

PERANCANGAN ULANG STRUKTUR GEDUNG IT CENTER UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN YOGYAKARTA DENGAN NILAI R 5,5

Oleh: Muhammad Ryan Iskandar

Abstrak: Indonesia adalah salah satu negara yang sering dilanda gempa kuat. Oleh karenanya dipandang sangat perlu pembangunan gedung tingkat tinggi untuk kepentingan umum harus dirancang dapat memenuhi persyaratan tahanan gempa.

Pada perancangan ulang struktur gedung IT Center Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta, analisis beban gempa direncanakan dengan analisis statik ekuivalen dengan program bantu ETABS v 8.45. Peraturan perancangan menggunakan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 2847 - 2002) dan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726-2002). Struktur dirancang dengan metode Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan tingkat daktilitas parsial dengan faktor daktilitas 5,5. Data elemen struktur (pelat, balok dan kolom) seperti yang ada di lapangan. Perhitungan tulangan menggunakan bantuan program Microsoft Excel. Kebutuhan tulangan hasil perhitungan ulang nantinya dibandingkan dengan tulangan di lapangan.

Dari hasil perancangan ulang didapatkan kebutuhan tulangan pelat lantai, balok dan kolom. Dalam perencanaan ini perhitungan pelat lantai menggunakan metode koefisien momen. Sedangkan dalam perencanaan balok dan kolom, jumlah tulangan longitudinal balok lebih irit 13,18 % daripada kebutuhan di lapangan, tulangan sengkang balok lebih boros 17,78%, daripada kebutuhan di lapangan. Untuk perancangan kolom, tulangan longitudinal dan tulangan geser kolom sama dengan kebutuhan di lapangan.

Kata kunci: SRPMM, Beban Gempa

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan teknologi di negara kita sebagai negara berkembang, sangatlah besar pengaruhnya terhadap perkembangan kota dewasa ini dimana bertambahnya penduduk kota akibat angka kelahiran dan urbanisasi yang cukup tinggi. Kejadian ini mengakibatkan kebutuhan tempat tinggal, penginapan, tempat pendidikan serta lahan pekerjaan yang semakin banyak, namun hal ini dibatasi dengan lahan yang terbatas. Untuk mengatasi hal tersebut dipilih alternatif dengan jalan memanfaatkan ruang vertikal dengan membangun gedung bertingkat.

Dalam pembangunan nasional pemerintah telah mencanangkan sektor pendidikan mendapat prioritas utama. Mengingat pendidikan merupakan cara yang paling utama untuk menghasilkan sumber daya manusia ataupun generasi yang berkualitas serta dapat diandalkan. Untuk itu diperlukan sarana dan prasarana serta fasilitas pendukungnya. Diantaranya pembangunan gedung sekolah atau gedung perkuliahan yang nyaman dan aman, sehingga perencanaan maupun pembangunan struktur gedung harus memenuhi syarat kekakuan, kekuatan, kestabilan dan juga ekonomis.

¹⁾ adalah staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

Universitas Ahmad Dahlan dalam perkembangannya senantiasa berusaha meningkatkan kualitas pendidikannya, salah satunya dengan meningkatkan sarana dan prasarana fisik. Proyek Pembangunan Gedung IT Center Universitas Ahmad Dahlan yang terletak di Jalan Kapas Yogyakarta berujuan untuk meningkatkan sarana pendidikan bidang informasi teknologi di Universitas Ahmad Dahlan. Gedung IT Center di rencanakan berjumlah empat lantai dan satu lantai basement dengan struktur utama berupa struktur rangka terbuka (open frame) yang terbuat dari beton bertulang.

Dalam penulisan ini dilakukan perancangan ulang dengan mengacu pada peraturan perencanaan struktur gedung yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 03 – 2847 - 2002 dan peraturan perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung, SNI-1726-2002.

1.2. Tujuan

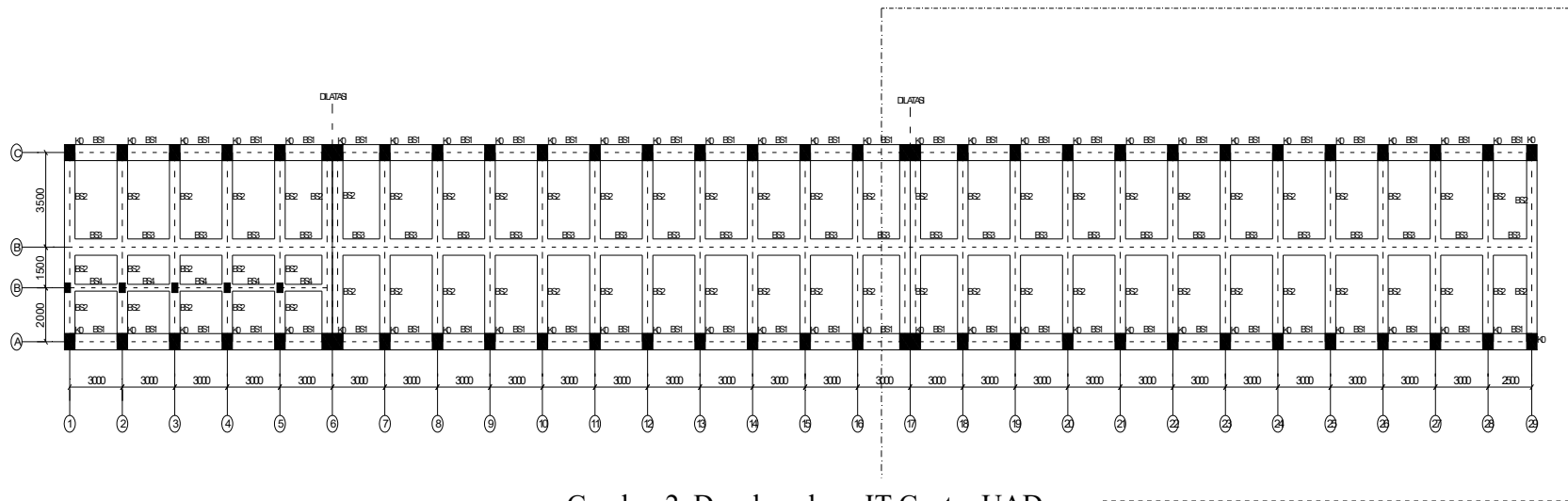
Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan ini antara lain :

1. Menerapkan prinsip-prinsip perancangan struktur gedung dengan menggunakan peraturan perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung (SNI-1726-2002) dan tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03 – 2847 – 2002) melalui kajian ulang struktur Gedung IT Center Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.
2. Membandingkan kebutuhan tulangan hasil perencanaan dalam penulisan ini dengan yang terpasang pada proyek Pembangunan Gedung IT Center Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.

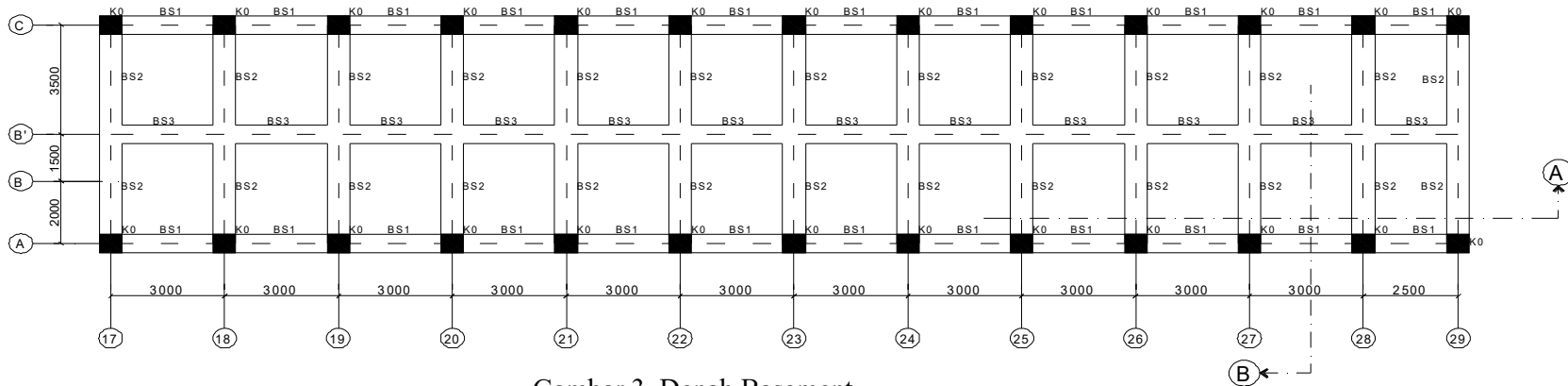
1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada Penulisan ini adalah sebagai berikut:

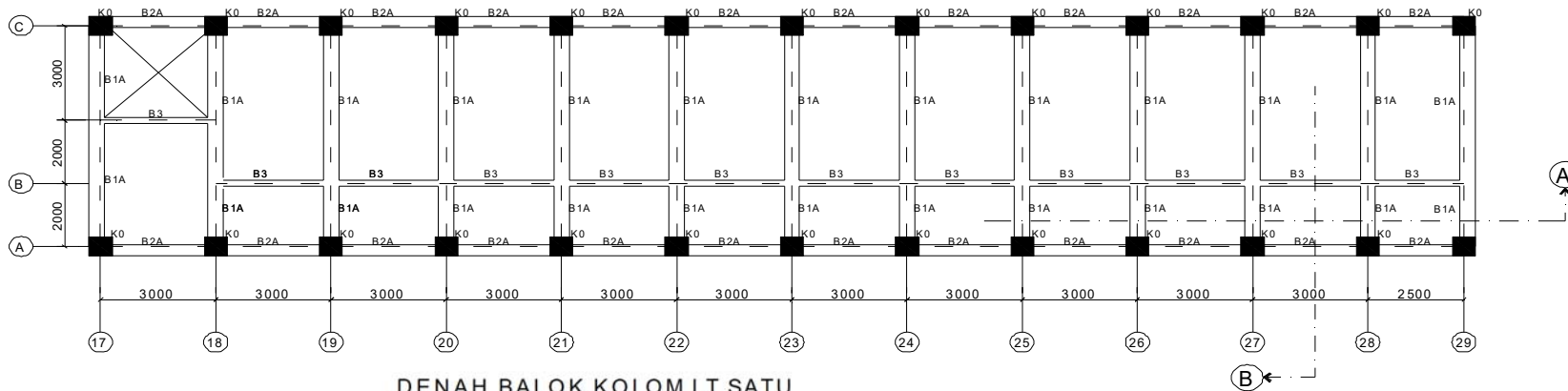
1. Geometri struktur gedung IT Center Universitas Ahmad Dahlan merupakan gedung yang memanjang, tetapi dibagi menjadi tiga bagian yang dipisahkan dengan sela dilatasi. Dalam perancangan ulang ini perhitungan struktur yang akan dihitung adalah portal as 17-29.
2. Gedung dianalisis secara tiga dimensi (3D).
3. Analisis struktur menggunakan program bantu ETABS 8.45.
4. Beban gempa ditinjau 2 arah (arah pendek dan panjang bangunan).
5. Analisis dinamik menggunakan statik ekuivalen.
6. Tidak dilakukan peninjauan redistribusi momen.
7. Pendetailan struktur menggunakan Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
8. Fondasi struktur dianggap jepit sempurna
9. Perancangan yang ditinjau meliputi balok, kolom, dan plat.
10. Beban angin dan beban khusus pada portal tidak ditinjau.



Gambar 2. Denah gedung IT Center UAD
(struktur yang dirancang AS 17-29)



Gambar 3. Denah Basement



DENAH BALOK KOLOM LT SATU
Gambar 4. Denah lantai satu

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Peraturan perencanaan struktur gedung di Indonesia terus mengalami penyempurnaan seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu peraturan tersebut adalah peraturan gempa dan peraturan beton. Tujuan penyempurnaan tersebut tidak lain adalah untuk memberikan persyaratan kekuatan yang cukup serta ekonomis pada struktur gedung. Sekilas tinjauan mengenai kedua peraturan di atas akan dibahas di bawah ini.

2.2. Tinjauan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung (SNI 1726 2002)

Standar Perencanaan Ketahanan gempa untuk struktur Bangunan Gedung (SNI-1726-2002) merupakan standar gempa Indonesia terbaru yang mengacu pada UBC 97 dan telah disesuaikan dengan kondisi kegempaan di Indonesia. Standar ini bertujuan agar struktur gedung yang ketahanan gempanya direncanakan dapat berfungsi :

1. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat;
2. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki;
3. Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang;
4. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

2.3. Tinjauan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 2847 - 2002)

Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03 – 2847 -2002) ini mengacu pada ACI 318-99. Dalam SNI 03 – 2847 -2002 ini diatur cara perencanaan suatu struktur beton bertulang berdasarkan kriteria baru, diantaranya adalah suatu struktur dapat direncanakan sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah Khusus (SRPMK).

3. LANDASAN TEORI

3.1. Analisis Pembebanan

1. Ketentuan Beban Mati

Beban mati ini diperhitungkan dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.

2. Ketentuan Beban Hidup

Beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983. Di dalam beban hidup tersebut sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan, dan juga dinding-dinding pemisah dengan berat tidak lebih dari 100 kg/m.

3.2. Asumsi Dalam Perencanaan

Dalam menghitung komponen struktur terhadap beban lentur atau aksial atau kombinasi dari beban lentur dan aksial, asumsi dalam perencanaan sebagai berikut :

1. Regangan dalam tulangan dan beton berbanding lurus dengan jarak dari sumbu netral,

2. Rengangan maksimum yang dapat digunakan pada serat beton tekan terluar sama dengan 0,003,
3. Tegangan dalam tulangan (f_s) berlaku ketentuan :
 $f_s < f_y \rightarrow f_s = E_s \cdot \epsilon_s \leq f_y$
4. Dalam perhitungan aksial dan lentur beton bertulang, kuat tarik beton diabaikan,
5. Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton (f_c') dan regangan beton (ϵ_c) dianggap berbentuk persegi.

3.3. Ketentuan SRPMM

1. Kuat geser rencana dari balok dan kolom
 - a. Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor.
 - b. Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa, E, dimana nilai E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.

2. Balok

- a. Pembatasan umum:

$$\text{Gaya aksial terfaktor } (P_u) \leq 0,1 f'_c \cdot A_g \quad (3.1)$$

- b. Pembatasan tulangan

Tulangan atas atau tulangan bawah A_s harus memenuhi:

$$A_s \geq \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d}{4 f_y} \quad (3.2)$$

$$A_s \geq \frac{1,4}{f_y} b \cdot d \quad (3.3)$$

$$\rho_{\text{perlu}} \leq 0,75 \rho_{\text{balance}} \quad (3.4)$$

- c. Pembatasan momen dukung

Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari sepertiga kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen struktur tersebut.

- d. Tulangan begel

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi:

- 1). $d/4$,
- 2). Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
- 3). 24 kali diameter sengkang, dan
- 4). 300 mm.

Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/2$.

3. Kolom

- a. Pembatasan umum :

$$\text{Gaya aksial terfaktor } (P_u) > 0,1 f'_c \cdot A_g \quad (3.5)$$

- b. Rasio tulangan
Rasio tulangan harus $0,01 \leq \rho_g \leq 0,008$ (3.6)

- c. Tulangan begel
Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang l_0 dari muka hubungan balok-kolom adalah s_0 . Spasi s_0 tersebut tidak boleh melebihi:

- 1). Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
- 2). 24 kali diameter sengkang ikat,
- 3). Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur, dan
- 4). 300 mm.

Panjang l_0 tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:

- 1). Seperenam tinggi bersih kolom,
- 2). Dimensi terbesar penampang kolom, dan
- 3). 500 mm.

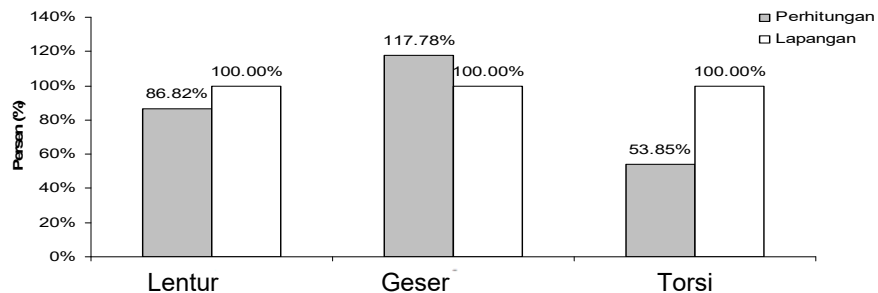
4. PEMBAHASAN

4.1. Balok

Perancangan balok menggunakan dimensi dan diameter tulangan yang sama, perancangan ulang balok-balok yang ditinjau digunakan untuk mengetahui perbandingan hasil perancangan ulang dengan kondisi terpasang di lapangan dalam hal penulangan balok, yaitu jumlah tulangan. Perbandingan kebutuhan tulangan antara hasil perancangan ulang dan kondisi terpasang di lapangan dibedakan akibat momen lentur, gaya geser dan momen torsi.

Kebutuhan tulangan lentur balok, tulangan geser, dan tulangan torsi dari hasil perhitungan masing-masing adalah 86,82%, 117,78%, 53,85% dari kebutuhan tulangan yang terdapat di lapangan.

Hasil perhitungan ulang kebutuhan tulangan lentur balok masih lebih kecil dibandingkan dengan tulangan yang ada di proyek. Ini kemungkinan disebabkan karena perencanaan ulang ini menggunakan metode struktur rangka pemikul momen menengah. Sedangkan hasil perhitungan ulang kebutuhan tulangan geser lebih boros dibandingkan dengan tulangan yang ada di proyek. Ini disebabkan pada SNI 03 – 2847 – 2002 dengan metode SRPMM, kontribusi geser beton pada daerah plastis tidak syaratkan dengan jelas, tetapi pada perancangan ulang ini kontribusi geser beton dihitung setengahnya, agar keruntuhan geser pada balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi lebih dahulu dari kegagalan akibat beban lentur terutama pada daerah-daerah sendi plastis. Untuk kebutuhan tulangan torsi lebih kecil dibandingkan dengan tulangan yang ada di proyek.



Gambar 5. Grafik perbandingan kebutuhan tulangan pada balok.

Tabel 1. Perbandingan tulangan pokok, geser dan torsi

HASIL ANALISIS					KONDISI LAPANGAN					
No	Tipe Balok	Kondisi		A _{st} tersedia mm ²	Hasil penulangan			Hasil penulangan		
					Lentur	Geser	Puntir	Lentur	Geser	Puntir
1	B1A	Tump	M (-)	2660.93	7 D 22	2 P 10 75	3 P 12	11 D 22	2 P 10 80	2 P 12
			M (+)	1520.53	4 D 22			6 D 22		
	40/60	Lap	M (+)	1900.66	5 D 22	2 P 10 100	3 P 12	5 D 22	2 P 10 100	2 P 12
			M (-)	1520.53	4 D 22			2 D 22		
2	B2A	Tump	M (-)	1140.40	3 D 22	2 P 10 100	- - -	6 D 22	2 P 10 80	2 P 12
			M (+)	760.27	2 D 22			4 D 22		
	35/50	Lap	M (+)	1140.40	3 D 22	2 P 10 150	- - -	4 D 22	2 P 10 100	2 P 12
			M (-)	760.27	2 D 22			2 D 22		
3	B1B	Tump	M (-)	2660.93	7 D 22	2 P 10 75	2 P 12	9 D 22	2 P 10 100	2 P 12
			M (+)	1140.40	3 D 22			6 D 22		
	40/50	Lap	M (+)	1900.66	5 D 22	2 P 10 100	2 P 12	5 D 22	2 P 10 150	2 P 12
			M (-)	1520.53	4 D 22			2 D 22		
4	B2B	Tump	M (-)	1140.40	3 D 22	2 P 10 100	- - -	6 D 22	2 P 10 100	1 P 12
			M (+)	760.27	2 D 22			3 D 22		
	35/46	Lap	M (+)	1140.40	3 D 22	2 P 10 150	- - -	3 D 22	2 P 10 200	1 P 12
			M (-)	760.27	2 D 22			2 D 22		
5	B1C	Tump	M (-)	2660.93	7 D 22	2 P 10 75	2 P 12	7 D 22	2 P 10 100	2 P 12
			M (+)	1520.53	4 D 22			4 D 22		
	20/40	Lap	M (+)	1520.53	4 D 22	2 P 10 100	2 P 12	4 D 22	2 P 10 150	2 P 12
			M (-)	1140.40	3 D 22			2 D 22		

Tabel 2. Perbandingan tulangan pokok, geser dan torsi (lanjutan)

HASIL ANALISIS					KONDISI LAPANGAN							
No	Tipe Balok	Kondisi		As _{tersedia} mm ²	Hasil penulangan			Hasil penulangan				
					Lentur	Geser	Puntir	Lentur	Geser	Puntir		
6	B2C	Tump	M (-)	760.27	2 D 22	2 P 10	100	- - -	4 D 22	2 P 10	100	1 P 12
			M (+)	760.27	2 D 22			2 D 22				
	30/45	Lap	M (+)	760.27	2 D 22	2 P 10	150	- - -	2 D 22	2 P 10	200	1 P 12
			M (-)	760.27	2 D 22			2 D 22				
7	BR1	Tump	M (-)	1520.53	4 D 22	2 P 10	100	- - -	4 D 22	2 P 10	100	1 P 12
			M (+)	760.27	2 D 22			2 D 22				
	30/45	Lap	M (+)	1140.40	3 D 22	2 P 10	150	- - -	2 D 22	2 P 10	200	1 P 12
			M (-)	760.27	2 D 22			2 D 22				
8	BR2	Tump	M (-)	760.27	2 D 22	2 P 10	75	- - -	2 D 22	2 P 10	200	1 P 12
			M (+)	760.27	2 D 22			2 D 22				
	20/35	Lap	M (+)	760.27	2 D 22	2 P 10	150	- - -	2 D 22	2 P 10	200	1 P 12
			M (-)	760.27	2 D 22			2 D 22				
9	B3	Tump	M (-)	760.27	2 D 22	2 P 10	75	- - -	2 D 22	2 P 10	100	1 P 12
			M (+)	760.27	2 D 22			2 D 22				
	20/35	Lap	M (+)	760.27	2 D 22	2 P 10	150	- - -	2 D 22	2 P 10	150	1 P 12
			M (-)	760.27	2 D 22			2 D 22				

B. Kolom

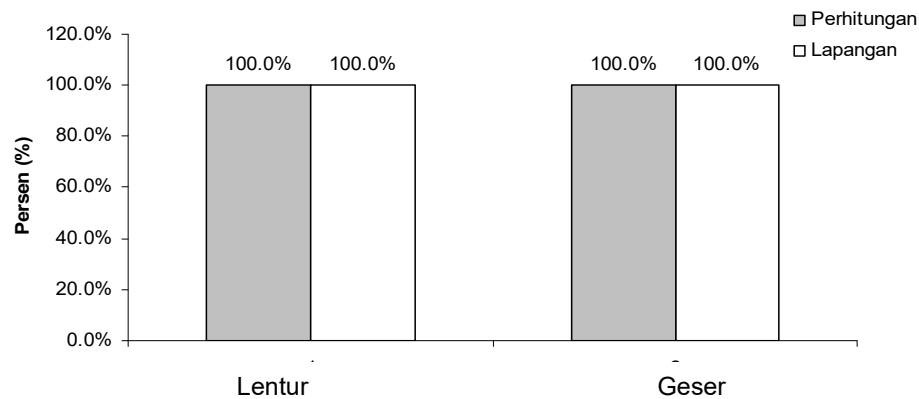
Perancangan ulang kolom dengan dimensi dan diameter yang sama dilapangan adalah untuk mendapatkan jumlah tulangan. Perbandingan kebutuhan tulangan antara hasil perancangan ulang dan kondisi terpasang di lapangan dilakukan dalam dua kategori yaitu perbandingan tulangan utama dan tulangan sengkang. Konsep yang digunakan pada perancangan ini menggunakan peraturan SNI 03 – 2847 – 2002 dengan metode struktur rangka pemikul momen menengah.

Tabel 3. Perbandingan tulangan utama kolom

No	Tipe Kolom	Dimensi	Hasil Perhitungan	Kondisi Lapangan
1	K0	600x600	16 D 25	16 D 25
2	K1	400X600	12 D 25	12 D 25
3	K2	400X600	8 D 25	8 D 25

Tabel 4. Perbandingan kebutuhan tulangan geser kolom

No	Tipe Kolom	Dimensi	Hasil Perhitungan		Kondisi Lapangan	
			< l_0	> l_0	< l_0	> l_0
1	K0	600x600	2 P 12 100	2 P 12 200	4 P 12 200	2 P 12 200
2	K1	400X600	2 P 12 100	2 P 12 200	4 P 12 200	2 P 12 200
3	K2	400X600	2 P 12 100	2 P 12 200	4 P 12 200	2 P 12 200



Gambar 1. Grafik perbandingan kebutuhan tulangan pada kolom.

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa ternyata tidak ada perbedaan antara hasil perancangan ulang dan tulangan yang terpasang di lapangan. Tetapi untuk jarak tulangan geser pada daerah sendi plastis hasil perhitungan ulang lebih kecil dengan pertimbangann

bahwa jarak yang kecil akan memberikan pengekangan (*confinment*) yang baik pada kolom.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Perancangan Ulang Struktur Gedung IT Center Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta dengan metode Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah, bertujuan untuk membandingkan hasil perancangan ulang dan kondisi yang dipasang dilapangan.
2. Kebutuhan tulangan balok hasil perhitungan ulang adalah 82,82 % dari kebutuhan tulangan terpasang di lapangan. Kebutuhan tulangan geser balok hasil perhitungan adalah 117,78% dari kebutuhan tulangan geser di lapangan. Sedang kebutuhan tulangan torsi balok hasil perhitungan ulang adalah 53,85% dari kebutuhan dilapangan. Perbedaan ini dapat terjadi disebabkan beberapa hal, antara lain metode yang dipakai dalam perencanaan dan hal hal lain yang bersifat non teknis seperti efisiensi dilapangan.
3. Kebutuhan tulangan lentur dan aksial kolom hasil perhitungan ulang adalah 100,0 % dari kebutuhan tulangan lentur dan aksial di lapangan. Kebutuhan tulangan geser kolom hasil perhitungan ulang 100,0 % dari kebutuhan tulangan geser di lapangan. Dengan kata lain secara volume tulangan yang dipasang sama tetapi pada tulangan geser ada perbedaan jarak tulangan sengkang yang dipasang, dikarenakan pertimbangan pengekangan kolom (*confinment*) yang lebih baik jika tulangan sengkang dipasang lebih rapat.

5.2. Saran

1. Sebaiknya dilakukan kombinasi perancangan ulang dengan perubahan dimensi struktur dan/atau perubahan tulangan dapat dilakukan agar diperoleh hasil yang lebih optimal.
2. Perlu dipertimbangkan perhitungan redistribusi momen balok-kolom yang berfungsi untuk menghindari adanya perbedaan yang cukup besar antara nilai momen negatif dan positif pada tumpuan balok.
3. Perlu dilakukannya studi lebih lanjut untuk bangunan yang menggunakan fondasi rakit (*mat footing*) untuk menghasilkan perancangan fondasi yang yang optimal (merupakan kombinasi beberapa aspek, antara lain : segi keamanan dan kenyamanan, ekonomis, efisien, kemudahan dalam pengerjaan, dan potensi sumber daya manusia dan material)
4. Sebaiknya dibuat suatu alur perancangan yang cukup jelas dan terintegrasi serta terkoordinasi dengan baik, dalam hal perencanaan ketahanan gempa, perancangan struktur beton, juga perancangan struktur lainnya. Pembuatan contoh-contoh perhitungan praktis oleh pihak yang berwenang juga akan sangat membantu perencana dalam melakukan tugasnya. Hal ini untuk memudahkan dalam analisis dan perancangan, di mana pada peraturan hanya diatur bab-bab mengenai hal-hal tertentu saja, dan kurang jelas keterkaitannya dengan hal ataupun bab yang lain, sehingga bisa saja terjadi kekurangan atau ketidaklengkapan dalam melakukan perhitungan. Selain itu juga karena mengingat mulai diberlakukannya peraturan-peraturan standar yang baru, yang mana tentu sudah berbeda dengan peraturan lama dan menuntut perhatian khusus.
5. Dalam melakukan perancangan struktur, hendaklah diperhatikan mengenai ketentuan-ketentuan atau hal-hal yang nyata terdapat di lapangan, misalnya penggunaan diameter tulangan yang ada di pasaran, dimensi (ukuran) elemen-elemen balok atau kolom yang lazim, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-1726-2002, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.
- Computers and Structures, Inc., 2005, *Integrated Building Design Software, ETABS Tutorial*, Berkeley, California, USA.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia, Jakarta
- Kustanto, H., 2006, *Perancangan Ulang Gedung Kantor Direktorat Jendral Pajak Yogyakarta Berdasarkan SNI-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002*, Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM Yogyakarta.
- Nawanggalam, P., 2005, *Perbandingan Sistem Rangka Pemikul momen Khusus Dengan Sistem Interaksi Dinding Geser Khusus dan Rangka Pemikul Momen Khusus Sebagai Sistem Penahan Beban Gempa pada Gedung Bertingkat Tinggi*, Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM Yogyakarta.
- Nawy, E.G, 1985 *Reinforce concrete A Fundamental Approach*, Prentice-Hall Inc, (*Beton Bertulang Suatu Pemdekatan Dasar* (terj), Bambang, 1990, Eresco, Jakarta
- Priyosulistyo, Hrc., 2002, *Diktat Kuliah Struktur Beton Bertulang III*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM Yogyakarta.

