

ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT BETON BERTULANG MENGGUNAKAN MATERIAL MUTU NORMAL DAN MUTU TINGGI

Yonathan Bingly^{1*}, Leonardus Setia Budi Wibowo²,
Muhammad Shofwan Donny Cahyono³

^{1 2 3}Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika

Abstrak

Pada studi ini dilakukan analisis pada 3 gedung perkuliahan (Pendidikan) dengan tinggi gedung 10 lantai. Pada tiap gedung digunakan mutu beton dan mutu baja yang berbeda-beda. Analisis dibantu dengan Software ETABS v 2018 dengan cara pemodelan struktur beton bertulang gedung secara 3 dimensi dari mulai kolom, balok, pelat lantai, dan komponen struktur gedung lainnya kedalam Software. Untuk mengetahui besar efisiensi dimensi antara penggunaan material mutu normal dengan material mutu tinggi dilakukanlah analisis desain struktur bangunan bertingkat beton bertulang menggunakan material mutu normal dan mutu tinggi dari hasil output ETABS v 2018. Hasil dari analisis ini akan dibandingkan dari 3 tipe gedung dengan mutu yang berbeda. Melalui studi analisis ini dilakukan perbandingan besar efisiensi dimensi dan simpangan masing-masing gedung. Dengan beton mutu tinggi dimensi dari struktur diharapkan dapat diperkecil sehingga berat struktur menjadi lebih ringan. Hal tersebut menyebabkan beban yang diterima pondasi secara keseluruhan menjadi lebih kecil pula.

Kata kunci: struktur beton bertulang, mutu tinggi, mutu normal, efisiensi dimensi, simpangan

Abstract

[Title: Comparison Analysis of Structural Design of Reinforced Concrete Store Building Using Normal Quality And High Quality Materials] In this study, analysis was carried out on 3 lecture buildings (Education) with a building height of 10 floors. Each building uses different grades of concrete and steel. The analysis is assisted by the ETABS v 2018 software by modeling the reinforced concrete structure of the building in 3 dimensions from columns, beams, floor slabs, and other building structural components into the software. To find out the dimensional efficiency between the use of normal quality materials and high quality materials, an analysis of the design of reinforced concrete high-rise buildings was carried out using normal and high quality materials from the output of ETABS v 2018. The results of this analysis will be compared from 3 types of buildings with different qualities. Through this analytical study, a comparison of the dimensions' efficiency and deviations of each building was carried out. With high-strength concrete, the dimensions of the structure are expected to be reduced so that the weight of the structure becomes lighter. This causes the load received by the foundation as a whole to be smaller as well.

Keywords : reinforced concrete structure, high quality, normal quality, dimensions' efficiency, deviations

1. PENDAHULUAN

Berbagai jenis struktur dan komponen struktur dapat dibangun menggunakan beton bertulang termasuk pelat, dinding, balok, kolom, pondasi, penyangga, dan lainnya. Beton bertulang dapat diklasifikasikan sebagai

beton pracetak atau cor di tempat. Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan. Hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju, seperti bangunan gedung bertingkat tinggi (terutama untuk kolom dan beton pracetak), dan fasilitas lain.

*) Penulis Korespondensi.
E-mail: jansuryalumakso@gmail.com

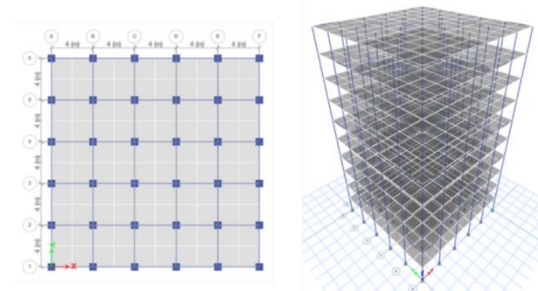
Perencanaan fasilitas – fasilitas tersebut mengarah kepada digunakannya beton mutu tinggi yang mencakup kekuatan, ketahanan, keawetan dan efisiensi. Sejalan dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, beton dikembangkan dan ditingkatkan kualitasnya untuk menjadi yang lebih baik lagi, sehingga tercipta beton mutu tinggi bahkan sangat tinggi.

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. Menurut PD T-04-2004-C tentang Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa. Beton mutu tinggi (high strength concrete) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya. Produksi beton mutu tinggi memerlukan pemasok untuk mengoptimisasikan 3 aspek yang mempengaruhi kekuatan beton : pasta semen, agregat, dan lekatan semen-agregat. Ini perlu perhatian pada semua aspek produksi, yaitu pemilihan material, mix design, penanganan dan penuangan. Beberapa penelitian yang menggunakan beton dan tulangan baja mutu tinggi telah banyak dilakukan (Rashid and Mansur 2005, Shahrooz et al. 2011, Harries et al. 2012, Wibowo et al., 2017). Menurut Giduqiou (2015), untuk mempertahankan dimensi penampang yang rasional dan

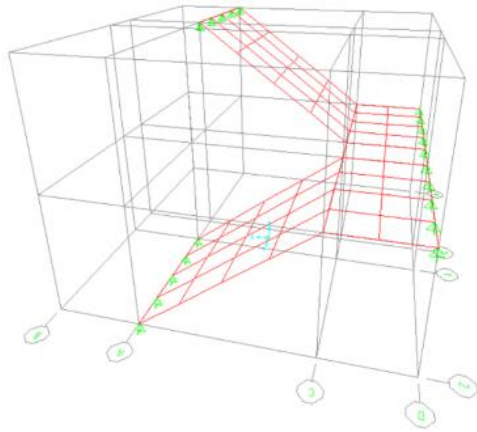
mengurangi penumpukan jumlah tulangan, maka salah satu caranya adalah dengan menggunakan material mutu tinggi. Kontrol kualitas adalah bagian yang penting dan memerlukan kerja sama penuh antara pemasok, perencana dan kontraktor (Paul Nugraha & Antoni, 2007). Apapun material yang digunakan, konstruksi yang akan dibangun pada daerah rawan gempa bumi dapat mengikuti standar nasional yang berlaku serta bangunan tetap dapat beroperasi dan aman saat terkena gempa bumi (Zebua et al., 2020)

2. PEMODELAN STRUKTUR

Dalam perencanaan diberi nama Gedung A, Gedung B dan Gedung C dimana semua diperuntukkan untuk gedung perkuliahan (Pendidikan) dengan tinggi gedung 10 lantai dan menggunakan pelat atap beton bertulang. Lokasi gedung tersebut di Kota Surabaya sehingga termasuk kategori resiko IV dengan kondisi tanah lunak. Luas bangunan 20 m x 20 m atau 400 m² dengan tinggi perlantai 3,5 m atau tinggi bangunan total 35 m. Permodelan struktur Gedung A, B dan C dapat dilihat pada gambar 1. Permodelan tangga Gedung A, B dan C dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Denah Struktur Gedung



Gambar 2. Pemodelan Tangga

Dalam penelitian digunakan 3 macam mutu beton dan baja tulangan utama, detail matriks dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Mutu material yang digunakan

Gedung	A	B	C
f'_c (MPa)	20	55	70
f_{yt} (MPa)	420	550	700
f_{yt} (MPa)	420	420	420

Dalam perencanaan balok, kolom dan pelat menggunakan acuan SNI 2847:2019, untuk perencanaan bangunan tahan gempa menggunakan acuan SNI-1726:2019, dan untuk perencanaan pembebanan menggunakan acuan SNI-1727:2020.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam analisis perhitungan pembebanan, pada lantai 2 diperhitungkan bersama dengan

setengah lantai 3, begitu seterusnya hingga setengah lantai teratas (atap). Berikut adalah analisa perhitungan pembebanan dari gedung A, B dan C.

Tabel 2. Rekapitulasi Beban Mati Gedung A, B dan C

Gedung	Berat Lantai (Kn)			
	2	3 - 9	10	Atap
A	6236,88	5243,58	5102,36	3500,26
B	4958,47	4158,45	4017,24	2608,41
C	3882,55	3246,07	3104,86	1859,58

Dalam analisis perhitungan beban hidup, diberikan beban hidup untuk gedung perkuliahan pada tiap lantai. Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan beban hidup.

Tabel 3. Beban Hidup Gedung A, B dan C

Keterangan	Berat Lantai (kN)	
	Atap	Lantai 2 - 10
Atap Datar	384,00	-
Partisi	-	288
Ruang Kelas	-	1532
Total Beban	384,00	1820

Pada perhitungan pembebanan gempa akan dilakukan analisis perhitungan dengan sistem pembebanan statik ekuivalen. Nilai SDs dan SD1 yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0,487. Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan beban gempa.

Tabel 4. Rekapitulasi Beban Gempa Gedung A, B dan C

Level	Gedung A (kN)	Gedung B (kN)	Gedung C (kN)
Atap	647,18	493,86	364,60
10	916,88	755,99	620,76
9	803,15	665,57	549,97
8	673,22	557,90	461,00
7	549,15	455,08	376,04
6	431,57	357,64	295,52
5	321,35	266,31	220,05
4	219,72	182,08	150,46
3	128,58	106,55	88,05
2	59,75	49,36	40,62
Base 1	0,00	0,00	0,00

Dalam analisis balok dilakukan perhitungan pada momen positif dan negatif serta akibat gaya geser yang bekerja. Nilai momen dan gaya geser pada masing-masing gedung ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Momen Dan Gaya Geser Rencana Balok

Gedung	Mu negative (kNm)	Mu positif (kNm)	Vu (kN)
A	396,046	375,261	315,052
B	179,586	162,852	125,193
C	136,275	121,938	101,599

Dari nilai momen dan gaya geser yang pada tabel 5, maka dapat dihitung penulangan pada balok seperti ditampilkan pada tabel 6. Pada balok gedung A menggunakan D25, sedangkan pada balok gedung B dan C cukup menggunakan D22 untuk tulangan utama.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Perhitungan Balok Ketiga Gedung

Gedung	A	B	C
Dimensi	400 x 600	300 x 500	200 x 400
Tump.	Atas	6D25	3D22
	Bawah	5D25	3D22
	Sengkang	D13-80	D13-100
Lap.	Atas	5D25	3D22
	Bawah	6D25	3D22
	Sengkang	D13-200	D13-175

Dalam analisis kolom kontrol tulangan lentur dibantu dengan aplikasi Sp Column,

kemudian dilakukan juga kontrol untuk tulangan sengkangnya dan kontrol *Strong Column Weak Beam* ($\sum M_n \text{ kolom} > 1,2 \times \sum M_n \text{ balok}$).

Akibat gaya gravitasi dan beban gempa yang bekerja, maka didapatkan nilai momen dan aksial pada kolom. Nilai-nilai gaya maksimum yang timbul pada kolom ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Momen dan Gaya Aksial Kolom

Gedung	Momen (kNm)	Aksial (kN)
A	486,86	1775
B	354,8	1606
C	317,76	1540,75

Terdapat perbedaan dimensi kolom yang digunakan pada masing-masing tipe gedung. Tulangan utama dan Sengkang yang digunakan ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Dimensi dan Penulangan Kolom

Gedung	A	B	C
Dimensi	700 x 700	600 x 600	500 x 500
Tulangan Utama	16D25	12D22	8D22
Sengkang	D13-150	D16-120	D16-70

Dalam analisis pelat lantai, atap, bordes dan tangga dilakukan perhitungan penulangan pelat dan kemudian dilakukan juga kontrol lendutan pada pelat.

Dari hasil analisis didapatkan penulangan pada masing-masing gedung. Pada tabel 9 hingga tabel 12 ditampilkan hasil penulangan pelat lantai, pelat atap, pelat bordes dan pelat tangga secara berurutan.

Tabel 9. Tebal dan Penulangan Pelat Lantai

Gedung	Tebal Pelat (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)
A	140	D13 – 100	D13 – 100
B	120	D10 – 200	D10 – 200
C	100	D13 – 90	D13 – 90

Tabel 10. Tebal dan Penulangan Pelat Atap

Gedung	Tebal Pelat (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)
A	120	D13 – 200	D13 – 200

B	100	D10 – 125	D10 – 125
C	80	D8 – 65	D8 – 65

Tabel 11. Tebal dan Penulangan Pelat Bordes

Gedung	Tebal Pelat (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)
A	140	D13 – 300	D13 – 300
B	120	D10 – 300	D10 – 300
C	100	D8 – 250	D8 – 250

Tabel 12. Tebal dan Penulangan Pelat Tangga

Gedung	Tebal Pelat (mm)	Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)
A	140	D13 – 300	D13 – 300
B	120	D10 – 300	D10 – 300
C	100	D8 – 250	D8 – 250

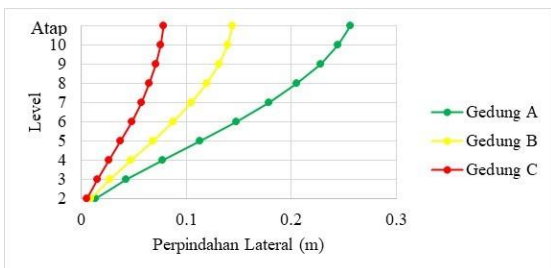
Berdasarkan SNI-1726-2019 Pasal 7.8.6 untuk perhitungan simpangan antar lantai dapat digunakan rumus :

$$\delta x = \frac{Cd \times \delta x e}{I_e} \dots\dots\dots (1)$$

Nilai perpindahan pada setiap lantai masing-masing gedung dapat dilihat pada tabel 13 dan gambar 3.

Tabel 13. Perpindahan Lateral tiap lantai

Gedung	Perpindahan lateral (m)		
	A	B	C
Atap	0,0441	0,0183	0,0096
10	0,0609	0,0293	0,0158
9	0,0809	0,0421	0,0228
8	0,0992	0,0535	0,0286
7	0,1150	0,0635	0,0339
6	0,1262	0,0710	0,0378
5	0,1313	0,0755	0,0403
4	0,1268	0,0753	0,0407
3	0,1053	0,0658	0,0365
2	0,0500	0,0335	0,0195
Base	0,0	0,0	0,0



Gambar 3. Grafik Perpindahan Lateral

4. KESIMPULAN

Dari hasil studi analisis ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada studi analisis ini dapat digunakan penampang sesuai dengan perencanaan awal. Penggunaan dimensi penampang telah dilakukan analisis kekuatan penampang. Dari hasil analisis kekuatan penampang, baik penampang kolom, balok, dan pelat dari ketiga gedung masih mampu menahan beban – beban yang bekerja pada struktur.
2. Dari hasil analisis balok, diperoleh luas tulangan tarik terpakai diperoleh Gedung A sebesar 2594 mm², Gedung B sebesar 1140 mm² dan Gedung C sebesar 1140 mm². Untuk luas tulangan tekan terpakai diperoleh Gedung A sebesar 2454 mm², Gedung B sebesar 1140 mm² dan Gedung C sebesar 760 mm².
3. Dari hasil analisis kolom, diperoleh luas tulangan utama terpakai diperoleh Gedung A sebesar 7850 mm², Gedung B sebesar 4559,28 mm² dan Gedung C sebesar 3039,52 mm².
4. Dari hasil analisis pelat lantai dua arah diperoleh luas tulangan terpakai Gedung A sebesar 1327 mm², Gedung B sebesar 1393 mm² dan Gedung C sebesar 1427 mm².
5. Dari hasil analisis pelat atap dua arah diperoleh luas tulangan terpakai Gedung A sebesar 664 mm², Gedung B sebesar 628 mm² dan Gedung C sebesar 773 mm².
6. Dari hasil analisis pelat bordes dan tangga dua arah diperoleh luas tulangan terpakai Gedung A sebesar 442 mm², Gedung B sebesar 262 mm² dan Gedung C sebesar 201 mm².
7. Meningkatkan mutu material struktur dapat mereduksi besarnya dimensi penampang serta luas tulangan terpakai.
8. Dari hasil analisis perpindahan lateral akibat beban gempa dapat disimpulkan bahwa gedung C memiliki nilai terkecil dibandingkan dengan Gedung A dan B.

Daftar Pustaka

- Antoni dan Paul Nugraha., (2007). Teknologi Beton. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abu Terbang. SNI 03-6468-2000.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung Persyaratan dan Struktur Lain. SNI 1727-2020.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. SNI 2847-2019.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. SNI 1726-2019.
- Giduquio, M. B., Cheng, M. Y., & Wibowo, L. S. B. (2015). High-Strength Flexural Reinforcement in Reinforced Concrete Flexural Members under Monotonic Loading. *ACI Structural Journal*, 112(6), 793–804.
<https://doi.org/10.14359/51688057>
- Harries, K. A.; Shahrooz, B. M.; and Soltani, A., 2012, “Flexural Crack Widths in Concrete Girders with High-Strength Reinforcement,” *Journal of Bridge Engineering*, ASCE, V. 17, No. 5, Sept.-Oct., pp. 804-812. doi: 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000306
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2010. “Perencanaan Struktur Gedung Beton”
- Pranata, YA. 2010, Diktat Analisa Struktur 3. Universitas Kristen Maranatha: Bandung.
- Rashid, M. A., and Mansur, M. A. (2005). “Reinforced High-Strength Concrete Beams in Flexure,” *ACI Structural Journal*, 102(3), 462-471
- Schueller, Wolfgang. (2001). Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi, Bandung: PT. Refika Aditama.
- Shahrooz, B. M.; Reis, J. M.; Wells, E. L.; Miller, R. A.; Harries, K. A.; and Russell, H. G., 2014, “Flexural Members with High-Strength Reinforcement: Behavior and Code Implications,” *Journal of Bridge Engineering*, ASCE, V. 19, No. 5, May, 7 pp.
- Subakti, A, 1995, Teknologi Beton dalam Praktek, Jurusan Teknik Sipil FTSP, Institut Teknologi, Surabaya.
- Tavio & Wijaya, U. 2018. Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja. CV. Andi Offset, Yogyakarta
- Wibowo, L. S. B.; Cheng, M.-Y.; Huang, F. C.; and Tai, T. Y., “Effectiveness of High-Strength Hoops in High-Strength Flexural Members,” *ACI Structural Journal*, V. 114, No. 4, July-Aug. 2017, pp. 887-897. doi: 10.14359/51689620
- Zebua, D., Wibowo, L. S. B., Cahyono, M. S. D., & Ray, N. (2020), Evaluasi Simpangan Pada Bangunan Bertingkat Beton Bertulang berdasarkan Analisis Pushover dengan Metode ATC-40. *Ge-STRAM:Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 3(2), 53–57.
<https://doi.org/10.25139/jprs.v3i2.2475>