajhr22@gmail.com

ABSTRAK

Meluasnya penggunaan komputerisasi dalam penyelesaian desain konstruksi memerlukan sumber daya manusia yang handal dan akurat dalam melakukan komputerisasi di bidang teknik sipil. Metode mekanika teknik klasik adalah cara yang relatif sederhana dan efektif untuk mengajarkan dasar-dasar mekanika teknik dan melatih intuisi teknis serta penilaian yang diperlukan untuk mengevaluasi hasil program komputer tingkat lanjut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya gaya-gaya reaksi dan gaya-gaya, serta besarnya hasil reaksi dan perbedaan gaya, pada suatu struktur rangka statis tertentu dengan menggunakan metode dan pemrograman Mekanika Klasik (SAP 2000). Rancangan penelitian ini membandingkan pendekatan mekanika klasik dengan metode nodal dengan pendekatan mekanika klasik menggunakan program SAP 2000 untuk struktur rangka statis tertentu, antara lain rangka atap dan rangka jembatan. Data survei ini dijalankan dengan menggunakan analisis frekuensi dan analisis uji t. Menggunakan cara manual dengan program (SAP) 2000 untuk menyelesaikan suatu struktur struktur tertentu dengan menggunakan model atap dan jembatan menghasilkan perbedaan besaran gaya pada member sebesar. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan akurasi, struktur rangka model atap dan jembatan menghasilkan besaran gaya anggota dengan varian yang sama pada kondisi statis dan tidak ada perbedaan antara besaran rata-rata gaya yang dihasilkan.

Kata kunci: Analisis, Gaya, Model, Perbedaan, Reaksi

ABSTRACT

The widespread use of computerization in completing construction designs requires human resources who are reliable and accurate in carrying out computerization in the field of civil engineering. Classical engineering mechanics methods are a relatively simple and effective way to teach the basics of engineering mechanics and train the technical intuition and judgment necessary to evaluate the results of advanced computer programs. The aim of this research is to determine the magnitude of reaction forces and forces, as well as the magnitude of reaction results and force differences, in a particular static frame structure using Classical Mechanics methods and programming (SAP 2000). This research design compares the classical mechanics approach using the nodal method with the classical mechanics approach using the SAP 2000 program for certain static frame structures, including roof frames and bridge frames. This survey data was carried out using frequency analysis and t test analysis. Using manual methods with the program (SAP) 2000 to complete a particular structure using roof and bridge models produces a difference in the magnitude of the force on the members of. This difference is caused by differences in accuracy, the roof and bridge model frame structures produce member force magnitudes

with the same variance in static conditions and there is no difference between the average magnitude of the force produced.

Keywords: *Analysis, Style, Model, Difference, Reaction*

PENDAHULUAN

Komputerisasi sering digunakan dalam pelaksanaan perencanaan konstruksi, sehingga diperlukan tenaga yang handal dan akurat dalam melaksanakan komputerisasi di bidang teknik sipil. Metode klasik mekanika teknik adalah metode yang relatif sederhana dan efektif untuk mengajarkan dasar-dasar mekanika teknik dan melatih intuisi teknik serta penilaian yang diperlukan untuk mengevaluasi hasil program komputer yang canggih.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar kecilnya gayagaya reaksi dan gaya-gaya serta besar kecilnya hasil reaksi dan perbedaan gaya pada suatu struktur rangka statis tertentu dengan menggunakan metode mekanika klasik dan pemrograman (SAP 2000). Rancangan penelitian ini membandingkan teknik mekanika klasik metode nodal dengan program SAP 2000 untuk struktur rangka statis tertentu, antara lain rangka atap dan rangka jembatan. Data penelitian ini dilakukan dengan menggunakan analisis frekuensi dan analisis uji tekan.

Saat Anda menyelesaikan struktur statis tertentu dengan model atap dan jembatan secara manual menggunakan program SAP 2000, Anda akan melihat perbedaan besarnya gaya pada komponen, namun perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan akurasi. Struktur rangka model atap dan jembatan, dalam kondisi statis tertentu, menghasilkan gaya-gaya pada anggotanya dengan distribusi yang sama dan tidak ada perbedaan rata-rata besar gaya-gaya yang dihasilkan Ikhtisar Santoso Octado Pliswa. 2018. Hubungan Hasil Belajar Mahasiswa pada Mata Kuliah Statika Tertentu dan Mata Kuliah Desain Beton pada Pendidikan Teknik Sipil Supervisi Universitas Negeri Malang (I) Dr.H. Tori Kunkoro S.T.(II) Drs. Priyono M.Pd. Kata Kunci Hubungan Mata Kuliah Statika dan Struktur Beton Menguasai materi kuliah yang saling berkaitan merupakan hal yang penting karena mempelajari ilmu dan materi baru memerlukan pengalaman dengan materi sebelumnya yang berkaitan dengan materi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara hasil belajar mata kuliah statika dengan hasil belajar mata kuliah konstruksi beton pada mahasiswa angkatan 2013 Universitas Negeri Malang.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif Subyek penelitian ini adalah mahasiswa teknik sipil yang berjumlah 93 orang Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan teknik dokumentasi. Data diuji dengan menggunakan analisis korelasi sederhana setelah melakukan uji persyaratan yaitu uji normalitas dan uji linearitas menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Berdasarkan hasil penelitian, (1) hasil belajar mata kuliah statika mendapat nilai (C), dengan rata-rata skor 60-64; (2) Hasil belajar mata kuliah Konstruksi Beton termasuk dalam kategori (B-) dengan skor rata-rata 65 sampai 69 poin (3) Terdapat hubungan yang rendah antara hasil belajar statika dan struktur beton. Hal ini dibuktikan dengan uji korelasi yang memberikan nilai tingkat signifikansi sebesar (0 020 0 05) Ringkasnya, mata kuliah statika dan mata kuliah konstruksi beton saling berkaitan. Oleh karena itu, mahasiswa didorong untuk memiliki pemahaman yang lebih mendalam tentang mata kuliah statika sebagai landasan atau pendukung mata kuliah konstruksi beton, dan instruktur yang mengawasi mata kuliah tersebut hendaknya menerapkan strategi pembelajaran yang lebih baik.

Perkembangan teknologi dan informasi khususnya komputerisasi dalam dunia konstruksi sudah tidak bisa dipisahkan lagi dan bukan merupakan hal yang baru. Karena dalam setiap

perencanaan atau perancangan konstruksi, komputerisasi sudah digunakan pada saat penyelesaiannya. Komputerisasi menjadi pilihan ketika menyelesaikan proyek konstruksi karena manfaatnya tidak hanya lebih cepat penyelesaiannya, tetapi juga akurasi, efektivitas, dan kemudahan penggunaan. Untuk memanfaatkan informatisasi secara luas dalam melaksanakan rencana konstruksi, diperlukan sumber daya manusia yang mampu melaksanakan informatisasi di bidang teknik sipil dengan andal dan akurat. Pak Wilyanto Dewobrod menyampaikan dalam esainya pada Workshop Konstruksi Beton dan Pendidikan Mekanika Teknik yang diselenggarakan di Universitas Teknologi Sepul Nopember Surabaya. Metode mekanika teknik klasik adalah metode yang relatif sederhana dan efektif untuk mengajarkan dasardasar mekanika teknik dan melatih intuisi teknik dan penilaian teknik yang diperlukan untuk mengevaluasi hasil program komputer tingkat lanjut. Semakin canggih programnya, semakin kompleks pemahaman yang diperlukan untuk mengetahui apakah suatu hasil benar atau salah. (Dewobroto, 2005). Struktur Rangka merupakan mata kuliah dimana mahasiswa mempelajari teknik sipil bangunan seperti rangka atap, jembatan, dan menara.

Analisis dilakukan untuk mengetahui kestabilan struktur, besarnya gaya reaksi penyebaran, dan besarnya gaya dalam yang diakibatkan oleh beban yang diberikan pada metode klasik mekanika teknik yang digunakan antara lain metode Craemona, metode titik gusset, metode persimpangan, dan metode garis pengaruh. Software Konstruksi Khususnya Analisa Struktur merupakan terbaik dan paling terkenal di dunia yaitu "Staad Pro, GTStrudl, SAP2000, Structure Point, TEKLA, ETABS, dan SACS" ("Software Desain dan Analisa Struktural Terbaik") Temuan) Berdasarkan permasalahan komputerisasi dan penggunaan materi pendidikan yang masih menggunakan metode mekanika klasik, serta kebutuhan sumber daya manusia yang handal dan akurat dalam pengoperasian struktur rangka berbantuan komputer. Penelitian ini membandingkan struktur rangka dengan menggunakan mekanika klasik teknik menggunakan program. Program yang digunakan pada penelitian ini adalah SAP 2000. Metode matriks merupakan salah satu metode komputasi dan banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti representasi, komputasi, studi pemetaan linier, dan grup hingga. Selain itu, matriks juga telah berkembang menjadi geometri dasar 2D, 3D, dan 4G. Meskipun metode ini memiliki logika yang sederhana untuk dipahami, namun pada level matriks yang tinggi (ke atas) memerlukan perhitungan yang berulang-ulang dan memerlukan ketelitian yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang baik, sehingga metode ini ditinggalkan. Sejalan dengan pesatnya perkembangan komputer pribadi (PC) dan peningkatan kemampuan perangkat lunak (Pusat Data Informasi dan Pertahanan Indonesia, 2014), matriks digunakan sebagai metode perhitungan di berbagai bidang teknik, khususnya sektor konstruksi pilihan yang sangat menarik. Perkalian matriks dan operasioperasi lain seperti determinan matriks, inversi matriks, dan transposisi matriks, yang sebelumnya harus dilakukan dalam jangka waktu yang lama dan dengan ketelitian yang tinggi, hanya dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak komputer. Memerlukan waktu yang singkat namun memberikan hasil yang memuaskan. Begitu pula dengan pilihan software yang semakin beragam. Dari perangkat lunak berbasis matriks murni seperti ANSYS dan Nastran hingga perangkat lunak populer seperti Matlab, Mathcad, dan Maple, yang dapat dengan cepat memproses matriks hingga lebih besar dari 100x100, dapat digunakan sebagai alternatif. Perhitungan dengan metode matriks umum digunakan pada mata kuliah Mekanika Teknik Lanjut. Silabus Perkuliahan Mekanika Teknik Lanjutan (Umam: 2010) menjelaskan bahwa kompetensi yang harus dikuasai mahasiswa adalah:

1. Mampu menghitung defleksi yang terjadi pada struktur statis tertentu.

2. Hitung besar gaya reaksi pada struktur statis tak tentu dengan prinsip defleksi menggunakan metode langsung, fungsi multinilai, atau superposisi
3. Diagram gaya normal (NFD) untuk membuat diagram gaya geser (SFD)) dan diagram momen lentur (BMD) dari berbagai jenis desain statis tak tentu;
4. Memahami prinsip metode elemen hingga dan diterapkan pada proses penghitungan defleksi balok dan rangka kontinu format konstruksi statis tak tentu
5. Mendukung proses perhitungan menggunakan berbagai perangkat lunak komputer seperti Microsoft Excel, Matlab, Ansys, dll.

Pengembangan lebih lanjut metode komputasi dengan menggunakan matriks bertujuan untuk memudahkan penerapannya pada mata kuliah mekanika teknik tingkat lanjut, khususnya pada perhitungan struktur statis tak tentu. Siswa diharapkan dapat menggunakan berbagai program komputer sebagai alat untuk menganalisis struktur statis dan tak tentu tersebut.

METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini berkaitan dengan rumusan masalah, dan penelitian ini dibatasi pada beberapa studi kasus yang berkaitan dengan konstruksi rangka batang statis tertentu, antara lain:

- A. Rangka Atap
- B. Rangka Jembatan

Penelitian ini digunakan untuk membuat perbandingan antara metode mekanika klasik dengan metode titik dengan program SAP 2000. Penelitian dilakukan di Kabupaten Sumenep, dan penelitian dilakukan selama 8 bulan. Penelitian ini menggunakan program SAP 2000 untuk menganalisis struktur rangka statis tertentu. Pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan melalui tinjauan pustaka.

Data penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua teknik analisis: analisis frekuensi untuk menggambarkan data reaksi dan gaya. Kekuatan internal ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis uji t menggunakan metode mekanika klasik dengan menggunakan program SAP 2000 untuk mencari perbedaan perhitungan gaya reaksi dan gaya dalam.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan sebanyak buah, dan topik penelitiannya adalah pemanfaatan aplikasi komputer sebagai alat bantu perhitungan matriks sebanyak buah. Perangkat lunak yang ada diuji untuk menghitung matriks tingkat tinggi dengan membandingkan dengan hasil yang dihitung secara manual dan memeriksa tingkat kesalahan yang terjadi antara dua.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data menggunakan tinjauan pustaka. Penelusuran literatur dilakukan untuk mengkaji metode sudut Round, metode matriks, teori perhitungan struktur dari berbagai sumber pustaka program SAP 2000.

Metode analisis data

Analisis dan perhitungan struktur portal, metode perhitungan menggunakan metode sudut membulat, metode matriks, dan program SAP2000. Langkah-langkah menghitung struktur gantri untuk metode putaran sudut adalah dengan membuat benda bebas, memisahkan momen pada ujung struktur gantri, dan menghitung besar putaran (putaran sudut) dari tabel persamaan putaran sudut dengan alasan berikut: Dimulai dengan perhitungan.

Selanjutnya dibuat persamaan kesesuaian dan keseimbangan struktur gantry dan dihitung momen kemiringan elemen struktur portal. Tahap operasional analisis struktur portal metode matriks menggunakan program Microsoft Excel

(Harahap, 2016) yaitu, tahap input data dan pemodelan struktur (persiapan data struktur), tahap perakitan matriks kekakuan dan vektor gaya luar struktur (tingkat elemen), tahap perakitan matriks kekakuan dan tahap matriks beban total struktur, tahap, sedangkan untuk program SAP2000, Prosedur pengoperasiannya adalah memodelkan struktur program SAP2000 sesuai dengan portal yang akan dihitung (File > New Model).

Tentukan data material yang akan digunakan (Define > Material > New Material.), tentukan data bagian yang akan digunakan (Define > Material > New Material.), tentukan data bagian yang akan digunakan.

(Definisi > Properti Bagian > Bagian Bingkai > Tambahkan Material Baru), gambar elemen struktur untuk portal (Quick Draw Frame/Elemen Kabel), tambahkan penempatan ke portal. Instal (Penugasan > Koneksi > Batasan), masukkan data beban untuk analisis struktur portal (Assignment > Frame Loads > Distribution), dan analisis perhitungan struktur portal (Analysis > Run Analysis).

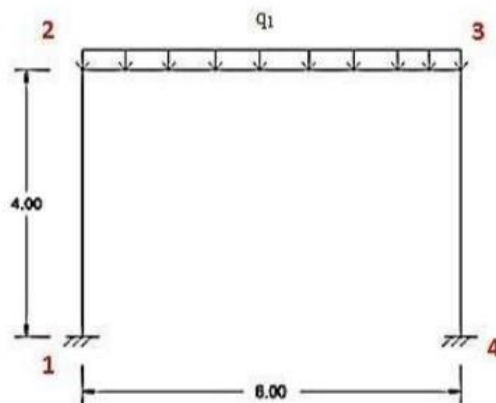
HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode mekanika klasik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode node untuk struktur rangka statis tertentu, sedangkan metode pemrograman menggunakan SAP 2000. Di bawah ini adalah tahapan analisis dari berbagai metode yang telah disebutkan di atas.

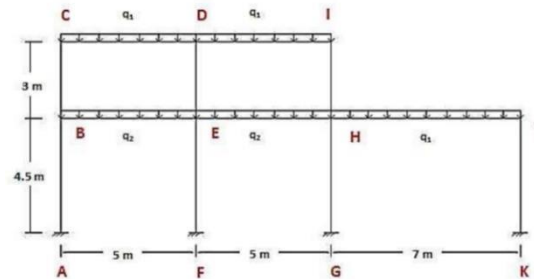
Metode Nodal Metode nodal menggunakan prinsip keseimbangan gayagaya anggota pada setiap simpul anggota (T, Gunawan S, n.d.). Langkah yang dilakukan adalah: a. Memeriksa apakah struktur tersebut merupakan struktur statis internal tertentu dan struktur statis eksternal. b. Akar bilangan dan simpul. c. Cari tanggapan deposit. d. Carilah gaya pada batang yang dimulai dari suatu titik yang batangnya tidak diketahui, gaya dalam maksimum kedua batang pada titik simpul tersebut tidak diketahui dan kemudian berlanjut pada titik simpul yang lain. e. Anda dapat mengetahui gaya pada batang atau besarnya gaya yang diberikan pada batang. Metode SAP 2000 Metode penyelesaian struktur rangka statis yang diberikan menggunakan SAP 2000 mengacu pada prosedur berdasarkan Tutorial Analisis Truss Menggunakan SAP 2000 (Yusi, 2018).

Data Perencanaan

Pembahasan ini meliputi perhitungan struktur dengan menggunakan metode sudut membulat, matriks, dan program SAP 2000, serta dengan menerapkan hasil ketiga metode tersebut pada kedua model struktur pada Gambar 1 dan Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 1. Data perencanaan portal 1



Gambar 2. Data perencanaan portal 2

Data desain kedua portal tersebut di atas adalah sebagai berikut:

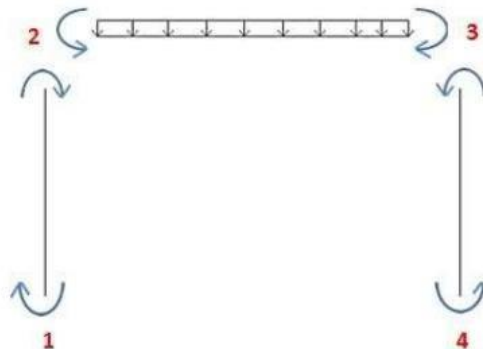
1. Beban kerja adalah beban yang terdistribusi merata yang bekerja pada seluruh struktur dan distribusi bebannya adalah: • q_1 (atap) = 100 kg/m • q_2 (lantai) = 250 kg/m
2. Penampangnya seragam atau konstan EI.

Perbandingan Hasil Perhitungan Struktur

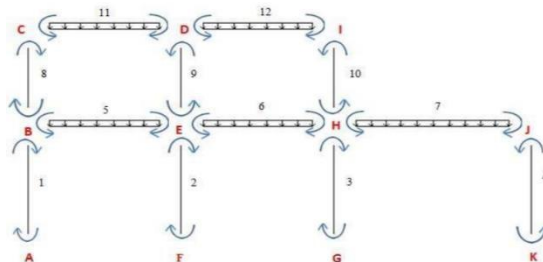
Portal 1 dan 2 dihitung menggunakan metode round corner, metode matriks, dan program SAP2000.

Masing-masing metode dihitung berdasarkan metode perhitungan dan operasi yang telah dijelaskan sebelumnya untuk ketiga metode yang ada, sehingga menghasilkan perhitungan sebagai momen guling setiap elemen batang.

Analisis/perhitungan yang dilakukan pada struktur menghasilkan momen puncak seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut.



Gambar 3. Momen ujung elemen struktur portal 1



Gambar 4. Momen ujung elemen struktur portal 2

Dengan perbandingan hasil perhitungan momen ujung untuk masing-masing metode yang disajikan dalam bentuk Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Perhitungan Struktur Portal 1

NO. BATANG	MOMEN UJUNG	HASIL PERHITUNGAN (kg m)			Perbandingan
		PPS	MATRIKS	SAP2000	
1	M12	112.5	112.5	112.5	0%
	M21	225	225	225	0%
2	M23	-225	-225	-225	0%
	M32	225	225	225	0%
3	M43	-225	-225	-225	0%
	M34	-112.5	-112.5	-112.5	0%

Tabel 2. Perbandingan Hasil Perhitungan Struktur Portal 2

NO. BATANG	MOMEN UJUNG	HASIL PERHITUNGAN (kg m)			Perbandingan
		PPS	MATRIKS	SAP2000	
1	M _{AB}	96.4707	96.4707	96.47	0%
	M _{BA}	174.1478	174.1478	174.15	0%
2	M _{BE}	13.2392	13.2392	13.24	0%
	M _{EB}	7.6846	7.6846	7.68	0%
3	M _{CE}	28.4365	28.4365	28.44	0%
	M _{EC}	38.0793	38.0793	38.08	0%
4	M _{CD}	-113.0881	-113.0881	-113.09	0%
	M _{DC}	-244.9699	-244.9699	-244.97	0%
5	M _{DE}	-386.0138	-386.0138	-386.01	0%
	M _{ED}	580.7445	580.7445	580.74	0%
6	M _{EH}	-522.1530	-522.1530	-522.15	0%
	M _{HE}	533.1913	533.1913	533.19	0%
7	M _{HI}	-480.7166	-480.7166	-480.72	0%
	M _{IH}	244.9699	244.9699	244.97	0%
8	M _{IC}	211.866	211.866	211.87	0%
	M _{CI}	141.7974	141.7974	141.80	0%
9	M _{ED}	-66.2761	-66.2761	-66.28	0%
	M _{DE}	-39.9447	-39.9447	-39.94	0%
10	M _{EH}	-90.554	-90.554	-90.55	0%
	M _{HE}	-156.8886	-156.8886	-156.89	0%
11	M _{CD}	-141.7974	-141.7974	-141.80	0%
	M _{DC}	257.8561	257.8561	257.86	0%
12	M _{DE}	-217.8561	-217.8561	-217.86	0%
	M _{ED}	156.8886	156.8886	156.89	0%

Dari perbandingan hasil perhitungan kedua struktur portal tersebut di atas terlihat bahwa ketiga metode perhitungan yaitu metode rotasi sudut, metode matriks, dan program SAP2000 memberikan hasil perhitungan yang sama dengan format sebagai berikut: momen puncak. Perilaku masing-masing metode tentu mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing, meskipun menghasilkan hasil komputasi yang sama. Di bawah ini perbandingan kelebihan dan kekurangan metode program round angle, matriks, dan SAP 2000.

Tabel 3. Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Metode Putaran Sudut, Matriks dan Program SAP2000

No.	Metode Perhitungan	Kelebihan	Kekurangan
1	Metode Putaran Sudut	Hasil perhitungan yang lebih terkontrol karena dilakukan dengan perhitungan manual untuk masing-masing persamaan sehingga lebih mengontrol keakuratannya. Susunan persamaan bisa dicek/cek dengan matriks sehingga penyelesaian perhitungan lebih jelas dan tidak perlu berdiskusi untuk masing-masing persamaan.	Dibutuhkan ketelitian yang tinggi dalam perhitungan terutama dalam pengoperasian matematika.
2	Metode Matriks	Keakuratannya tidak diragukan lagi karena transparansi perhitungan dimana tahapan analisisnya tampil pada setiap sheet yang dapat diperiksa keakuratannya dengan teori sehingga dapat digunakan sebagai perbandingan.	Penginputan data yang panjang dan berulang-ulang untuk matriks masing-masing elemen balok sehingga berpotensi kesalahan data, terlebih untuk struktur yang lebih kompleks.
3	Program SAP2000	Proses input data yang mudah dan cepat sehingga sangat mempercepat waktu perencanaan.	Output program kurang terkontrol apakah hasil yang diberikan betul atau salah jika kurang pemahaman dasar perhitungan struktur secara manual. Perlu menunggu keakuratan program agar hasil yang diberikan tepat.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas, penyelesaian struktur statis tertentu, termasuk model atap dan jembatan, dengan menggunakan metode manual menggunakan program (SAP) 2000 mungkin tidak cukup untuk menentukan besarnya reaksi dan gaya pada komponen struktur tidak ada bedanya. Struktur rangka model atap dan jembatan pada kondisi statis tertentu menimbulkan gaya-gaya yang besar pada member dengan distribusi yang sama dan tidak terdapat perbedaan nilai rata-rata gaya-gaya yang dihasilkan.

Oleh karena itu, perbandingan perhitungan memberikan bentuk sebagai berikut: Metode rotasi, metode matriks, dan momen puncak menggunakan program SAP2000 yang diterapkan pada dua model struktur portal 2D yaitu, struktur portal 1 dan struktur portal 2. Melibatkan beberapa kelebihan dan kekurangan masing-masing metode dalam perhitungan atau pengoperasiannya dan memberikan perhitungan yang sama hasil.

Selain itu, penggunaan perangkat lunak komputer berbasis matriks dalam proses penghitungan struktur yang tidak pasti secara statis menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan metode lainnya. Keunggulan antara lain kemudahan pemahaman, kemampuan mencapai akurasi yang diinginkan, dan kecepatan penyelesaian yang tinggi.

SARAN

Berdasarkan temuan penelitian ini, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Bagi penelitian selanjutnya, diharapkan metode perhitungan struktur dapat diterapkan pada model struktur/portal yang lebih kompleks dan beragam dengan penyesuaian beban sehingga hasil perbandingannya mendekati rencana teknik yang paling nyata.
2. Pada dasarnya semua metode perhitungan struktur, baik yang digunakan secara manual maupun dengan program, seperti metode sudut membulat, metode matriks, program SAP200, dan lain-lain, mempunyai konsep yang sama, namun dengan tingkat ketelitian yang tinggi dalam perhitungannya. Diperlukan dan tindakan yang mengarah pada tindakan yang benar akan membuahkan hasil.
3. Program hanyalah sebuah alat, dan untuk mengontrol keakuratan hasil/output program diperlukan pemahaman dan pengetahuan teoritis tentang perhitungan struktur
4. manual yang mendasari pengoperasian program. Hal ini karena jika pengguna memahami apa yang dia lakukan, terutama perilaku struktur (gaya dan deformasi), maka pengguna sepenuhnya tidak tergantung pada program komputer sehingga terhindar dari risiko kesalahan.

DAFTAR PUSTAKA

Dwi Desharyanto, A. I. (2022). PERBANDINGAN STRUKTUR ANGKA BATANG STATIS TERTENTU MENGGUNAKAN METODE MEKANIKA KLASIK DAN PROGRAM (SAP 2000).
Jurnal "MITSU" Media Informasi Teknik Sipil UNIJA Volume 10, No. 1, April 2022, 10, 63-72