

PERBANDINGAN GAYA DALAM STRUKTUR STATIS TERTENTU MENGGUNAKAN METODE MANUAL DAN PROGRAM (SAP 2000)

Dwi Desharyanto¹⁾, Ach. Desmantri Rahmanto²⁾

¹⁾Dosen Fakultas Teknik Universitas Wiraraja, dwi@wiraraja.ac.id

²⁾Dosen Fakultas Teknik Universitas Wiraraja, desmantri@wiraraja.ac.id

ABSTRAK

Kemajuan teknologi sangatlah cepat dan penting untuk diperhatikan, dintandai dengan pemanfaatan informasi dipergunakan untuk mendapatkan efisiensi dan kualitas yang lebih baik dibidang konstruksi. Penyelesaian analisis struktur dilakukan dengan cara manual dan dengan perkembangan dan kemajuan teknologi penyelesaian tersebut dapat juga dilakukan dengan menggunakan program. Kemajuan teknologi menuntut sumber daya manusia menganalisis struktur khususnya struktur statis tertentu dapat dipertanggung jawabkan namun memiliki nilai efisiensi dan kualitas. Tujuan penelitian untuk mengetahui analisis, besar, perbedaan dan besar selisih gaya-gaya dalam struktur statis tertentu menggunakan cara manual dan program.

Rancangan penelitian ini dibatasi beberapa contoh kasus struktur statis tertentu yang meliputi gelagar bersendi banyak, portal tiga sendi, pelengkung tiga sendi, pelengkung tiga sendi dengan batang tarik, struktur gabungan, struktur balok bertulang, jembatan gantung dan garis pengaruh. Data dianalisis menggunakan analisis frekuensi untuk menggambarkan data reaksi dan gaya – gaya dalam yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis uji t untuk mencari perbedaan antara perhitungan reaksi dan gaya – gaya

dalam dengan metode manual dengan program.

Penyelesaian struktur statis tertentu dengan menggunakan metode manual dengan program menghasilkan adanya perbedaan besaran reaksi dan gaya dalam, perbedaan tersebut disebabkan adanya perbedaan tingkat ketelitian dan cara penyelesaian, sedangkan adanya perbedaan tanda gaya pada reaksi dan gaya dalam disebabkan cara penggambaran diagram gaya dalam yang berbeda. Reaksi, gaya normal, gaya lintang dan momen menggunakan manual dengan program dengan menggunakan uji t menghasilkan reaksi, gaya normal, gaya lintang dan momen mempunyai varian yang sama dan tidak ada perbedaan antara rata-rata besar gaya yang dihasilkan.

Kata Kunci : Perbandingan, Struktur, Statis, Tertentu

ABSTRACT

Technological progress is very fast and important to note, marked by the use of information used to get better efficiency and quality in the construction sector. The completion of the structural analysis is done manually and with the development and advancement of the settlement technology it can also be done using the program. Advances in technology require human resources to analyze structures, especially certain static structures that can be accounted for, but have efficiency and quality values. The research objective was to determine the analysis, magnitude, difference and the magnitude of the difference in forces in certain static structures using manual and program methods.

The design of this study is limited to several case examples of certain static structures which include multi-jointed girders, three-joint portals, three-joint arches, three-joint arches with tensile bars,

joint structures, reinforced beam structures, suspension bridges and influence lines. Data were analyzed using frequency analysis to describe the reaction data and internal forces which were presented in tables and graphs. T test analysis to find the difference between the calculation of reactions and internal forces using the manual method with the program.

Completion of certain static structures using manual methods with the program results in differences in the amount of reaction and internal force, the difference is due to differences in the level of accuracy and method of resolution, while the difference in the sign of force in the reaction and internal force is due to the different way of drawing the inner force diagram. Reaction, normal force, latitude and moment using manual with a program using the t test results in the reaction, normal force, latitude and moment have the same variants and there is no difference between the average magnitude of the force produced.

Keyword : Comparison, Structure, Static, Specific

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi sangatlah cepat dan penting untuk diperhatikan, ditandai dengan pemanfaatan informasi dipergunakan untuk mendapatkan efisiensi dan kualitas yang lebih baik dibidang konstruksi. Menteri PUPR di Jakarta menyampaikan "Pemanfaatan teknologi harus memberikan nilai tambah bagi pelaksanaan pembangunan infrastruktur, bukan sekedar ikut-ikutan atau mengikuti tren sesaat." (Rinaldi, 2019). Penjelasan diatas memberikan informasi bahwasanya pemanfaatan teknologi dapat memberikan nilai tambah bagi pembangunan infrastruktur apabila diikuti dengan sumber daya manusia yang handal.

Infrastruktur dalam bidang konstruksi khususnya bangunan gedung diperlukan

analisis struktur, dikarekanan struktur merupakan pendukung sebguan bangunan gedung yang salah satu fungsinya untuk menyalurkan beban kedalam tanah. Sifat struktur di bagi menjadi dua yaitu struktur statis tertentu dan struktur statis tak tentu. "Struktur yang dapat dianalisa dengan menggunakan persamaan statika ($V = 0$, $H = 0$, dan $M = 0$) disebut struktur statis tertentu. Sedangkan struktur yang tidak dapat dianalisa dengan hanya menggunakan persamaan statika saja disebut struktur statis tak tentu, untuk menganalisa struktur tersebut digunakan persamaan-persamaan bantuan lainnya berupa persamaan sudut penurunan dan persamaan penurunan (deflection)" (Mulyati, n.d.). Penyelesaian analisis struktur tersebut dilakukan dengan cara manual dan dengan perkembangan dan kemajuan teknologi penyelesaian tersebut dapat juga dilakukan dengan menggunakan program.

Banyaknya program penyelesaian analisis struktur untuk mendapatkan gaya – gaya dalam baik gaya dalam normal, lintang dan momen pada struktur statis tertentu memberikan manfaat yang besar terhadap waktu penyelesaian analisis struktur tersebut. Beberapa program yang dapat dipergunakan dalam menganalisis struktur bangunan yaitu SAP 2000, ETABS, Tekla Structure, Midas, StaadPro dan SANPRO.

Adanya kemajuan teknologi yang dapat menganalisis struktur menuntut sumber daya manusia khususnya bidang konstruksi dapat menyesuaikan dengan kondisi tersebut, sehingga nantinya dapat bersaing di dunia kerja. Perhitungan struktur statis tertentu kurang mendapat perhatian dalam menganalisis struktur menggunakan program, ini disebabkan struktur statis tertentu merupakan struktur yang cara penyelesaiannya dapat diselesaikan dengan persamaan statika. Keyataannya struktur statis tertentu disampaikan dan diberikan dalam sebuah perkuliahan atau sebagai dasar dalam

menganalisis struktur dengan sifat struktur statis tak tentu.

Pilihan melakukan analisis struktur dengan menggunakan program seperti menganalisis struktur statis tertentu sangat diperlukan dikarenakan sumber daya manusia dengan adanya teknologi dituntut untuk lebih efisien dan berkualitas serta hasilnya dapat dipertanggung jawabkan.

Berdasarkan permasalahan tuntutan sumber daya manusia dengan adanya teknologi dan menganalisis struktur khususnya struktur statis tertentu yang dapat dipertanggung jawabkan namun memiliki nilai efisiensi dan kualitas, maka penelitian ini akan membandingkan hasil gaya – gaya dalam baik gaya dalam normal, lintang dan momen struktur statis tertentu menggunakan metode manual dan program. Program yang dipergunakan dalam penyelesaian struktur statis tertentu yaitu SAP 2000.

Berdasarkan permasalahan yang ada diatas terkait dengan membandingkan gaya-gaya dalam struktur statis tertentu menggunakan metode manual dan program (SAP 2000), maka permasalahan diatas dapat dirumuskan sebagai berikut :

- a. Bagaimanakah menganalisis gaya-gaya dalam struktur statis tertentu menggunakan cara manual dan program (SAP 2000)?.
- b. Berapa besar gaya-gaya dalam struktur statis tertentu menggunakan cara manual dan program (SAP 2000) pada setiap model struktur?.
- c. Apakah ada perbedaan gaya-gaya dalam struktur statis tertentu antara menggunakan cara manual dengan program (SAP 2000)?.
- d. Berapa besar selisih perbedaan dari hasil gaya-gaya dalam struktur statis tertentu menggunakan cara manual dan program (SAP 2000) pada setiap model struktur?.

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah terkait dengan membandingkan gaya-gaya dalam struktur

statis tertentu menggunakan metode manual dan program (SAP 2000) sebagai berikut:

- a. Mengetahui analisis dan besar gaya-gaya dalam struktur statis tertentu menggunakan cara manual dan program (SAP 2000).
- b. Mengetahui perbedaan gaya-gaya dalam struktur statis tertentu antara menggunakan cara manual dengan program (SAP 2000).
- c. Mengetahui besar selisih perbedaan dari hasil gaya-gaya dalam struktur statis tertentu menggunakan cara manual dan program (SAP 2000) pada setiap model struktur.

Manfaat dari penelitian ini nantinya dapat dipergunakan mahasiswa dalam mempelajari dan memahami penyelesaian struktur statis tertentu dengan menggunakan metode manual dan program khususnya SAP 2000.

2. METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian ini mengacu pada rumusan masalah, dimana penelitian ini dibatasi pada beberapa contoh kasus terkait struktur statis tertentu yang meliputi:

- a. Gelagar bersendi banyak
- b. Portal tiga sendi
- c. Pelengkung tiga sendi
- d. Pelengkung tiga sendi dengan batang tarik
- e. Struktur gabungan
- f. Struktur balok bertulang
- g. Jembatan gantung
- h. Garis pengaruh

Penelitian ini dipergunakan untuk mencari perbandingan antara metode manual menggunakan persamaan keseimbangan dengan program SAP 2000. Data-data penelitian ini dilakukan dengan dua cara analisis yaitu analisis frekuensi untuk menggambarkan data reaksi dan gaya – gaya dalam yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis uji t untuk mencari perbedaan antara perhitungan reaksi dan gaya – gaya dalam dengan metode manual dengan program SAP 2000.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan analisis dalam menghitung gaya-gaya dalam struktur statis tertentu dengan menggunakan metode manual sebagai berikut :

1. Menentukan reaksi tumpuan dengan persamaan keseimbangan yaitu $M = 0$, $H = 0$ dan $V = 0$.
2. Menentukan gaya-gaya dalam yang terdiri dari gaya dalam normal (N), gaya dalam lintang (Q) dan gaya dalam momen (M).
3. Menentukan diagram gaya-gaya dalam normal, lintang dan momen.

Tahapan analisis dalam menghitung gaya-gaya dalam struktur statis tertentu dengan menggunakan metode program menggunakan SAP 2000 sebagai berikut :

1. Memulai SAP 2000
2. Merancang pemodelan struktur
3. Mengubah dimensi pada sumbu X, Y dan Z
4. Menentukan tipe bahan
5. Menentukan dimensi penampang
6. Menentukan perletakan
7. Menentukan jenis pembebanan
8. Memasukkan beban pada titik atau batang
9. Menganalisis data.
10. Menampilkan hasil analisis gaya dalam
11. Menampilkan tabel output

Gaya-gaya dalam struktur statis tertentu dengan berbagai model struktur yang dilakukan secara manual dan program dapat dilakukan perbandingan dengan hasil yang telah didapatkan sebagai berikut :

1. Struktur Gelagar Bersendi Banyak

Perbandingan reaksi dan gaya-gaya dalam serta selisih dari dua metode penyelesaian dapat dilihat pada tabel rekapitulasi dibawah ini.

Tabel 1
Rekapitulasi Gaya Dalam

Manual dan Program Struktur Gelagar Bersendi Banyak

Titik	Reaksi (V)			Normal (N)			Lintang (Q)			Momen (M)		
	Man	Prog	(%)	Man	Prog	(%)	Man	Prog	(%)	Man	Prog	(%)
Aki	83.84	83.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aki	82.84	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00	82.84	-82.84	0.00	0.00	0.00	0.00
A-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.84	-82.84	0.00	0.00	27.84	27.84
A-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.16	-17.16	0.00	0.00	65.68	65.68
A-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.16	-67.16	0.00	0.00	33.57	33.57
Bki	27.16	27.16	0.00	0.00	0.00	0.00	117.16	-117.16	0.00	0.00	68.67	68.67
Bki	217.16	217.16	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	-100.00	0.00	0.00	-88.84	-88.84
B-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	-20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	-20.00	0.00	0.00	6.35	6.35
B-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.36	31.11
B-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00	6.36	5.38
C-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-110.00	100.00	0.00	0.00	-88.84	-88.84
C-4	217.16	217.16	0.00	0.00	0.00	0.00	117.16	-117.16	0.00	0.00	-88.84	-88.84
C-5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.16	-67.16	0.00	0.00	23.52	23.52
C-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.16	-17.16	0.00	0.00	65.68	65.68
C-7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-82.84	82.84	0.00	0.00	57.84	57.84
Dki	83.84	83.84	0.00	0.00	0.00	0.00	-82.84	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Dki	82.84	82.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(*) = Selisih gaya metode manual dan program. (**) = Tanda gaya metode manual dan program.

Hasil perbandingan tabel diatas menunjukkan besar reaksi, normal, lintang tidak terjadi perbedaan akan tetapi pada besar momen terjadi perbedaan sebesar 16 %. Tanda gaya pada reaksi, gaya normal dan momen tidak ada perbedaan, akan tetapi tanda gaya pada gaya lintang terjadi perbedaan sebesar 84 %. Terjadinya perbedaan besar momen pada titik tertentu disebabkan adanya perbedaan tingkat ketelitian dalam perhitungan dan terjadinya perbedaan tanda gaya lintang disebabkan adanya cara penggambaran diagram gaya dalam yang tidak sama.

2. Struktur Portal Tiga Sendi

Perbandingan reaksi dan gaya-gaya dalam serta selisih dari dua metode penyelesaian dapat dilihat pada tabel rekapitulasi dibawah ini.

Tabel 2
Rekapitulasi Gaya Dalam
Manual dan Program Struktur Portal Tiga Sendi

Titik	Reaksi (V)			Normal (N)			Lintang (Q)			Momen (M)		
	Man	Prog	(%)	Man	Prog	(%)	Man	Prog	(%)	Man	Prog	(%)
Aki	20.00	20.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aki	-20.00	-20.00	100.00	-20.00	-20.00	100.00	20.00	-20.00	100.00	0.00	0.00	0.00
A-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	-20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bki	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
J	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(*) = Selisih gaya metode manual dan program. (**) = Tanda gaya metode manual dan program.

Hasil perbandingan pada tabel diatas menunjukkan tidak ada perbedaan besar

gaya pada reaksi, gaya normal, lintang dan momen serta tanda gaya pada reaksi horisontal dan normal, sedangkan tanda gaya untuk reaksi horisontal terjadi perbedaan sebesar 10 %, gaya lintang sebesar 90 % dan momen sebesar 29 %. Terjadinya perbedaan tanda gaya baik itu reaksi, gaya lintang dan momen disebabkan adanya cara penggambaran diagram gaya dalam yang tidak sama.

3. Struktur Pelengkung Tiga Sendi

Perbandingan reaksi dan gaya-gaya dalam serta selisih dari dua metode penyelesaian dapat dilihat pada tabel rekapitulasi dibawah ini.

Tabel 3
Rekapitulasi Gaya Dalam
Manual dan Program Struktur Pelengkung
Tiga Sendi

Tipe	Reaksi (N)			Reaksi (k)			Normal (N)			Lintang (k)			Momen (k)		
	Man	Prog	%	Man	Prog	%	Man	Prog	%	Man	Prog	%	Man	Prog	%
10a	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10b	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10c	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10d	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10e	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10f	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10g	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10h	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10i	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10j	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10k	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10l	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10m	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10n	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10o	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10p	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10q	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10r	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10s	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10t	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10u	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10v	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10w	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10x	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10y	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10z	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Hasil perbandingan tabel diatas menunjukkan besar gaya yang tidak ada perbedaan pada reaksi, sedangkan besar gaya yang terjadi perbedaan pada gaya normal sebesar 75 %, gaya lintang sebesar 81 % dan momen sebesar 50 %. Tanda gaya tidak terjadi perbedaan pada reaksi vertikal, gaya normal dan momen, sedangkan tanda gaya terjadi perbedaan pada reaksi horisontal sebesar 13 % dan gaya lintang sebesar 81 %. Terjadinya perbedaan besar gaya normal, lintang dan momen pada titik tertentu disebabkan adanya perbedaan tingkat ketelitian dalam perhitungan dan terjadinya perbedaan tanda gaya baik itu reaksi dan gaya lintang disebabkan adanya cara penggambaran diagram gaya dalam yang tidak sama.

4. Struktur Pelengkung Tiga Sendi dengan Batang Tarik

Perbandingan reaksi dan gaya-gaya dalam serta selisih dari dua metode penyelesaian dapat dilihat pada tabel rekapitulasi dibawah ini.

Tabel 4
Rekapitulasi Gaya Dalam
Manual dan Program Struktur Pelengkung
Tiga Sendi dengan Batang Tarik

Tipe	Reaksi (N)			Reaksi (k)			Normal (N)			Lintang (k)			Momen (k)		
	Man	Prog	%	Man	Prog	%	Man	Prog	%	Man	Prog	%	Man	Prog	%
10a	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10b	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10c	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10d	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10e	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10f	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10g	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10h	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10i	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10j	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10k	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10l	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10m	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10n	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10o	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10p	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10q	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10r	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10s	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10t	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10u	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10v	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10w	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10x	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10y	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10z	2000	2000	100	2000	2000	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Hasil perbandingan pada tabel diatas menunjukkan besar gaya yang tidak terjadi perbedaan pada reaksi, sedangkan besar gaya yang terjadi perbedaan pada gaya normal sebesar 83 %, gaya lintang sebesar 78 % dan momen sebesar 28 %. Tanda gaya yang tidak terjadi perbedaan pada reaksi dan gaya normal, sedangkan tanda gaya yang terjadi perbedaan pada gaya lintang sebesar 83 % dan momen sebesar 6 %. Terjadinya perbedaan besar gaya normal, lintang dan momen pada titik tertentu disebabkan adanya perbedaan tingkat ketelitian dalam perhitungan dan terjadinya perbedaan tanda gaya baik itu gaya lintang dan momen disebabkan adanya cara penggambaran diagram gaya dalam yang tidak sama.

5. Struktur Gabungan

Perbandingan reaksi dan gaya-gaya dalam serta selisih dari dua metode penyelesaian dapat dilihat pada tabel rekapitulasi dibawah ini.

Hasil perbandingan tabel diatas menunjukkan besar gaya yang tidak terjadi perbedaan pada reaksi dan gaya normal, sedangkan besar gaya yang terjadi perbedaan pada reaksi horisontal sebesar 17 %, gaya lintang sebesar 43 % dan momen sebesar 26 %. Tanda gaya yang tidak terjadi perbedaan pada reaksi dan gaya normal, sedangkan tanda gaya yang terjadi perbedaan pada reaksi horisontal sebesar 9 %, gaya lintang sebesar 48 % dan momen sebesar 17 %. Terjadinya perbedaan besar reaksi, gaya lintang dan momen pada titik tertentu disebabkan adanya perbedaan cara penyelesaian dalam perhitungan dan terjadinya perbedaan tanda gaya disebabkan adanya cara penggambaran diagram gaya dalam yang tidak sama.

8. Garis Pengaruh

Perbandingan reaksi dan gaya-gaya dalam serta selisih dari dua metode penyelesaian dapat dilihat pada tabel rekapitulasi dibawah ini.

Tabel 8
Rekapitulasi Gaya Dalam
Manual dan Program Garis Pengaruh

Titik	G/P Reaksi Titik A			G/P Reaksi Titik B			G/P Normal (N) Titik C			G/P Lintang (Q) Titik C			G/P Momen (M) Titik C		
	Nilai	Prg	(145) (174)	Nilai	Prg	(145) (174)	Nilai	Prg	(115) (174)	Nilai	Prg	(115) (174)	Nilai	Prg	(115) (174)
Rea	1080.00	1080.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
Rea	1080.00	1080.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
Δ ₁	533.00	833.00	0.00	-167.00	167.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-167.00	166.67	0.33	500.00	-500.00	0.00
Δ ₂	667.00	667.00	0.00	-333.00	333.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-333.00	333.33	0.67	1000.00	-1000.00	0.00
Δ ₃	500.00	500.00	0.00	-500.00	500.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-500.00	500.00	0.00	1500.00	-1500.00	0.00
Δ ₄	500.00	500.00	0.00	-500.00	500.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-500.00	500.00	0.00	1500.00	-1500.00	0.00
Δ ₅	167.00	167.00	0.00	-83.50	83.50	0.00	-0.00	0.00	0.00	-167.00	166.67	0.33	500.00	-500.00	0.00
M ₁	0.00	0.00	0.00	-1040.00	1040.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
M ₂	0.00	0.00	0.00	-1040.00	1040.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00

145) = Selisih antara metode manual dan program 174) = Tanda gaya antara manual dan program

Hasil perbandingan pada tabel diatas menunjukkan besar gaya yang tidak terjadi perbedaan pada reaksi titik A, B, gaya normal dan momen, sedangkan besar gaya yang terjadi perbedaan pada gaya lintang sebesar 40 %. Tanda gaya yang tidak terjadi perbedaan pada reaksi A, B dan gaya normal, sedangkan tanda gaya yang terjadi perbedaan pada gaya lintang sebesar 60 % dan momen sebesar 60 %. Terjadinya perbedaan besar gaya lintang pada titik tertentu disebabkan adanya perbedaan tingkat ketelitian dalam perhitungan dan terjadinya perbedaan tanda gaya disebabkan

adanya cara penggambaran diagram gaya dalam yang tidak sama.

Hasil perhitungan metode manual dan program dilakukan uji t untuk mengetahui perbedaan kedua metode tersebut dalam mencari reaksi dan gaya – gaya dalam struktur statis tertentu. Hasil dari pengujian tersebut sebagai berikut.

1. Reaksi Vertikal

Hasil pengujian reaksi vertikal dapat dilihat pada tabel hasil Independent Sample T Test berikut ini.

Tabel 9
Hasil Reaksi Vertikal Independent Sample T Test

		Reaksi Vertikal	
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed
Levene's Test for Equality of Variances	F	.000	
	Sig.	.985	
T-test for Equality of Means	t	-.026	-.026
	df	114	113.999
	Sig. (2-tailed)	.980	.980
	Mean Difference	-.1398987	-.1398987
	Std. Error Difference	54.358883	54.358883
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower Upper	105.081302 105.287596

Nilai probabilitas dengan equal variance assumed tabel diatas sebesar 0,985 > 0,05, maka dapat disimpulkan hasil reaksi vertikal metode manual dengan program mempunyai varian yang sama. Berdasarkan nilai tingkat signifikansi sebesar 0,980 > 0,05, maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan antara rata-rata hasil reaksi vertikal menggunakan metode manual dengan program.

2. Reaksi Horisontal

Hasil pengujian reaksi horisontal dapat dilihat pada tabel hasil Independent Sample T Test berikut ini.

Tabel 10
Hasil Reaksi Horisontal Independent Sample T Test

		Reaksi Horisontal	
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed
Levene's Test for Equality of Variances	F	.000	
	Sig.	1.000	
T-test for Equality of Means	t	.000	.000
	df	20	20.000
	Sig. (2-tailed)	1.000	1.000
	Mean Difference	.000000	.000000
	Std. Error Difference	3.886609	3.886609
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower Upper	-7.937514 7.937514

Nilai probabilitas dengan equal variance assumed tabel diatas sebesar $1,000 > 0,05$, maka dapat disimpulkan hasil reaksi horisontal metode manual dengan program mempunyai varian yang sama. Berdasarkan nilai tingkat signifikansi sebesar $1,000 > 0,05$, maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan antara rata-rata hasil reaksi horisontal menggunakan metode manual dengan program.

3. Gaya Normal

Hasil pengujian gaya normal dapat dilihat pada tabel hasil Independent Sample T Test berikut ini.

Tabel 11
Hasil Gaya Normal Independent Sample T Test

		Gaya Normal		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	.000		
	Sig.	1.000		
t-Test for Equality of Means	t	-.002	-.002	
	df	294	293.999	
	Sig. (2-tailed)	.999	.999	
	Mean Difference	-.008412	-.008412	
	Std. Error Difference	5.913387	5.913387	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-11.847346	-11.847346
		Upper	11.828521	11.828521

Nilai probabilitas dengan equal variance assumed tabel diatas sebesar $1,000 > 0,05$, maka dapat disimpulkan hasil gaya normal metode manual dengan program mempunyai varian yang sama. Berdasarkan nilai tingkat signifikansi sebesar $0,999 > 0,05$, maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan antara rata-rata hasil gaya normal menggunakan metode manual dengan program.

4. Gaya Lintang

Hasil pengujian gaya lintang dapat dilihat pada tabel hasil Independent Sample T Test berikut ini.

Tabel 12

Hasil Gaya Lintang Independent Sample T Test

		Gaya Lintang		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	.014		
	Sig.	.904		
t-Test for Equality of Means	t	-.038	-.038	
	df	294	293.999	
	Sig. (2-tailed)	.970	.970	
	Mean Difference	-.315668	-.315668	
	Std. Error Difference	8.282789	8.282789	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-16.578779	-16.578779
		Upper	15.946644	15.946644

Nilai probabilitas dengan equal variance assumed tabel diatas sebesar $0,904 > 0,05$, maka dapat disimpulkan hasil gaya lintang metode manual dengan program mempunyai varian yang sama. Berdasarkan nilai tingkat signifikansi sebesar $0,970 > 0,05$, maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan antara rata-rata hasil gaya lintang menggunakan metode manual dengan program.

5. Momen

Hasil pengujian momen dapat dilihat pada tabel hasil Independent Sample T Test berikut ini.

Tabel 13
Hasil Momen Independent Sample T Test

		Momen		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	1.06		
	Sig.	.745		
t-Test for Equality of Means	t	.268	.268	
	df	294	293.999	
	Sig. (2-tailed)	.789	.789	
	Mean Difference	7.395904	7.395904	
	Std. Error Difference	27.564099	27.564099	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	46.861133	46.861147
		Upper	81.634741	81.634755

Nilai probabilitas dengan equal variance assumed tabel diatas sebesar $0,745 > 0,05$, maka dapat disimpulkan hasil momen metode manual dengan program mempunyai varian yang sama. Berdasarkan nilai tingkat signifikansi sebesar $0,789 > 0,05$, maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan antara rata-rata hasil momen menggunakan metode manual dengan program.

Hasil keseluruhan analisis diatas menunjukkan bahwasanya besar reaksi

vertikal, reaksi horisontal, gaya normal, gaya lintang dan momen yang diselesaikan dengan menggunakan metode manual dan program mempunyai varian yang sama dan tidak ada perbedaan antara rata-rata besar gaya yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data dan analisis penelitian, maka dapat disimpulkan penyelesaian struktur statis tertentu dengan menggunakan metode manual dengan program (SAP) 2000 menghasilkan adanya perbedaan besaran reaksi dan gaya dalam, perbedaan tersebut disebabkan adanya perbedaan tingkat ketelitian dan cara penyelesaian, sedangkan adanya perbedaan tanda gaya pada reaksi dan gaya dalam disebabkan cara penggambaran diagram gaya dalam yang berbeda. Reaksi, gaya normal, gaya lintang dan momen menggunakan manual dengan program dengan menggunakan uji t menghasilkan reaksi, gaya normal, gaya lintang dan momen mempunyai varian yang sama dan tidak ada perbedaan antara rata-rata besar gaya yang dihasilkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Hakiki, M. S., & Purwanto, T. (2018). Analisis Struktur Atas Untuk Perencanaan Bangunan Rangka Baja Project Pt. Bogatama Marinusa Makasar, Sulawesi Selatan. *Wahana Teknik*, 07.
- Mulyati. (n.d.). Analisa Struktur II. In *Bahan Ajar*. Retrieved from <https://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/BahanAjar/Mulyati/BahanAjarAnalisaStrukturII/MateriAjar/MateriPertemuanI%2CII.pdf>
- Rinaldi. (2019). Penggunaan Teknologi dalam Konstruksi Tingkatkan Akurasi. *Persatuan Perusahaan Realestat Indonesia*. Retrieved from <http://www.rei.or.id/newrei/berita-penggunaan-teknologi-dalam-konstruksi-tingkatkan-akurasi.html>

- Salonde, Y. Y. R., Manalip, H., & Wallah, S. E. (2016). Analisis Portal Bertingkat dengan Elevasi Lantai Berbeda Menggunakan Metode Consistent Deformation dan Slope Deflection. *Jurnal Sipil Statik*, 4(7). Retrieved from <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=2ahukewig4uh-x7foahwfbiskhehcbjyqfjahegqicbab&url=https%3A%2F%2Fjournal.unsra.t.ac.id%2Findex.php%2Fjss%2Farticle%2Fdownload%2F13163%2F12748&usg=aovvaw3hf7hteofqqfnchb-up5ac>

- Wesli. (2010). *Mekanika Rekayasa* (pertama). Graha Ilmu.

Halaman ini sengaja dikosongkan