

## Perancangan Struktur Gedung Rangka Baja Tahan Gempa yang Terintegrasi dengan BIM (*Building Information Modeling*)

Ronaldi\*, Iskandar Romey Sitompul dan Alex Kurniawandy

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: [ronaldi.1458@student.unri.ac.id](mailto:ronaldi.1458@student.unri.ac.id)

Dikirim: 17 januari 2022

Direvisi: 23 Februari 2022

Diterima: 28 Februari 2022

### ABSTRAK

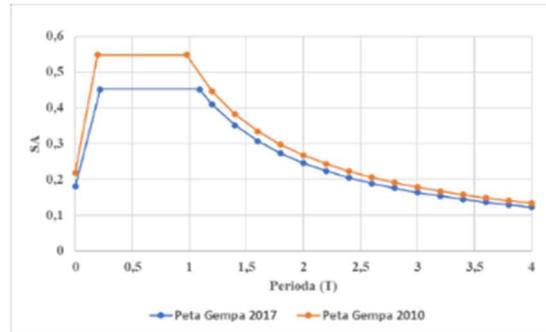
Era industri 4.0 memiliki pengaruh dalam dunia jasa konstruksi dalam hal perancangan bangunan yang membutuhkan integrasi *Architect, Engineering and Construction* (AEC). Dengan menggunakan *software* yang terintegrasi dengan BIM akan memudahkan dan mempersingkat waktu dalam mendesain suatu struktur serta dapat mengurangi kesalahan akibat *human error*. Suatu struktur dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi persyaratan keamanan dari bahaya gempa. Penelitian ini menggunakan *software Tekla Structural Designer* yang terintegrasi dengan BIM dan SAP2000. Beban gempa yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada peta gempa tahun 2010 dan peta gempa tahun 2017. Nilai respon spektrum pada peta gempa 2010 adalah  $S_s$  dan  $S_1$  sebesar 0,441 dan 0,274. Sedangkan nilai respon spektrum peta gempa 2017 adalah  $S_s$  dan  $S_1$  sebesar 0,299 dan 0,236. Pengaruh beban gempa pada struktur bangunan rangka baja mencakup perpindahan, simpangan antar lantai, dan gaya dalam pada struktur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Direct Analysis Method* (DAM). Pada penelitian ini dimodelkan struktur rangka baja 5 lantai dengan panjang bentang arah X 20 m dan arah Y 16 m, tinggi antar lantai 4 m dengan tinggi total 20 m. Profil yang digunakan dalam pemodelan ini adalah profil kolom 356.376.17,9.17,9 dan balok 229.210.14,5.23.7. Hasil analisis momen maksimum pada elemen balok yang dipengaruhi gempa 2010 adalah sebesar 82,953 kNm. Sedangkan momen maksimum elemen balok yang dipengaruhi gempa tahun 2017 adalah 82,922 kNm. Elemen kolom menunjukkan aksial maksimum yang dipengaruhi gempa 2010, yaitu 1371,73 kN. Sedangkan gaya aksial maksimum yang dipengaruhi gempa 2017 sebesar 1370,25 kN. Berdasarkan hasil analisis gaya dalam yang dipengaruhi oleh gempa 2010 lebih besar 5,55% dari gempa 2017. Hal ini dikarenakan nilai spektrum respon pada peta gempa tahun 2010 lebih besar dari pada peta gempa tahun 2017 berdasarkan  $S_s$  sebesar 14,2% dan  $S_1$  sebesar 3,8%.

**Kata kunci:** Peta gempa 2010, peta bahaya gempa 2017, perpindahan, *Tekla Structural Designer*, SAP2000, BIM

### 1. PENDAHULUAN

Gempabumi merupakan ancaman konstan yang terjadi di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh pertemuan lempeng tektonik dan aktivitas vulkanik yang terjadi secara tiba-tiba yang dapat menimbulkan kerusakan infrastruktur (Kartikasari, 2019). Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah kawasan yang sering terjadi gempa bumi sehingga peraturan yang berkaitan terhadap bangunan tahan gempa merupakan aspek yang sangat vital untuk diperhatikan. Dalam proses analisis ini perencana menggunakan berbagai *software* yang dapat mengetahui ketahanan struktur yang dirancang untuk menahan beban gempa yang bekerja. Penelitian ini akan membandingkan hasil gaya-gaya dalam menggunakan *software Tekla Struktural Designer* yang terintegrasi dengan BIM dan SAP2000. Kemudian membandingkan hasil gaya-gaya dalam berdasarkan peta gempa 2010 dan peta gempa 2017. Sehingga dirancang sambungan yang kuat menahan beban gempa.

Gempa bumi merupakan suatu kejadian yang sulit diprediksi serta letak kejadian akan terjadi. Peristiwa gempa ini dapat menyebabkan kerusakan-kerusakan di atas permukaan bumi seperti runtuhnya bangunan sehingga dapat menimbulkan korban manusia. Peta gempa Indonesia sudah mengalami beberapa kali perubahan yang terbaru yaitu peta gempa 2017. Peta gempa 2017 merupakan pembaharuan peta gempa sebelumnya yaitu peta gempa 2010. Adapun respon spektra peta gempa 2010 dan peta gempa 2017 pada daerah Pekanbaru dengan tanah lunak dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Respon Spektrum Pekanbaru pada Tanah Lunak

Pada peta gempa 2017 mengacu pada analisis PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*). Analisis PSHA menggunakan percepatan yang berasal dari batuan dasar PGA (*Peak Ground Acceleration*). Analisis PSHA yang dilakukan Tim Pusat Studi Gempa tahun 2017 yang menjelaskan bahwa akan terjadinya guncangan yang akan semakin kuat pada suatu daerah seiring dengan bertambah panjang rentang waktu perhitungan (Destiyani *dkk.*, 2019).

Dalam standar yang tercantum pada SNI 1726 2019 telah menjelaskan aspek-aspek yang harus dipenuhi dalam analisa beban gempa statik ekuivalen pada bangunan gedung. Tahapan-tahapan pada analisis ini digunakan untuk menentukan aman atau tidaknya struktur tersebut. Tingkat keamanan beban gempa ditinjau dari simpangan horizontal yang dihasilkan, dibandingkan dengan simpangan horizontal yang diijinkan (Laksana, 2021). Pada SNI 1726:2019 telah dijelaskan bahwa stabilitas suatu struktur dapat diketahui dari nilai simpangan antar tingkat. Penentuan simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Adapun simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur dapat diketahui dari persamaan berikut:

$$\delta = \frac{(\delta e. C_d)}{I} \tag{1}$$

Pada persamaan (1) terdiri dari beberapa unsur yaitu  $\delta$  adalah simpangan antar tingkat.  $\delta e$  adalah defleksi. Untuk faktor pembesaran defleksi disimbolkan dengan  $C_d$ , sedangkan  $I$  adalah faktor keutamaan gempa. Untuk simpangan antar lantai yang diizinkan terjadi pada struktur dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

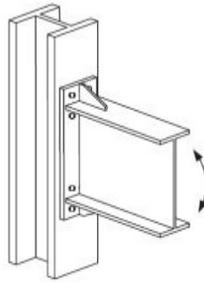
$$\Delta a = \frac{(0,020 h_{sx})}{\rho} \tag{2}$$

Pada persamaan (2) menunjukkan perhitungan simpangan antar lantai yang diizinkan terdiri dari parameter yaitu  $h_{sx}$  adalah tinggi antar lantai. Sedangkan  $\rho$  adalah faktor redudansi. Nilai redudansi yang disarankan untuk struktur RMK adalah 1,3.

Baja merupakan salah satu material yang sering digunakan dalam bidang konstruksi. Baja terbuat dari besi yang mengandung karbon 0,02-2,11%C yang dapat dikategorikan menjadi 3, yaitu baja karbon rendah (<0,2%C), baja karbon sedang (0,2-0,5 %C) dan baja karbon tinggi (0,5-2,11%C). Baja yang memiliki karbon rendah dan sedang sering digunakan pada struktur dan konstruksi yang memiliki sifat mekanik yang baik (Umiati, 2008). Material baja sering digunakan dalam dunia konstruksi karena memiliki berbagai bentuk profil yang digunakan berdasarkan kebutuhan suatu proyek. Oleh karena itu, konstruksi yang menggunakan struktur baja memiliki beban yang lebih relatif ringan dibandingkan dengan menggunakan struktur beton.

Sambungan baut merupakan alat sambung yang dapat digunakan pada struktur baja yang tahan gempa serta memiliki kemudahan perakitan di lapangan. Untuk perancangan sambungan struktur tahan gempa pada umumnya menggunakan baut mutu tinggi. Tipe sambungan 4ES adalah tipe sambungan yang direkomendasikan dalam SNI 7972:2020 untuk digunakan dalam penyambungan balok ke sayap kolom pada Rangka Momen Khusus (RMK). Adapun tipe sambungan yang disyaratkan dapat dilihat pada Gambar 2.

Perancangan gaya pada baut dengan pelat ujung tebal dijelaskan oleh Borgsmiller yang menentukan ambang perubahan dari sayap tebal ke tipis. Jika beban yang diterima dapat menyebabkan aksi yang lebih kecil dari 90% kekuatan pelat maka plat ujung digolongkan tebal dan pengaruh efek *prying* dapat diabaikan. Sedangkan pelat dapat digolongkan tipis dan gaya *prying* dianggap maksimum (Murray & Sumner, 2003). Kekuatan nominal sambungan yang disimbolkan dengan  $R_n$ . Hal ini menjadi indikasi dari mekanisme keruntuhan dapat tercapai lebih dahulu. Sehingga gaya terkecil yang menyebabkan mekanisme keruntuhan merupakan indikasi yang menentukan (Siregar *dkk.*, 2020).



Gambar 2. Sambungan Momen Pelat Ujung Pengaku

Direct Analysis Method (DAM) merupakan suatu metode yang dapat mengatasi keterbatasan analisis struktur elastik yang tidak dapat memperkirakan stabilitas secara langsung. Pengaruh efek orde dua sudah diperhitungkan langsung pada analisa struktur. Oleh karena itu, pembebanan pada struktur dapat ditentukan lebih akurat disebabkan ketidaksempurnaan batang dan reduksi kekakuan yang sudah diperhitungkan selama proses analisa struktur (Dewobroto, 2011). Pada metode DAM ini dilakukan analisis struktur akibat ketidaksempurnaan elemen struktur. Pengaruh ketidaksempurnaan elemen struktur ini dapat dilakukan dengan memberikan beban tambahan yang disebut dengan *notional load*. Beban diberikan pada setiap tingkat struktur yang dirancang. Adapun nilai beban *notional* dapat ditentukan pada persamaan berikut:

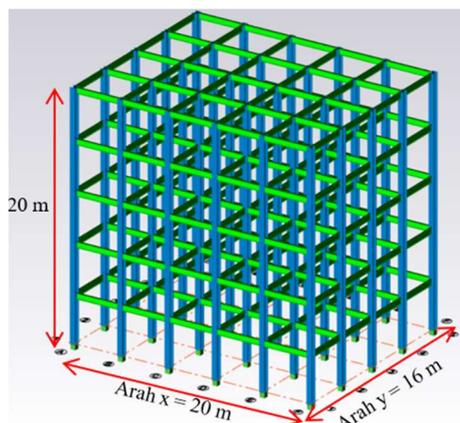
$$N_i = 0,002 \cdot \alpha \cdot Y_i \tag{3}$$

Pada penentuan *notional load* terdapat parameter  $\alpha$  adalah koefisien (LRFD).  $Y_i$  adalah beban gravitasi. Beban *notional* ini diberikan pada titik pertemuan balok dan kolom.

Menurut Laorent dkk. (2019), konsep BIM sudah ada sejak tahun 1970-an, sebutan *Building Information Model* pertama kali muncul dalam tulisan oleh G.A. van Nederveen dan F. P. Tolman pada tahun 1992. Istilah *Building Information Modeling* (BIM) belum banyak digunakan sampai Autodesk merilis tulisan berjudul "*Building Information Modeling*". BIM adalah salah satu perkembangan paling menjanjikan dalam industri arsitektur, teknik, dan konstruksi (AEC). Dengan teknologi BIM, satu atau lebih model virtual suatu bangunan dibangun secara digital. Teknologi ini mendukung desain melalui tiap fasenya, yang memungkinkan proses analisis dan proses kontrol yang lebih baik daripada proses manual (Wong dkk., 2010).

2. METODE PENELITIAN

Pemodelan struktur bangunan gedung bertingkat pada penelitian ini menggunakan *software Tekla Struktural Designer*. Adapun pemodelan 3D yang struktur rangka baja dapat dilihat pada Gambar 3. Penelitian ini menggunakan struktur rangka baja. Struktur bangunan gedung bertingkat ini tersusun dari 5 lantai dengan tinggi yang tipikal yaitu 4 m serta panjang arah x 20 m dan panjang arah y 16 m. Adapun profil yang digunakan pada penelitian ini yaitu kolom (Profil H 356.376.17,9.17,9) dan balok balok (Profil IWF 229.210.14,5.23,7).



Gambar 3. Pemodelan 3d Struktur Rangka Baja

Dalam melakukan analisis struktur pada *software Tekla Struktural Designer* dan SAP2000 perlu dilakukan tahapan analisis struktur sebagai berikut (1) Melakukan pemodelan struktur sesuai dengan dimensi dan material yang telah direncanakan. Pemodelan struktur merupakan seluruh komponen berupa kolom, balok

dan pelat lantai; (2) Mendefinisikan beban gempa berupa respon spektrum. Respon spektrum akan dimasukkan dalam beban gempa, pada tahap ini data yang diperlukan  $S_1$  dan  $S_a$  serta sistem rangka yang dipakai yaitu *Special Moment Resisting Frame* (SRPMK); (3) Memasukan beban gempa berdasarkan percepatan tanah peta gempa 2010 yaitu  $S_s$  and  $S_1$  sebesar 0,441 and 0,274 dan peta gempa 2017 yaitu  $S_s$  and  $S_1$  sebesar 0,299 dan 0,236; (4) Melakukan pemodelan struktur dan analisis struktur rangka baja tahan gempa dengan menjalankan *software*.

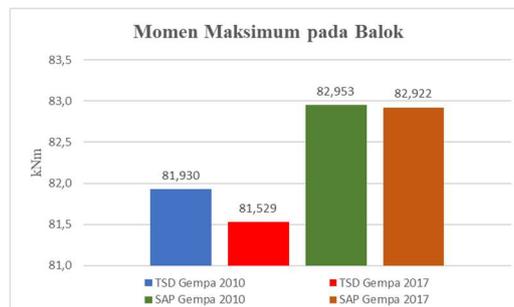
Untuk melakukan integrasi dengan menggunakan *software Tekla* dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (1) Mengimport pemodelan *tekla structural designer* ke *tekla structure* pada *tool Import*; (2) Melakukan pemodelan pada setiap elemen struktur sesuai perancangan; (3) Selanjutnya dilakukan pengambilan informasi berupa volume beton serta volume besi yang digunakan dalam perencanaan pada menu *organizer*; (4) Merekap gambar kerja yang dihasilkan dari perencanaan pada menu *export drawing*.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### a. Rekapitulasi Gaya-gaya dalam Struktur

Gambar 4 merupakan hasil rekapitulasi *output* gaya-gaya dalam *Tekla Structural Designer* dan SAP2000 berdasarkan peta gempa 2010 dan peta gempa 2017. Momen maksimum pada balok sebesar 81,529 kNm diperoleh dari peta gempa 2010. Sedangkan, hasil momen maksimum menggunakan SAP2000 pada balok sebesar 82,922 kNm. Gambar 5 menunjukkan hasil gaya aksial maksimum kolom dari peta gempa 2010 menggunakan *Tekla* sebesar 1349,91 kN. Sedangkan, dengan menggunakan SAP2000 diperoleh gaya aksial maksimum 1371,73 kN.

Berdasarkan hasil analisis struktur dilihat dari gaya-gaya dalam menunjukkan hasil analisis bahwa menggunakan SAP2000 lebih besar 20,25% dibandingkan menggunakan *Tekla Structural Designer*. Hal ini disebabkan adanya perbedaan analisis 3D yang terdapat pada SAP2000 dan *Tekla Structural Designer*. Selain itu, zona *rigid* pada sambungan antar elemen yang digunakan pada SAP2000 sebesar 0% dan pada *Tekla Structural Designer* sebesar 50%. Sehingga berpengaruh terhadap gaya-gaya dalam yang dihasilkan. Berdasarkan hasil gaya-gaya dalam pada Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa pengaruh beban gempa 2010 lebih besar 5,55% dari pada beban gempa 2017. Hal ini dikarenakan percepatan respon spektrum pada peta gempa 2010 lebih besar dari peta gempa 2017 yaitu  $S_s$  sebesar 14,2% dan  $S_1$  3,8%.



Gambar 4. Momen Maksimum Balok



Gambar 5. Aksial Maksimum Kolom

**b. Simpangan Antar Lantai**

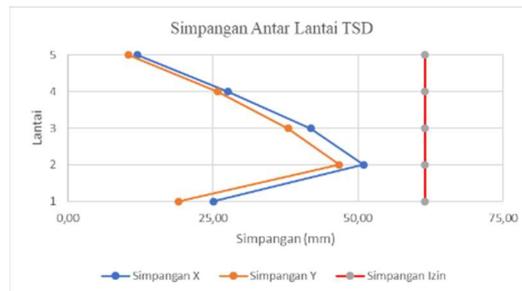
Pada penelitian ini guna bangunan Gedung Pertemuan yang berdasarkan SNI 1729:2015 diklasifikasikan sebagai kategori Resiko II dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) yaitu 1,0. Hasil pemeriksaan simpangan antar lantai dari Tekla dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut. Hasil rekapitulasi simpangan antar lantai dari Tekla berdasarkan beban gempa 2010 dan gempa 2017 dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.

**Tabel 1.** Simpangan Antar Lantai Gempa 2010 (Tekla)

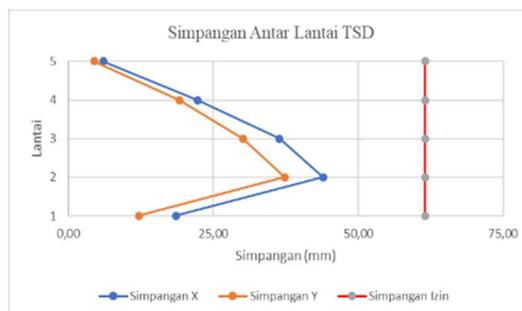
Lantai	$\delta e$ (mm)		$\delta$ (mm)		$\Delta$ (mm)		$\Delta a$ (mm)	Syarat
	x	y	x	y	x	y		
5	28,65	25,47	157,58	140,09	12,03	10,45	61,54	Memenuhi
4	26,46	23,57	145,55	129,64	27,63	25,85	61,54	Memenuhi
3	21,44	18,87	117,92	103,79	41,89	37,95	61,54	Memenuhi
2	13,82	11,97	76,03	65,84	50,95	46,75	61,54	Memenuhi
1	4,56	3,47	25,08	19,09	25,08	19,09	61,54	Memenuhi

**Tabel 2.** Simpangan Antar Lantai Gempa 2010 (Tekla)

Lantai	$\delta e$ (mm)		$\delta$ (mm)		$\Delta$ (mm)		$\Delta a$ (mm)	Syarat
	x	y	x	y	x	y		
5	23,15	18,79	127,34	103,33	6,06	4,50	61,54	Memenuhi
4	22,05	17,97	121,27	98,84	22,31	19,19	61,54	Memenuhi
3	17,99	14,48	98,97	79,65	36,46	30,10	61,54	Memenuhi
2	11,36	9,01	62,51	49,55	43,96	37,35	61,54	Memenuhi
1	3,37	2,22	18,55	12,20	18,55	12,20	61,54	Memenuhi



**Gambar 6.** Simpangan Antar Lantai Peta Gempa 2010 (Tekla)



**Gambar 7.** Simpangan Antar Lantai Peta Gempa 2017 (Tekla)

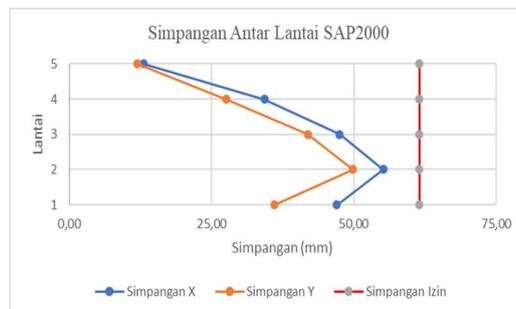
Hasil rekapitulasi simpangan antar lantai dari SAP2000 berdasarkan beban gempa 2010 dan gempa 2017 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Hasil rekapitulasi simpangan antar lantai dari SAP2000 berdasarkan beban gempa 2010 dan gempa 2017 dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

**Tabel 3.** Simpangan Antar Lantai Gempa 2010 (SAP2000)

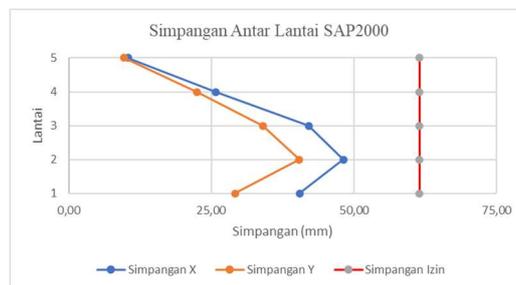
Lantai	$\delta e$ (mm)		$\delta$ (mm)		$\Delta$ (mm)		$\Delta a$ (mm)	Syarat
	x	y	x	y	x	y		
5	35,84	30,44	197,1	167,4	13,11	12,03	61,54	Memenuhi
4	33,45	28,26	184,0	155,4	34,33	27,63	61,54	Memenuhi
3	27,21	23,23	149,68	127,78	47,50	41,89	61,54	Memenuhi
2	18,58	15,62	102,18	85,89	55,19	49,85	61,54	Memenuhi
1	8,54	6,55	46,99	36,04	46,99	36,04	61,54	Memenuhi

**Tabel 4.** Simpangan Antar Lantai Gempa 2017 (SAP2000)

Lantai	$\delta e$ (mm)		$\delta$ (mm)		$\Delta$ (mm)		$\Delta a$ (mm)	Syarat
	x	y	x	y	x	y		
5	30,34	24,69	166,9	135,8	10,40	9,72	61,54	Memenuhi
4	28,45	22,92	156,5	126,1	25,75	22,42	61,54	Memenuhi
3	23,77	18,84	130,72	103,65	42,07	34,04	61,54	Memenuhi
2	16,12	12,66	88,65	69,61	48,19	40,45	61,54	Memenuhi
1	7,36	5,30	40,46	29,16	40,46	29,16	61,54	Memenuhi



**Gambar 8.** Simpangan Antar Lantai Peta Gempa 2010 (SAP2000)



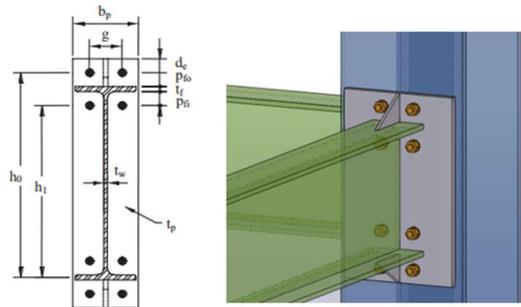
**Gambar 9.** Simpangan Antar Lantai Peta Gempa 2017 (SAP2000)

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 hasil simpangan antar lantai maksimum dengan menggunakan *Tekla* yaitu 50,9 mm arah x pada gempa 2010 dan 43,9 mm arah x pada pada peta gempa 2017. Sedangkan, pada Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan hasil simpangan antar lantai maksimum dengan menggunakan SAP2000

yaitu 55,1 mm arah x pada gempa 2010 dan 48,19 mm arah x pada pada peta gempa 2017. Hasil simpangan antar lantai maksimum dengan menggunakan *Tekla* yaitu 46,7 mm arah y pada gempa 2010 dan 37,3 mm arah y pada pada peta gempa 2017. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan hasil simpangan antar lantai maksimum dengan menggunakan SAP2000 yaitu 49,8 mm arah y pada gempa 2010 dan 40,4 mm arah y pada pada peta gempa 2017. Dari hasil simpangan antar lantai yang diperoleh berdasarkan peta gempa 2010 dan peta gempa 2017 menggunakan *Tekla* atau SAP2000 tidak melewati batas simpangan antar lantai yang diizinkan yaitu 61,5 mm. Sehingga dapat dinyatakan memenuhi syarat simpangan antar lantai berdasarkan SNI 1726:2019.

**c. Sambungan Momen Seismik**

Tipe sambungan struktur baja tahan gempa yang digunakan adalah tipe sambungan pelat ujung empat baut (4ES) yang diperpanjang dengan pengaku. Untuk pemodelan perancangan pelat ujung empat baut (4ES) dapat dilihat pada Gambar 10. Adapun data geometri sambungan pelat ujung empat baut (4ES dengan pengaku) dalam perancangan ini dapat dilihat pada Gambar 10 sebagai berikut yaitu  $t_{bf} = 23,7$  mm;  $b_p = 270$  mm;  $g = 120$  mm;  $p_{fi} = 50$  mm;  $p_{fo} = 50$  mm;  $d_c = 70$  mm;  $h_0 = d_b + p_{fo} - t_{bf} / 2 = 317,1$  mm;  $h_1 = d_b - p_{fi} - t_{bf} / 2 = 117,15$  mm. Adapun hasil rekapitulasi perhitungan sambungan dapat dilihat pada Tabel 5. Pada tabel 5 menunjukkan bahwa gaya terfaktor akibat beban gempa 2010 yang diperoleh dari *Tekla* lebih kecil dari SAP2000. Hal ini sejalan dengan hasil gaya-gaya dalam yang menunjukkan hal yang serupa. Dengan menggunakan sambungan 4ES telah memenuhi kapasitas keamanan akibat beban gempa.



**Gambar 10.** Hasil Perancangan Sambungan Pelat Ujung (4ES) dengan Pengaku

**Tabel 5.** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pelat Ujung (4ES)

Output	Gaya Terfaktor pada balok $F_{tu}$ (kN)	Kuat Nominal Sayap Kolom tanpa pengaku ( $R_n$ ) (kN)	Momen pada Muka Kolom efek <i>Prying</i> ( $M_f$ ) (kNm)	Kuat Nominal (efek <i>Prying</i> ) (kNm)
TSD (2010)	2711,46	$\phi R_n =$	556,66	$\phi R_n =$
SAP2000 (2010)	2878,97	$3107,49 \geq F_{tu}$ (memenuhi)	591,05	$614,141 \geq$ $M_f$ (memenuhi)

**d. Integrasi BIM pada Struktur Rangka Baja**

Berdasarkan volume dari perencanaan struktur gedung bertingkat rangka baja yang diimport dari *Tekla Structural Designer* ke *Tekla Structure* yang berbasis BIM (Gambar 11) dapat diperoleh langsung nilai volume yang digunakan pada perencanaan. Adapun *output Tekla Structure* dari volume perencanaan struktur rangka baja pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7 diperoleh bahwa kebutuhan elemen stuktur balok dengan profil  $229 \times 210 \times 14,5 \times 23,7$  sebesar 117,19 ton, elemen stuktur kolom dengan profil  $356 \times 376 \times 17,9 \times 17,9$  sebesar 182,447 ton. Untuk hasil gambar *detailing* yang diperoleh dari integrasi BIM dapat dilihat pada Gambar 12.



Dengan menggunakan integrasi terhadap sistem berbasis BIM lebih mempermudah dalam memperoleh nilai kebutuhan perencanaan struktur dan lebih akurat serta lebih efektif dibandingkan menghitung manual karena dapat disebabkan *human error*. Hasil *output* dari *Tekla Structure* yang berupa gambar perencanaan dapat mempermudah dalam memenuhi kebutuhan fabrikasi. Hal ini dapat mempercepat produksi untuk material konstruksi yang dibutuhkan. Sehingga pelaksanaan suatu konstruksi dapat lebih cepat untuk dilaksanakan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil *output* gaya-gaya dalam yang dihasilkan analisis pada SAP2000 menunjukkan hasil yang lebih besar 20,25% dibandingkan *Tekla Structural Designer*. Sedangkan, Gaya-gaya dalam yang diperoleh menunjukkan bahwa pengaruh gempa pada peta gempa 2010 lebih besar 5,55% dari peta gempa 2017 karena percepatan tanah antara dari peta gempa 2010 lebih besar dari peta gempa 2017 yaitu  $S_s$  sebesar 14,2% dan  $S_1$  3,8%. Dengan menggunakan sambungan 4ES sudah memenuhi perancangan struktur rangka baja yang tahan gempa (SRPMK).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Destiyani, A., Sitompul, I. R., & Suryanita, R. (2019). Evaluasi Kinerja Struktur Rangka Baja Gedung Bertingkat Beraturan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1729 2015. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 6(0), 1–12.
- Dewobroto, W. (2011). *Era Baru Perancangan Struktur Baja Berbasis Komputer Memakai Direct Analysis Method (AISC 2010)*.
- Kartikasari, D. (2019). *Perencanaan Ulang Struktur Gedung @Hom Hotel Gresik Menggunakan Sistem Ganda Penahan Gempa (SRPMK dan Dinding Geser)* [Undergraduate, University of Muhammadiyah Malang]. <http://eprints.umm.ac.id/53899/>
- Laksana, S. I. (2021). *Perencanaan Ulang Bangunan Bertingkat Beton Bertulang Tahan Gempa Menggunakan Sistem Ganda (SRPMK dan Dinding Struktural Khusus) Berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 (Studi Kasus: Gedung Laboratorium Vokasi dan Industri Kreatif Vokasi Kampus II UB Malang)* [Undergraduate, Universitas Muhammadiyah Malang]. <https://eprints.umm.ac.id/71570/>
- Laorent, D., Nugraha, P., & Budiman, J. (2019). Analisa Quantity Take-Off dengan Menggunakan Autodesk Revit. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.9744/duts.6.1.1-8>
- Murray, T. M., & Sumner, E. A. (2003). *Design Guide 4: Extended End-Plate Moment Connections Seismic and Wind Applications (Second Edition)* | American Institute of Steel Construction. American Institute of Steel Construction. <https://www.aisc.org/Design-Guide-4-Extended-End-Plate-Moment-Connections-Seismic-and-Wind-Applications-Second-Edition>
- Siregar, A. S., Sitompul, I. R., & Suryanita, R. (2020). *Sistem Sambungan Momen Tahan Gempa pada Struktur Baja Bangunan Gedung*. 7, 9.
- Umiami, S. (2008). *Ketahanan Material Baja sebagai Struktur Bangunan terhadap Kebakaran* [Fakultas Teknik]. <http://repo.unand.ac.id/2924/>
- Wong, A., Wong, F., & Nadeem, A. (2010). Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries. *Architectural Engineering and Design Management*, 6, 288–302. <https://doi.org/10.3763/aedm.2010.IDDS6>