

Perencanaan *Loading Frame* Menggunakan Material Baja Wind Catcher Gedung A, Institut Teknologi Kalimantan

Hijriah*¹, Fachreza Akbar², Andi Sahputra Depari³, Diony Septianugrah Gusti⁴

^{1,2,4} Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Kalimantan

³ Program Studi Arsitektur, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Kalimantan

e-mail: *¹ hijriah@lecturer.itk.ac.id, ² fachreza.akbar@lecturer.itk.ac.id,
³ andi.sahputra@lecturer.itk.ac.id, ⁴ 07201024@student.itk.ac.id

Abstract

The function of the wind catcher structure located in building A of Kalimantan Institute of Technology is no longer felt by building users. The construction causes leakage because it is located in the hallway of building A and is not covered by anything. This research was conducted to utilize and create a design of a fixed loading frame tool where the Integrated Laboratory 2 of the Kalimantan Institute of Technology requires the tool to support the research activities of students and outsiders. The method used in the research is the laboratory experimental method to determine the mechanical properties of the wind catcher structure steel material and the numerical method, namely ASD (Allowable Strength Design) to process, design and model the fixed loading frame tool. The results of the material tensile test test obtained a value of f_y of 398 Mpa and f_u of 514 Mpa, the dimensions of the frame are 4.55 x 2.95 m, the load model applied is one point and two point load. Modeling is done by trial and error load values and obtained load values in accordance with the capacity of the available profile frame, namely WF 300 x 150 x 6 x 9 can withstand loads of 200 kN and modeling in accordance with the design criteria load (1000 kN) the profile on the beam can be changed to WF 588 x 300 x 18 x 20 and on the column profile changed to WF 450 x 300 x 11 x 18. The results of modeling a loading frame made of wind catcher structural profiles have met the design criteria parameters made by adding beams vertically in the x-axis beam (longitudinal) located at the center of the frame (vertical double beam design).

Keywords: Fixed Loading Frame, ASD Method, Vertical Double Beam Design

Abstrak

Fungsi dari Struktur wind catcher yang terdapat di gedung A Institut Teknologi Kalimantan tidak lagi dirasakan oleh pengguna gedung. Konstruksi tersebut menimbulkan kebocoran karena terletak di selasar gedung A dan tidak tertutupi oleh apapun. Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan dan menciptakan desain dari alat fixed loading frame dimana Laboratorium Terpadu 2 Institut Teknologi Kalimantan yang membutuhkan alat tersebut untuk mendukung kegiatan penelitian para mahasiswa dan pihak luar. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimental laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat mekanik material baja struktur wind catcher dan metode numerik yaitu ASD (Allowable Strength Design) untuk mengolah, mendesain dan memodelkan alat fixed loading frame. Hasil pengujian uji tarik material mendapatkan nilai f_y sebesar 398 Mpa dan f_u sebesar 514 Mpa, dimensi kerangka yaitu 4,55 x 2,95 m, model beban yang diterapkan one point dan two point load. Pemodelan dilakukan dengan trial and error nilai beban dan didapatkan nilai beban yang sesuai dengan kapasitas kerangka profil tersedia yaitu WF 300 x 150 x 6 x 9 dapat menahan

beban sebesar 200 kN dan pemodelan yang sesuai dengan beban kriteria desain (1000 kN) profil pada balok dapat diubah menjadi WF 588 x 300 x 18 x 20 dan pada profil kolom diubah menjadi WF 450 x 300 x 11 x 18. Hasil pemodelan alat loading frame yang terbuat dari profil struktur wind catcher telah memenuhi parameter kriteria desain yang dibuat dengan penambahan balok secara vertikal di balok sumbu x (memanjang) yang terletak pada tengah kerangka (vertical double beam design).

Kata kunci: Fixed Loading Frame, Metode ASD, Vertical Double Beam Design

1. Pendahuluan

Saat ini, Indonesia, termasuk Kalimantan, menghadapi tantangan dalam membangun infrastruktur yang kokoh dan tahan lama. Perubahan iklim, gempa bumi, dan faktor lingkungan lainnya menambah kompleksitas dalam merancang struktur yang aman dan handal (Priyono et al., 2023.). Dalam pengembangan infrastruktur dan kegiatan konstruksi, penting bagi lembaga pendidikan seperti Institut Teknologi Kalimantan (ITK) untuk memiliki fasilitas laboratorium yang memadai, terutama dalam bidang struktur. ITK mempunyai beberapa gedung yang telah berdiri sejak diresmikan pada tahun 2016. Di antara gedung-gedung tersebut, terdapat bangunan *wind catcher* yang berada di selasar gedung A dan gedung B yang bahan materialnya dari baja. Baja merupakan material yang paling banyak digunakan dalam dunia konstruksi, karena baja mempunyai sifat-sifat fisis dan mekanis yang bervariasi (Gunawan dkk., 2020). Sedangkan *wind catcher* sendiri merupakan komponen arsitektur yang berfungsi sebagai alat penangkap angin, dimana alat ini memanfaatkan sumber daya alam untuk memberikan kenyamanan pada ruangan di iklim panas (Ibrahim Rasyid, 2021). Curah hujan dan kelembapan yang cukup tinggi pada negara tropis menyebabkan proses korosi struktur *wind Catcher* yang ter-*expose* menjadi lebih cepat seperti pada struktur *wind catcher* yang ada di ITK. Material tersebut berpotensi untuk menjadi limbah baja dan tentunya harus membuat rencana untuk penanganannya agar tidak membahayakan manusia dan lingkungan sekitar. Mendaur ulang baja baik dari bagian struktural (balok, kolom maupun tulangan) untuk membangun desain bangunan dan alat adalah solusi yang dapat digunakan untuk mengurangi limbah (Chini, A. R., 2001).

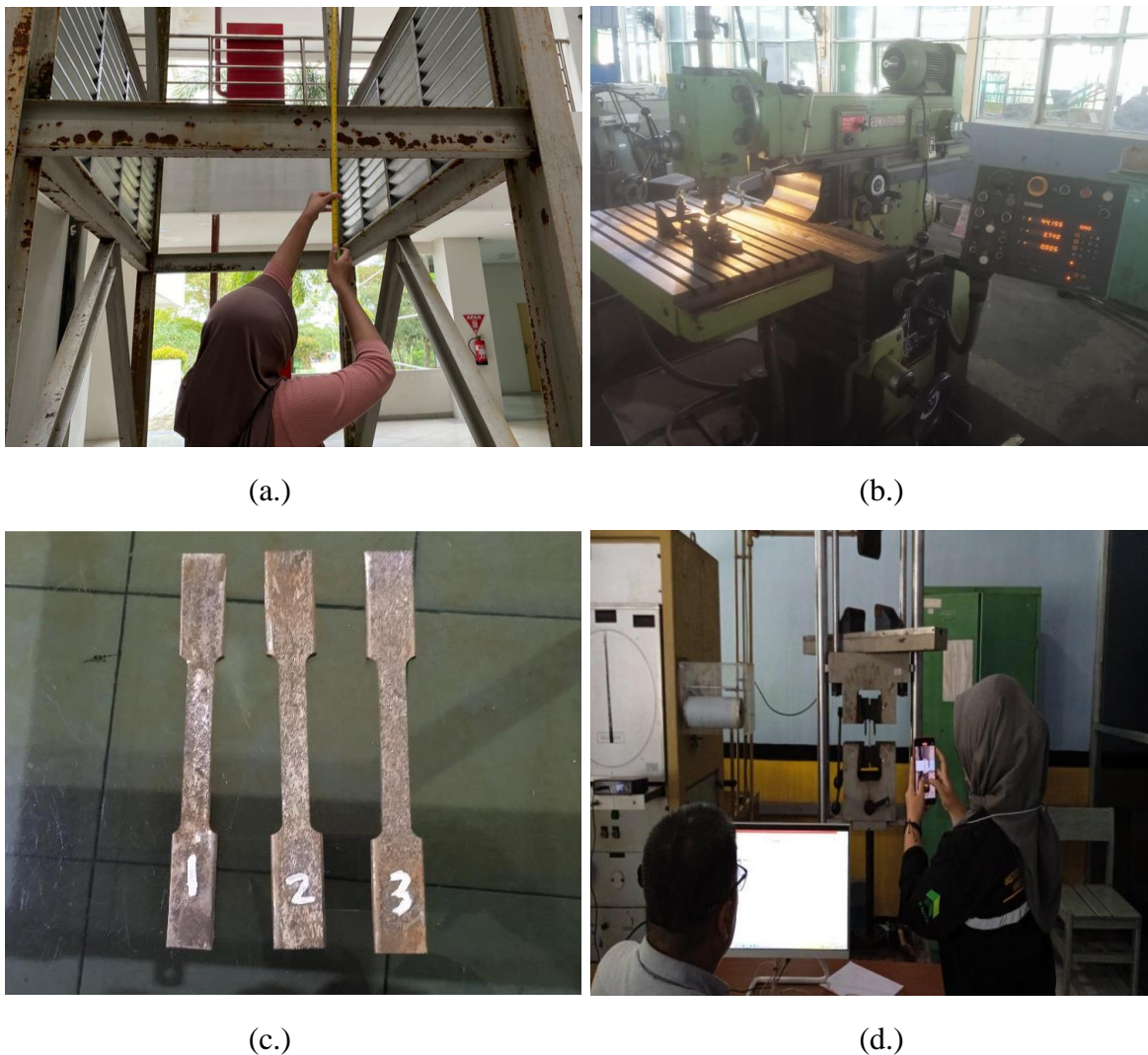
Permasalahan utama yang dihadapi ITK adalah kurangnya fasilitas laboratorium yang memadai untuk uji material dan struktur di Laboratorium Teknik Sipil. Salah satu alat yang belum tersedia adalah alat *loading frame*. Alat tersebut digunakan untuk pengujian kekuatan, ketahanan dan perilaku material seperti beton, baja dan material lainnya. Sehingga, pengguna perangkat ini dapat mengetahui karakteristik material dan memvalidasi serta mengontrol kekuatan struktur (Hilal Alnaqbi & Ain, 2015). Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan potensi limbah logam yang berasal dari pembongkaran struktur *wind catcher* dengan mendaur ulang dan membuatnya menjadi portal uji atau *testing frame*. Penggunaan kembali elemen baja struktural dapat memberikan dampak signifikan pada pengurangan limbah baja (Kanyilmaz dkk., 2023). Keunggulan dari penggunaan baja dalam konstruksi diantaranya adalah baja memiliki kekuatan yang tinggi, keseragaman yang tinggi, sifat elastis, dan tingkat daktilitas yang cukup tinggi (Utamas dkk., 2022a), praktis dan cepat dalam proses pelaksanaan (Wuryanti, 2008).

Beberapa penelitian terdahulu menyatakan bahwa sebuah portal uji/kerangka alat loading frame tidak boleh menerima beban yang lebih besar dari kapasitas yang tersedia (Priyanda, A. 2019). Dalam metode *Load Resistance Frame Design (LRFD)*, untuk menentukan kekuatan nominal harus meninjau kondisi leleh, fraktur, serta kondisi geser blok pada sambungan. Sedangkan pada *Allowable Stress Design (ASD)*, kekuatan batang tarik ditentukan dengan pembebanan tetap dan sementara

(Azhari, 2016). Proses desain dalam penelitian ini menggunakan ASD. ASD merupakan metode yang tidak tergantung pada faktor kombinasi beban dalam perhitungan maupun dalam perencanaannya, melainkan dengan menggunakan tegangan izin yang pada dasarnya metode ini menekankan kepada faktor durasi beban yang terjadi pada struktur (Utamas et al., 2022). Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang berkelanjutan bagi permasalahan infrastruktur dan lingkungan di ITK serta menghasilkan pengetahuan baru dalam pemanfaatan limbah material untuk konstruksi yang efektif dan ramah lingkungan.

2. Metode Penelitian

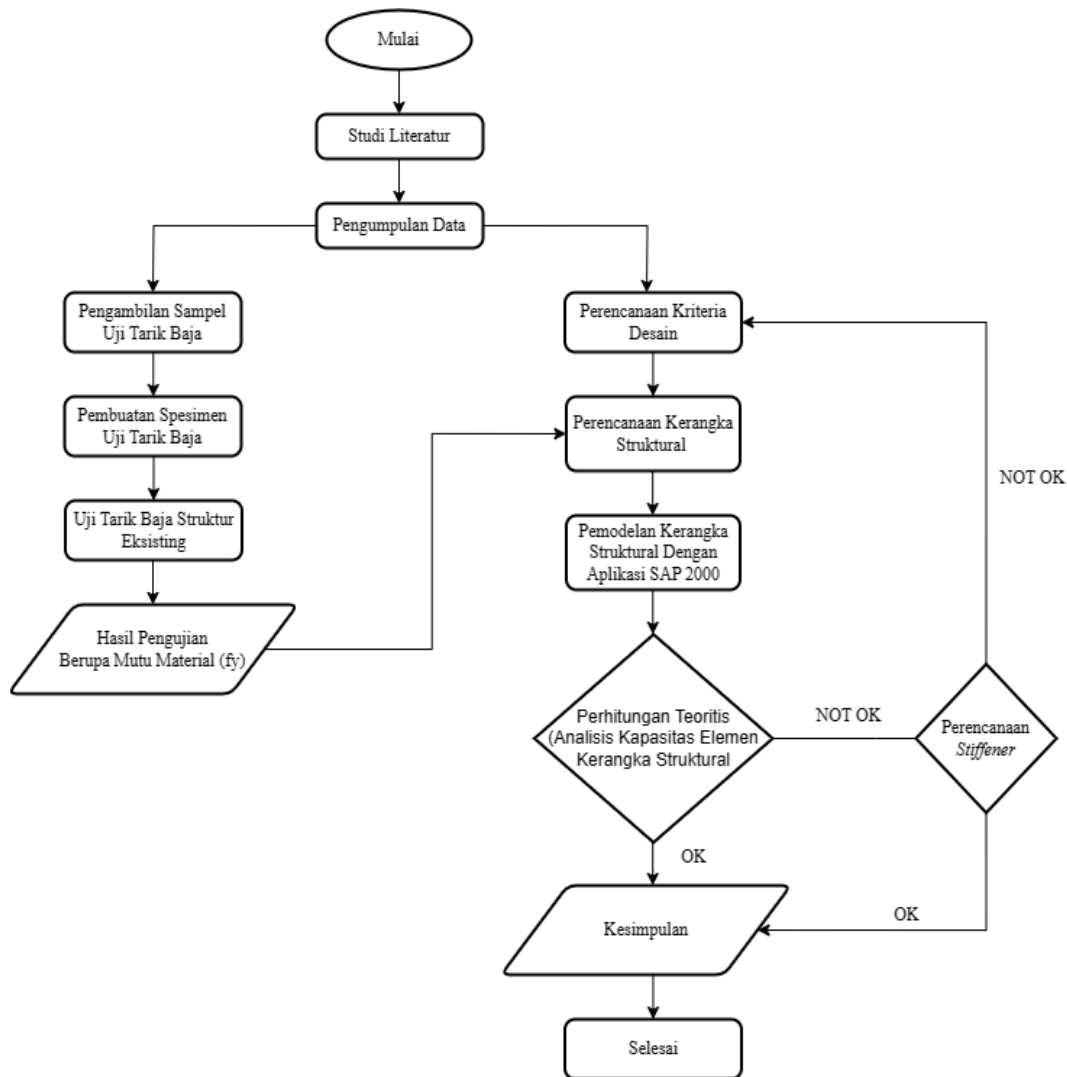
Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimental laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat mekanik material baja struktur *wind catcher* dan metode numerik untuk mengolah, mendesain dan memodelkan alat *fixed loading frame*. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis perhitungan struktur, analisis beban, serta simulasi untuk memastikan bahwa frame dapat menangani berbagai kondisi beban dengan aman dan efisien.



Gambar 1 (a.) Proses *Dimensional Inspection* Struktur *Wind Catcher*; (b.) Proses Pemotongan Batang Baja Untuk Spesimen Uji Tarik; (c.)Spesimen Uji Tarik Sesuai ASTM E8; (d.) Proses Pengujian Tarik Baja

2.1 Prosedur Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian yang akan disajikan dalam gambar



Gambar 2 Flow Chart Penelitian

2.1.1. Kriteria Desain

Code merupakan dasar atau aturan serta syarat yang mempunyai kekuatan hukum dimana *code* dapat membedakan sumber dari suatu kegagalan konstruksi yang terjadi (*force majeure* atau *human error*). Ketentuan minimum dan maksimum yang ingin dicapai perlu di pilih dan direncanakan sedemikian rupa untuk menghasilkan suatu konstruksi yang mempunyai nilai keamanan tinggi dan handal (Banu dkk., 2018). ASD memiliki dua versi yaitu ASD (*Allowable Stress Design*) dari AISC 1989 ASD dan versi terbaru adalah ASD (*Allowable Strength Design*) dari AISC 2005. Keduanya sama-sama menggunakan kondisi beban kerja (tanpa faktor beban) dan faktor aman pada struktur. Hanya saja, pada ASD 1989 faktor aman diberikan pada tegangan sedangkan ASD 2005 faktor aman diberikan pada kekuatan elemen struktur. Penelitian ini akan menerapkan cara ASD 2005 karena beban yang diberikan kepada kerangka struktur adalah beban yang bernilai pasti. Dimana faktor aman akan

diberikan pada kekuatan elemen struktur yang besarnya akan berbeda dari pola keruntuhan yang terjadi.

Tabel 1 Nilai Faktor Keamanan (Metode ASD)

Komponen Struktur	Faktor Keamanan (ϕ)
Lentur	1,67
Tekan Aksial	1,67
Tarik Aksial	
Tarik Leleh	1,67
Tarik Fraktur	2
Geser	1,67
Sambungan Baut	
Baut Geser	2
Baut Tarik	2
Kombinasi Geser dan Tarik	2
Baut Tumpu	2
Sambungan Las	
Las Tumpul Penetrasi Penuh	1,67
Las Sudut/Tumpul Penetrasi Sebagian	2
Las Pengisi	2

Sumber: SNI 1729-2015

2.1.2. Uji Tarik Baja

Mutu baja dari material bangunan eksisting dapat diketahui dengan melakukan pengujian uji tarik. Specimen untuk benda uji terbuat dari salah satu balok baja pada bangunan eksisting. Dimensi spesimen uji tarik telah diatur dan ditetapkan sesuai dengan standar pengujian yaitu *American Society for Testing of material standard* (ASTM) part 10, E8 yang dipatenkan pada tahun 1981. Standar tersebut menyatakan bahwa hasil dari pengujian tarik yang dilakukan dapat adalah kekuatan serta kekenyalan material di bawah tegangan tarik aksial. Pengujian tarik akan menghasilkan kurva hubungan tegangan dan regangan dimana kurva ini menggambarkan proses pembebanan pada specimen dimulai dari awal penarikan hingga specimen telah menyentuh *limit state* (Silviana, 2017).

2.1.3. Korosi

Karat atau korosi berasal dari Bahasa latin yaitu “Corrode”. Korosi merupakan reaksi kimia atau elektrokimia antara logam dengan lingkungannya yang dapat menyebabkan penurunan sifat atau mutu dari suatu logam. Pengklasifikasian korosi dapat ditinjau dari terbentuknya korosi tersebut. Proses terbentuknya korosi dapat dikenali dengan pengamatan visual. Dalam beberapa kasus, pengamatan visual sudah cukup tetapi perlu dilakukan pengamatan dengan alat bantu untuk memantau proses korosi tersebut (Simanjuntak, E. B., 2023).

2.1.4. Base Plate

Kegagalan pada struktur baja, umumnya disebabkan oleh desain komponen sambungan yang buruk. Salah satu jenis sambungan yang sering diabaikan perencanaannya yaitu sambungan kolom baja dan pondasi beton. Sambungan ini biasa disebut sambungan pelat dasar kolom (*column base plate connection*). Sambungan ini berada di antara kolom baja dengan pedestal yang terbuat dari beton. Komponen sambungan ini berfungsi untuk melakukan transfer beban dari seluruh struktur bagian atas ke pondasi. Pelat dasar dihubungkan dengan kolom baja melalui sambungan las (Apriyatno, n.d., 2020).

2.1.5. Sistem Pengankuran

Angkur yang dalam pemasangannya memakai bahan kimia dapat disebut dengan metode *chemical anchor*. Metode ini banyak digunakan pelaku di bidang konstruksi karena pengerjaannya yang cepat dan menghemat biaya karena harganya yang cukup terjangkau. Kekuatan tarik yang tinggi dan pengaplikasian yang mudah di berbagai diameter ankur serta dapat diaplikasikan pada beton tidak retak maupun beton retak (*uncracked and cracked concrete*). Kemudian berdasarkan sistem pemasangannya, terdapat dua jenis sistem yaitu sistem *cast in place* dan *post installed*. Pemasangan ankur sebelum proses pengecoran dilakukan dinamakan sistem *cast in place*. Pada sistem *post installed*, pemasangan ankur dilakukan pada beton yang telah mengeras (Tumurang dkk., 2016).

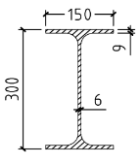
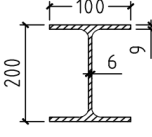
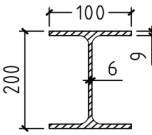
2.1.6. Stiffener (Pengaku)

Kegagalan tekuk pada baja terjadi karena adanya gaya aksial atau suatu gaya yang terdapat pada sumbu utama dari penampang. Ketika struktur baja mengalami kegagalan tekuk, maka penampang baja tersebut akan mengalami perubahan bentuk ketika material baja mencapai kapasitas lelehnya. Tekuk terbagi menjadi dua berdasarkan faktor geometri penampang yaitu tekuk lokal dan tekuk global (Dewobroto, 2015).

3. Hasil dan Pembahasan

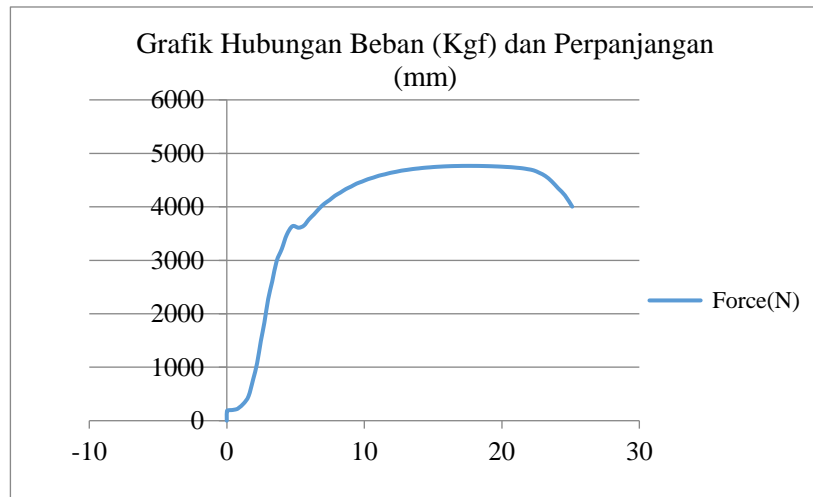
3.1 Inspeksi Dimensi Bahan

Tabel 2 Dimensi Material Baja WF Struktur *Wind Catcher*

Elemen Kolom			
Gambar Profil Baja	Simbol	Nilai	Satuan
	H	150	mm
	B	300	mm
	tw	6	mm
	tf	9	mm
Elemen Balok			
Gambar Profil Baja	Simbol	Nilai	Satuan
	H	100	mm
	B	200	mm
	tw	6	mm
	tf	8	mm
Elemen Bracing			
Gambar Profil Baja	Simbol	Nilai	Satuan
	H	100	mm
	B	200	mm
	tw	6	mm
	tf	8	mm

3.2 Pengujian Tarik Baja

Pengujian tarik baja dilakukan di laboratoirum teknik mesin Politeknik Negeri Samarinda menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*). Hasil dari pengujian tarik baja menggunakan mesin UTM berupa grafik hubungan beban dan pertambahan panjang.



Gambar 3 Grafik Hubungan Beban dan Panjang

Tabel 3 Hasil Pertambahan Panjang Uji Tarik Baja

No.	Spesimen	Lo (mm)	L1 (mm)	L1-Lo (mm)	Presentase (%)
1.	SP 1	200	215	15	7,5
2.	SP 2	200	220	20	10

Tabel 4 Hasil Pengujian Tarik Material Baja

No.	Spesimen	Fy (MPa)	Fu (MPa)
1.	SP 1	403,984	514,697
2.	SP 2	392,018	513,557
	Rata-rata	398,001	514,127

Dapat dilihat pada gambar 1 bahwa nilai p_y (beban leleh) dan p_u (beban putus maksimum) berada di angka 35673,67 N untuk p_y dan 46733,7 N untuk p_u . Nilai-nilai tersebut telah diolah dan menghasilkan nilai tegangan leleh dan tarik yang dapat dilihat pada tabel 4.3. Hasil uji tarik material baja menunjukkan bahwa mutu bahan material memiliki F_y minimum sebesar 392 Mpa dan F_u minimum 513 Mpa dengan nilai rata-rata F_y sebesar 398 Mpa da F_u sebesar 514 Mpa. Mutu Material baja *wind catcher* harus disesuaikan dengan standar yang berlaku untuk memperkuat pernyataan bahwa material tersebut memenuhi kriteria suatu mutu yang telah ditetapkan. Hasil penyesuaian mutu yang didapat oleh material baja struktur *wind catcher* adalah BJ 50 dengan peregangan minimum 16 %. Kemudian dilihat dari sifat mekanis baja yang didapat dari pengujian tarik, baja *wind catcher* termasuk jenis ASTM A36 dengan kekuatan luluh sebesar 36.000 Psi dan kekuatan tarik terdapat di nilai 58.000 s/d 80.000 Psi.

3.3 Pengujian Korosi Baja

Tabel 5 Hasil Perhitungan Pengurangan Ketebalan

Elemen Struktur	Tebal Awal (mm)	Tebal Sisa (mm)	Waktu	Laju korosi (mm/tahun)
Kolom	9	8,26	12	0,062
Balok	8	6,24		0,147
Bracing	8	5,36		0,22

Tabel 6 Prediksi Laju Korosi

Elemen Struktur	Tebal Saat ini (mm)	Laju korosi (mm/year)	Pengurangan Ketebalan per 3 tahun (mm)		
			2027	2030	2033
Kolom	8,26	0,062	0,18	0,37	0,56
Balok	6,24	0,147	0,44	0,88	1,32
Bracing	5,36	0,220	0,66	1,32	1,98

Uji korosi material baja dilakukan pada struktur *wind catcher* gedung A Institut Teknologi Kalimantan dengan cara mengukur ketebalan awal dan ketebalan sisa. Setelah melakukan pengukuran ketebalan baja, didapatkan pengurangan ketebalan sebesar 1 hingga 2 mm. Dari nilai laju korosi pada setiap elemen, dapat dilihat bahwa struktur kolom mempunyai nilai laju korosi sebesar 0,062 mm/year, struktur balok sebesar 0,147 mm/year dan struktur bracing sebesar 0,22 mm/year. Pada tabel 2.1 mengenai Tingkat ketahanan korosi berdasarkan laju korosi, struktur kolom termasuk kedalam kondisi *Excellent* (sangat baik) karena rentang nilai laju korosi yang dimiliki adalah sekitar 0,02 – 0,1 mm/year. Kemudian struktur balok termasuk dalam kondisi *Good* (baik) karena rentang nilai laju korosi yang dimiliki adalah sekitar 0.1-0.5 mm/year. Dan elemen struktur yang terakhir ditinjau adalah elemen *bracing* yang termasuk dalam kondisi *Good* (baik) karena rentang nilai laju korosi yang dimiliki adalah sekitar 0.1-0.5 mm/year. Hasil perhitungan nilai laju korosi didapat dari pengurangan ketebalan dibagi dengan waktu.

Hasil dari pengujian korosi tersebut menyatakan bahwa elemen *bracing* dan balok pada struktur *wind catcher* tidak dapat digunakan dalam perencanaan alat *fixed loading frame*. Alat tersebut akan direncanakan dengan memakai material baja dari elemen kolom saja. Hal ini sudah peneliti kaji dengan seksama, bahwa elemen kolom pada struktur tersebut masih dikategorikan layak pakai (secara visual dan hasil perhitungan laju korosi dengan satuan mm/year) tanpa perlakuan khusus. Dengan catatan, perawatan yang lebih mendalam ketika elemen struktur tersebut telah dijadikan material struktur dari alat *fixed loading frame*.

3.4 Hasil Perencanaan Kriteria Desain

Tabel 7 Hasil Parameter Kriteria Desain Alat Fixed Loading Frame

No.	Parameter Kriteria Desain	Keterangan
1.	<i>Serviceability Limit State</i>	Kondisi batas pada kerangka sudah dipastikan agar kerangka tetap berfungsi dengan baik terhadap beban yang diterapkan selama masa layan kerangka. Aspek defleksi dan kerusakan pada kerangka telah di analisis dan menghasilkan nilai “aman” dari batasan yang di tentukan. Kemudian aspek kerusakan yang ditinjau dari sambungan kolom-pondasi telah memenuhi batas aman beban.

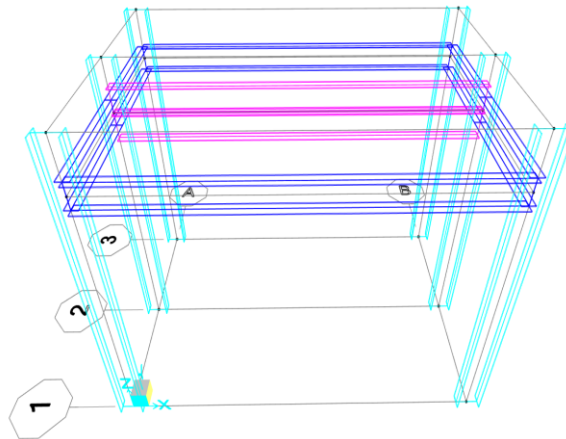
No.	Parameter Kriteria Desain	Keterangan
2.	Kekuatan dan Stabilitas Struktur	Kondisi batas kerangka dalam pencapaian kekuatan dan stabilitas telah di analisis dan menghasilkan nilai tahanan kerangka dapat melebihi nilai beban maksimum yang akan diterapkan tanpa mengalami keruntuhan atau kegagalan.
3.	Dimensi alat <i>Loading Frame</i>	Dimensi kerangka memiliki panjang 4,55 meter dan lebar 2,95 meter serta tinggi kolom 3,6 meter (menyesuaikan tempat yang tersedia).
4.	Bentuk alat <i>Loading Frame</i>	Kerangka di desain membentuk portal persegi panjang dengan dimensi yang tertera di point 3.
5.	Pembebanan Pada Kerangka Struktural	Pembebanan yang bekerja pada kerangka berdasarkan beban <i>hydraulic jack</i> adalah 1000 kN (100 Ton) dengan menggunakan profil WF 588 x 300 x 12 x 20 untuk elemen struktur balok pada tengah kerangka dan profil WF 450 x 300 x 11 x 18 untuk elemen struktur kolom pada tengah kerangka. Model tersebut tetap menggunakan profil yang tersedia untuk menjaga stabilitas struktur. Pembebanan yang dapat diterapkan pada kerangka dengan menggunakan profil dari <i>wind catcher</i> yang berdimensi 300 x 150 x 6 x 9 untuk elemen kolom dan 600 x 150 x 6 x 18 untuk elemen balok adalah sebesar 20 Ton.
6.	Dimensi Spesimen	Untuk dimensi specimen berjenis balok yang melebihi 4000 mm dapat di <i>scale down</i> karena ukuran kerangka hanya 4550 mm. Kemudian, batas tinggi untuk specimen berjenis kolom adalah 2500 mm. Hal ini guna mengantisipasi ukuran dari <i>hydraulic jack</i> serta alat pendukungnya karena tinggi dari kerangka hanya 3000 mm untuk area pengujian.
7.	Bentuk Spesimen	Bentuk specimen yang dapat di uji pada kerangka adalah bentuk balok, sambungan balok-kolom, serta dinding.
8.	Pembebanan Pada Spesimen	Pembebanan yang diterima oleh specimen adalah beban statik dan lateral. Pada beban statik terdapat dua model pembebanan yaitu <i>one point</i> dan <i>two point load</i> dengan <i>jack</i> yang berjarak 800 mm.

Parameter pertama dan kedua mengenai *serviceability limit state* dan kekuatan serta stabilitas struktur telah tercapai karena parameter kontrol kerangka telah memenuhi persyaratan. Parameter ketiga, yaitu dimensi *loading frame* telah terpenuhi oleh pemodelan yang peneliti buat dengan dimensi 4550 mm dan 2950 mm. kemudian parameter yang keempat, yaitu bentuk dari alat *loading frame* juga telah terpenuhi oleh pemodelan. Dengan bentuk persegi panjang yang menyesuaikan dimensi dari alat tersebut. Parameter kelima, yaitu pembebanan pada kerangka struktur dapat diterapkan pada alat dengan model pembebanan *one & two point load* dimana *jack* masing-masing

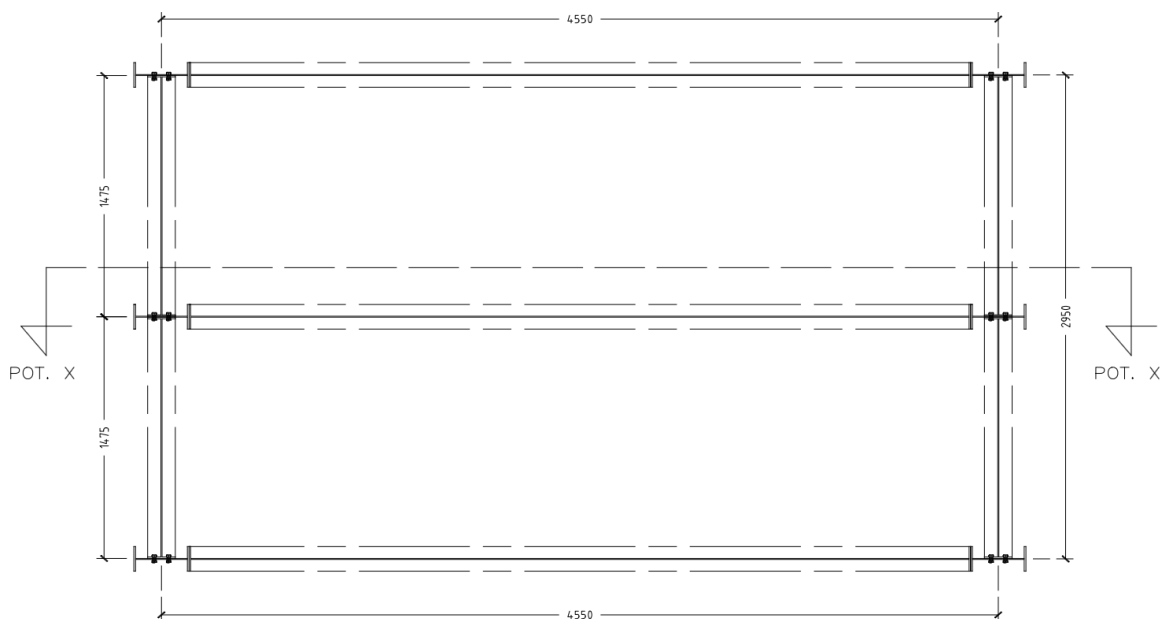
pembebanan tidak melebihi beban 200 kN. Selanjutnya parameter yang ke enam, tujuh dan delapan mengenai dimensi, bentuk dan pembebanan pada spesimen dapat terpenuhi dengan model serta kombinasi pembebanan yang ada.

3.5 Hasil Pemodelan Alat *Fixed Loading Frame*

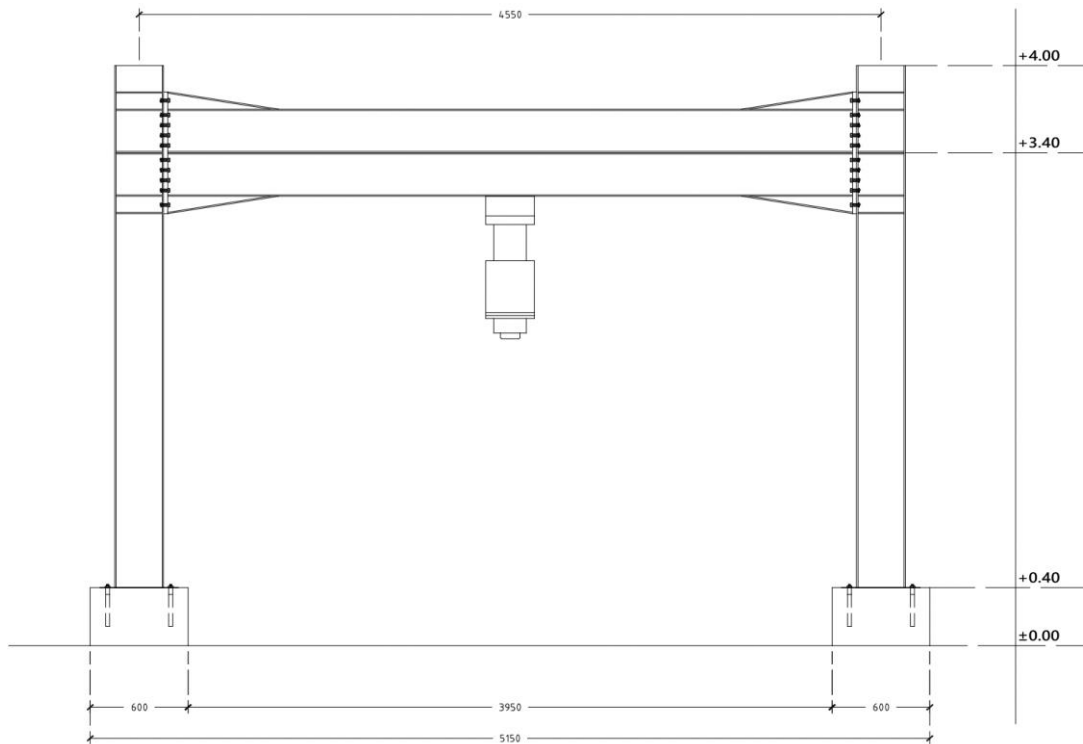
Terdapat beberapa model yang telah dibuat oleh peneliti dengan menggunakan material baja dari elemen struktur kolom. Perencanaan menggunakan *stiffeners* tidak dilakukan karena ketika kapasitas dari profil WF *single beam* tidak mampu melewati momen *ultimate* (M_u). Sehingga pemasangan *stiffeners* tidak akan menambah kapasitas balok sebanyak momen yang timbul karena penerapan beban. Maka dari itu, sebelum mengganti profil yang baru peneliti memilih untuk mendouble balok dengan profil yang tersedia. Kemudian alasan lain digunakan material tersebut karena pengaruh dari korosi yang terjadi pada baja, dapat menimbulkan penurunan kekuatan penampang. Dengan terkikisnya tebal penampang, modulus elastisitas pun ikut berkurang. Sehingga, material baja yang akan digunakan kembali hanya material yang masih layak pakai (untuk mencapai kriteria desain SLS dan ULS).



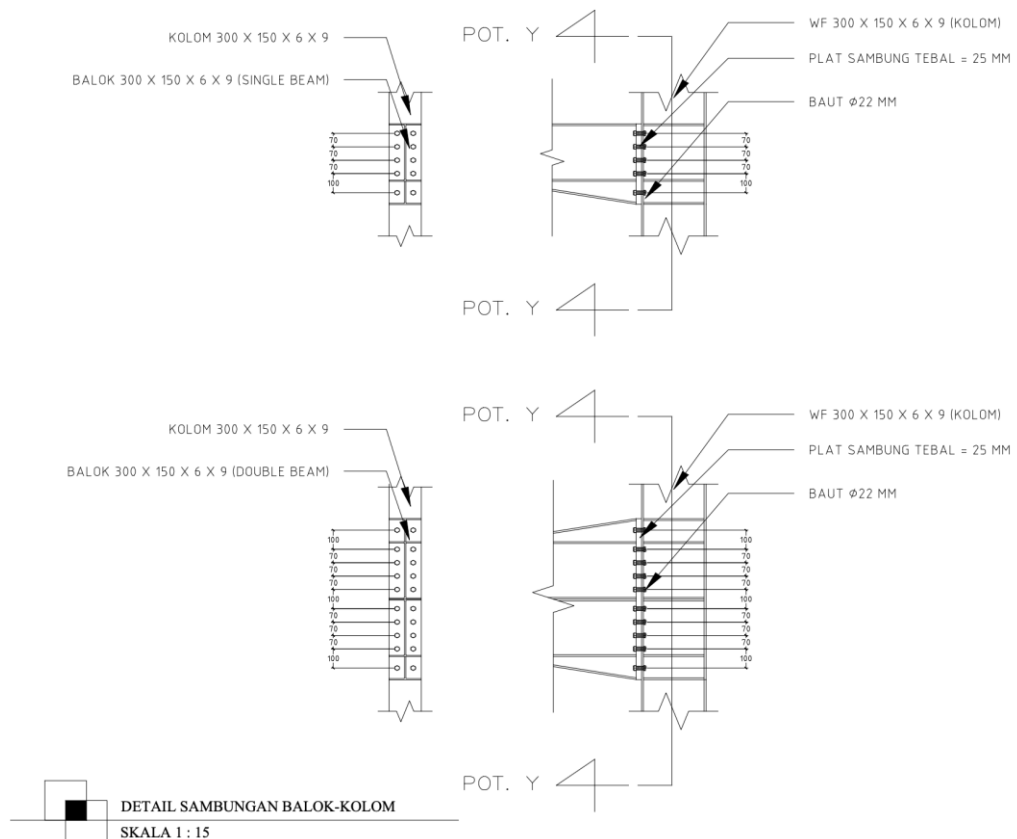
Gambar 3 Hasil Pemodelan Alat *Loading Frame* dengan Beban 20 kN (*Double Beam*)



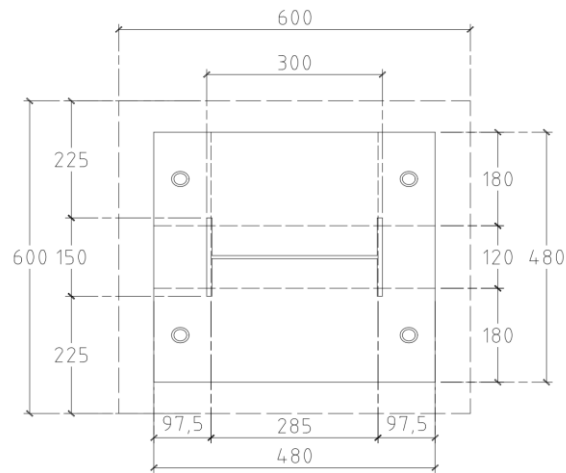
Gambar 4 Tampak Atas alat *Loading Frame* dengan Skala 1:25



Gambar 5 Tampak Depan Potongan Sumbu X (Tengah Bentang) Skala 1:25



Gambar 6 Detail Sambungan Balok Kolom Skala 1:15



Gambar 7 Detail Sambungan Base Plate Skala 1:5

Tabel 8 Komponen Alat Fixed Loading Frame

No.	Elemen	Keterangan
1.	Balok dan kolom	Kerangka alat <i>loading frame</i> akan menggunakan material baja IWF berukuran 600 x 150 x 6 x 18 untuk balok (<i>vertical double beam</i>) dan untuk kolom 300 x 150 x 6 x 9.
2.	<i>Hydraulic Jack</i>	Beban <i>jack</i> yang diterapkan kepada kerangka adalah tidak lebih dari 20 Ton pada elemen balok dengan kombinasi perletakan <i>jack</i> .
3.	Sambungan balok-kolom	Digunakan sambungan baut pada setiap <i>joint</i> elemen balok-kolom dengan konfigurasi yang dapat dilihat pada gambar 3.
4.	Baut	Terdapat 10 buah baut pada setiap sambungan balok-kolom dengan diameter 22 mm terkecuali pada sambungan kolom dengan balok <i>double</i> . Baut pada sambungan tersebut dikali dua dengan perhitungan yang sama dengan sambungan lainnya.
4.	Angkur	Terdapat 4 buah angkur pada setiap <i>base plate</i> dengan diameter angkur 22 mm.
2.	Base Plate	Terdapat 6 buah <i>base plate</i> untuk tumpuan dari kerangka alat dengan dimensi 480 x 480 mm.
5.	Pedestal	Terdapat pedestal di bawah elemen <i>base plate</i> dengan dimensi 600 x 600 mm.

Model yang digunakan pada perencanaan alat tersebut adalah model dengan beban yang sesuai kapasitas struktur. Alat *loading frame* akan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6 x 9 mm untuk elemen struktur kolom dan profil WF 600 x 150 x 6 x 18 untuk elemen struktur balok (*vertical double beam design*). Kemudian untuk sambungan antara balok-kolom menggunakan plat baja dengan

tegangan leleh (f_y) sebesar 240 MPa dan tegangan putus (f_u) sebesar 370 MPa dan tebal 25 mm serta baut berdiameter 22 mm yang terdapat 10 buah. Untuk sambungan *base plate* menggunakan dimensi pedestal sebesar 600 x 600 mm, tebal plat dasar 40 mm dengan metode *post intalled chemical anchor* dari HILTI RE 500 + HAS ROD yang berdiameter 22 mm Dimana baut ini mempunyai tegangan leleh (f_y) sebesar 400 MPa dan tegangan putus (f_u) sebesar 500 MPa.

3.6 Hasil Perhitungan Teoritis (Analisis Kapasitas Kerangka dan Sambungan)

Analisis data dan pengecekan kapasitas kerangka serta kapasitas sambungan telah dilakukan. Gaya dalam yang didapatkan dari aplikasi SAP 2000 tidak dilakukan kontrol dinamis, karena beban yang diterapkan pada *loading frame* hanya beban statik. Berikut hasil analisis parameter kontrol kerangka struktur.

Tabel 9 Parameter Kontrol Kapasitas Kerangka Struktur

No.	Parameter Kontrol Kapasitas Struktur	Keterangan
1.	Kapasitas elemen tarik	Kuat tarik pada kondisi leleh (P_n/Ω) sebesar 1046,71 kN. Kuat tarik pada kondisi fraktur P_n/Ω sebesar 1128,74 kN. Kapasitas balok dan kolom terhadap gaya tarik memenuhi kriteria.
2.	Kapasitas elemen lentur	Kapasitas balok dan kolom terhadap momen lentur memenuhi kriteria.
3.	Kontrol Defleksi	Nilai defleksi telah memenuhi syarat (tidak boleh melebihi nilai 1 mm).
4.	Kapasitas Geser	Kapasitas balok dan kolom terhadap gaya geser memenuhi kriteria.
5.	Kapasitas Sambungan	Kuat geser baut sebesar 1413,38 kN. Kuat tumpu dan sobek plat sambung sebesar 4706,4 kN. Kuat geser blok sebesar 1128,87 kN. Kuat tarik baut sebesar 123,797 kNm. Kontrol gaya geser V_u terhadap kuat nominal V_n dinyatakan aman karena nilai V_u sebesar 249,66 kN lebih kecil dari nilai V_n sebesar 564,44 kN (Kapasitas Sambungan terhadap gaya geser memenuhi kriteria). Kontrol gaya momen M_u terhadap kuat nominal M_n dinyatakan aman karena nilai M_u sebesar 122,054 kNm lebih kecil dari nilai M_n sebesar 123,797 kNm (Kapasitas Sambungan terhadap gaya momen memenuhi kriteria).
6.	Kapasitas <i>Base Plate</i>	Menentukan nilai e dan e kritis merupakan tahapan untuk menentukan desain dari <i>base plate</i> . Berdasarkan perhitungan, <i>base plate</i> akan di desain dengan momen besar karena nilai e kritis lebih besar dari nilai e . Dimensi <i>base plate</i> yang digunakan adalah 480 x 480 mm.

No.	Parameter Kontrol Kapasitas Struktur	Keterangan
		Ketebalan plat <i>base plate</i> yang digunakan adalah 40 mm.
		Kuat tarik angkur sebesar 379,94 kN.
		Kuat jebol beton terhadap tarik (<i>Concrete Breakout</i>) sebesar 87,03 kN.
		Kuat cabut angkur dari beton (<i>Pullout</i>) sebesar 229,52 kN.

Pengecekan kapasitas struktur dan seluruh parameter struktur telah memenuhi dengan model alat yang menggunakan *vertical double beam design*. Parameter pertama yaitu kapasitas elemen tarik pada kondisi leleh dan fraktur telah terpenuhi Parameter dua hingga parameter lima yang membahas terkait kontrol lendutan, geser, sambungan di kondisi geser baut, tumpu, geser blok dan tarik baut, serta kapasitas *base plate*. Dimana dilakukan kontrol dimensi, tebal plat, kuat tarik angkur, kuat jebol beton dan kuat cabut angkur juga telah terpenuhi nilainya dengan menggunakan *vertical double beam design*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tarik baja dan laju korosi, dapat disimpulkan bahwa elemen kolom dari struktur *wind catcher* masih layak pakai dengan nilai laju korosi sebesar 0,062 mm/tahun kategori *Excelent*. Sementara elemen balok dan *bracing* direkomendasikan untuk tidak digunakan dengan nilai laju korosi untuk struktur balok sebesar 0,147 mm/tahun dan struktur *bracing* sebesar 0,22 mm/tahun. Alat *loading frame* selanjutnya didesain menggunakan profil WF 300 x 150 x 6 x 9 mm untuk elemen struktur kolom dan profil WF 600 x 150 x 6 x 18 untuk elemen struktur balok (*vertical double beam design*). Parameter kriteria desain berupa *serviceability limit state*, kekuatan serta stabilitas struktur, dimensi, bentuk dan pembebanan *loading frame* dapat terpenuhi dengan model serta kombinasi pembebanan yang ada. Untuk pengecekan kapasitas struktur dan seluruh parameter struktur telah memenuhi dengan model *vertical double beam design*. Parameter yang telah memenuhi yaitu kapasitas elemen tarik pada kondisi leleh dan fraktur, kontrol lendutan, geser, sambungan di kondisi geser baut, tumpu, geser blok dan tarik baut, serta kapasitas *base plate*.

Daftar Pustaka

- Priyanda, A. (2019). Analisa Kapasitas Beban Kerja Struktur Loading Frame 3D. (t.t.).
- Chini, A. R. (2001). Deconstruction and Material Reuse. (t.t.).
- Simanjuntak, E. B. (2023). Analisa Laju Korosi Pada Stainless Steel 201 Dengan Menggunakan Air Laut. Universitas HKBP Nommensen. (t.t.).
- Apriyatno, H. (t.t.). Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2020.
- Azhari, G. (2016). ANALISA SAMBUNGAN BATANG TARIK STRUKTUR BAJA DENGAN METODE ASD DAN METODE LRFD. Jurnal Konstruksi, 12(1). <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.12-1.265>
- Banu, M. O., Handono, D., & Pandaleke, R. (2018). STUDI NUMERIK PERILAKU SAMBUNGAN PELAT DASAR KOLOM (COLUMN BASE PLATE). Jurnal Sipil Statik, 6(12), 1065–1078.

- Dewobroto, W. (2015). Perencanaan dan Permasalahan Penggunaan Struktur Beton Pracetak pada Pembangunan Rumah Susun & Bangunan Umum s.d 20 Lantai. <http://id.wikipedia.org>
- Gunawan, R., Junaidi, J., & Kurniawan, F. A. (2020). ANALISA PERUBAHAN SIFAT MEKANIS BAJA AISI 1045 BERDIAMETER 25 MM AKIBAT PERLAKUAN PANAS TEMPERING DAN MENGGUNAKAN TENSILE TEST DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR. *JiTEKH*, 8(1), 6–10. <https://doi.org/10.35447/jitekh.v8i1.296>
- Hilal Alnaqbi, A., & Ain, A. (2015). Application Data (62) Division of application No. 14 / 942 , 110 , filed on (Nomor 51).
- Ibrahim Rasyid. (2021). Studi Energi Terbarukan dengan Memanfaatkan Wind Catcher Untuk Pendinginan Pasif Melalui Ventilasi Alami [Teknik Mesin]. Universitas islam Riau.
- Kanyilmaz, A., Birhane, M., Fishwick, R., & del Castillo, C. (2023). Reuse of Steel in the Construction Industry: Challenges and Opportunities. *International Journal of Steel Structures*, 23(5), 1399–1416. <https://doi.org/10.1007/s13296-023-00778-4>
- Priyono, K. D., Amin, C., Anggani, N. L., & Hakim, R. (t.t.). Manajemen Bencana Wilayah Tropis: Memperkuat Resiliensi. Muhammadiyah University Press.
- Silviana, M. (2017). STUDI KEKUATAN SAMBUNGAN BATANG TARIK PELAT BAJA DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT. *Jurnal Inotera*, 2(2).
- Tumurang, O. M., Dapas, S. O., & Windah, R. S. (2016). ANALISIS TATA LETAK STIFFENER TERHADAP TEKUK LOKAL BAJA. *Jurnal Sipil Statik*, 4(7), 405–413.
- Utamas, B. M., Suhendra, S., & Dony, W. (2022a). Studi Struktur Portal Baja Gedung Workshop Alat Berat Di Balai Wilayah Sungai Sumatera VI Tahap II Dengan Metode DFBK dan DKI. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(2), 377. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v5i2.141>
- Utamas, B. M., Suhendra, S., & Dony, W. (2022b). Studi Struktur Portal Baja Gedung Workshop Alat Berat Di Balai Wilayah Sungai Sumatera VI Tahap II Dengan Metode DFBK dan DKI. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(2), 377. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v5i2.141>
- Wuryanti, W. (2008). Perilaku Rangka Struktur Baja Konstruksi Bangunan Sederhana Terhadap Uji Monotonik Simulasi Beban Gempa. *Jurnal Permukiman*, 3(4), 328. <https://doi.org/10.31815/jp.2008.3.328-338>