

## TINJAUAN KOLOM AKIBAT PERUBAHAN FUNGSI RUANGAN DENGAN PERKUATAN STRUKTUR BAJA (Menggunakan Bahasa Pemrograman MATLAB)

Claudio Alesandro Rafael Rogi

Ronny E. Pandaleke, Banu Dwi Handono

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: rogi.claudio@gmail.com

### ABSTRAK

*Mengalihfungsikan bangunan merupakan hal yang bisa dilakukan untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur konstruksi bangunan yang baik karena efisiensi yang dihasilkan. Penggantian fungsi suatu bangunan dengan fungsi yang baru dapat menjadi alternatif yang lebih tepat. Substitusi fungsional yang ada akan menghasilkan perubahan beban pada struktur kolom bangunan sehingga sangat dibutuhkan suatu analisis kekuatan struktur kolom sesuai dengan kondisi substitusi fungsional yang ada.*

*Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis elemen hingga pada kolom-kolom kritis akibat alihfungsi ruangan dalam kasus perubahan fungsi ruang rawat inap menjadi ruang arsip pada suatu gedung rumah sakit berlantai enam. Prosedur penelitian ini terdiri dari tiga tahap yakni input, analisis, dan output. Proses input meliputi pemodelan denah struktur dan geometri penampang struktur bangunan, serta pengisian beban yang bekerja pada bangunan sebelum dan setelah alihfungsi ruangan. Proses analisis diawali dengan analisis dinamis struktur bangunan untuk mengidentifikasi kolom-kolom yang kritis, kemudian dilanjutkan dengan analisis elemen hingga pada kolom-kolom kritis yang teridentifikasi dengan membuat program menggunakan bahasa pemrograman MATLAB. Hasil keluaran dari penelitian ini adalah gambar visualisasi hasil analisis elemen hingga untuk melihat daerah pada kolom dimana perlu dipasang perkuatan.*

*Hasil analisis elemen hingga pada kolom-kolom kritis sebelum dipasang perkuatan menunjukkan bahwa alihfungsi ruangan mengakibatkan nilai tegangan ekuivalen (Von Mises stress,  $\sigma_e$ ) maksimum dan tegangan  $\sigma_e$  rata-rata di kolom-kolom kritis naik. Untuk tegangan  $\sigma_e$  maksimum umumnya terjadi pada sayap di ujung atas kolom. Kolom-kolom tersebut masih mampu dalam memikul beban, namun demikian perkuatan tetap dipasang pada daerah kolom dengan tegangan terbesar. Hasil analisis elemen hingga pada kolom-kolom kritis yang telah dipasang perkuatan menunjukkan bahwa pemasangan perkuatan pada kolom mengakibatkan nilai tegangan  $\sigma_e$  pada daerah kolom yang dipasang perkuatan menurun, sementara yang tidak dipasang perkuatan naik.*

**Kata kunci:** *Alihfungsi Ruang, Kolom, Struktur Baja, Perkuatan, Analisis Elemen Hingga, Von Mises Stress, MATLAB*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Struktur kolom yang memikul beban berlebihan yang melebihi kemampuannya atau tidak sesuai dengan perencanaan, akan mengalami tekuk lokal dan mengakibatkan terjadinya retak/patahan pada struktur tersebut. Alihfungsi bangunan dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan fungsional infrastruktur sepanjang masih lebih efisien daripada membangun gedung baru. Penggantian fungsi bangunan dengan fungsi yang baru dapat menjadi alternatif yang lebih tepat.

Penggantian fungsi bangunan akan menghasilkan perubahan beban pada kolom bangunan sehingga sangat dibutuhkan suatu analisis kekuatan kolom tersebut sesuai dengan kondisi substitusi fungsional yang ada. Analisis dilakukan untuk mendapatkan dimensi elemen struktur yang dapat menahan beban dan memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan sesuai standar yang berlaku (Pandaleke dkk (2019)). Setelah itu akan didapatkan hasil yaitu perkuatan yang dibutuhkan kolom tersebut dan penelitian ini akan menggunakan baja sebagai komponen perkuatannya. Baja merupakan salah satu alternatif bahan bangunan yang banyak

digunakan dalam dunia konstruksi. Baja mempunyai kelebihan dibandingkan material lainnya, seperti memiliki kekuatan terhadap beban tekan maupun tarik, mudah dibentuk, bahannya yang seragam, dan efisiensi waktu dalam proyek.

### Rumusan Masalah

Adapun penelitian ini dilakukan pada gedung rumah sakit berlantai 6 dimana ruang rawat inap yang di lantai 4 akan secara fungsional menjadi ruang arsip. Oleh karena itu diperlukan tinjauan kolom akibat perubahan fungsi ruangan agar kolom yang ditinjau dapat sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015.

Akan ditinjau apakah kekuatan baja yang didesain mampu memperkuat struktur kolom untuk mendukung alihfungsi ruang rawat inap menjadi ruang arsip pada lantai 4 gedung rumah sakit yang menjadi objek studi.

### Batasan Penelitian

Masalah yang akan diteliti dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Struktur bangunan yang ditinjau adalah gedung rumah sakit yang terdiri dari 6 lantai dengan konstruksi struktur baja.
2. Tinjauan pada kekuatan kolom.
3. Profil baja yang digunakan adalah WF (*wide flange*).
4. Perkuatan elemen kolom menggunakan pelat baja dengan cara dilas.
5. Tidak meninjau prosedur pembebanan pada gedung rumah sakit secara mendetail.
6. Struktur balok dan pondasi pada gedung rumah sakit dianggap mampu memikul penambahan beban pada struktur bangunan.
7. Analisis elemen hingga dihitung dengan bantuan program komputer yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman MATLAB.
8. Dalam analisis elemen hingga, kolom dianggap berperilaku elastis linear.
9. Elemen kolom yang dimodelkan dalam analisis elemen hingga adalah elemen kolom murni.
10. Data beban yang digunakan dalam analisis elemen hingga adalah data perpindahan (*displacement*) di kedua ujung kolom.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui keberadaan kolom-kolom yang kritis saat terjadi alihfungsi ruangan dalam suatu bangunan.

2. Untuk mengetahui daerah pada kolom kritis dengan nilai tegangan terbesar dimana perlu dipasang perkuatan.
3. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh pemasangan perkuatan baja terhadap kolom kritis setelah terjadi alihfungsi ruangan dalam bangunan.

### Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan informasi kepada pihak terkait dan berkepentingan dalam melakukan pengalihfungsian suatu bangunan untuk mengantisipasi kemungkinan permasalahan yang dapat muncul akibat alihfungsi tersebut, sehingga lebih memberikan jaminan keamanan bagi pengguna bangunan serta kepastian hukum bagi pengelola bangunan.

## LANDASAN TEORI

### Kolom sebagai Batang Tekan

Batang tekan adalah elemen struktural yang hanya menerima gaya tekan aksial, di mana gaya bekerja pada sumbu longitudinal melalui sentroid dari penampang. Batang tekan biasanya bisa dijumpai pada rangka atap, jembatan, menara, dan struktur lain yang bersifat rangka. (Segui, 2007)

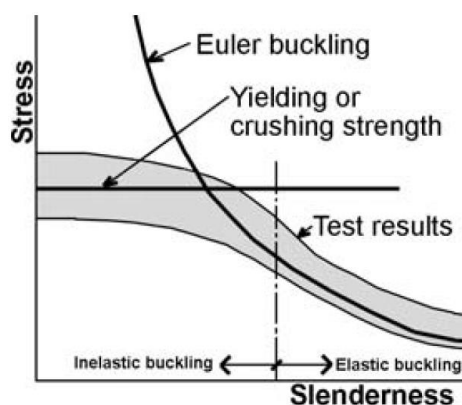
Ada dua macam batang tekan, yakni: batang tekan yang merupakan batang dari suatu rangka batang. Batang ini dibebani gaya tekan aksial searah panjang batangnya. Umumnya dalam suatu rangka batang, batang-batang tepi atas merupakan batang tekan, misalnya pada rangka batang atap dan kolom yang merupakan batang tekan tegak yang bekerja untuk menahan balok-balok loteng, rangka atap, lintasan *crane* dalam bangunan pabrik dan sebagainya yang untuk seterusnya akan melimpahkan semua beban tersebut ke pondasi. (Oentoeng, 1992)

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur.

### Keruntuhan pada Kolom

Kekuatan kolom dibatasi oleh dua hal, dimana kolom akan runtuh apabila nilai tegangan mencapai tegangan tekan maksimum dari kolom tersebut, atau kolom akan mengalami tekuk pada nilai tegangan kritis tertentu. Suatu kolom yang berperilaku elastis diasumsikan mengalami tekuk pada nilai tegangan kritis tekuk

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara tegangan kritis tekuk *Euler*, kuat tekan, dan hasil uji dari berbagai variasi rasio kelangsingan kolom. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa hanya untuk kolom langsing saja kurva *Euler* dapat digunakan sebagai dasar perencanaan. (Ochshorn, 2010)



Gambar 1. Hubungan Antara Tegangan Kritis dan Kelangsingan Kolom

### Material Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi ( $F_c$ ) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai *grade*-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengerasan pada kisi kristal atom besi.

Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon lebih kecil 1,7%, sedangkan besi mempunyai kadar karbon lebih besar dari 1,7%. Baja mempunyai unsur-unsur lain sebagai pepadu yang dapat mempengaruhi.

### Tekuk pada Baja

Tekuk merupakan fenomena instabilitas yang terjadi pada batang langsing, pelat dan cangkang yang tipis. Konsekuensi tekuk pada dasarnya adalah masalah geometrik dasar, dimana terjadi lendutan besar akan mengubah bentuk struktur. Tekuk pada profil baja terbagi menjadi dua jenis, yaitu tekuk global dan tekuk lokal. Penelitian yang berkaitan dengan tekuk

telah banyak dilakukan antara lain oleh Ruus dkk (2017), Sumampouw dkk (2019), Paskah dkk (2019) dan Murdianto dkk (2019).

### Pembebanan pada Struktur

Pembebanan struktur bangunan harus mengikuti ketentuan yang sudah ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI). Pembebanan yang berlaku yaitu menggunakan SNI 1727-2013 menyangkut pembebanan minimum dari ruang rawat inap atau kamar pasien yakni  $1,92 \text{ kN/m}^2$  akan dialihfungsikan menjadi ruang arsip dengan beban hidup sebesar  $4,79 \text{ kN/m}^2$ .

### Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga (*finite element method*, FEM) adalah metode numerik untuk memecahkan permasalahan dalam bidang teknik dan fisika matematika. Ruang lingkup permasalahan dalam bidang teknik dan fisika matematika yang dapat dipecahkan dengan menggunakan metode elemen hingga meliputi analisis struktural, perpindahan panas, aliran fluida, transportasi massa, dan potensial elektromagnetik.

Secara singkat, penyelesaian masalah struktural umumnya adalah menentukan perpindahan pada setiap *node* dan tegangan dalam setiap elemen yang membentuk struktur yang diberi beban. (Logan, 2012)

### Bahasa Pemrograman MATLAB

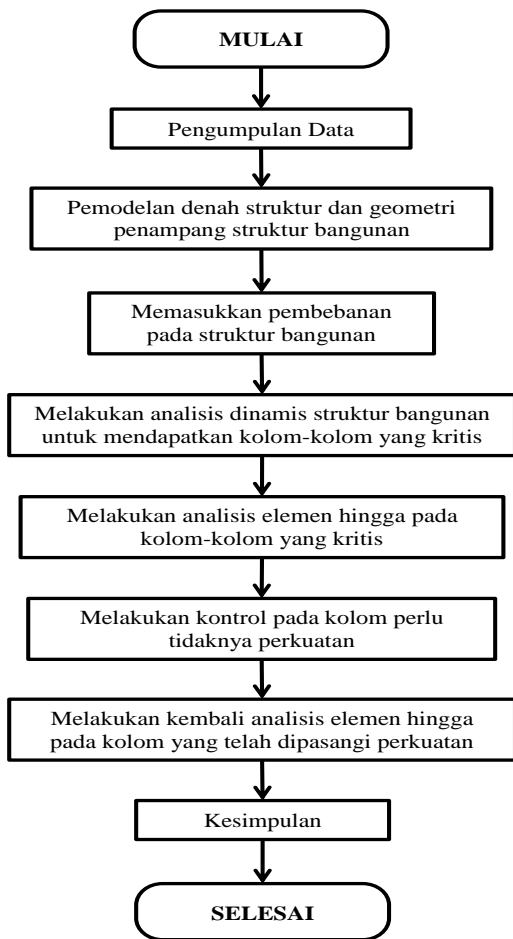
Sebelumnya digunakan terutama oleh spesialis dalam pemrosesan sinyal dan analisis numerik, MATLAB telah digemari di seluruh komunitas teknik. MATLAB dapat diprogram dan memiliki struktur logika, relasional, kondisional, dan *loop* yang sama dengan bahasa pemrograman lainnya, sehingga dapat digunakan untuk mengajarkan prinsip-prinsip pemrograman. Di sebagian besar sekolah, MATLAB adalah alat komputasi utama yang digunakan di seluruh kurikulum. Dalam beberapa spesialisasi teknis, seperti pemrosesan sinyal dan sistem kontrol, MATLAB adalah paket perangkat lunak standar untuk analisis dan desain.

Popularitas MATLAB sebagian karena sejarahnya yang panjang, dan karena itu dikembangkan dengan baik dan diuji dengan baik. Popularitasnya juga disebabkan oleh antarmuka penggunaannya, yang menyediakan lingkungan interaktif yang mudah digunakan yang mencakup kemampuan numerik

komputasi dan visualisasi yang luas. Kekompakannya merupakan keuntungan besar. MATLAB juga bisa dikembangkan; saat ini lebih dari 30 *toolbox* di berbagai bidang aplikasi dapat digunakan dengan MATLAB untuk menambahkan perintah dan kemampuan baru. (Palm, 2019)

**METODOLOGI PENELITIAN**

Tahapan pelaksanaan penelitian dibuat dalam bentuk bagan alir berikut ini.



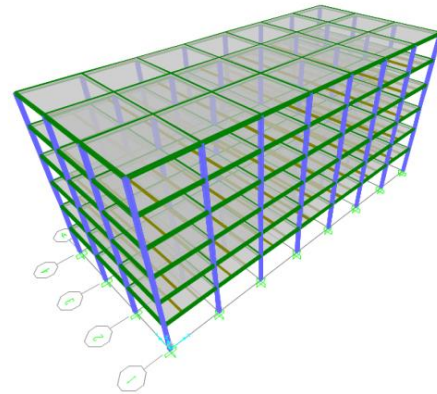
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data-Data Struktur Bangunan**  
**Data Geometri Bangunan**

Bangunan yang akan ditinjau adalah bangunan gedung rumah sakit berlantai 6, dengan:

- Panjang bangunan 7 × 6 m
- Lebar bangunan 3 × 6 m
- Tinggi bangunan 23,5 m



Gambar 4. Tampak 3D Bangunan

**Data Profil**

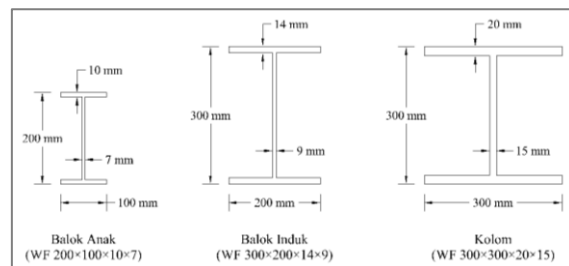
Bangunan gedung rumah sakit merupakan struktur baja yang terdiri dari elemen balok, elemen kolom, dan pelat lantai beton. Material baja yang digunakan adalah mutu baja BJ 37, dengan:

- Modulus elastisitas baja ( $E$ ) = 200.000 MPa
- Angka rasio *Poisson* ( $\nu$ ) = 0,30
- Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) = 240 MPa

Data profil penampang elemen balok dan elemen kolom yang digunakan:

Tabel 1. Data Profil Balok dan Kolom

No.	Elemen	Dimensi
1	Balok Anak	WF 200 × 100 × 10 × 7
2	Balok Induk	WF 300 × 200 × 14 × 9
3	Kolom	WF 300 × 300 × 20 × 15



Gambar 5. Profil Penampang Balok dan Kolom

**Data Pelat Lantai**

Data pelat lantai untuk setiap lantai bangunan adalah sama, dengan data-data sebagai berikut:

- Tebal pelat lantai 12 cm
- Material pelat beton dengan kuat tekan ( $f'_c$ ) = 30 MPa
- Menggunakan *Bondek* dengan tebal 2,5 mm

**Data Beban pada Struktur Bangunan**

Data beban hidup yang akan digunakan mengacu pada SNI 1727-2013. Beban hidup untuk ruang rawat inap atau kamar pasien adalah sebesar 1,92 kN/m<sup>2</sup>, kemudian seluruh ruangan di lantai 4 akan dialihfungsikan menjadi ruang arsip dengan beban hidup sebesar 4,79 kN/m<sup>2</sup>.

**Perhitungan Perpindahan dan Gaya-Gaya pada Kolom**

Setelah data-data struktur bangunan dan data beban pada struktur dimasukkan pada program aplikasi SAP2000, maka selanjutnya yaitu melakukan analisis struktur dinamis pada struktur bangunan tersebut.

Hasil analisis struktur dari bangunan tersebut dengan menggunakan program aplikasi SAP2000 berupa data perpindahan dan data gaya. Kolom yang akan ditinjau untuk analisis elemen hingga adalah kolom yang kritis akibat alihfungsi ruangan dari ruang rawat inap menjadi ruang arsip.

Terdapat 5 (lima) kolom yang kritis pada lantai 1, antara lain:

- Kolom A, pada posisi (x,y) = (6,6) m
- Kolom B, pada posisi (x,y) = (36,6) m
- Kolom C, pada posisi (x,y) = (6,12) m
- Kolom D, pada posisi (x,y) = (24,12) m
- Kolom E, pada posisi (x,y) = (36,12) m

Untuk menyiasati keberadaan kolom-kolom kritis itu, kolom-kolom tersebut ditinjau lebih lanjut dengan melakukan analisis elemen hingga.

**Data Perpindahan pada Kolom**

Data perpindahan hasil analisis struktur untuk kolom-kolom kritis ditunjukkan pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 2. Data Perpindahan Kolom Sebelum Alihfungsi (Ruang Rawat Inap)

Kolom	Ujung	Translasi, U (mm)			Rotasi, R (rad)		
		U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
A	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	-0,0489	-0,0066	-3,0176	8,19×10 <sup>-5</sup>	-5,08×10 <sup>-4</sup>	1,92×10 <sup>-7</sup>
B	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	0,0270	-0,0117	-3,3629	1,48×10 <sup>-4</sup>	6,69×10 <sup>-4</sup>	-4,11×10 <sup>-7</sup>
C	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	-0,0508	0,0152	-3,1842	-1,38×10 <sup>-4</sup>	-5,47×10 <sup>-4</sup>	1,56×10 <sup>-7</sup>
D	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	0,0054	0,0204	-2,9386	-3,74×10 <sup>-4</sup>	4,55×10 <sup>-4</sup>	3,09×10 <sup>-7</sup>
E	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	0,0287	0,0162	-3,5053	-1,95×10 <sup>-4</sup>	6,80×10 <sup>-4</sup>	-1,54×10 <sup>-7</sup>

Tabel 3. Data Perpindahan Kolom Setelah Alihfungsi (Ruang Arsip)

Kolom	Ujung	Translasi, U (mm)			Rotasi, R (rad)		
		U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	R <sub>x</sub>	R <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
A	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	-0,0474	-0,0080	-3,1487	8,16×10 <sup>-5</sup>	-5,35×10 <sup>-4</sup>	2,51×10 <sup>-7</sup>
B	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	0,0300	-0,0119	-3,4150	1,58×10 <sup>-4</sup>	6,38×10 <sup>-4</sup>	-3,75×10 <sup>-7</sup>
C	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	-0,0495	0,0140	-3,2988	-1,32×10 <sup>-4</sup>	-5,78×10 <sup>-4</sup>	1,52×10 <sup>-7</sup>
D	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	0,0090	0,0206	-3,0762	-3,81×10 <sup>-4</sup>	4,41×10 <sup>-4</sup>	2,98×10 <sup>-7</sup>
E	Bawah	0	0	0	0	0	0
	Atas	0,0325	0,0162	-3,5079	-1,89×10 <sup>-4</sup>	6,73×10 <sup>-4</sup>	-1,62×10 <sup>-7</sup>

**Data Gaya-Gaya pada Kolom**

Data gaya-gaya hasil analisis struktur untuk kolom-kolom kritis ditunjukkan pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 4. Data Gaya-Gaya pada Kolom Sebelum Alihfungsi (Ruang Rawat Inap)

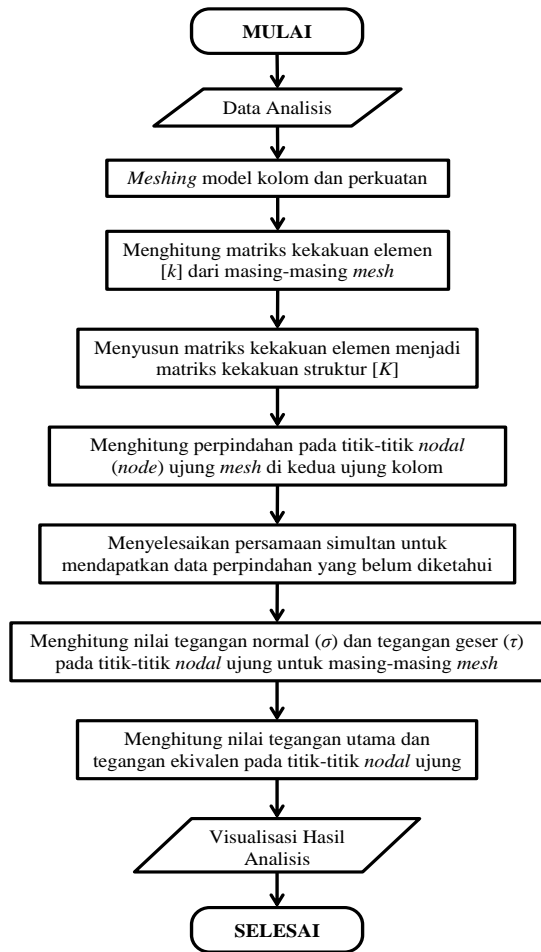
Kolom	Ujung	Gaya, F (N)			Momen, M (N-mm)		
		F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
A	Bawah	-1800	-795	2135182	1131313	-2626536	-5,94
	Atas	1800	795	-2128573	2473951	-5475221	5,94
B	Bawah	2430	-1436	2379157	2045887	3593913	12,75
	Atas	-2430	1436	-2372548	4415827	7341778	-12,75
C	Bawah	-1942	1321	2252893	-1866888	-2835040	-4,84
	Atas	1942	-1321	-2246284	-4079286	-5902382	4,84
D	Bawah	4554	1350	2079402	-1989401	6600690	-9,58
	Atas	-4554	-1350	-2072794	-4084616	13892058	9,58
E	Bawah	2468	1887	2479766	-2685202	3648443	4,76
	Atas	-2468	-1887	-2473157	-5806010	7457901	-4,76

Tabel 5. Data Gaya-Gaya pada Kolom Setelah Alihfungsi (Ruang Arsip)

Kolom	Ujung	Gaya, F (N)			Momen, M (N-mm)		
		F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
A	Bawah	-1901	-785	2227773	1113218	-2779199	-7,78
	Atas	1901	785	-2221164	2420813	-5776822	7,78
B	Bawah	2311	-1538	2415941	2192709	3412714	11,63
	Atas	-2311	1538	-2409332	4726522	6987954	-11,63
C	Bawah	-2058	1269	2333858	-1794534	-3010682	-4,70
	Atas	2058	-1269	-2327249	-3915042	-6251067	4,70
D	Bawah	4397	1376	2176585	-2028387	6359550	-9,24
	Atas	-4397	-1376	-2169976	-4163748	13426350	9,24
E	Bawah	2435	1825	2481556	-2595877	3593776	5,02
	Atas	-2435	-1825	-2474947	-5618054	7361983	-5,02

**Program Analisis Elemen Hingga**

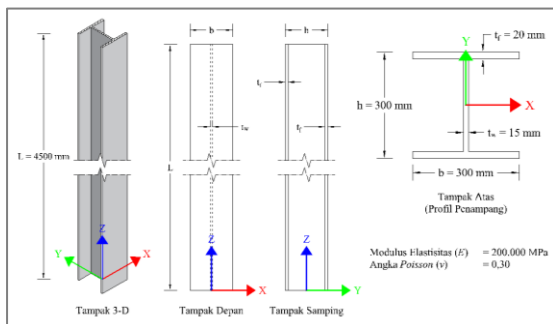
Program analisis dengan metode elemen hingga (*Finite Element Method, FEM*) dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB rilis 2017a (versi 9.2). Prosedur pembuatan program metode elemen hingga diilustrasikan dalam bentuk bagan alir (*flowchart*) berikut ini (Gambar 6).



Gambar 6. Bagan Alir (Flowchart) Program Analisis Elemen Hingga

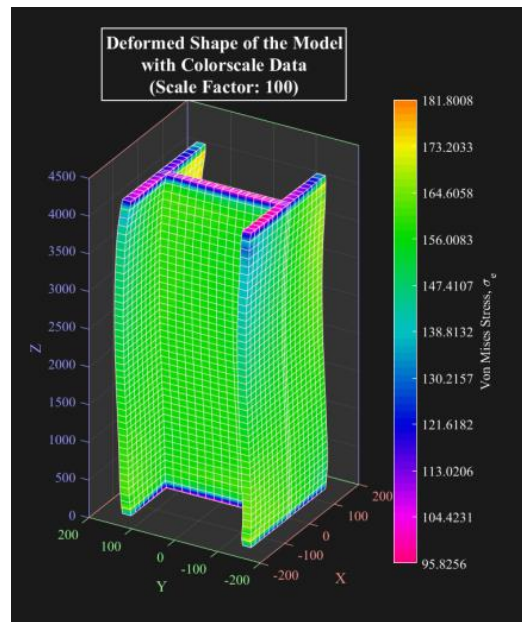
### Analisis Elemen Hingga Kolom Sebelum Alihfungsi

Kolom yang divisualisasikan hasil analisis FEM-nya adalah kolom E. Hasil analisis FEM untuk semua kolom dirangkum dalam bentuk tabel. Untuk gambar model kolom E disertai dimensinya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Model dan Dimensi Kolom E

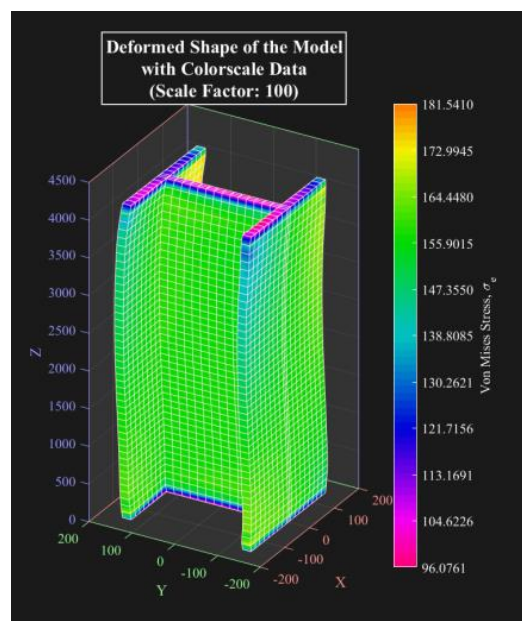
Gambar visualisasi data tegangan ekuivalen ( $\sigma_e$ ) model kolom untuk hasil analisis FEM kolom sebelum alihfungsi (ruang rawat inap) ditunjukkan dibawah ini.



Gambar 8. Tegangan Ekuivalen Kolom E Sebelum Alihfungsi

### Analisis Elemen Hingga Kolom Setelah Alihfungsi

Gambar visualisasi data tegangan ekuivalen ( $\sigma_e$ ) model kolom untuk hasil analisis FEM kolom setelah alihfungsi (ruang arsip) ditunjukkan di bawah ini.



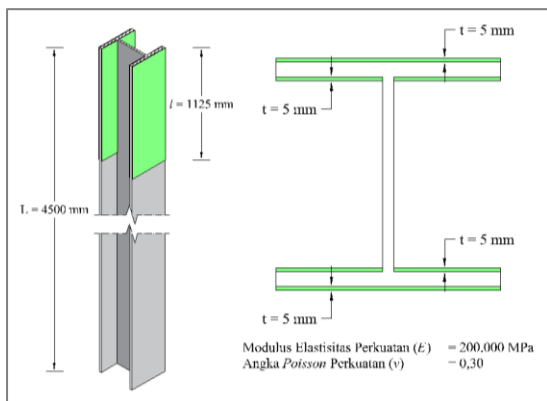
Gambar 9. Tegangan Ekuivalen Kolom E Setelah Alihfungsi

Berdasarkan gambar-gambar tersebut, dapat disimpulkan bahwa tegangan maksimum terjadi pada sayap bagian kanan di ujung atas kolom. Akibat alihfungsi ruangan dari ruang rawat inap menjadi ruang arsip, tegangan pada kolom mengalami penurunan dari 181,80 MPa menjadi 181,54 MPa. Karena nilai  $\sigma_e$  lebih kecil dari tegangan leleh baja yaitu  $f_y = 240$  MPa, secara teoritis kolom tersebut belum dinyatakan leleh, sehingga masih mampu memikul beban.

Walaupun kolom masih mampu memikul beban, kolom tersebut tetap dipasang perkuatan. Perkuatan yang digunakan adalah perkuatan pelat baja dengan cara dilas, yang dipasang pada daerah kolom dengan tegangan terbesar, yaitu pada sayap di daerah ujung atas kolom. Pemasangan perkuatan tersebut bertujuan untuk menjamin kekuatan kolom tersebut, mengingat kolom tersebut terkategori kritis pada analisis dinamis struktur menggunakan aplikasi SAP2000.

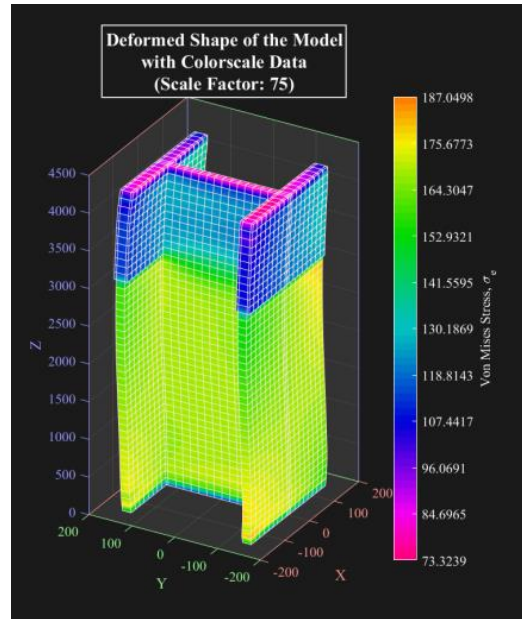
**Analisis Elemen Hingga Kolom Dengan Perkuatan**

Analisis kolom E yang akan dilakukan adalah analisis FEM setelah alihfungsi ruangan (ruang arsip), namun pada kolom akan dipasang perkuatan berupa perkuatan pelat baja. Untuk gambar model kolom E yang telah dipasang perkuatan disertai dimensinya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 10. Perkuatan pada Kolom E dan Dimensinya

Gambar visualisasi data tegangan ekuivalen (*Von Mises stress*,  $\sigma_e$ ) model kolom untuk hasil analisis FEM kolom dengan perkuatan ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 11. Tegangan Ekuivalen Kolom E Dengan Perkuatan

Bila dibandingkan dengan hasil analisis FEM kolom tanpa perkuatan, terlihat pada daerah kolom yang dipasang perkuatan mengalami penurunan tegangan, kira-kira dari 155 MPa menjadi sekitar 120 MPa. Sementara daerah kolom yang tidak dipasang perkuatan mengalami kenaikan tegangan, kira-kira dari 155 MPa menjadi sekitar 165 MPa.

**Rangkuman Hasil Analisis Elemen Hingga**

Hasil analisis FEM untuk semua kolom dirangkum dalam tabel-tabel berikut di bawah ini. Tabel-tabel tersebut menunjukkan nilai tegangan ekuivalen / *Von Mises* (*Von Mises stress*,  $\sigma_e$ ) pada masing-masing kolom.

- a. Perbandingan nilai tegangan ekuivalen pada kolom sebelum dan setelah alihfungsi ruangan diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Nilai Tegangan Ekuivalen pada Kolom Sebelum dan Setelah Alihfungsi Ruangan

Kolom	Alihfungsi Ruangan	Tegangan Ekuivalen, $\sigma_e$ (MPa)		
		Tegangan Rata-Rata	Tegangan Maksimum	
			Nilai	Posisi, x, y, z (mm)
A	Sebelum	132,90	152,27	(-150,00; -150,00; 4400)
	Setelah	138,67	158,93	(-150,00; -150,00; 4400)
B	Sebelum	148,11	173,94	(150,00; -150,00; 4400)
	Setelah	150,40	175,73	(150,00; -150,00; 4400)
C	Sebelum	140,24	162,16	(-150,00; 150,00; 4400)
	Setelah	145,28	168,07	(-150,00; 150,00; 4400)
D	Sebelum	129,43	154,49	(-150,00; 150,00; 4400)
	Setelah	135,49	160,58	(-150,00; 150,00; 4400)
E	Sebelum	154,38	181,80	(150,00; 150,00; 4400)
	Setelah	154,49	181,54	(150,00; 150,00; 4400)

- b. Perbandingan nilai tegangan ekuivalen pada kolom dengan perkuatan ditunjukkan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Perbandingan Nilai Tegangan Ekuivalen pada Kolom Dengan Perkuatan

Kolom	Daerah Pada Kolom	Tegangan Ekuivalen, $\sigma_e$ (MPa)		
		Tegangan Rata-Rata	Tegangan Maksimum	
			Nilai	Posisi, x, y, z (mm)
A	Tanpa Perkuatan	149,13	164,80	(-150,00; -150,00; 3276)
	Dengan Perkuatan	108,49	135,70	(-7,50; -107,14; 4400)
B	Tanpa Perkuatan	161,75	181,31	(150,00; -150,00; 3276)
	Dengan Perkuatan	117,66	148,33	(150,00; -150,00; 3375)
C	Tanpa Perkuatan	156,24	173,87	(-150,00; 150,00; 3276)
	Dengan Perkuatan	113,66	142,81	(-7,50; 107,14; 3375)
D	Tanpa Perkuatan	145,71	165,18	(-132,19; 150,00; 3276)
	Dengan Perkuatan	106,00	137,74	(0,00; 125,00; 3375)
E	Tanpa Perkuatan	166,15	187,05	(150,00; 150,00; 3276)
	Dengan Perkuatan	120,86	153,04	(150,00; 150,00; 3375)

### Pembahasan

Penambahan beban karena alihfungsi ruangan di lantai 4 dari ruang rawat inap menjadi ruang arsip pada bangunan gedung rumah sakit berlantai 6 mengakibatkan munculnya 5 (lima) kolom yang terkategori kritis. Identifikasi ke-lima kolom tersebut dilakukan dengan menggunakan program SAP2000 tanpa meninjau prosedur pembebanan secara mendetail. Untuk menyiasati keberadaan kolom-kolom kritis itu, dilakukan analisis dengan metode elemen hingga (*Finite Element Method*, FEM) untuk mengetahui daerah kolom yang membutuhkan perkuatan. Dalam garis besar, prosedur analisis elemen hingga mencakup langkah-langkah dimulai dari penyiapan data-data analisis, proses *meshing* model kolom dan perkuatan, perhitungan matriks kekakuan struktur, perhitungan perpindahan titik-titik *nodal*, dan perhitungan tegangan titik-titik *nodal*. Program analisis elemen hingga dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB. Tipe *mesh* yang digunakan adalah *mesh* yang berbentuk *hexahedron* linear dengan ukuran maksimum  $20 \times 20 \times 100$  mm. Data beban yang digunakan dalam analisis elemen hingga adalah data perpindahan (*displacement*) di kedua ujung kolom. Dalam analisis elemen hingga ini, perilaku kolom kritis tidak dikaji lebih mendalam, tetapi diasumsikan berperilaku elastis linear.

Dengan menggunakan metode analisis elemen hingga pada ke-lima kolom kritis yang teridentifikasi, diketahui bahwa nilai tegangan ekuivalen (*Von Mises stress*,  $\sigma_e$ ) di kolom-kolom tersebut naik dikarenakan adanya alihfungsi ruangan. Untuk tegangan  $\sigma_e$  maksimum

umumnya terjadi pada sayap di ujung atas kolom. Keakuratan nilai tegangan yang didapat dari analisis elemen hingga tergantung dari ukuran mesh yang digunakan. Semakin kecil ukuran mesh yang digunakan maka nilai tegangan yang didapat akan semakin akurat. Nilai tegangan  $\sigma_e$  maksimum yang didapatkan ternyata lebih kecil dari tegangan leleh baja yaitu  $f_y = 240$  MPa. Oleh karena itu, kolom-kolom tersebut secara teoritis belum dinyatakan leleh, sehingga masih mampu memikul beban. Namun demikian untuk menjamin kekuatan kolom-kolom kritis tersebut perkuatan tetap akan dipasang. Pemasangan perkuatan tersebut bertujuan untuk menjamin kekuatan kolom tersebut, mengingat kolom tersebut terkategori kritis pada analisis dinamis struktur.

Perkuatan yang digunakan adalah perkuatan pelat baja dengan cara dilas, yang akan dipasang pada daerah kolom dengan tegangan terbesar, yaitu pada sayap di daerah ujung atas kolom. Dengan menggunakan metode analisis elemen hingga, diketahui bahwa pemasangan perkuatan pada kolom-kolom kritis mengakibatkan nilai tegangan  $\sigma_e$  pada daerah kolom yang dipasang perkuatan menurun signifikan, sementara yang tidak dipasang perkuatan naik walaupun tidak signifikan. Perkuatan tersebut ternyata cukup efektif untuk memperkuat kolom-kolom kritis tersebut. Perkuatan yang lebih efisien dan efektif pada dasarnya bisa dikaji lebih lanjut dengan melakukan serangkaian simulasi analitis terhadap berbagai kemungkinan variasi ukuran dan posisi perkuatan dengan metode analisis yang sama, namun membutuhkan waktu yang relatif lama.

### PENUTUP

#### Kesimpulan

1. Alihfungsi ruangan di lantai 4 dari ruang rawat inap menjadi ruang arsip pada bangunan gedung rumah sakit berlantai 6 mengakibatkan munculnya 5 (lima) kolom yang terkategori kritis.
2. Pada ke-lima kolom kritis yang teridentifikasi, diketahui bahwa nilai tegangan ekuivalen (*Von Mises stress*,  $\sigma_e$ ) di kolom-kolom tersebut naik dikarenakan adanya alihfungsi ruangan. Untuk tegangan  $\sigma_e$  maksimum umumnya terjadi pada sayap di ujung atas kolom.



3. Pemasangan perkuatan pada kolom-kolom kritis mengakibatkan nilai tegangan  $\sigma_e$  pada daerah kolom yang dipasang perkuatan menurun signifikan, sementara yang tidak dipasang perkuatan naik walaupun tidak signifikan.

#### Saran

1. Untuk data hasil analisis FEM yang lebih akurat dapat dilakukan dengan memperkecil nilai dari data parameter partisi. Semakin kecil nilai parameter partisi maka *mesh* yang terbentuk pada proses *meshing* akan sangat kecil sehingga data hasil analisis FEM menjadi lebih akurat. Namun hal ini mengakibatkan pemakaian RAM komputer menjadi sangat besar. Oleh karena itu jika diinginkan data hasil analisis FEM yang lebih akurat maka harus menggunakan komputer dengan kapasitas RAM lebih tinggi.
2. Program analisis elemen hingga yang dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB masih memiliki keterbatasan. Program ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut. Salah satunya adalah dengan menambahkan modul algoritma untuk

menganalisis berbagai kemungkinan varian perkuatan yang dapat diterapkan sebagai upaya optimasi untuk mendapatkan tipe yang paling efektif dan efisien.

3. Pemasangan perkuatan pada kolom akan memperbesar kekakuan kolom tersebut, sehingga untuk beban perpindahan yang sama akan menghasilkan gaya yang lebih besar dan menyebabkan naiknya tegangan pada daerah kolom yang tidak dipasang perkuatan, jika dibandingkan dengan kolom tanpa perkuatan. Oleh karena itu untuk hasil nilai tegangan yang lebih realistis, data beban perpindahan pada kedua ujung kolom bisa diganti dengan beban gaya.
4. Dalam analisis elemen hingga secara ideal akan lebih baik jika dilengkapi dengan melakukan analisis untuk berbagai kemungkinan perilaku kolom khususnya perilaku elastis non-linear. Analisis ini juga akan lebih baik jika dilakukan dengan menggunakan tipe serta ukuran *mesh* yang lain, seperti tipe *mesh* yang berbentuk *tetrahedron* dengan ukuran yang lebih kecil, yang akan membuat analisis menjadi lebih akurat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2013*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2015. *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729-2015*. Jakarta.
- Logan, Daryl L.; 2012. *A First Course in the Finite Element Method*. Cengage Learning, Stamford.
- Murdianto, W.; Handono, Banu D.; Windah, Reky S.; 2019. *Evaluasi Peningkatan Kapasitas Tekuk Kolom Baja Profil Kastela dengan Variasi Tinggi Potongan*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.2 Februari 2019 (237-250) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Ochshorn, J.; 2010. *Structural Elements for Architects and Builders*. Elsevier Inc. Massachusetts.
- Oentoeng, 2000. *Konstruksi Baja*. Yogyakarta.
- Palm, William J., III; 2019. *MATLAB® for Engineering Applications*. 4th ed. McGraw-Hill Education, New York.
- Pandaleke, S.; Handono, Banu D.; Dapas, Servie O.; 2019. *Perencanaan Ulang Bangunan Struktur Baja Rumah Sakit Umum Ratumbusang di Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.6 Juni 2019 (723-732) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Paskah, Mega T., Dapas, Servie O., Manalip, H., 2019. *Studi Kuat Tekan Kolom Baja Profil Kanal U Ganda dengan Variasi Jarak Antar Profil*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.3 Maret 2019 (329-336) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Ruus, K; Handono, Banu D.; Pandaleke, R.; 2017. *Pengaruh Bentuk Badan Profil Baja terhadap Kuat Tekan*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.5 Juli 2017 (249-262) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Segui, W. T., 2007. *Steel Design*, 4<sup>th</sup> Edition, Thompson Publishing Company.

Sumampow, Gabriela S.; Handono, Banu D.; Pandaleke, R.; 2019. *Analisis Kuat Lentur Baja Ringan dengan Variasi Bentuk Sayap dan Badan Penampang*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.10 Oktober 2019 (1245-1250) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.