

REVIEW DISAIN STRUKTUR ATAS GEDUNG RECORD CENTER

Kasmilawati 1^{1*}, Basirun 2²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Babakan, Kota Tangerang, Banten
Email: ksmilawati@gmail.com

Abstrak

Berkembangnya teknologi pada bidang konstruksi yang mempunyai tujuan untuk mendapatkan struktur yang kuat, aman dan murah. Baja adalah salah satu struktur yang digunakan sebagai alternatif pilihan para perencana dalam dunia konstruksi bangunan. Dalam merencanakan bangunan banyak faktor yang harus diperhatikan, terutama pada kekuatan, estetika, dan ekonomis dalam perencanaan serta pelaksanaannya. Tujuan penelitian tugas akhir ini untuk mengetahui ukuran elemen struktur honeycomb/ castellated beam baru pengganti elemen struktur lama hasil review disain pada gedung record center dan untuk mengetahui efisiensi penggunaan profil balok dan rafter standar dibandingkan menggunakan profil honeycomb/ castellated beam. Metode penelitian yang digunakan pada proses penelitian Tugas Akhir ini adalah analisa struktur perencanaan gedung record center menggunakan software Midas dengan analisa 3-Dimensi yang dimodelkan sebagai frame 3-Dimensi. Setelah analisis yang telah dilakukan didapat bahwa elemen struktur profil balok dan rafter yang awalnya menggunakan profil IWF menjadi profil honeycomb/ castellated beam dan mendapatkan efisiensi sebesar 48% pada balok dan 44% pada rafter dan untuk perbandingan harga baja untuk pemodelan awal dengan harga Rp 1,128,485,821.76 dan untuk perubahan pemodelan dengan harga Rp 798,770,765.76 didapat sebesar 29% selisih perbandingan harga pada dari 2 pemodelan.

Kata kunci: Analisis Struktur, Baja, Honeycomb/ Castellated beam

Abstract

The development of technology in the field of construction has the aim of obtaining a strong, safe and inexpensive structure. Steel is one of the structures used as an alternative choice of planners in the world of building construction. In planning buildings many factors must be considered, especially in strength, aesthetics, and economics in planning and implementation. The purpose of this final project research is to determine the size of the new honeycomb / castellated beam structural elements to replace the old structural elements from the design review of the record center building and to determine the efficiency of using standard beam and rafter profiles compared to using honeycomb / castellated beam profiles. The research method used in the research process of this Final Project is the analysis of the record center building planning structure using Midas software with 3-Dimensional analysis modeled as a 3-Dimensional frame. After the analysis has been carried out, it is found that the structural elements of the beam and rafter profiles that initially used the IWF profile become honeycomb / castellated beam profiles and get an efficiency of 48% on the beam and 44% on the rafter and for the comparison of steel prices for initial modeling at a price of Rp. 1,128,485,821.76 and for modeling changes at a price of Rp. 798,770,765.76 obtained by 29% difference in price comparison between the 2 modeling.

Keywords: Structure Analysis, Steel, Honeycomb / Castellated beam

I. PENDAHULUAN

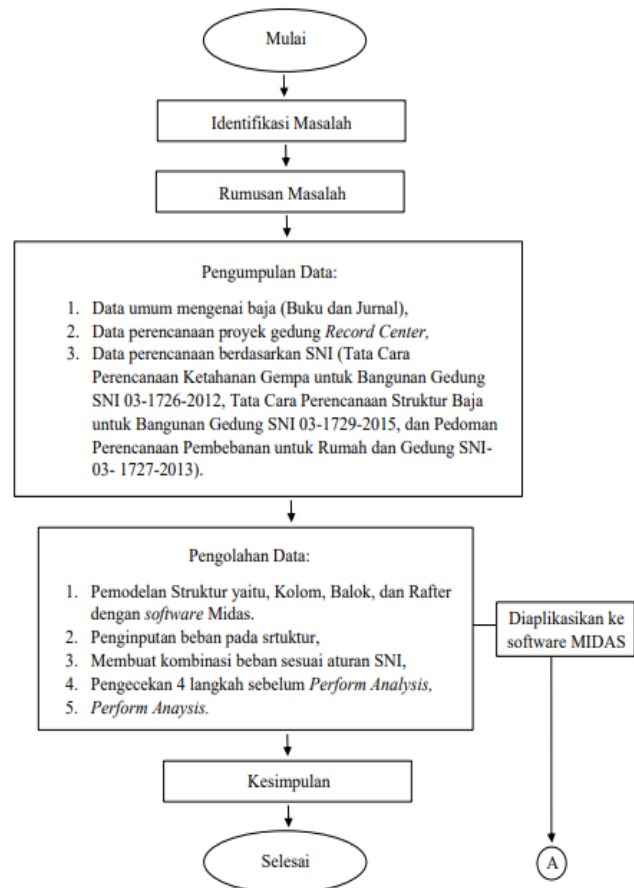
Kegiatan pembangunan dalam rangka mencapai tujuan membangun lingkungan binaan/arsitektur/bangunan, dimulai dari tahap perencanaan perancangan, tahap pelaksanaan konstruksi sampai selesainya pembangunan yang sesuai persyaratan

dan memenuhi batasan mutu, waktu dan biaya yang ditentukan. Tahap pelaksanaan konstruksi bangunan adalah serangkaian kegiatan yang berlangsung di dalam, dan di luar ruangan oleh sejumlah ahli dan tenaga kerja profesional. Berkembangnya teknologi pada bidang konstruksi yang

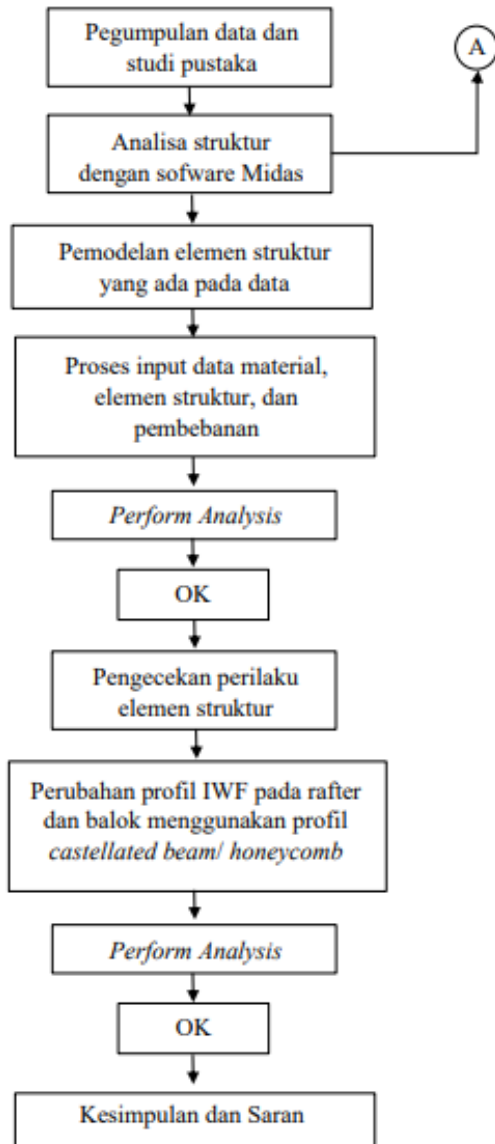
mempunyai tujuan untuk mendapatkan struktur yang kuat, aman dan murah. Baja adalah salah satu struktur yang digunakan sebagai alternatif pilihan para perencana dalam dunia konstruksi bangunan. Dalam merencanakan bangunan banyak faktor yang harus diperhatikan, terutama pada kekuatan, estetika, dan ekonomis dalam perencanaan serta pelaksanaannya. Pembangunan gedung arsip pada record center umumnya untuk penyimpanan rekaman kegiatan atau peristiwa dalam berbagai bentuk dan media sesuai perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang dibuat dan diterima oleh lembaga Negara, pemerintah daerah, lembaga pendidikan, perusahaan, organisasi politik, organisasi kemasyarakatan dan perorangan dalam pelaksanaan kehidupan bermasyarakat, berbangsa dan bernegara. Bahan bangunan gedung record center menggunakan material baja karena memiliki keunggulan dalam hal ketahanan dan kekuatan tinggi, kemudahan dan kecepatan pembangunan, efisiensi energi, fleksibilitas disain, dan keberlanjutan. Terlepas dari hal itu semua, tak dapat dipungkiri bahwa perkembangan ilmu dalam hal analisis struktur akan menjadi tak berguna jika tak diiringi dengan perkembangan atau penemuan-penemuan baru di bidang material bangunan. Baja salah satu material yang paling populer di bidang konstruksi mengalami perkembangan yang sangat pesat dengan makin tingginya mutu baja yang dapat dibuat oleh manusia. Oleh karena itu, berdasarkan uraian diatas maka diajukan penelitian tugas akhir ini dengan judul "Review Disain Struktur Atas Gedung Record center". Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa apakah disain struktur tersebut memiliki elemen struktur yang lebih efisien dan sudah sesuai dengan acuan yang berlaku, jika sudah analisa struktur yang dilakukan pada pemodelan awal lanjut ke perubahan pemodelan dengan mengganti balok dan

rafter profil IWF menjadi profil honeycomb/ castellated beam.

II. METODOLOGI



Gambar 1 Kerangka Pemecahan Masalah



Gambar 2 Skema Pengolahan Data Hasil dari Pemecahan Masalah

Proses penelitian Tugas Akhir ini menggunakan metode kualitatif yaitu dengan menganalisa struktur perencanaan gedung record center menggunakan software Midas dengan analisa 3-Dimensi yang dimodelkan sebagai frame 3-Dimensi. Geometri struktur didefinisikan dari node dan elemen struktur dan hubungan bentang yang menghasilkan struktur frame 3-Dimensi. Perhitungan gaya yang ada pada struktur dilakukan dengan analisa dinamis 3-Dimensi (Model Analysis), setelah diketahui perilaku

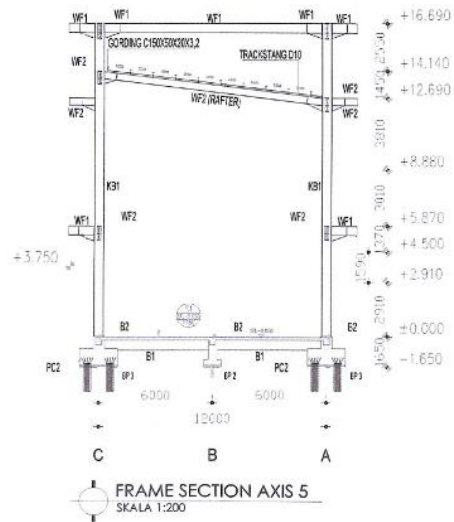
struktur pada pemodelan awal dilakukan perubahan pemodelan dengan mengubah profil IWF pada rafter dan balok menggunakan profil castellated beam/ honeycomb. Hasil-hasil analisa tersebut dibandingkan untuk mendapatkan struktur yang lebih efisien.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

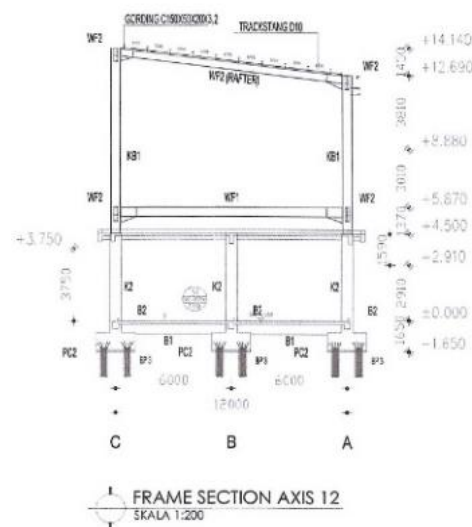
3.1 Analisa Struktur

Pada proses penelitian Tugas Akhir ini yaitu analisa struktur perencanaan gedung record center menggunakan software Midas.

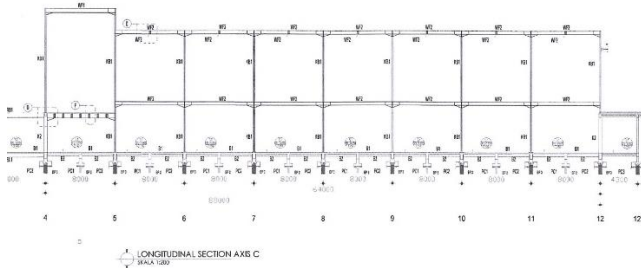
3.1.1 Model awal Struktur



Gambar 3 Tampak samping kiri

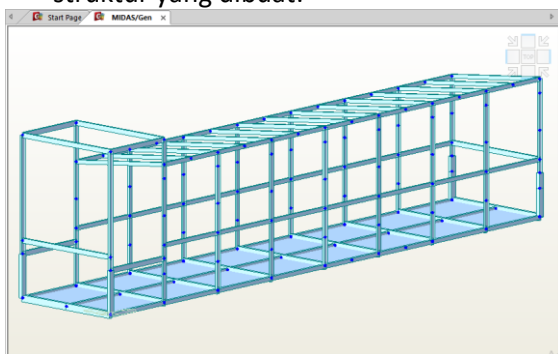


Gambar 4 Tampak samping kanan



Gambar 5 Tampak depan model awal struktur

Elemen struktur yang ada pada data gambar struktur gedung record center dimodelkan pada program Midas Gen dibuat menjadi model 3D. Model 3D ini dibuat sebagai disain awal, nantinya akan dilakukan analisa lebih lanjut untuk mengetahui perilaku struktur. Jika perilaku struktur sudah sesuai dengan perencanaan struktur gedung record center yang ada pada data penelitian, maka akan dilakukan perubahan profil IWF pada rafter dan balok menjadi Honeycomb/ Castellated Beam. Berikut adalah model awal 3D struktur yang dibuat:



Gambar 6 Analisis Model awal Struktur

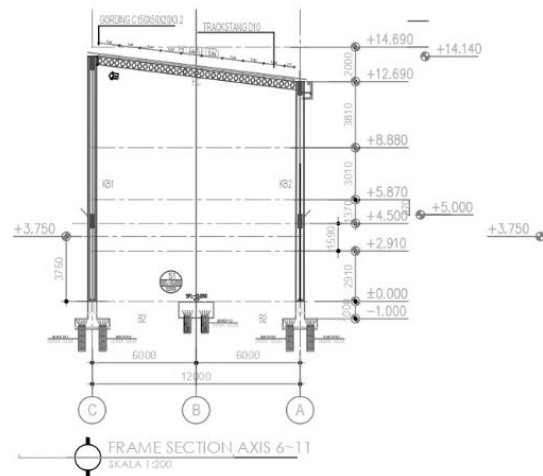
a. Input Material dan Section Properties
Tahap awal dari perencanaan struktur pada software Midas adalah input data material. Proses ini diperlukan untuk mendefinisikan jenis material serta mutu yang digunakan pada struktur bangunan. Tahap ini diperlukan mendefinisikan dimensi elemen struktur yang digunakan serta mutu yang digunakan berdasarkan

- input data material yang ada pada data penelitian.
- b. Permodelan struktur menggunakan node dan elemen
Node adalah titik-titik yang menyambung elemen yang akan membentuk sebuah bangunan berbentuk 3D.
- c. Input boundary conditions (perletakan)
Pengaturan perletakan pada software Midas bisa diatur pada Boundary, pada software Midas ada bermacam pilihan untuk tipe perletakannya.
- d. Generate story
Sebelum menginput beban pada permodelan yang sudah dimodelkan langkah selanjutnya adalah Generate story data, tujuan Generate story data untuk mempermudah dalam penginputan beban nantinya.
- e. Input Beban
Jenis pembebanan yang digunakan pada permodelan struktur ini adalah yaitu beban mati (D), beban hidup (L), beban hidup atap (LR), beban angin arah X (WX), beban angin arah Y (WY) serta beban gempa (E). Pada beban gempa dibuat menjadi 2 yaitu beban statik dan dinamik, gempa statik yaitu dengan menginput gempa arah X positif (EXP), gempa arah Y positif (EYP), gempa arah X negatif (EXN), dan gempa arah X negatif (EXN).
- f. Perform Analysis
Tahap Perform Analysis dilakukan setelah hasil input data dan material sudah dilakukan, serta data-data pembebanan sudah dimasukkan, dengan tujuan dapat melihat permodelan struktur apakah sudah benar, atau tidak ada gaya-gaya yang overstress/ berlebihan.
- g. Pengecekan Perilaku Struktur Bangunan
Analisis suatu struktur dilakukan untuk memeriksa suatu kelayakan sistem struktur tersebut, maka ada beberapa

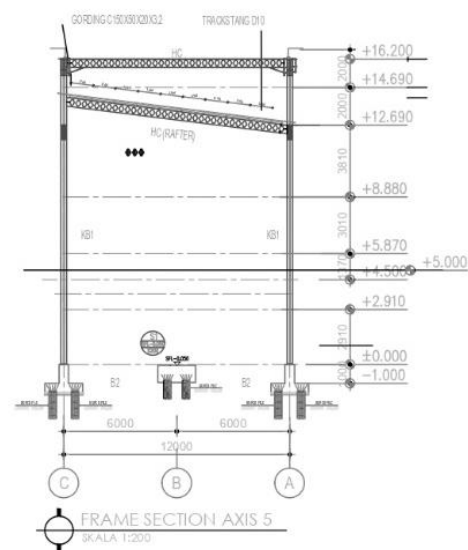
cara untuk memeriksanya, adalah sebagai berikut:

- 1) Pemeriksaan gaya reaksi
Gaya reaksi adalah gaya yang arahnya berlawanan dengan gaya aksi. Gesekan adalah gaya reaksi yang dihasilkan dari interaksi permukaan dan adhesi selama pergeseran yang terjadi. Gaya reaksi dan momen reaksi biasanya merupakan hasil dari aksi gaya yang diterapkan. Dari analisis struktur pada model awal didapatkan gaya reaksi dengan arah sumbu Z didapatkan hasil minimal sebesar 7527,4 Kg dan hasil maksimal sebesar 1129055,6 Kg.
- 2) Pemeriksaan dheformed shape
Fungsi dari dheformed shape untuk mengetahui kekakuan dari struktur apabila terjadi gempa bumi suatu struktur terlihat kekakuannya melalui mode dheformed shape, untuk mode 1 suatu struktur akan dilihat apakah translasi ke sumbu X, untuk mode 2 suatu struktur akan dilihat apakah translasi ke sumbu Y, dan untuk mode 3 melihat ke sumbu Z. Dari analisis struktur pada model awal didapatkan dheformed shape dengan arah sumbu X sebesar 204088,488 m, sumbu Y sebesar 492,681, dan sumbu Z sebesar -2497,642 m.
- 3) Pemeriksaan Gaya/ Momen pada Balok dan Pelat
- 4) Pemeriksaan member in analysis model
Dari analisis struktur pada model awal didapatkan member in analysis model dengan profil KB1, KB2, WF 1, dan WF 2 memenuhi kapasitas (OK).
- 5) Pemeriksaan Gaya Reaksi

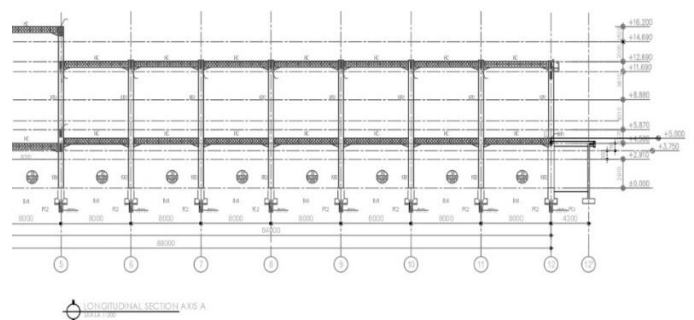
3.1.2 Perubahan Model Struktur



Gambar 7 Tampak samping kiri

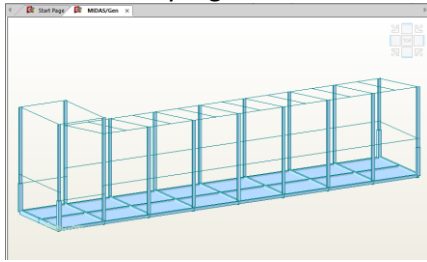


Gambar 8 Tampak samping kanan



Gambar 9 Tampak depan perubahan struktur

Setelah pengecekan perilaku struktur sudah sesuai dengan perencanaan struktur gedung record center yang ada pada data penelitian, maka akan dilakukan perubahan profil IWF pada rafter dan balok menjadi castellated beam/honeycomb. Berikut adalah perubahan model struktur yang dibuat:



Gambar 10 Analisis Perubahan Model Struktur

- a. Input Material dan Section Properties
 Pada tahapan perubahan model struktur ini sama dengan pada tahapan permodelan struktur awal, hanya saja ada perubahan profil pada rafter dan balok, Adapun profil pada rafter dan balok yang digunakan adalah sebagai berikut:
 Pengecekan section data pada balok dan rafter menggunakan honeycomb/castellated beam dengan menginput secara manual momen of inertia dan modulus of section yang didapat dari tabel baja SNI (PT. Gunung Garuda Rev.2017).
- b. Permodelan struktur menggunakan node dan elemen
- c. Node adalah titik-titik yang menyambung elemen yang akan membentuk sebuah bangunan berbentuk 3D. Tabel geometri permodelan perubahan struktur ini sama dengan geometri permodelan struktur awal.
- d. Input boundary conditions (perletakan)
- e. Pengaturan perletakan pada perubahan model ini juga sama dengan pada model awal struktur.
- f. Generate story
- g. Sebelum menginput beban pada permodelan yang sudah dimodelkan langkah selanjutnya adalah Generate story data. Pada tahap Generate story data ini juga sama dengan pada permodelan struktur awal.
- h. Input Beban
 Jenis pembebanan yang digunakan pada permodelan struktur ini adalah yaitu beban mati (D), beban hidup (L), beban hidup atap (LR), beban angin arah X (WX), beban angin arah Y (WY) serta beban gempa (E). Pada beban gempa dibuat menjadi 2 yaitu beban statik dan dinamik, gempa statik yaitu dengan menginput gempa arah X positif (EXP), gempa arah Y positif (EYP), gempa arah X negatif (EXN), dan gempa arah X negatif (EXN).
- i. Perform Analysis
 Tahap Perform Analysis dilakukan setelah hasil input data dan material sudah dilakukan, serta data-data pembebanan sudah dimasukkan, dengan tujuan dapat melihat permodelan struktur apakah sudah benar, atau tidak ada gaya-gaya yang overstress/ berlebihan.
- j. Pengecekan Perilaku Struktur Bangunan
 Perubahan struktur model 1 ini menggunakan Honeycomb/Castellated Beam dengan ukuran HC 450x150x6,5x9 mm pada balok dan rafter. Analisis suatu struktur dilakukan untuk memeriksa suatu kelayakan sistem struktur tersebut, maka ada beberapa cara untuk memeriksanya, adalah sebagai berikut:
 - 1) Pemeriksaan gaya reaksi
 Gaya reaksi adalah gaya yang arahnya berlawanan dengan gaya aksi. Gesekan adalah gaya reaksi yang dihasilkan dari interaksi permukaan dan adhesi selama pergeseran yang terjadi. Gaya reaksi dan momen reaksi biasanya merupakan hasil dari aksi gaya

yang diterapkan. Dari analisis struktur pada model awal didapatkan gaya reaksi dengan arah sumbu Z didapatkan hasil minimal sebesar 5900,5 Kg dan hasil maksimal sebesar 1127679,4 Kg.

- 2) Pemeriksaan dheformed shape Fungsi dari dheformed shape untuk mengetahui kekakuan dari struktur apabila terjadi gempa bumi suatu struktur terlihat kekakuannya melalui mode dheformed shape, untuk mode 1 suatu struktur akan dilihat apakah translasi ke sumbu X, untuk mode 2 suatu struktur akan dilihat apakah translasi ke sumbu Y, dan untuk mode 3 melihat ke sumbu Z. Dari analisis struktur pada model awal didapatkan dheformed shape dengan arah sumbu X sebesar -1,471 m, sumbu Y sebesar -3,733 m, dan sumbu Z sebesar -2498 m. Pemeriksaan Gaya/ Momen pada Balok dan Pelat
- 3) Pemeriksaan Gaya/ Momen pada Balok dan Pelat
- 4) Pemeriksaan member in analysis model Dari analisis struktur pada model awal didapatkan member in analysis model dengan profil KB1 dan KB2, memenuhi kapasitas (OK).
- 5) Pemeriksaaan Gaya Reaksi

3.2 Analisa Perbandingan Volume

Dari hasil analisa struktur model awal dan perubahan struktur model dihitung volume baja yang digunakan pada masing-masing permodelan struktur diatas. Berikut perhitungan volume baja pada ketiga model yang telah dianalisis:

3.2.1 Volume Baja (Model awal Struktur)

a. Kolom Baja (KB1 dan KB2)

- 1) Kolom KB1 (IWF 500x200x10x16 mm) Dalam tabel SNI baja (PT. Gunung Garuda Rev. 2017) berat baja dengan profil IWF

500x200x10x16 mm sebesar 89,6 Kg/m maka:

Volume = 14916,608 Kg

- 2) Kolom KB2 (IWF 450x200x9x14 mm) Dalam tabel SNI baja (PT. Gunung Garuda Rev. 2017) berat baja dengan profil IWF 450x200x9x14 mm sebesar 76 Kg/m maka:

Volume = 7483,72 Kg

b. Balok (WF1 dan WF2)

- 1) Balok WF1 (IWF 500x200x10x16 mm) Dalam tabel SNI baja (PT. Gunung Garuda Rev. 2017) berat baja dengan profil IWF 500x200x10x16 mm sebesar 89,6 Kg/m maka:

Volume = 6092,8 Kg

- 2) Balok WF2 (IWF 400x200x8x13 mm) Dalam tabel SNI baja (PT. Gunung Garuda Rev. 2017) berat baja dengan profil IWF 400x200x8x13 mm sebesar 66 Kg/m maka:

Volume = 17688 Kg

c. Rafter (WF2)

- 1) Rafter WF2 (IWF 400x200x8x13 mm) Dalam tabel SNI baja (PT. Gunung Garuda Rev. 2017) berat baja dengan profil IWF 400x200x8x13 mm sebesar 66 Kg/m maka:

Volume = 13464 Kg

Jadi total volume baja yang digunakan pada model awal struktur setelah perhitungan di atas adalah 59645,128 Kg.

3.2.2 Volume Baja (Perubahan Struktur Model 1)

a. Kolom Baja (KB1 dan KB2)

- 1) Kolom KB1 (IWF 500x200x10x16 mm) Dalam tabel SNI baja (PT. Gunung Garuda Rev. 2017) berat baja dengan profil IWF 500x200x10x16 mm sebesar 89,6 Kg/m maka:

Volume = 14916,608 Kg

- 2) Kolom KB2 (IWF 450x200x9x14 mm) Dalam tabel SNI baja (PT. Gunung Garuda Rev. 2017) berat

- baja dengan profil IWF 450x200x9x14 mm sebesar 76 Kg/m maka:
 Volume = 7483,72 Kg
- b. Balok (Honeycomb/ Castellated Beam)
- 1) Balok Honeycomb/ Castellated Beam (HC 450x150x6.5x9 mm) Dalam tabel SNI baja (PT. Gunung Garuda Rev. 2017) berat baja dengan profil HC 450x150x6.5x9 mm sebesar 36,7 Kg/m maka:
 Volume = 12331.2 Kg
- c. Rafter (Honeycomb/ Castellated Beam)

- 1) Rafter Honeycomb/ Castellated Beam (HC 450x150x6.5x9 mm) Dalam tabel SNI baja (PT. Gunung Garuda Rev. 2017) berat baja dengan profil HC 450x150x6.5x9 mm sebesar 36,7 Kg/m maka:
 Volume = 7486.8 Kg

Jadi total volume baja yang digunakan pada perubahan struktur setelah perhitungan di atas adalah 42218,328 Kg. Berikut tabel perbandingan volume baja sebelum dan sesudah elemen struktur baja dimodifikasi:

Tabel 1 Perbandingan volume

Item Elemen Struktur	Vawal (Kg)	Vperubahan (Kg)	Selisih (Kg)	Efisiensi (%)
	(a)	(b)	(c=a-b)	(d=c/ax100%)
Kolom	22400	22400	0	0%
Balok	23781	12331	11450	48%
Rafter	13464	7487	5977	44%

Dari perhitungan perbandingan volume baja diatas dapat dapat disimpulkan bahwa penggunaan baja profil honeycomb/ castellated beam jauh lebih efisien daripada penggunaan baja profil IWF atau biasa. Seperti pada tabel diatas nilai efisiensi penggunaan balok baja profil IWF yang diubah menjadi balok profil honeycomb/ castellated beam didapatkan selisih 11449.6 Kg yaitu sebesar 48% dan nilai efisiensi penggunaan rafter baja profil IWF yang diubah menjadi balok profil honeycomb/ castellated beam didapatkan selisih 5977.2 Kg yaitu sebesar 44%. Hal itu disebabkan pada honeycomb/ castellated beam terjadi pengurangan berat pada

profil tersebut akan tetapi momen inersia di sumbu X pada profil tersebut bertambah. Mengingat berat sendiri bangunan sangat berpengaruh terhadap gaya yang dihasilkan dari berat bangunan itu sendiri, semakin berat bangunan, maka semakin besar pula gaya yang ditimbulkan.

3.3 Analisa Perbandingan Harga

Berdasarkan dari perhitungan volume baja diatas, kita dapat menghitung harga baja yang digunakan pada permodelan struktur awal dan perubahan struktur pada gedung arsip record center. Berikut tabel perhitungan perbandingan harga baja:

Tabel 2 Perbandingan harga

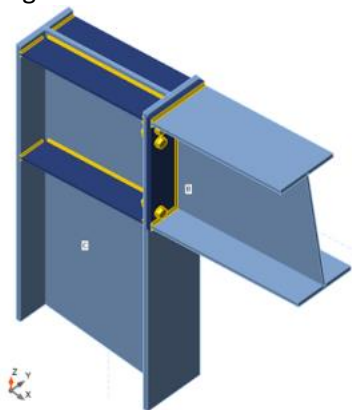
Model	Item Elemen Struktur	Vol. (Kg)	Total (Rp)
Model awal	Kolom	22400	Rp 423,814,205.76
	Balok	23781	Rp 449,932,736.00
	Rafter	13464	Rp 254,738,880.00
Total:			Rp 1,128,485,821.76
Perubahan Model	Kolom	22400	Rp 423,814,205.76
	Balok	12331	Rp 233,306,304.00
	Rafter	7487	Rp 141,650,256.00
Total:			Rp 798,770,765.76

Dari tabel diatas maka kebutuhan material baja menggunakan profil IWF adalah seharga Rp 1,128,485,821.76, Sedangkan kebutuhan material baja menggunakan profil honeycomb/ castellated beam adalah seharga Rp 798,770,765.76. Sehingga efisiensi penggunaan profil honeycomb/ castellated beam ini sebesar 29%. Pada pekerjaan struktur ini, yang menggunakan profil honeycomb/ castellated beam hanya elemen struktur baja pada balok dan rafter saja, sehingga untuk perhitungan berat kebutuhan material hanya dihitung berat kebutuhan material baja saja. Perhitungan efisiensi diatas hanya menghitung biaya baja /Kg saja belum termasuk biaya tambahan lainnya untuk pekerjaan baja.

3.4 Analisa Sambungan

Pada proses penelitian Tugas Akhir ini yaitu analisa sambungan pada perencanaan gedung record center menggunakan software IDEA StatiCa.

a. Sambungan Kolom – Rafter



Gambar 7 Sambungan Kolom-Rafter

1) Input Disain Sambungan

Tahap pertama untuk membuat sambungan adalah memilih tipe design yang kita inginkan, pilihan pada input disain terbagi menjadi 2 yaitu, membuat secara manual disain sambungan yang diinginkan dan memilih disain sambungan yang sudah disediakan pada software IDEA StatiCa.

2) Input ukuran elemen struktur

Pemilihan penginputan ukuran elemen struktur yang akan

digunakan pada software IDEA StatiCa, ada beberapa pilihan ukuran yang biasa digunakan dari beberapa negara.

3) Input Beban

Pada tahap penginputan beban hanya diisi pada gaya geser sumbu Z dan momen arah Y dengan nilai yang terbesar. Nilai yang mau diinputkan bisa diambil pada pemodelan struktur yang telah dianalisis.

4) Pengaturan baut

Pengaturan baut disesuaikan dengan beban yang bertumpu pada sambungan tersebut agar aman dan mengurangi terjadinya buckling yang berlebihan.

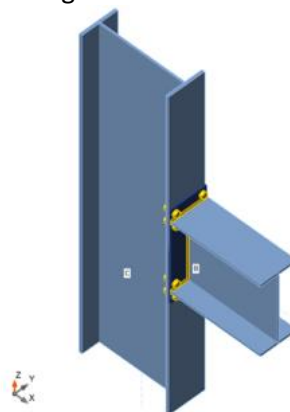
5) Pengaturan Stiffner

Pengaturan stiffner disesuaikan ketebalan, panjang dan lebarnya dengan beban yang bertumpu pada sambungan tersebut agar aman.

6) Hasil Report Sambungan

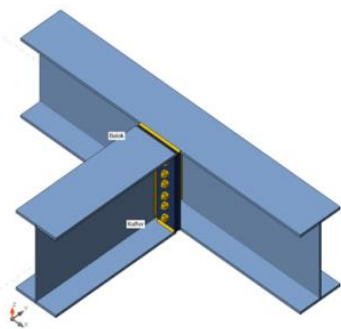
Tahap terakhir pada analisa sambungan, calculate sambungan yang telah dianalisis lalu lihat hasil report yang dikeluarkan pada software IDEA StatiCa.

b. Sambungan Kolom – Balok



Gambar 8 Sambungan Kolom-Balok

c. Sambungan Balok – Rafter



Gambar 9 Sambungan Balok-Rafter

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan disain struktur pada gedung record center, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Pada perubahan elemen struktur profil balok dan rafter yang awalnya menggunakan profil IWF dengan ukuran WF1 500x200x10x16 mm dan WF2 400x200x8x13 mm menjadi profil honeycomb/ castellated beam dengan ukuran 450x150x6,5x9 mm yang sebelum dijadikan profil honeycomb/ castellated beam adalah profil IWF dengan ukuran 300x150x6,5x9 mm.
- b. Nilai efisiensi penggunaan balok baja profil IWF yang diubah menjadi balok profil honeycomb/ castellated beam didapatkan selisih dari berat kebutuhan baja 11449.6 Kg yaitu sebesar 48% dan nilai efisiensi penggunaan rafter baja profil IWF yang diubah menjadi balok profil honeycomb/ castellated beam didapatkan selisih dari berat kebutuhan baja 5977.2 Kg yaitu sebesar 44%.
- c. Pada perhitungan analisis perbandingan harga kebutuhan baja dengan selisih untuk pemodelan awal dengan harga Rp 1,128,485,821.76 dan untuk perubahan pemodelan dengan harga kebutuhan baja dengan selisih Rp 798,770,765.76 didapat sebesar 29% selisih perbandingan harga pada dari 2 pemodelan diatas.

V. DAFTAR PUSTAKA

Buku Daniel L. Schodek, (2017), Definisi struktur secara umum.

Buku Agus Setiawan, S. T., M.T., (2017), "Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRF Edisi kedua".

Jhontraktor.co, (2023), Pengertian baja secara umum.

Salmon & Johnson, Steel Structures Design and Behavior, 4th ed, Buku Agus Setiawan, S. T., M.T., "Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRF Edisi kedua".

Wiramas.com, (2021), Pengertian secara umum profil balok kastela.

Fendy Phiegiarto, (2015), "Perencanaan Elemen Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729:2015".

Indra Lukmansa, (2015), "Studi Perbandingan Perencanaan Struktur Baja Menggunakan Profil Biasa Dan Profil Kastela Pada Proyek Gedung Pgn Di Surabaya".

Windasari, (2019), "Tinjauan Penerapan Balok Baja Kastela (Castellated Beam) Dengan Menggunakan Program SAP 2000 Pada Struktur Gedung Administrasi Sekolah Tinggi Ilmu Bahasa Arab".

Rosyid Kholilur Rohman, (2013), "Penggunaan Wf Castella Pada Renovasi Gor Pandean Kota Madiun".

Muh. Akbar Busman, (2021), "Analisa Perencanaan Peningkatan Balok Baja Profil Wf (Wide Flange) Dan Balok Castella Bertumpuan Sederhana".

Priyono, (2021), "Efisiensi Rangka Atap Baja Wf Dengan Baja Castella Pada Bangunan Gudang".

Mediaindoonesia.com, (2022), Pengertian metode pengumpulan data.