

PERBANDINGAN GAYA DALAM METODE MANUAL DAN PROGRAM

Dwi Desharyanto¹⁾,

¹Teknik, Universitas Wiraraja

email : ucha_ibran@yahoo.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang teknik sipil sudah semakin meningkat. Salah satu contoh yaitu penggunaan aplikasi komputer dalam analisis struktur. Beberapa metode dapat digunakan dalam menganalisis struktur, baik metode manual atau dengan menggunakan program komputer. Metode-metode tersebut memiliki alur yang berbeda dalam menganalisis struktur.

Berdasarkan perbedaan tersebut, maka dilakukan analisis perbandingan antara metode manual dan program komputer terkait hasil perhitungan yang diperoleh dari masing-masing metode. Objek kajian yang dianalisis yaitu salah satu portal arah melintang. Metode analisa yang digunakan yaitu metode analisis perbandingan. Analisa ini difokuskan pada perbandingan kedua metode (manual dan program komputer) terkait hasil perhitungan gaya-gaya dalam yang akan dibandingkan besar dan selisihnya serta tingkatan besaran yang dihasilkan.

Hasil analisis menunjukkan, nilai yang dihasilkan pada masing-masing metode analisis struktur tidak sama. Perhitungan selisih hasil analisis struktur masing-masing metode (manual dan program) pada setiap batang memiliki nilai selisih yang beragam. Selisih antara metode manual dengan program komputer lebih besar dibandingkan selisih antara metode manual atau program sendiri. Berdasarkan nilai frekuensi, masing-masing gaya dalam pada analisis struktur memiliki tingkatan besaran yang berbeda-beda. Gaya dalam normal dengan metode takabeya dan cross sebagai metode tertinggi dengan nilai frekuensi 9 dan sap 2000 sebagai metode terendah dengan nilai frekuensi 10. Gaya dalam lintang dengan metode takabeya sebagai metode tertinggi dengan nilai frekuensi 11 dan sap 2000 dengan nilai frekuensi 14 sebagai metode terendah. Bidang momen dengan metode cross sebagai metode tertinggi dengan nilai frekuensi 10 dan sap 2000 sebagai metode terendah dengan nilai frekuensi 11.

Kata kunci : Metode, Struktur, Perbandingan.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan di bidang teknologi informasi dari masa ke masa sangat pesat dan perannya dalam kehidupan manusia dapat dirasakan dalam berbagai bidang kegiatan kehidupan manusia, baik secara

individu ataupun kelompok (organisasi atau perusahaan). Tidak terkecuali pada bidang teknik sipil. Perkembangan ini tentunya didukung oleh adanya teknologi-teknologi yang juga semakin canggih, sehingga berbagai permasalahan dalam rekayasa struktur sudah dapat dicari solusinya walaupun dengan persoalan yang rumit sekalipun. Dimana perkembangan teknologi tersebut membuat seorang engineer dituntut untuk dapat mengikuti perkembangan dan teknologi yang saat ini sangat pesat, baik dalam desain, rancangan / rekayasa, bahan (material) maupun alat-alat dengan teknologi canggih dan terbaru. Hal ini menuntut perhatian lebih para praktisi konstruksi, konsultan, para engineer dalam bidang rekayasa sipil untuk semakin meningkatkan pengetahuannya agar dapat memenuhi tuntutan dalam menghasilkan pekerjaan yang cepat, tepat, akurat dan menarik dari segi tampilan/penyajian.

Sebuah struktur bangunan harus mampu menahan beban yang diberikan pada struktur tersebut secara efisien dan aman. Elemen-elemen struktural seperti balok, kolom, dan rangka batang harus disusun menjadi bentuk struktural yang aman dalam menahan semua beban. Pada suatu struktur bangunan, gaya-gaya dalam memiliki peranan yang penting. Momen terjadi apabila sebuah gaya bekerja mempunyai jarak tertentu dari titik yang akan menahan momen tersebut dan besarnya momen tersebut merupakan besarnya gaya dikalikan dengan jaraknya. Pekerjaan dalam perencanaan teknik sipil untuk perhitungan momen pada struktur bangunan memiliki berbagai macam metode, baik metode yang dilakukan secara manual teoritis atau dengan menggunakan alat bantu dengan teknologi tinggi seperti penggunaan program-program komputer.

Berkembangnya teknologi dalam bidang teknik sipil tentunya memiliki kontribusi yang sangat menguntungkan bagi para engineer misalnya dapat membuat pekerjaan menjadi relatif lebih mudah. Salah satu contoh penggunaan aplikasi komputer dalam perencanaan struktur yaitu dengan menggunakan aplikasi sap 2000, staad pro dan aplikasi lainnya yang saat ini cenderung lebih banyak digunakan dari pada metode manual dalam perhitungan gaya-gaya dalam pada struktur bangunan, misalnya metode cross, dan takabeya. Hal ini tentunya menyebabkan penggunaan metode manual semakin lama semakin ditinggalkan.

Metode perhitungan gaya-gaya dalam menggunakan program komputer harus memahami metode secara manual atau konvensional terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan karena metode manual dalam perhitungan gaya-gaya dalam merupakan dasar dari perhitungan dengan menggunakan program/aplikasi komputer dan setiap program komputer yang dirancang untuk menghitung permasalahan perhitungan dalam perencanaan teknik sipil didasarkan pada analisa

perhitungan secara manual. Dengan kata lain, bahasa pemrograman yang dipakai pada metode perhitungan dengan program komputer didasarkan pada konsep perhitungan manual. Namun secara tidak langsung apabila ditinjau dari segi efisiensi waktu pengerjaan metode manual relatif lebih lama jika dibandingkan dengan menggunakan program komputer.

Perhitungan struktur pada suatu bidang rangka memerlukan waktu yang cukup lama dengan ketelitian yang akurat. Walaupun demikian, pekerjaan dengan analisa perhitungan secara manual terhadap bidang rangka juga masih dapat dilakukan jika struktur yang ditinjau masih dalam bentuk portal yang sederhana, dimana elemen-elemen pendukung portal tersebut belum begitu banyak, maka perhitungan dengan manual untuk memperoleh hasil yang akurat dan waktu yang cepat masih memungkinkan untuk dilakukan.

Metode perhitungan gaya-gaya dalam pada analisa struktur sebuah bangunan memiliki konsep yang sama, baik perhitungan yang dilakukan secara manual maupun dengan program komputer. Hanya saja bagaimana seorang engineer dapat menghitung besarnya gaya-gaya dalam pada suatu bangunan dengan ketelitian yang sangat tinggi dengan metode manual dan memasukkan input data yang tepat sesuai dengan peraturan yang ada dengan menggunakan program komputer, sehingga didapatkan hasil yang maksimal. Ketelitian dalam perhitungan gaya-gaya dalam sangat penting, mengingat hasil gaya-gaya dalam tersebut akan dijadikan sebagai acuan bagi perencana dalam merencanakan struktur bangunan. Kesalahan yang terjadi dapat berakibat fatal terhadap kekuatan dan kemampuan struktur dalam menerima beban.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis ingin melakukan analisa perbandingan antara metode perhitungan gaya-gaya dalam secara manual dan menggunakan program komputer. Analisa ini dilakukan dengan menghitung besarnya gaya-gaya dalam dengan menggunakan metode manual maupun program komputer pada salah satu proyek konstruksi, dimana proyek konstruksi tersebut memiliki struktur berupa struktur portal. Analisa tersebut akan membandingkan kedua metode perhitungan gaya-gaya dalam, antara metode manual yang dalam hal ini menggunakan metode *Hardy Cross*, dan *Takabeya* serta metode menggunakan program komputer dengan menggunakan program analisa struktur SAP 2000 V8 dan STAAD PRO 2007.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat dirumuskan permasalahan-permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah perbandingan hasil perhitungan gaya-gaya dalam antara metode perhitungan

manual (*Cross*, dan *Takabeya*) dan metode perhitungan menggunakan program (SAP 2000 dan STAAD PRO 2007) terkait nilai gaya-gaya dalam dan selisih nilai antar metode?

2. Bagaimanakah tingkatan besaran perhitungan gaya-gaya dalam yang dihasilkan dari masing-masing metode perhitungan yang dilakukan?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui perbandingan hasil perhitungan gaya-gaya dalam antara metode perhitungan manual (*Cross*, dan *Takabeya*) dan metode perhitungan menggunakan program (SAP 2000 dan STAAD PRO 2007) terkait nilai gaya-gaya dalam dan selisih nilai antar metode dan mengetahui tingkatan besaran perhitungan gaya-gaya dalam yang dihasilkan dari masing-masing metode perhitungan yang dilakukan.

Diharapkan dari penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi *engineer* dalam bidang teknik sipil dalam memilih metode perhitungan perhitungan gaya-gaya dalam dalam merencanakan struktur bangunan baik metode manual ataupun menggunakan program dan memberikan informasi mengenai tingkatan besaran perhitungan gaya-gaya dalam yang dihasilkan dengan metode manual dan menggunakan program komputer.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Pembebanan

Fungsi setiap struktur akan menerima pengaruh dari luar yang perlu dipikul. Selain pengaruh dari luar, sistem struktur yang terbuat dari material bermassa, juga akan memikul beratnya sendiri akibat pengaruh gravitasi. Selain pengaruh dari luar yang dapat diukur sebagai besaran gaya atau beban, seperti berat sendiri struktur, beban akibat hunian atau penggunaan struktur, pengaruh angin atau getaran gempa, tekanan tanah atau tekanan hidrostatik air, terdapat juga pengaruh luar yang tidak dapat diukur sebagai gaya. Melakukan analisis dan desain dari suatu struktur bangunan, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besarnya beban yang bekerja pada struktur. Hal penting yang berkaitan dengan karakteristik beban untuk keperluan analisis struktur adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis.

Beban Mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (PPIUG 1983)

Beban Hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung

itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari beban air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air (PPIUG 1983).

Untuk keperluan desain, analisis dan sistem struktur perlu diperhitungkan terhadap kemungkinan terjadinya kombinasi pembebanan (Load Combination) dan beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Kombinasi pembebanan ini disebabkan oleh bekerjanya beban mati, beban hidup dan beban gempa. Nilai – nilai beban tersebut diatas dikalikan dengan suatu faktor magnifikasi yang disebut faktor beban, tujuannya agar struktur dan komponennya memenuhi syarat kekuatan dan layak dipakai terhadap berbagai kombinasi beban. Faktor beban memberikan nilai kuat, perlu bagi perencanaan pembebanan pada struktur. SKSNI T 15-1991-03 sub bab 3.2.2 menentukan nilai kuat perlu sebagai berikut :

1. Untuk beban mati (D) / tetap : $Q = 1.2$
2. Untuk beban hidup (L) / sementara : $Q = 1.6$ sehingga $U = 1.2D + 1.6L$

2.2. Metode Hardy Cross

Dalam bidang rekayasa teknik sipil banyak ragam cara yang digunakan untuk penyelesaian mekanika teknik, salah satunya adalah metode *cross* yang dikemukakan oleh Prof. Hardy Cross pada tahun 1930-an dan dipandang sebagai salah satu sumbangsih terpenting yang pernah diberikan kepada analisa struktur balok –kontinu dan kerangka kaku. Pada hakekatnya metode ini merupakan suatu cara untuk menyelesaikan persamaan-persamaan simultan di dalam metode ubahan sudut dengan pendekatan berturut-turut, dengan derajat ketelitian berapapun seiring kehendak (Chu Kia Wang, Analisa Struktur Lanjutan, 1992). Sesuai dengan kriteria struktur yang akan dianalisa, metode ini merupakan salah satu metode yang cocok digunakan untuk model struktur mewakili objek yang akan digunakan dalam analisa.

2.3. Metode Takabeya

Salah satu metoda yang sering digunakan dalam perhitungan konstruksi statistik tentu, khususnya pada konstruksi portal yang cukup dikenal adalah perhitungan konstruksi dengan metoda *TAKABEYA*. Dibandingkan dengan metoda yang lain, seperti metoda *Cross* dan metoda *Kani*, metoda *takabeya* ini lebih mudah untuk dipelajari dan dimengerti dalam waktu yang relatif singkat, demikian pula dalam perhitungannya untuk konstruksi portal bertingkat banyak. Cara tersebut dalam mendapatkan gaya elemen dilakukan dengan cara iterasi berupa momen ujung batang, selanjutnya dari momen ujung batang tersebut diperoleh gaya-

gaya yang lain berupa gaya aksial dan lintang. Cara ini biasanya hanya terbatas untuk menganalisis struktur dua dimensi, artinya di dalam analisis akan dilakukan penyederhanaan, misalnya struktur dianggap terwakili oleh portal dua dimensi. (Timoshenko, 1970).

Pada dasarnya dalam perhitungan konstruksi portal, perhitungan didasarkan atas anggapan bahwa deformasi yang diakibatkan oleh gaya tekan atau tarik dan gaya geser dalam diabaikan dan hubungan antara balok dan kolom kaku sempurna. Sesuai dengan anggapan tersebut, pada titik kumpul dimana balok dan kolom berpotongan, batang-batang ini dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan perputaran dan pergeseran sudut, dimana momen-momen lentur dari ujung-ujung batang dinyatakan sebagai fungsi dari perputaran sudut dan persamaan sudut yang relatif dari satu ujung batang ke ujung batang lainnya.

2.4. Metode Perhitungan Momen dengan SAP 2000 V8

Program SAP 2000 merupakan program yang dirancang untuk pengerjaan analisa struktur pada bidang teknik sipil, sesuai dengan fungsinya program SAP 2000 dapat digunakan untuk menganalisa jenis struktur apapun dengan tampilan 2 dimensi maupun 3 dimensi. Keunggulan dari SAP 2000 antara lain ditunjukkan dengan adanya fasilitas untuk desain elemen, baik untuk material baja maupun beton. Program ini dirancang untuk mengetahui adanya gaya-gaya yang muncul pada suatu elemen struktur sebagai akibat dari munculnya beban yang diterima oleh elemen struktur.

2.5. Metode Perhitungan Momen dengan STAAD PRO 2007

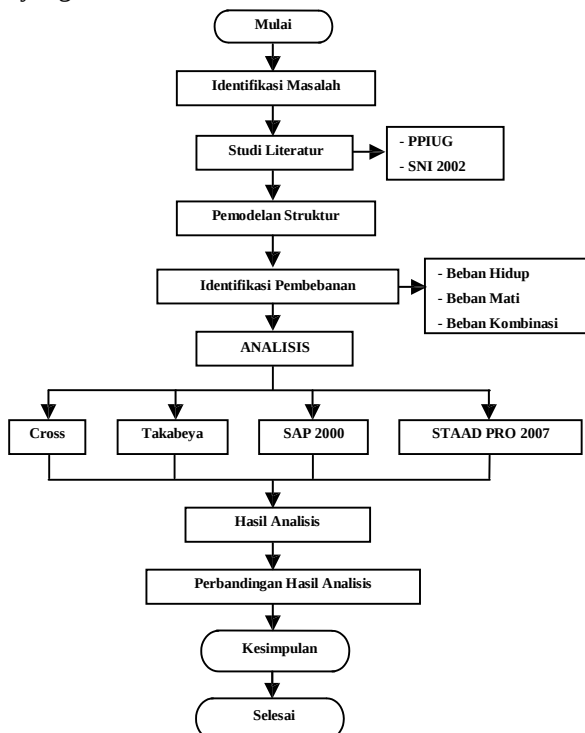
Program STAAD PRO 2007 merupakan salah satu generasi baru dari versi STAAD sebelumnya dan telah diuji sebagai perangkat lunak rangsang bangun struktur yang terbaik. Dari penelitian dan pengembangan yang dilakukan oleh Research Engineers, Intl, program ini dapat melakukan desain struktur sesuai dengan kode yang berlaku di 30 negara dan memiliki kemampuan yang akurat dalam analisis, desain, grafik dan visualisasi (Analisa dan Desain Struktur Dengan Staad Pro 2004 edisi revisi, 2006). STAAD.Pro 2007 juga merupakan produk perangkat lunak rekayasa struktural yang paling populer untuk model generasi 3D , analisis dan desain multi- material. Perangkat lunak ini sepenuhnya kompatibel (mampu bekerja sesuai) dengan semua sistem operasi Windows.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif, dimana analisis yang dilakukan akan memaparkan selisih dan hasil perbandingan keempat

metode analisa struktur secara kuantitatif berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan. Metode observasi ini digunakan sebagai suatu pemahaman terhadap objek yang dianalisis, penulis mengetahui secara pasti tentang kondisi dan gambaran objek untuk menggambarkan struktur portal yang nantinya akan dianalisis dengan metode analisa struktur secara manual dan menggunakan program komputer. Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi-referensi dari berbagai sumber yang mendukung proses analisa yang dilakukan terhadap objek.

Metode analisa data yang digunakan adalah metode perbandingan. Analisa ini difokuskan pada perbandingan kedua metode (manual dan program komputer) terkait hasil perhitungan perhitungan gaya-gaya dalam yang dilakukan. Data-data yang telah diperoleh kemudian dilakukan perhitungan perhitungan gaya-gaya dalam pada struktur portal yang mewakili objek dengan menggunakan metode manual yaitu metode *Hardy Cross*, dan metode *Takabeya*. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan program komputer yaitu SAP 2000 V8 dan STAAD PRO 2007. Perbandingan yang dilakukan tersebut nantinya akan dihitung besar dan selisih gaya-gaya dalam yang timbul dari masing-masing perhitungan. Berikut diagram alur analisa yang akan dilakukan :



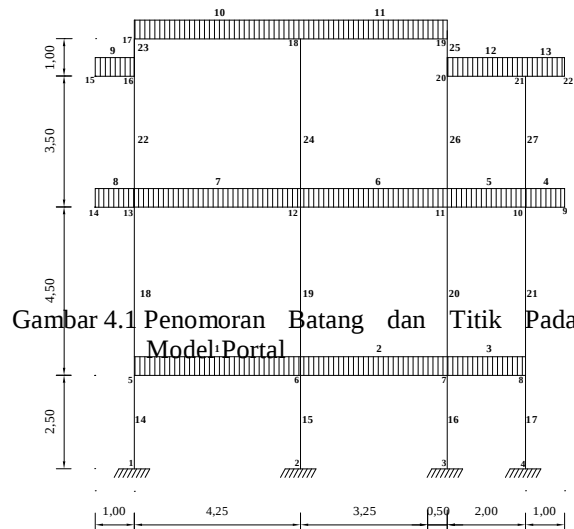
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perbandingan Hasil Analisis Struktur Antara Metode Manual dan Program Komputer

Perbandingan dilakukan terhadap metode

analisis struktur yaitu metode manual (Takabeya dan Cross) dengan program komputer (Staad Pro dan Sap 2000). Masing-masing hasil analisis memiliki output penomoran titik dan batang yang berbeda. Maka untuk memudahkan dalam proses perbandingan nilai dan hasil analisis, dibuat model portal dengan nomor batang dan titik sebagai acuan dalam perbandingan. Nilai dan hasil analisis mengikuti model portal sebagai berikut :



Berdasarkan perbandingan hasil analisa struktur antara metode manual (Takabeya dan Cross) dengan program komputer (Staad Pro dan Sap 2000) diperoleh hasil analisa struktur yang berbeda sesuai dengan analisis yang telah dilakukan. Analisis terhadap gaya-gaya dalam (normal, lintang dan momen) menghasilkan nilai analisis pada daerah tumpuan dan lapangan. Nilai analisis akan bertanda positif apabila berada pada daerah lapangan, sedangkan bertanda negatif apabila berada pada daerah tumpuan.

4.2. Selisih Hasil Analisis Struktur Antara Metode Manual dan Program Komputer

Berdasarkan hasil perhitungan analisis struktur antara metode manual (Cross dan Takabeya) dengan program komputer (Staad Pro dan Sap 2000). Masing-masing metode dibandingkan dan dihitung besar selisih hasil analisis struktur pada masing-masing metode. Perhitungan selisih dilakukan pada setiap batang sesuai dengan model portal. Nilai selisih diperoleh dengan mengambil nilai maksimum pada setiap batang dari analisis struktur masing-masing gaya-gaya dalam yaitu gaya normal, gaya lintang dan bidang momen.

Berdasarkan perhitungan selisih analisis struktur gaya normal, lintang dan momen antara metode manual (Takabeya dan Cross) dengan program komputer (Staad Pro dan Sap 2000) diperoleh nilai yang bervariasi. Nilai selisih antara metode manual dan program komputer rata-rata memiliki selisih yang lebih besar jika dibandingkan

dengan nilai selisih antara metode manual sendiri ataupun program komputer. Perbedaan tanda pada nilai selisih, baik positif ataupun negatif diperoleh dari hasil pengurangan nilai analisis yang dilakukan bukan didasarkan pada kondisi daerah lapangan atau tumpuan pada masing-masing batang.

4.3. Tingkatan Besaran Hasil Analisis Struktur Antara Metode Manual dan Program Komputer

Berdasarkan hasil perhitungan analisis struktur antara metode manual dan program komputer, diperoleh nilai maksimum pada setiap gaya-gaya dalam (normal, lintang dan momen). Nilai maksimum pada setiap batang masing-masing gaya dalam diurutkan berdasarkan besarnya dari nilai yang tertinggi ke nilai yang terendah pada batang yang sama.

Berdasarkan tabel 4.1 pada gaya normal setiap batang diperoleh metode takabeya dan staad pro sebagai metode yang memiliki nilai analisis struktur tertinggi dengan nilai frekuensi 9, metode cross dan sap 2000 sebagai metode tertinggi kedua dengan nilai frekuensi 9, metode staad pro sebagai metode tertinggi ketiga dengan nilai frekuensi 10 dan metode sap 2000 sebagai metode terendah dengan nilai frekuensi 10.

Tabel 4.1 Frekuensi Metode Analisis Struktur Gaya Normal

METODE	FREKUENSI TINGKAT KE-			
	1	2	3	4
Staad Pro	9	1	10	7
Sap 2000	1	9	7	10
Takabeya	9	8	7	3
Cross	8	9	3	7

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.2 pada gaya lintang setiap batang diperoleh metode takabeya sebagai metode yang memiliki nilai analisis struktur tertinggi dengan nilai frekuensi 11, metode cross sebagai metode tertinggi kedua dengan nilai frekuensi 11, metode staad pro sebagai metode tertinggi ketiga dengan nilai frekuensi 10 dan metode sap 2000 sebagai metode terendah dengan nilai frekuensi 14.

Tabel 4.2 Frekuensi Metode Analisis Struktur Gaya Lintang

METODE	FREKUENSI TINGKAT KE-			
	1	2	3	4
Staad Pro	10	1	10	6
Sap 2000	1	6	6	14
Takabeya	11	9	6	1
Cross	5	11	5	6

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.3 pada gaya dalam momen setiap batang diperoleh metode Cross sebagai metode yang memiliki nilai analisis struktur

tertinggi dengan nilai frekuensi 10, metode takabeya sebagai metode tertinggi kedua dengan nilai frekuensi 10, metode staad pro sebagai metode tertinggi ketiga dengan nilai frekuensi 11 dan metode sap 2000 sebagai metode terendah dengan nilai frekuensi 11.

Tabel 4.3 Frekuensi Metode Analisis Struktur Bidang Momen

METODE	FREKUENSI TINGKAT KE-			
	1	2	3	4
Staad Pro	6	2	11	8
Sap 2000	2	6	8	11
Takabeya	9	10	6	2
Cross	10	9	2	6

Sumber : Hasil Perhitungan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan perbandingan analisis struktur dengan metode manual dan program komputer diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Analisis struktur terhadap model portal yang termasuk dalam portal struktur statis tak tentu pada masing-masing metode analisis struktur baik manual (Takabeya dan Cross) maupun program komputer (Staad Pro dan Sap 2000) memiliki analisis yang berbeda-beda sehingga nilai yang dihasilkan pada masing-masing metode tidak sama.
2. Perhitungan selisih hasil analisis struktur masing-masing metode (manual dan program) pada setiap batang memiliki nilai selisih yang beragam. Besar selisih antara metode manual sendiri yaitu metode Takabeya dan Cross memiliki selisih yang cukup rendah, begitu pula dengan metode analisis struktur dengan program komputer sendiri yaitu dengan Staad Pro dan Sap 2000. Namun selisih antara metode manual dan program memiliki nilai yang cukup tinggi pada masing-masing batang, kecuali pada batang kantilever yang memiliki selisih lebih rendah antar metode.
3. Berdasarkan nilai frekuensi, maka tingkatan besaran untuk gaya dalam normal dari tingkat ke-1 (tertinggi) sampai tingkat ke-4 (terendah) adalah Takabeya dan Staad Pro, Cross dan SAP 2000, Staad Pro dan SAP 2000. Tingkatan besaran untuk gaya dalam lintang dari tingkat ke-1 (tertinggi) sampai tingkat ke-4 (terendah) adalah Takabeya, Cross, Staad Pro dan SAP 2000. Tingkatan besaran untuk gaya dalam momen dari tingkat ke-1 (tertinggi) sampai tingkat ke-4 (terendah) adalah Cross, Takabeya, Staad Pro dan SAP 2000.

Saran berdasarkan hasil analisis perbandingan antara metode manual dan program komputer dalam analisis struktur, yaitu :

1. Analisis struktur memiliki metode yang

beragam, baik secara manual maupun dengan program komputer. Pemilihan metode yang akan digunakan pada perencanaan struktur bangunan perlu dipertimbangkan terkait adanya perbedaan besaran pada setiap metode analisis struktur sebagaimana hasil analisis yang telah dilakukan terhadap model portal yang termasuk dalam struktur statis tak tentu dengan kondisi perletakan jepit-jepit.

2. Analisis perbandingan lebih lanjut perlu dilakukan terkait metode-metode lain dalam analisa struktur baik manual ataupun program komputer dengan model-model portal yang sama ataupun model portal yang lebih sederhana menggunakan metode yang serupa dengan analisis ini.

6. REFERENSI

Departemen Pekerjaan Umum. 1983, Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, Bandung.

Bambang Dewasa, Diktat Mekanika Teknik 3 Universitas Negeri Semarang, Mekanika teknik 3, Universitas Negeri Semarang, 2006.

Gunawan T dan Margaret S , 2007. Diktat Teori Soal dan Penyelesaian Mekanika Teknik III Jilid I, Delta Teknik Group Jakarta, Jakarta

Hadi Y. CE. Penyelesaian Mekanika Teknik Statis Tak Tentu, Yustadi Offset Printing, 1986.

Ndu Ufi Benyamin, 2010. Analisis Portal 2D STAAD PRO V.8i.

Pramono Handi, dkk. Desain Konstruksi dengan SAP 2000 Versi 9, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2007.

Soetomo, 1981. Perhitungan Portal Bertingkat dengan Cara Takabeya 1, Cetakan Ketiga, Jakarta