

**PENERAPAN BALOK BERTULANGAN
TUNGGAL PADA RING BALK UNTUK MENEKAN BIAYA KONSTRUKSI
(Studi Kasus : Pembangunan Gedung Kantor DENMA)**

Ananda Putera Novian Milleandra Madani¹, Fachriza Noor Abdi², Budi Haryanto³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda (75119), Indonesia

Email: noviananda11000@gmail.com¹

²Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung
No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda (75119), Indonesia

Email: fnabdi@ft.unmul.ac.id²

³Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung
No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda (75119), Indonesia

Email: budiharyanto7951@gmail.com³

ABSTRAK

Balok merupakan elemen struktur penting yang menahan beban secara horizontal. Terdapat dua jenis balok berdasarkan formasi penulangannya yakni balok bertulangan tunggal dan balok bertulangan rangkap. Balok bertulangan rangkap banyak digunakan masyarakat karena dianggap lebih kuat karena banyaknya tulangan di dalamnya. Namun pada dasarnya penggunaan tulangan rangkap menimbulkan biaya yang besar padahal dalam keadaan-keadaan tertentu bisa digunakan tulangan tunggal agar biaya lebih murah sehingga dapat menekan biaya konstruksi. Studi kasus penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Gedung Kantor DENMA (Detasemen Markas Besar Tentara Nasional Indonesia) yang penelitiannya berfokus pada ring balk saja karena beban yang diterima oleh elemen struktur tersebut tidak besar.

Penelitian dimulai dengan mencari data yang diperlukan yakni data beban, data biaya, dan data ukuran yang diperoleh dari data proyek tersebut dan literatur yang ada. Data kemudian diolah sehingga diperoleh nilai kuat nominal apabila balok ring balk diubah menjadi bertulangan tunggal serta nilai kuat perlu. Nilai kuat nominal dan nilai kuat perlu tersebut dibandingkan dan diperoleh hasil balok bertulangan tunggal dapat dipasang pada ring balk Proyek Pembangunan Gedung Kantor DENMA apabila nilai kuat nominal lebih besar dibandingkan nilai kuat perlunya.

Hasil dari penelitian ini menyimpulkan bahwa secara teoritis balok bertulangan tunggal dapat dipasang pada ring balk proyek studi kasus, namun terkendala di bagian teknis lapangan. Hal ini disebabkan momen negatif yang mengakibatkan pemasangan tulangan banyak terputus sehingga dibutuhkan banyak potongan tulangan. Pemasangan pula perlu diawasi dengan ketat karena harus sesuai dengan diagram momennya. Desain balok bertulangan tunggal memiliki biaya yang lebih murah dibandingkan balok di lapangan yakni sebesar Rp. 60.458.159,- sedangkan biaya balok lapangan adalah 71.135.579, selisih dengan biaya balok di lapangan adalah sebesar Rp.10.677.420,- sehingga didapat penekanan biaya sebesar 15 %.

Kata kunci: Struktur, Balok Tulangan Tunggal, Biaya

ABSTRACT

Beams are important structural elements that support loads horizontally. There are two types of beams based on the reinforcement formation, namely single reinforced beams, and double reinforced beams. Double reinforced beams are widely used by the community because they are considered stronger because of the many reinforcements in them. However, basically the use of double reinforced beams results in large costs, whereas in certain circumstances single reinforcement can be used to make it cheaper to reduce construction costs. The case study of this research is the Construction Building of DENMA Office (Detasemen Markas Besar Tentara Nasional Indonesia) whose research focuses on ring balk only because the load received by the structural elements is not large.

The research begins by finding the necessary data, namely load data, cost data, and size data obtained from the project data and existing literature. The data is then processed so that the nominal strength value is

obtained if the ring-balk beam is changed to single-reinforced and the required strength value. The nominal strength value and the required strength value are compared, and the result is that a single reinforced beam can be installed in the ring balk of the Construction Building of DENMA Office if the nominal strength value is greater than the required strength value.

The results of this study conclude that theoretically a single reinforced beam can be installed in the ring balk of the case study project but is constrained by the technical part of the field. This is due to the negative moment which is make the installation of the bar become split, so that make a lot of pieces of bar are needed. Installation also needs to be monitored closely because it must be in accordance with the moment diagram. The single reinforced beam design has a lower cost than the beam in the field, which is Rp. 60,458,159, - while the cost of beams in the field is 71,135,579, the difference with the cost of beams in the field is Rp.10,677,420,- in order to obtain a cost reduction of 15%

Keywords: Structure, Singly Reinforced Beam, Cost

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Balok merupakan elemen struktur penting yang menahan beban secara horizontal. Balok di dalam struktur berfungsi untuk menahan beban-beban seperti pelat lantai, dinding, rangka atap, rangka plafon, dan lain sebagainya. Penggunaan balok pada umumnya adalah dengan mencampurkan kedua elemen yakni beton dan tulangan, dimana beton berfungsi menahan tekanan sedangkan tulangan menahan tarikan. Terdapat dua jenis balok berdasarkan formasi penulangannya yakni balok bertulangan tunggal dan balok bertulangan rangkap. Balok bertulangan rangkap banyak digunakan masyarakat karena dianggap lebih kuat karena banyaknya tulangan di dalamnya. Namun pada dasarnya penggunaan tulangan rangkap menimbulkan biaya yang besar padahal dalam keadaan-keadaan tertentu bisa digunakan tulangan tunggal agar biaya lebih murah sehingga dapat menekan biaya konstruksi.

Balok bertulangan tunggal adalah balok yang memiliki tulangan di daerah tarik saja. Berbeda dengan tipe balok bertulangan rangkap dimana balok ini memiliki tulangan di daerah tekan dan daerah tarik. Beton tidak kuat menahan tarik sehingga pada asumsi perhitungan beton tidak diperhitungkan menahan tegangan tarik. Maka pada asumsi perhitungan perencanaan balok bertulangan tunggal, beton dan tulangan bekerja masing-masing dimana beton menahan tekanan sedangkan tulangan menahan tarikan. Berbeda dengan balok bertulangan rangkap pada daerah tekan dipasang pula tulangan sehingga beton menerima bantuan dalam menahan tekan. Hal ini dapat mengurangi luas penampang balok karena terdapat perkuatan tambahan akibat penambahan tulangan tekan. Pada standarisasi gedung Indonesia terdapat batas minimum tinggi balok hal ini yang menyebabkan luas penampang untuk balok bertulangan rangkap tidak bisa dibuat sekecil mungkin sesuai dengan teorinya, maka

pada keadaan-keadaan tertentu dapat digunakan balok bertulangan tunggal sebagai opsi untuk mengurangi biaya konstruksi.

Studi kasus untuk penulisan laporan skripsi ini adalah Proyek Pembangunan Gedung Kantor DENMA (Detasemen Markas Besar Tentara Nasional Indonesia) Samarinda 2021. Penelitian hanya berfokus pada ring balk dikarenakan beban yang diterima oleh elemen struktur tersebut tidak besar. Ring balk adalah balok yang posisinya terletak di bagian teratas yang berfungsi sebagai pengikat pasangan susunan tembok sekaligus meratakan beban dari struktur yang berada di atasnya. Ring balk proyek ini hanya menerima beban luar berupa atap saja sehingga terdapat kemungkinan bahwa balok bertulangan tunggal dapat digunakan pada ring balk Proyek Pembangunan Gedung Kantor DENMA (Detasemen Markas Besar Tentara Nasional Indonesia).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Struktur

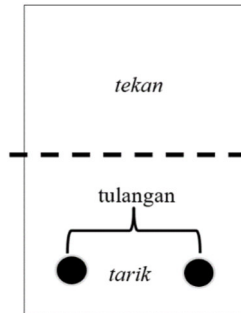
Analisa struktur adalah suatu proses dimana engineer menentukan respon suatu struktur terhadap suatu pembebanan. Respon struktur dinyatakan dengan gaya-gaya yang terjadi didalam struktur dan deformasi yang dialami (Kuswinardi et al. 2021, h. 7)

2.2 Beton

Beton merupakan campuran antara semen, air, pasir, dan agregat kasar. Sifat utama beton adalah sangat kuat di dalam menahan beban tekan (kuat tekan tinggi) tetapi lemah di dalam menahan gaya tarik (Pratikto, 2009).

2.3 Balok Bertulangan Tunggal

Suatu balok dinyatakan bertulangan tunggal jika pada penampang beton bertulang tersebut hanya diperhitungkan terpasang baja tulangan pada satu sisi saja, yaitu pada bagian serat yang menerima gaya tarik (Widodo, 2008). Balok tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1 Balok Bertulangan Tunggal di bawah ini.



Gambar 2.1 Balok Bertulangan Tunggal

2.4 Analisa Balok

Analisa balok dapat menggunakan metode kekuatan batas yakni unsur struktur direncanakan terhadap beban terfaktor sedemikian rupa sehingga unsur struktur tersebut mempunyai kekuatan ultimit yang diinginkan (Pratikto, 2009). Analisa balok dilakukan dengan berbagai kontrol yakni daktilitas, momen lentur, gaya geser, dan momen torsi.

2.5 SAP2000

SAP2000 dikembangkan berdasarkan program SAP1 pada sekitar tahun 1975. Program SAP1 adalah suatu program komputer yang diciptakan oleh Prof. Edward L. Wilson, guru besar Universitas California. Pada tahun 1975, versi komersial dari program tersebut dilansir oleh perusahaan Computer and Structure Inc (CSI) pimpinan Ashraf Habibullah. Sampai sekarang, program tersebut dikenal di dunia sebagai pioner di bidang software rekayasa struktur dan kegemampuan.

2.6 Analisa Harga dan Satuan Pekerja

Analisa harga dan satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis (Ibrahim, 1993).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa SAP2000 menunjukkan kuat perlu yang dibutuhkan *ring balk* Proyek Pembangunan Gedung Kantor DENMA sesuai pada Tabel 3.1

Kuat perlu untuk Perencanaan *Ring Balk* Bertulangan Tunggal di bawah ini.

Tabel 3.1 Kuat perlu untuk Perencanaan Ring Balk Bertulangan Tunggal

Beban	Nilai
Beban Geser	8,5 kN
Momen Positif	4,34 kN
Momen Negatif	5,57 kN
Torsi	0,49 Kn

Analisa *ring balk* apabila menggunakan desain balok bertulangan tunggal memiliki nilai kuat nominal sebagai berikut :

$$V_n = 55,32 \text{ kN}$$

$$M_n = 12,52 \text{ kN.m}$$

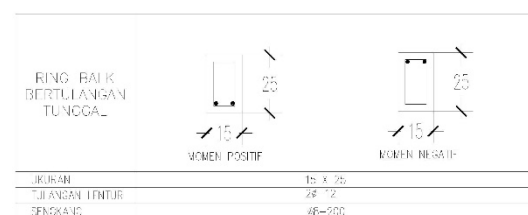
$$0,5\phi T_{th} = 0,54 \text{ kN.m}$$

Ketiga nilai tersebut memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan kuat perlu yang dibutuhkan, selain itu dilakukan control daktilitas yang direncanakan bersifat daktil dan memenuhi perencanaan tersebut dengan hasil sebagai berikut:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks} = 0,004 < 0,007 < 0,024$$

Kontrol penentuan analisa juga dilakukan dengan cara merencanakan kuat lentur nominal balok dalam keadaan tulangan maksimum apabila digunakan desain balok bertulangan tunggal dengan hasil sebesar $M_{n,maks} = 36,69 \text{ kN.m}$. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan kedua nilai kuat lentur perlu yang diperoleh dari aplikasi SAP2000 sehingga analisa balok dapat digunakan analisa balok bertulangan tunggal.

Kendala yang dihadapi pada pemasangan tipe ini adalah adanya momen lentur negatif yang menyebabkan lendutan ke atas. Seperti yang diketahui beton tidak kuat menahan tarikan yang dapat diartikan apabila terjadi lendutan ke atas maka posisi daerah tekanan dan tarikan akan tertukar. Untuk mengatasi hal tersebut maka pemasangan tulangan harus dilakukan secara teliti yakni sesuai diagram momen yang diperoleh dengan bantuan aplikasi SAP2000 agar tidak salah posisi. Penampang desain *ring balk* balok bertulangan tunggal dapat dilihat pada Gambar 3.1 Detail Ring Balk Bertulangan Tunggal.



Gambar 3.1 Detail Ring Balk Bertulangan Tunggal

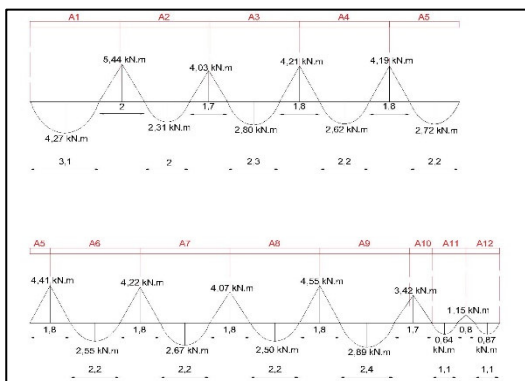
Gambar diatas menjelaskan *ring balk* akan dipasang dengan ukuran 15 x 25 cm dan sengkang dengan formasi d8-200 yakni sama dengan balok yang sekarang terpasang di lapangan, namun tulangan longitudinal dikurangi menjadi 2 buah (2D12) yang dipasang pada sisi bawah apabila pada area momen positif dan sisi atas pada area momen negatif. Diagram momen tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2 sampai Gambar 3.12.

Secara teoritis pada titik dimana momen bernilai 0 kN.m seharusnya tulangan diputus dan dilanjutkan pemasangan pada sisi berlawanannya. Menurut SNI 2847:2019 tulangan harus dihentikan atau diputus pada jarak terbesar antara d atau $12dT$ pada saat tulangan tersebut tidak diperlukan lagi. Maka pada penelitian tulangan harus dilebihkan dari panjang seharusnya sebesar d atau $12dT$ yakni sebesar:

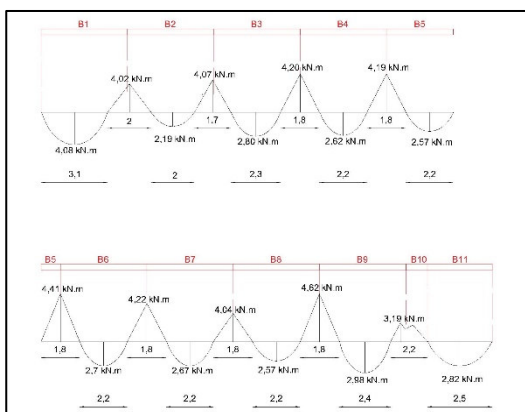
$$d = 207,7 \text{ mm dan}$$

$$12dT = 12 \times 12 = 144 \text{ mm}$$

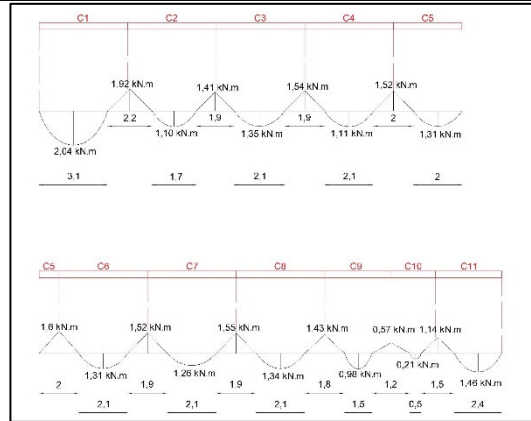
sehingga diambil jarak pemutusan tulangan sebesar $207,7 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$



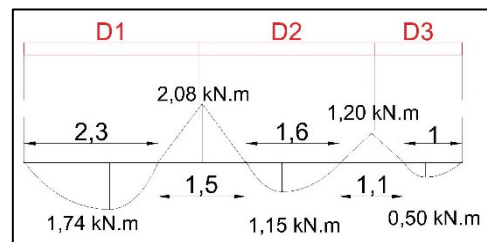
Gambar 3.2 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. A



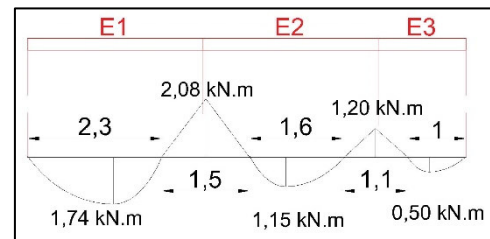
Gambar 3.3 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. B



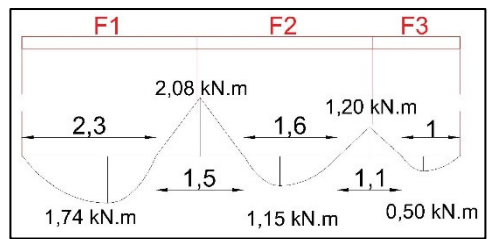
Gambar 3.4 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. C



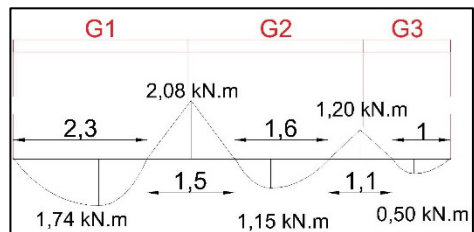
Gambar 3.5 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. D



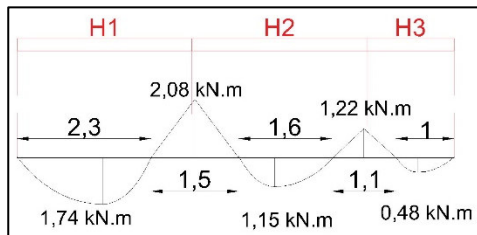
Gambar 3.6 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. E



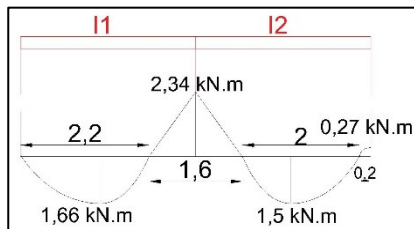
Gambar 3.7 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. F



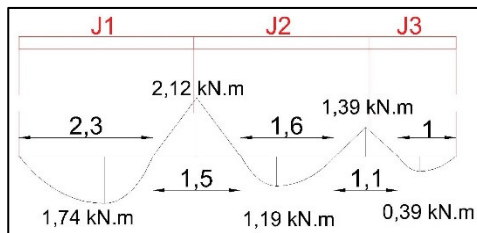
Gambar 3.8 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. G



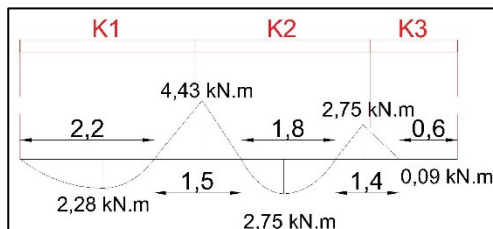
Gambar 3.9 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. H



Gambar 3.10 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. I



Gambar 3.11 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. J



Gambar 3.12 Diagram Momen Lentur *Ring Balk* No. K

Penjelasan di atas membuktikan bahwa secara teoritis desain balok bertulangan tunggal dapat diterapkan pada *ring balk* Proyek Pembangunan Gedung Kantor DENMA), sedangkan secara teknis balok ini terkesan lebih rumit dibandingkan pemasangan balok di lapangan. Pemasangan balok di lapangan tidak perlu banyak memotong tulangan karena terdapat tulangan yang sama besar pada sisi atas dan bawah untuk menahan momen negatif sekaligus momen positif. Tulangan tersebut dipasang secara menerus dari awal tumpuan hingga akhir tumpuan dengan beberapa titik saja memiliki sambungan lewatan.

Alasan lainnya adalah pemasangan tulangan desain balok bertulangan tunggal ini perlu diawasi secara rumit karena posisi harus sesuai dengan diagram momennya baik penempatan antara sisi atas maupun bawah dan jenis/panjang tulangan yang dipakai. Apabila salah meletakkan tulangan maka dapat dikhawatirkan akan terjadi retak lentur karena nilai momen yang dihasilkan dengan tulangan yang dipasang berbeda. Maka dari itu agar bisa diadakan penelitian lebih lanjut terhadap judul ini dengan metode yang sama namun studi kasus rumah tinggal. Rumah tinggal memiliki luasan yang jauh lebih kecil apabila dibandingkan dengan gedung sehingga pemasangan tulangannya-pun akan jauh lebih mudah walaupun selisih biaya antara apabila dipasang balok bertulangan tunggal dengan balok bertulangan rangkap akan berkurang. Namun kemungkinannya pada pelaksanaan di lapangan selisih tersebut akan lebih terasa manfaatnya karena pekerjaannya yang tidak rumit dibandingkan selisih yang didapat pada penelitian ini akibat pekerjaannya yang rumit. Tabel 3.2 Kebutuhan Tulangan Balok Bertulangan Tunggal di samping menunjukkan banyaknya potongan tulangan yang diperlukan apabila menggunakan desai balok bertulangan tunggal pada *ring balk* Proyek Pembangunan Gedung Kantor DENMA).

Tabel 3.2 Kebutuhan Tulangan Balok Bertulangan Tunggal

Jenis Potongan Tulangan (m)	Banyak Potongan (unit)
0,5	2
1	4
1,3	2
1,4	12
1,5	2
1,6	14
1,7	2
1,9	2
2	18
2,1	14
2,2	8
2,3	28
2,4	8
2,5	18
2,6	14
2,7	34
2,8	8
2,9	4
3,4	2
3,5	4
Banyak potongan tulangan (unit)	200

Banyak jenis tulangan (unit)	20
Panjang Total Tulangan (m)	451,6

Tabel 3.3 Biaya Pemasangan Ring Balk untuk Masing-Masing Desain di bawah ini menunjukkan perbandingan biaya *ring balk* desain di lapangan dengan desain balok bertulangan tunggal.

Tabel 3.3 Biaya Pemasangan Ring Balk untuk Masing-Masing Desain

Pekerjaan	Balok Bertulangan Tunggal			Balok Lapangan		
	Kebutuhan	Biaya /Satuan	Total Biaya	Kebutuhan	Biaya/Satuan	Total Biaya
Pekerjaan Tulangan Ulir (kg)	398,19	19.551	7.785.037	944,32	19.551	18.462.457
Pekerjaan Tulangan Polos (kg)	249,357	18.030	4.495.906	249,357	18.030	4.495.906
Pekerjaan Bekisting (m ²)	116,10	226.236	26.265.944	116,10	226.236	26.265.944
Pekerjaan Beton K-300 (m ³)	6,69	3.326.784	22.268.662	6,69	3.326.784	22.268.662
Total		60.815.451				71.492.872

Secara biaya pemasangan *ring balk* apabila digunakan balok bertulangan tunggal ternyata lebih murah dibandingkan biaya balok di lapangan sehingga dapat diketahui biaya yang dapat ditekan adalah sebesar :

$$71.492.872 - 60.815.451 = \text{Rp.}10.677.420 \text{ atau sebesar } (10.677.420/71.135.579) \times 100 = 15\%$$

4. ESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari penjelasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Perbandingan nilai kuat nominal dibanding kuat perlu yang diperlukan diantaranya, $\phi M_n > M_u = 11,27 \text{ kN.m} > 5,27 \text{ kN.m}$, $\phi V_n > V_u = 41,49 \text{ kN} > 8,5 \text{ kN}$, dan $0,5\phi T_{th} > T_u = 0,54 \text{ kN.m} > 0,49 \text{ kN.m}$, serta kertuntuhan yang direncanakan terjadi bersifat daktail karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks} = 0,004 < 0,007 < 0,024$.
2. Desain balok bertulangan tunggal memiliki biaya yang lebih murah dibandingkan balok di lapangan yakni sebesar Rp. 60.458.159,-. Biaya balok lapangan adalah 71.135.579, selisih dengan biaya balok di lapangan adalah sebesar Rp.10.677.420,- sehingga didapat penekanan biaya sebesar 15 %.

4.2. Saran

Penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan sehingga diperoleh beberapa saran sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan metode yang sama namun studi kasus yang berbeda, salah satu contohnya rumah tinggal.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan metode pengujian secara langsung sehingga dapat dibuktikan secara benar kemampuan balok bertulangan tunggal ini di lapangan.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan metode tinjauan terhadap teknis lapangan sehingga dapat diketahui secara benar efektifitas harga maupun pelaksanaan pemasangan balok bertulangan tunggal di lapangan.

Daftar Pustaka

1. Badan Standarisasi Nasional, 1990, *SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standarisasi Nasional.
2. Badan Standarisasi Nasional, 2011, *SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*, Badan Standarisasi Nasional
3. Badan Standarisasi Nasional, 2017, *SNI 8399:2017 Profil Rangka Baja Ringan*, Badan Standarisasi Nasional.
4. Badan Standarisasi Nasional, 2019, *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*, Badan Standarisasi Nasional.
5. Badan Standarisasi Nasional, 2020, *SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*, Badan Standarisasi Nasional.
6. Budi, G. S., 2011, *Pengujian Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Tulangan Baja (Kajian Terhadap Tulangan Baja dengan Sudut Bengkok 45°, 90°, 135°)*, di Jurnal Teknik Sipil UNTAN, vol. 11, No. 1, pp. 65-76, ISSN, Pontianak
7. Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *SKBI-1.3.5.3-1987 Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum.

8. Departemen Pekerjaan Umum, 2016, *PMPU-PR 28PRTM2016 Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*, Departemen Pekerjaan Umum.
9. Departemen Pekerjaan Umum, 2022, *Peraturan Walikota Samarinda Nomor 55 Tahun 2021 Tentang Standar Harga Satuan di Lingkungan Pemerintah Kota Samarinda Tahun Anggaran 2022*, Badan Pengelolaan Keuangan dan Aset Daerah.
10. Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK. SNI T-15-1991-03*, Gramedia, Jakarta.
11. Fadillah, A., 2016, *Perencanaan Ulang Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Berdasarkan SNI 03-1726-2002 Studi Kasus Mall Dinoyo City Malang*.
12. Fransistusteles, Galuh, D. L. C., Shulhan, M. A., & Sutrisno, W., 2019, *Perbandingan Biaya Konstruksi Pada Perencanaan Balok Menggunakan Metode Tulangan Tunggal Dan Tulangan Ganda Pada Gedung 3 Lantai (Studi Kasus SD Wirobrajan)*.
13. Hidayat, M. T., Nurlina, S., Suseno, H., & Pratama, I. M. Y., 2016, *Perbandingan Daktilitas Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Perkuatan CFRP dan GFRP*, di *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 10, No. 1, pp. 62-69, ISSN, Malang
14. Ibrahim, H. B., 1993, *Rencana dan Estimate Real of Cost*, Bumi Aksara, Jakarta.
15. Iskandar, Y. D., 2021, *Kajian Runtuh Lentur Balok Beton Bertulang*, Skripsi, Universitas Katolik Widya Karya, Malang.
16. Islam, M., Marollan, & Supriani, F., 2013, *Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Balok dengan Variasi Nilai ρ dan f_c* , di *Jurnal Inersia*, vol. 5, no. 1, pp. 115-133, ISSN, Bengkulu.
17. Kuswinardi, L. M. P., Sinurat, R. T. A., & Tobing, P., 2021, *Analisa Struktur dan Metode Pelaksanaan Kolom dan Balok pada Pembangunan Gedung APD PLN Medan*, di *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat*, vol. 1, No. 1, pp. 6-14
18. Nataprawira, M., Wirawan, K. (Eds), 1989, *Analisa Struktur Lanjutan*, Erlangga, Jakarta.
19. Pratikto, 2009, *DIKTAT Konstruksi Beton I*, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta.
20. Riyanto, A., 2018, *Analisa Perhitungan Volume Besi dan Beton pada Struktur Kolom Gedung Tower 1 Proyek Meisterstadt Batam*, Skripsi, Universitas Internasional Batam, Batam.
21. Widodo, S., 2008, *Modul Struktur Beton I*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.