

**Usulan Metode Praktis Optimasi Dimensi Sistem Portal Struktur Baja Apabila Dirubah
Menjadi Struktur Beton Bertulang
(Studi Kasus UNEJ Kampus Bondowoso)**
*Proposed Practical Methods for Optimizing Dimensions of Steel Structure Portal
Systems When Converted to Reinforced Concrete Structures
(Case Study of UNEJ, Bondowoso Campus)*

Nofi Darmadianto¹, Pujo Priyono², Totok Dwi Kuryanto³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : boyiller@yahoo.com

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Abstrak

Setiap bangunan maupun sarana prasarana lainnya harus diwujudkan dengan sebaik-baiknya sehingga mampu memenuhi secara optimal fungsi bangunannya, ekonomis, ramah terhadap perkembangan cuaca dan kondisi tektonik, dan dapat memenuhi kriteria teknis yang layak dari segi mutu, biaya, dan administrasi. Pemakaian baja sebagai bahan struktur memiliki kelebihan dan kekurangan, kerugian baja sebagai bahan struktur adalah kebanyakan baja tidak tahan korosif bila terbangun di udara luar, sehingga harus dilakukan optimasi dengan mengubah elemen struktur menjadi beton bertulang. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang portal struktur baja untuk digunakan sebagai acuan dalam melakukan pendimensian struktur beton bertulang dengan metode praktis optimasi dimensi. Hasil dari analisis perhitungan pada kolom K1 IWF 350 x 175 x 7 x 11 didapatkan dimensi kolom 60 x 60 dengan luas tulangan 60,82 cm², pada kolom K2 IWF 300 x 150 x 6,5 x 9 didapatkan dimensi kolom 40 x 40 dengan luas tulangan 45,36 cm², pada balok B1 IWF 300 x 150 x 6,5 x 9 didapatkan dimensi kolom 30 x 50 dengan luas tulangan 22,12 cm², pada balok B2 IWF 200 x 100 x 5,5 x 8 didapatkan dimensi kolom 25 x 30 dengan luas tulangan 18,10 cm².

Keywords: Analisis praktis; Baja; Beton; Dimensi

Abstract

Every building or other infrastructure must be realized as well as possible so that it can optimally fulfill the function of the building, be economical, be friendly to weather developments and tectonic conditions and can meet proper technical criteria in terms of quality, cost, and administration. The use of steel as a structural material has advantages and disadvantages, the disadvantages of steel as a structural material is that most steel is not corrosive to corrosion when it is built up in outside air, so optimization must be carried out by converting structural elements into reinforced concrete. This research was conducted to obtain the internal forces acting on the portal section of the steel structure to be used as a reference in dimensioning reinforced concrete structures using the practical method of dimensional optimization. The results of the calculation analysis on column K1 IWF 350 x 175 x 7 x 11 obtained column dimensions 60 x 60 with reinforcement area 60.82 cm², in column K2 IWF 300 x 150 x 6.5 x 9 obtained column dimensions 40 x 40 with area reinforcement 45.36 cm², on beam B1 IWF 300 x 150 x 6.5 x 9 obtained column dimensions 30 x 50 with reinforcement area 22.12 cm², on beam B2 IWF 200 x 100 x 5.5 x 8 obtained column dimensions 25 x 30 with a reinforcement area of 18.10 cm².

Keywords: Concrete; Dimensions; Practical analysis; Steel

1. PENDAHULUAN

Setiap bangunan maupun sarana prasarana lainnya harus diwujudkan dengan sebaik-baiknya sehingga mampu memenuhi secara optimal fungsi ruang / bangunannya, ekonomis, ramah terhadap perkembangan cuaca dan kondisi tektonik supaya dapat sebagai teladan bagi lingkungannya dan dapat memenuhi kriteria teknis yang layak dari segi mutu, biaya, dan kriteria administrasi.

Penulis menjadikan proyek Pembangunan Gedung UNEJ Kampus Bondowoso sebagai bahan penelitian yang mana pada perencanaan pembangunan Gedung ini menggunakan konstruksi portal baja serta untuk tinjauannya penulis melakukan studi optimasi konstruksi bangunan ini apabila menjadi konstruksi portal beton bertulang.

Perencanaan suatu bangunan meliputi perencanaan bangunan atas dan perencanaan bangunan bawah, perencanaan bangunan atas meliputi bagian struktur dari bangunan yang ada diatas permukaan tanah seperti kerangka pemikul bangunan tersebut. Yang umumnya dibangun dengan dua jenis bahan yakni beton bertulang dan baja.

Bangunan atas dengan tipe konstruksi berbahan baja, akan mendapatkan suatu sistim struktur yang ringan secara berat struktur, sehingga bisa mengoptimalkan beban hidup yang diaplikasikan, bila sistim konstruksi pondasi yang sama dengan bila konstruksi struktur atas berbahan beton bertulang.

Suatu metode praktis untuk melakukan optimasi review yakni menjadikan kapasitas portal baja dalam memikul beban untuk digunakan sebagai bahan beban untuk bisa dipikul struktur beton bertulang, tanpa harus melakukan suatu tinjauan secara menyeluruh.

2. TINJAUAN UMUM

Perencanaan gedung struktur baja di Indonesia harus didasarkan pada "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung" SNI 03 -1729 – 2002.

Tinjauan pustaka adalah sebuah telaah atau pembahasan suatu materi yang didasarkan pada buku referensi yang

bertujuan memperkuat materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk perhitungan berupa rumus-rumus, ada beberapa aspek yang perlu ditinjau yang nantinya akan mempengaruhi dalam perancangan gedung, antara lain:

- a. Pedoman perencanaan struktur
- b. Konsep pemilihan sistem struktur
- c. Material/bahan struktur gedung
- d. Konsep pembebanan struktur
- e. Perencanaan komponen struktur

A. PEDOMAN PERENCANAAN STRUKTUR

Dalam perencanaan gedung struktur baja tahan gempa, pedoman yang digunakan sebagai acuan adalah:

- a. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03 -1729 – 2002).
- b. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2002).
- c. Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (SNI 03 – 1727 – 1989).

B. KONSEP PEMILIHAN SISTEM STRUKTUR

Pemilihan jenis struktur atas (*upper structure*) mempunyai hubungan yang erat dengan sistem fungsional gedung. Dalam proses desain struktur perlu dicari kedekatan antara jenis struktur dengan masalah-masalah seperti arsitektural, efisiensi, *service ability*, kemudahan pelaksanaan dan juga biaya yang diperlukan. Ada beberapa aspek yang menentukan dalam pemilihan sistem struktur, yaitu:

- a. Aspek arsitektural
Hal ini berkaitan dengan denah dan bentuk struktur yang dipilih, ditinjau dari segi arsitektur.
- b. Aspek fungsional
Berkaitan dengan penggunaan ruang, yang biasanya akan mempengaruhi penggunaan bentang dari elemen struktur yang digunakan.
- c. Aspek kekuatan dan stabilitas struktur

Hal ini mencakup kemampuan struktur dalam menerima beban-beban yang bekerja baik beban vertikal maupun beban lateral yang disebabkan oleh gempa serta kestabilan struktur dalam kedua alat tersebut.

- d. Aspek ekonomi dan kemudahan pelaksanaan
Biasanya pada suatu gedung digunakan beberapa macam sistem struktur. Oleh sebab itu faktor ekonomi dan kemudahan dalam pelaksanaan pekerjaan merupakan faktor yang mempengaruhi sistem struktur yang akan dipilih.
- e. Faktor kemampuan gedung dalam mengakomodasi sistem layanan gedung
Pemilihan sistem struktur juga harus mempertimbangkan kemampuan struktur dalam mengakomodasi sistem pelayanan yang ada, yaitu menyangkut pekerjaan mekanikal dan elektrikal.

C. MATERIAL/BAHAN STRUKTUR GEDUNG

Material/ bahan struktur yang digunakan untuk perencanaan gedung adalah sebagai berikut :

- a. Baja (*Steel*)
Material baja cukup menguntungkan digunakan untuk struktur bangunan, karena material baja mempunyai kekuatan serta tingkat daktilitas yang tinggi apabila dibandingkan dengan material struktur lainnya. Material baja pada struktur gedung ini digunakan pada elemen struktur :
 - 1) Atap
Material baja digunakan pada elemen struktur gording berupa profil C (Canal) dan profil I - Wide Flange Shapes untuk kaki kuda-kuda.
 - 2) Kolom
Material baja yang digunakan pada elemen struktur kolom adalah berupa profil I - Wide Flange Shapes dengan ukuran tinggi dan lebar yang sama.
 - 3) Balok

Material baja yang digunakan pada elemen struktur kolom adalah berupa profil I - Wide Flange Shapes.

- b. Beton Bertulang (*Reinforced Concrete*)
Material beton merupakan material struktur yang mempunyai kemampuan tekan yang baik, tetapi kemampuan tariknya lemah. Material beton memiliki kelebihan apabila dibandingkan dengan material baja yaitu tahan terhadap panas. Material beton bertulang digunakan untuk plat lantai.

D. KONSEP PEMBEBANAN STRUKTUR

Struktur bangunan harus dapat menerima berbagai macam kondisi pembebanan yang mungkin terjadi. Kesalahan dalam analisa beban merupakan salah satu faktor utama kegagalan struktur. Oleh sebab itu sebelum melakukan analisis dan desain struktur, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur beserta karakteristiknya.

E. BAJA SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI

Sejak permulaan sejarah manusia telah berusaha mencari bahan yang tepat untuk membangun tempat tinggalnya, jembatan untuk menyeberangi sungai dan membuat peralatan-peralatan yang dibutuhkannya. Sebagian besar dari impian ini baru terlaksana setelah ditemukannya besi (tahun 4000 SM) yang kemudian bias diubah menjadi bahan baja. Pada akhir abad ke-18 dan permulaan abad ke-19, besi tuang dan besi tempa sudah mulai banyak digunakan untuk pembuatan struktur jembatan. Baja mulai muncul pada abad ke-19. Material baja mengandung kadar karbon yang lebih sedikit dari pada besi tuang.

1. Keuntungan Baja Sebagai Bahan Struktur
Keuntungan baja sebagai bahan struktur adalah:
 - a. Kekuatan tinggi
Kekuatan yang tinggi per unit berat mengakibatkan berat sendiri akan kecil. Dan ini cocok untuk jembatan bentang panjang, gedung bertingkat yang tinggi

- dan untuk struktur-struktur yang dibangun diatas tanah yang jelek.
- b. Uniformity (keseragaman)
Sifat bahan baja tidak mudah terpengaruh oleh waktu seperti yang terjadi di beton bertulang.
 - c. Elastisitas
Baja sangat bisa mendekati asumsi desain dibanding dengan material lain, disebabkan baja mampu mengikuti kaidah hukum Hooke sampai tegangan yang tinggi. Momen inersia dari suatu struktur baja dapat didefinisikan secara tepat dibandingkan dengan beton bertulang yang nilainya momen inersia lebih tidak bisa didefinisikan secara akurat.
 - d. Bersifat permanen
Kerangka baja yang dirawat secara baik akan mempunyai usia yang tak terhingga,
 - e. Daktilitas
Sifat bahan yang mana mampu terdeformasi besar tanpa keruntuhan pada tegangan yang tinggi disebut dengan daktilitas. Sifat ini dipunyai oleh bahan baja.
 - f. Kemudahan dipasang pada struktur yang sudah ada.
 - g. Beberapa keuntungan lain dari struktur baja adalah: (a) Bisa disambung dengan alat semat secara bersama-sama antara dengan alat semat baut dan las pada tipe sambungan kerangka yang sederhana (b) Mudah difabrikasi. (c) Kecepatan dalam ereksi. (d) Bisa dibuat (“rolled”) dalam beberapa variasi ukuran dan bentuk. (e) “toughnes” dan kekuatan “fatigue” (f) Bisa dilepas kembali setelah suatu struktur dirangkai.

2. Kerugian Baja Sebagai Bahan Struktur

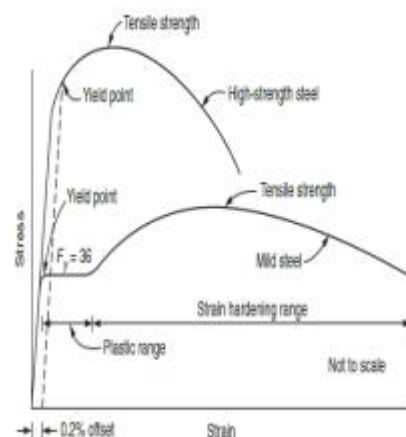
Kerugian baja sebagai bahan struktur adalah:

- a. Biaya perawatan untuk mencegah karat
Kebanyakan baja tidak tahan korosi bila terbangun di udara luar dan berhubungan langsung dengan air dan oleh karena itu secara berkala harus dilakukan pengecatan ulang. Penggunaan

- baja yang tahan terhadap cuaca, dalam desain, cenderung mengurangi biaya ini.
- b. Biaya penahan api (“fireproofing”)
Baja adalah penghantar yang baik terhadap panas, sehingga baja tanpa pelindung api (“fireproofing”) akan dengan mudah mentransmisikan panas akibat terbakar yang diteritannya ke elemen lain yang tersambung dengannya. Sehingga gedung dengan struktur baja haruslah diberi pelindung api jika gedung tersebut mempunyai kemungkinan terjadi kebakaran akibat aktifitas fungsi bangunan.
 - c. Kecenderungan tekuk (“buckling”)
Lebih panjang dan langsing batang yang tertekan, akan berbahaya disebabkan oleh tekuk.
 - d. Fatigue
Beban berulang dan bersifat bolak – balik, untuk material baja akan mengakibatkan suatu kejadian lelah “fatigue”, yang bisa mereduksi kekuatan dari yang direncanakan saat desain.

F. SIFAT MEKANIK BAJA STRUKTUR

Untuk memahami sifat-sifat baja struktur, perlu dipelajari hubungan tegangan-regangan. Untuk hampir semua baja, perilakunya diasumsikan sebagai elastoplastis. Gambar dibawah menunjukkan diagram regangan-tegangan tipikal untuk elemen baja.



Gambar 1. Tipikal Kurva Tegangan-Regangan Baja.

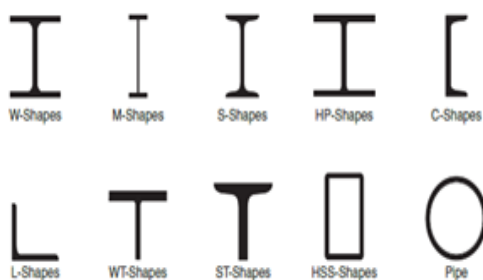
Sumber : Badan Standarisasi Nasional. 2015. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung baja Struktural, SNI 1729-2015,2015

Berdasarkan besar tegangan leleh, ASTM membagi baja dalam empat klasifikasi, yaitu:

- a. Carbon steels,
Baja karbon dibagi menjadi tiga kategori tergantung dari persentase kandungan karbonnya, yaitu baja karbon rendah ($C=0,03-0,35\%$), baja karbon medium ($C=0,35-0,5\%$), dan baja karbon tinggi ($C=0,55-1,70\%$). Baja yang sering digunakan adalah baja karbon medium, seperti BJ37 atau A36
- b. High strength low alloy steels,
Yang termasuk dalam kategori jenis ini mempunyai tegangan leleh berkisar antara 290-550 MPa dengan tegangan putus (f_u) antara 415-700 MPa.
- c. Heat treated carbon and high strength low alloy steels,
Baja paduan rendah (*low alloy*) dapat ditempa dan dipanaskan untuk memperoleh tegangan leleh antara 550-760 MPa.
- d. Heat treated constructional alloy steels
- e. Tegangan leleh 630-700 MPa. Baut yang biasa digunakan sebagai alat pengencang mempunyai tegangan putus minimum 415 MPa hingga 700 MPa. Baut mutu tinggi mempunyai kandungan karbon maksimum 0,3%, dengan tegangan putus berkisar antara 733 hingga 838 MPa.

G. Tipe-Tipe Profil Baja

Beberapa bentuk penampang profil batang yang terbuat dari baja:



Gambar 2. Tipe-Tipe Profil Baja.

Sumber : Badan Standarisasi Nasional. 2015. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung baja Struktural, SNI 1729-2015,2015

H. Metode Desain Kekuatan Baja

Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Ijin (DKI/ASD)

Metode ini adalah metode desain struktur baja yang memperhatikan atas kekuatan yang masih diijinkan. Yang mana struktur direncanakan untuk mampu memikul atas beban kerja. Metode ini berdasarkan teori elastis untuk menghitung tegangan yang terjadi oleh karena beban kerja. Tegangan yang diijinkan, atau yang juga dikenal dengan tegangan kerja, ditentukan dengan membagi tegangan leleh bahan baja dengan suatu factor keamanan.

I. DESAIN KEKUATAN BERDASARKAN DESAIN FAKTOR BEBAN DAN KETAHANAN (DFBK/ LRFD)

Semenjak tahun 1986, AISC mengusulkan metode ini. Pada metode ini, beban kerja difaktorkan sebelum dibebankan ke struktur. Factor beban ditentukan secara teori probabilitas dan memperhitungkan untuk:

1. Variabilitas dari beban yang diantisipasi
2. Alahan dalam metode desain dan penghitungannya
3. Sifat kemungkinan cacat dari material

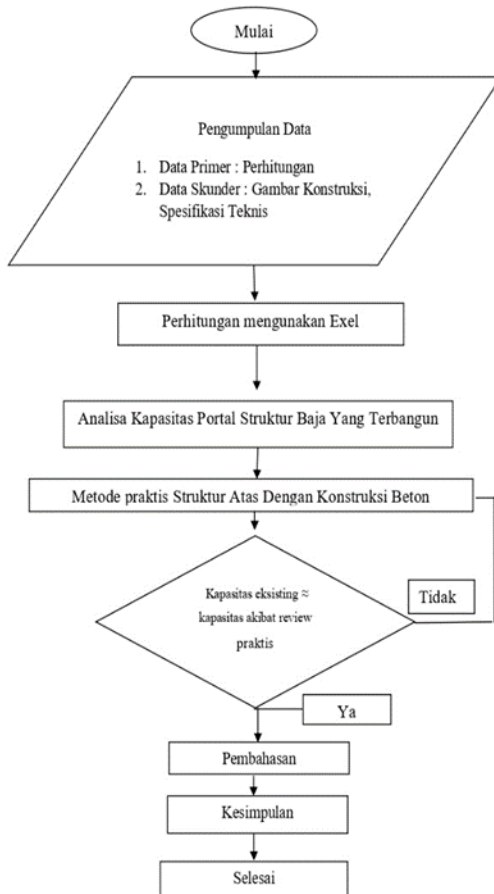
Gaya pada batang, yang disebabkan oleh factor kombinasi beban, bisa ditentukan dengan baik metode analisa elastis, in elastis, ataupun plastis dan hasilnya dipergunakan sebagai kekuatan perlu dari suatu batang. Kuat nominal batang, juga dikenalkan sebagai kuat kapasitas yang bisa ditentukan sesuai standar SNI 1729:2015. Kuat desain ditentukan dengan mengalikan kuat nominal batang dengan suatu faktor ketahanan. Faktor ketahanan ditentukan melalui teori probabilitas dan memperhitungkan akan:

1. Variabilitas kekuatan material
2. Kemampuan tenaga kerja yang jelek

3. Kesalahan dalam pelaksanaan konstruksi

3. METODE PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian dibuat dalam bentuk bagan alir berikut ini.



Gambar 3. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. DATA UMUM

Data umum dari Proyek Pembangunan Gedung UNEJ Kampus Bondowoso adalah sebagai berikut :

Nama proyek Pembangunan Gedung UNEJ Kampus Bondowoso, berlokasi di Bondowoso - Jawa Timur Dengan tinggi Bangunan 16 m Jumlah Tingkat 3 Lantai

B. PERHITUNGAN DAN ANALISIS STRUKTUR

Perhitungan didasarkan atas dasar analisis pada kolom dan balok baja berupa M_u dan N_u dijadikan ϕM_n dan ϕP_n untuk struktur

beton bertulang sehingga dalam penelitian ini metode praktis secara hitungan struktur masih aman. Dari hasil hitungan struktur baja berupa dimensi profil baja yang akan digunakan sebagai metode praktis perhitungan struktur beton bertulang

C. PEMBAHASAN

Dari Analisis pada struktur baja dan perancangan struktur beton bertulang dengan daya dalam serta analisis sebagai berikut

Tabel 1. Perbandingan Kolom dan Balok Struktur Baja dan Struktur Beton Bertulang

No	Struktur Baja			Struktur Beton Bertulang		
	Dimensi	N_u (kN)	M_u (kNm)	Dimensi	P_n (kN)	M_n (kNm)
1	IWF 350 x 175 x 7 x 11	77,78 kN	296,480 kNm	60 x 60 cm	81,61 kN	304,46 kNm
				$d_b = 16 D 22$		
2	IWF 300 x 150 x 6,5 x 9	27,19 kN	192,400 kNm	40 x 40 cm	28,22 kN	296,90 kNm
				$d_b = 16 D 19$		
3	IWF 300 x 150 x 6,5 x 9	27,19 kN	192,400 kNm	30 x 30 cm	- kN	212,86 kNm
				$d_b = 8 D 16$		
4	IWF 200 x 100 x 5,5 x 8	13,40 kN	73,680 kNm	25 x 30 cm	- kN	79,80 kNm
				$d_b = 1 D 16$		

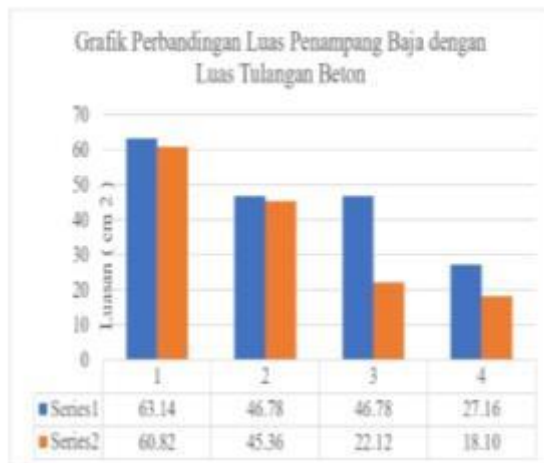
Sumber : Hasil Perhitungan

Serta dari analisis perbandingan luas penampang baja dengan luas tulangan pada beton bertulang ditabelkan serta ditampilkan pada grafik sebagai berikut.

Tabel 2. Perbandingan Luas Penampang Baja Dengan Luas Tulangan Beton

No.	Type Kolom	Luas Baja	Type Kolom	Luas Tulangan
		(cm ²)		(cm ²)
1	IWF 350 x 175 x 7 x 11	63,14	Kolom I	60,82
2	IWF 300 x 150 x 6,5 x 9	46,78	Kolom II	45,36
3	IWF 300 x 150 x 6,5 x 9	46,78	Balok I	22,12
4	IWF 200 x 100 x 5,5 x 8	27,16	Balok II	18,10

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. Perbandingan Luas Penampang Baja dengan Luas Tulangan Beton

Sumber : Hasil Perhitungan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap struktur gedung Kampus Unej Bondowoso dengan metode praktis dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Berdasarkan dari analisis perhitungan penampang struktur baja pada kolom K1 profil struktur baja IWF 350 x 175 x 7 x 11 diperoleh nilai N_n 77,88 kN dan M_n 256,4 kNm, pada kolom K2 profil struktur baja IWF 300 x 150 x 6,5 x 9 diperoleh nilai N_n 27,19 kN dan M_n 192,40 kNm, pada balok B1 profil struktur baja IWF 300 x 150 x 6,5 x 9 diperoleh nilai N_n 27,19 kN dan M_n 192,40 kNm
- Dengan metode praktis didapatkan penampang kolom struktur beton K1 dengan dimensi 60 x 60 cm dengan tulangan 16 D 22 dengan nilai N_n 81,61 kN dan M_n 394,46 kNm, kolom struktur beton K2 dengan dimensi 40 x 40 cm dengan tulangan 16 D 19 dengan nilai N_n 28,22 kN dan M_n 296,00 kNm, balok struktur beton B1 dengan dimensi 30 x 50 cm dengan tulangan $A_s = 8$ D 16 $A_s' = 3$ D 16 dengan nilai M_n 212,86 kNm, balok struktur beton B2 dengan dimensi 25 x 30 cm dengan tulangan $A_s = 6$ D 16 $A_s' = 3$ D 16 dengan nilai M_n 79,8 kNm
- Berdasarkan dari analisis perhitungan luas penampang struktur baja dan luas tulangan yang digunakan pada stuktur beton

bertulang didapat perbandingan sebagai berikut K1 IWF 350 x 175 x 7 x 11 didapatkan dimensi kolom 60 x 60 dengan luas tulangan 60,82 cm², pada kolom K2 IWF 300 x 150 x 6,5 x 9 didapatkan dimensi kolom 40 x 40 dengan luas tulangan 45,36 cm², pada balok B1 IWF 300 x 150 x 6,5 x 9 didapatkan dimensi kolom 30 x 50 dengan luas tulangan 22,12 cm², pada balok B2 IWF 200 x 100 x 5,5 x 8 didapatkan dimensi kolom 25 x 30 dengan luas tulangan 18,10 cm².

- Berdasarkan dari analisis perhitungan dengan menggunakan mutu beton K-300 maka di dapat desain tulangan beton terhadap kapasitas profil baja sebagai berikut pada kolom K1-IWF 350 x 175 x 7 x 11 diperoleh dimensi kolom 60x60 cm dengan rasio tulangan 1,69%, kolom K2-IWF 300 x 150 x 6.5 x 9 diperoleh dimensi kolom 40x40 cm dengan rasio tulangan 2,84%, pada balok B1- IWF 300 x 150 x 6.5 x 9 diperoleh dimensi balok 30x50 cm dengan rasio tulangan 1,4%, pada balok B2- IWF 200 x 100 x 5.5 x 8 diperoleh dimensi balok 25x30 cm dengan rasio tulangan 3,6%,

6. SARAN

Beberapa saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah

- Untuk Penelitian Selanjutnya agar dapat dilakukan optimasi dari segi biaya ataupun optimasi antara penggunaan beton bertulang dengan baja, serta sebagaimana yang telah penulis lakukan dengan metode praktis.
- Perlu penelitian lebih lanjut atas kebenaran perbandingan luas penampang beton sebagai parameter luas tulangan baja pada beton bertulang.

7. DAFTAR PUSTAKA

Priyono, P. (1994). Diktat Kuliah Struktur Beton II (Berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2013). Universitas Muhammadiyah Jember, Jember.
 Badan Standarisasi Nasional. 2015. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung baja Struktural, SNI 1729-2015,2015. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847,2013. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

Badan Standarisasi Nasional,2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

Badan Standarisasi Nasional,2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 03-1727,2013. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.

Terzaghi, K. dan Peck, R.B. 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley, NewYork. 729. Wesley, L.D. 1973. Mekanika Tanah. Jakarta.