

## KAJI TEORETIS DAN EKSPERIMENTAL DEFLEKSI PADA BAJA ST 37 DENGAN VARIASI BENTUK *HAT SECTION*

Delsiyana Tarindje<sup>1)</sup>, Naharuddin<sup>2)</sup>, Mustafa<sup>3)</sup>, Iskandar<sup>4)</sup>, Kristian Selleng<sup>5)</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

Jln. Soekarno Hatta Km. 9 Palu – Sulawesi Tengah

Website: [mesin.fatek.untad.ac.id](http://mesin.fatek.untad.ac.id)/Email: [teknikmesin@untad.ac.id](mailto:teknikmesin@untad.ac.id)

E-mail : [delsiyanaacmtarindje@gmail.com](mailto:delsiyanaacmtarindje@gmail.com)

**Abstract:** The purpose of this study was to determine the ratio of the deflection that occurs in the cross-sectional shape of the hat section and the percentage difference in the deflection results of the steel profile of the hat section both theoretically and experimentally. The material used in this study was ST 37 steel with variations in the shape of the hat section, namely 60°, 75° and 90°. The deflection test uses a pin support with 5 observation points and a centralized loading location. The results showed that the smallest deflection value occurred in the theoretical and experimental hat section profile of 90° shape, which was 10.10 mm (theoretical), 7.41 mm (experimental), then in the 75° shape 10.71 mm (theoretical), 8.15 mm (experimental), and for 60° shape 13.95 mm (theoretical), 9.69 mm (experimental). While the results of the maximum percentage difference occurs in the hat section shape of 60° with a value of 30.98%. Based on the results of this study, it can be explained that the increasing the value of the moment of inertia, the smaller the deflection value that occurs due to the increase in the stiffness value of the material.

**Keywords:** Deflection, steel ST 37, modulus of elasticity, hat section

### 1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan tingginya kebutuhan akan pembangunan. Setiap industri perlu menghasilkan produk yang berkualitas tinggi, terjangkau, kuat, ekonomis dan mampu bertahan di segala kondisi lingkungan. Sektor industri merupakan salah satu target pembangunan yang sangat luas, antara lain konstruksi, perencanaan, dan sebagainya.

Salah satu masalah yang sangat penting untuk dipertimbangkan dalam perencanaan struktural adalah perhitungan lendutan elemen ketika mengalami beban. Hal ini sangat penting, terutama dalam hal kekuatan dan kekakuan, karena batang horizontal yang dibebani secara lateral mengalami defleksi. [1]

Pada perencanaan struktur, khususnya struktur rangka atap merupakan bagian yang memiliki fungsi menopang beban dan mempertahankan hubungannya dengan struktur bangunan. Bentuk dan bahan struktur rangka atap memiliki beberapa bentuk dan juga berbagai jenis material, material yang digunakan saat ini adalah beton bertulang, kayu, baja biasa dan baja karbon rendah. Pemilihan material merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kekuatan suatu struktur. Ada berbagai jenis bahan yang tersedia di pasaran

baik ukuran maupun bentuknya seperti profil C, *Hat-section*, T, I dan Z. Penampang disatu sisi dapat membantu desainer untuk memilih material yang diinginkan. Namun di sisi lain, dengan adanya variasi pilihan tersebut, diperlukan analisis tersendiri untuk mendapatkan hasil desain yang optimal.

Baja merupakan material yang sering kita jumpai sebagai material struktur, seperti rangka utama sebuah bangunan. Dari segi ekonomi, baja memiliki sifat dan kekuatan yang cocok digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan. [2]

Pada perencanaan struktur bangunan atau jembatan, biasanya selalu digunakan satu jenis penampang baja. Baja penampang sendiri adalah baja berbentuk khusus yang digunakan dalam pembuatan rekayasa struktur baja. Bentuk baja yang sering digunakan dalam bidang rekayasa struktur baja antara lain *I-beam*, *C-channel*, *H-section*, *angle*, dan lain-lain. [3]

Menurut penelitian [4] defleksi baja ringan menggunakan profil U dengan ketebalan 0,45 mm. Hasil defleksi yang diperoleh secara teoretis lebih besar dari eksperimental, namun selisihnya tidak terlalu besar, persentase kesalahan defleksi maksimum sebesar 7,94%

untuk posisi beban L/2 dan 7,43% untuk posisi beban L/3.

Hasil penelitian [5] menggunakan material baja ringan profil C dan U dengan tumpuan jepit-jepit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lendutan lebih besar terjadi pada profil C, dengan nilai teoretis 0,914 mm dan eksperimental 0,873 mm, dibandingkan dengan profil U teoretis 0,554 dan eksperimental 0,510.

Baja ST 37 termasuk baja karbon rendah (*low carbon steel*). Dalam hal ini karbon rendah memiliki sifat ulet dan tangguh yang sangat baik sehingga banyak dipakai sebagai bahan konstruksi bangunan-bangunan. Struktur rangka atap baja saat ini sudah semakin banyak digunakan dikarenakan materialnya yang ringan sehingga lebih sedikit beban yang di hasilkan dari struktur rangka atap, pengerjaan yang lebih mudah, dan lebih sedikit biaya yang dikeluarkan untuk pengerjaan serta perawatan.

Baja ST 37 termasuk baja karbon rendah karena mengandung karbon kurang dari 0,3%. Kekuatan tarik tinggi hingga 370 N/mm<sup>2</sup>. Baja ST 37 mengandung unsur-unsur seperti Karbon (C) = 0,15%, Silikon (Si) = 0,01%, Mangan (Mn) = 0,6%, Belerang (S) = 0,0011% dan Fosfor (P) = 0,050%. [6]

Baja karbon rendah biasanya mengandung 0,05 hingga 0,3% karbon. Ini memiliki kekuatan luluh 275 MPa (40.000 psi), kekuatan tarik antara 415 dan 550 MPa (60.000 dan 80.000 psi) dan kekerasan 25%. Daya tahan dan fleksibilitas yang relatif ulet tetapi sangat baik. Di sisi lain, baja karbon rendah memiliki sifat kekuatan mekanik yang baik, pengerjaan yang mudah, dan pengelasan yang mudah. [7]

Menurut penelitian [8] menggunakan penurunan rumus defleksi dengan metode integrasi ganda untuk analisis secara teoretis dan pengujian defleksi baja karbon St.37 secara langsung untuk analisis secara eksperimental. Baja karbon St.37 dibebani mulai dari pembebanan awal 500 gram, kemudian ditahan selama 1 menit dan diamati penurunannya. Pembebanan terus diberikan secara bertahap dan penurunannya selalu dicatat sesuai untuk beban 1000 gram, 1500 gram, 2000 gram, 2500 gram. Hasil penelitian

diperoleh bahwa defleksi maksimum untuk setiap letak pembebanan adalah pada letak pembebanan 200 mm dari tumpuan engsel diperoleh 1,307 mm (secara eksperimental) dan 1,256 mm (secara teoretis), pada letak pembebanan 400 mm dari tumpuan engsel diperoleh 1,780 mm (secara eksperimental) dan 1,729 mm (secara teoretis), sedangkan pada

letak pembebanan 600 mm dari tumpuan engsel diperoleh 1,310 mm (secara eksperimental) dan 1,256 mm (secara teoretis). Hasil defleksi yang diperoleh secara eksperimental lebih besar dari nilai yang diperoleh secara teoretis dengan prosentase kesalahan maksimum 5,00 %.

Seiring dengan semakin majunya teknologi maka baja ringan dituntut untuk meningkatkan kualitas terutama pada defleksi. Berdasarkan latar belakang diatas mengenai analisis secara teoretis dan eksperimental pengujian defleksi pada baja ST 37. Maka penulis akan melakukan penelitian mengenai “ Kaji Teoretis Dan Eksperimental Defleksi Pada Baja ST 37 Dengan Variasi Bentuk *Hat Section*”

## 2. METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :



**Gambar 1.** Mesin LVD Company N.V Type HST-C

Pada gambar 1 memperlihatkan mesin LVD Company N.V Type HST-C yaitu mesin yang digunakan untuk memotong plat baja.



**Gambar 2.** Mesin LVD Company N.V Type PPPL

Mesin LVD Company N.V. Type PPPL yang terlihat pada gambar 2 diatas merupakan mesin yang dipakai untuk melengkungkan baja yang telah dipotong-potong menjadi baja profil.



**Gambar 3.** *Universal Testing Machine (UTM) type TN20MD*

Mesin uji tarik yaitu *Universal Testing Machine (UTM) type TN20MD* control kapasitas 200 KN yang di tunjukan pada gambar 3 merupakan mesin pengujian dimana sebuah material atau benda akan diukur keuletan dan kekuatannya.



**Gambar 4.** Alat Uji Defleksi

Pada gambar 4 diatas Memperlihatkan alat uji defleksi yaitu alat yang digunakan untuk mengetahui defleksi yang terjadi akibat adanya pembebanan yang telah diberikan pada spesimen tersebut.



**Gambar 5.** Dial Indikator

Dial indicator yaitu alat ukur yang digunakan dalam pengujian defleksi dengan nilai satuan terkecil sebesar 0,01 mm seperti terlihat pada gambar 5 diatas.



**Gambar 6.** Beban

Pada gambar 6 memperlihatkan Beban Yang di gunakan dalam Pengujian ini seberat 20 kg.

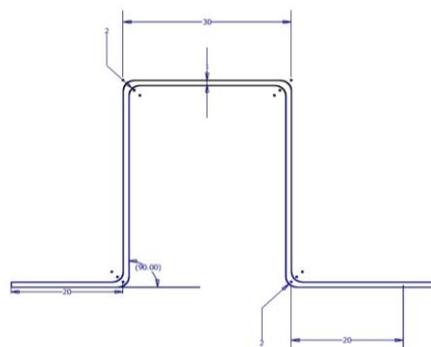


**Gambar 7.** Pelat baja ST 37

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pelat baja ST 37 seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 diatas

Dalam penelitian ini ada 3 bentuk spesimen yang akan digunakan yaitu :

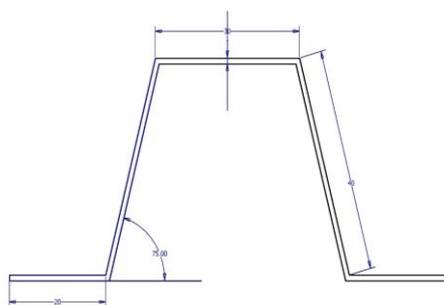
1. Profil Hat Section 90°



**Gambar 8.** Spesimen Model 1 (Bentuk Kemiringan 90°)

Gambar 8 diatas merupakan bentuk dan dimensi spesimen yang akan digunakan dengan bentuk kemiringan 90°

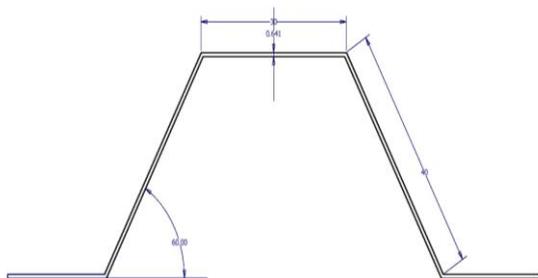
2. Profil Hat Section 75°



**Gambar 9.** Spesimen Model 2 (Bentuk Kemiringan 75°)

Gambar 9 memperlihatkan bentuk dan dimensi spesimen dengan bentuk kemiringan 75°.

3. Profil Hat Section 60°



**Gambar 10.** Spesimen Model 3 (Bentuk Kemiringan 60°)

Pada gambar 10 merupakan bentuk dan dimensi spesimen yang akan digunakan dengan kemiringan 60°.

**2.1 Langkah Pengujian**

**Secara Eksperimental**

Metode eksperimental pada penelitian ini dilakukan dengan pengujian tarik dan pengujian defleksi. Pengujian tarik dilakukan untuk memperoleh modulus elastisitas bahan (E) sebagai salah satu variabel yang digunakan dalam perhitungan defleksi secara teoretis. Sedangkan pada pengujian defleksi dilakukan untuk memperoleh besarnya defleksi yang terjadi sesuai dengan pembebanan yang diberikan.

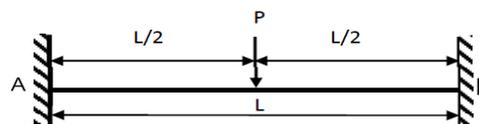
Pengujian secara eksperimental dilakukan pada tumpuan jepit-jepit dengan memberikan pembebanan terpusat dari panjang batang. Pelaksanaan pengujian defleksi secara langsung adalah : baja profil dibebani pembebanan 20 kg,

kemudian ditahan beberapa saat dan diamati penurunannya.

Bahan yang digunakan baja ST 37 profil hat section tebal 1 mm, panjang 2000 mm, dengan memiliki nilai modulus elastisitas (E) : 1564,09 kg/mm<sup>2</sup> dan momen inersia (I) profil hat section 90° = 38442,658 mm<sup>4</sup>, profil hat section 75° = 36260,526 mm<sup>4</sup>, profil hat section 60° = 27846,253 mm<sup>4</sup>.

**Secara Teoretis**

Metode yang digunakan dalam menurunkan persamaan defleksi untuk analisis secara teoritis, sebagai pembandingan dengan pengujian eksperimental ialah dengan menggunakan metode integrasi ganda. Adapun rumus defleksi diperoleh dengan cara menurunkan persamaan defleksi sesuai dengan jenis tumpuan yang digunakan yaitu tumpuan jepit-jepit.



**Gambar 11.** Tumpuan jepit-jepit dengan pembebanan terpusat L/2

Untuk  $0 \leq x \leq \frac{L}{2}$

$$y = -\left(\frac{1}{EI}\right)\left(\frac{Px^3}{12} - \frac{PLx^2}{16}\right) \tag{1}$$

Untuk  $\frac{L}{2} \leq x \leq L$

$$y = -\left(\frac{1}{EI}\right)\left(\frac{Px^3}{12} - \frac{P\left(x - \frac{L}{2}\right)^3}{6} - \frac{PLx^2}{16}\right) \tag{2}$$

Dimana :

P = beban (Kg)

X = jarak (mm)

L = panjang batang (mm)

E = modulus elastisitas (Kg/mm<sup>2</sup>)

I = momen inersia (mm<sup>4</sup>)

Persentase perbedaan defleksi secara eksperimental dan teoretis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$PP = \left| \frac{\text{Hasil Teo} - \text{Hasil Eksp}}{\text{Hasil Teo}} \right| \times 100 \quad (3)$$

Untuk menyelesaikan permasalahan dengan cara teoretis bisa dilakukan dengan cara yaitu :

Metode penyelesaian secara teoritis dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- Menggambar sistematika tumpuan jepit-jepit dengan pembebanan yang sesuai.
- Menggunakan rumus yang sesuai berdasarkan kondisi tumpuan dan pembebanan yang diberikan.
- Menghitung momen inersia
- Menggunakan nilai modulus elastisitas yang diperoleh dari hasil pengujian tarik.
- Menghitung defleksi menggunakan Microsoft excel dengan memasukkan nilai P, x, L, I, E.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian secara eksperimental dan secara teoretis telah didapatkan nilai defleksi pada masing-masing bentuk profil. Selanjutnya dilakukan analisis persentase perbedaan antara pengujian eksperimental dan teoretis.

##### 3.1 Pengujian Tarik

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan. Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan, berdasarkan tegangan dan regangan akan diperoleh nilai modulus elastisitas yang akan digunakan dalam perhitungan defleksi secara teoretis. Nilai modulus elastisitas terlihat pada tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Rata-rata nilai modulus elastisitas

SAMPEL	TEGANGAN (σ) (N/mm <sup>2</sup> )	REGANGAN (ε)%	MODULUS ELASTISITAS (N/mm <sup>2</sup> )
1	375.89	19.64	15445.67
2	387.91	17.86	15401.57
3	370.93	14.29	15910.24
4	379.58	15.18	15993.70
5	384.301	22.32	15453.54
Rata-rata	379.72	17.86	15640.94

##### 3.2 Pengujian Defleksi

Pada pengujian defleksi secara teoretis maupun eksperimental, analisis nilai defleksi yang terjadi pada spesimen baja ST 37 profil *hat section* menggunakan variasi bentuk 90°, 75°, dan 60°. Menggunakan 5 titik pengamatan dan pembebanan 20 kg posisi pembebanannya berada di tengah batang spesimen. Hasil pengujian defleksi bisa dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Defleksi Secara Teoretis dan Eksperimental

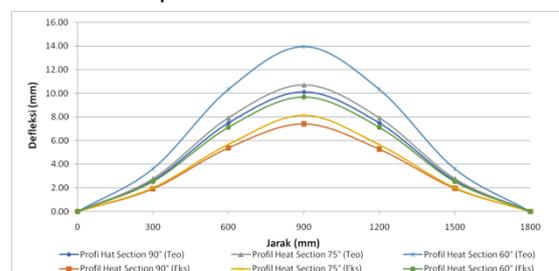
No	Bentuk Profil Profil Heat Section	Beban (Kg)	Defleksi (mm)													
			Jarak (mm)													
			0		300		600		900		1200		1500		1800	
Teo	Eks	Teo	Eks	Teo	Eks	Teo	Eks	Teo	Eks	Teo	Eks	Teo	Eks			
1	90°	20	0.00	0.00	2.62	1.92	7.48	5.38	10.10	7.41	7.48	5.27	2.62	1.95	0.00	0.00
2	75°	20	0.00	0.00	2.78	2.01	7.93	5.69	10.71	8.15	7.93	5.66	2.78	2.02	0.00	0.00
3	60°	20	0.00	0.00	3.62	2.54	10.33	7.13	13.95	9.69	10.33	7.13	3.62	2.53	0.00	0.00

Pada tabel 3 dibawah memperlihatkan Persentase perbedaan dari hasil pengujian defleksi secara teoretis dan eksperimental pada baja ST 37 profil *Hat Section* dengan variasi bentuk.

Tabel 3. Hasil Presentase Perbedaan Defleksi

No	Bentuk Profil Profil Heat Section	Beban (Kg)	Persentase Perbedaan (%)							
			Jarak (mm)							
			0	300	600	900	1200	1500	1800	
1	90°	20	0.00	26.72	28.07	26.63	29.55	25.57	0.00	
2	75°	20	0.00	27.70	28.25	23.90	28.63	27.34	0.00	
3	60°	20	0.00	29.83	30.98	30.54	30.98	30.11	0.00	

Pada tabel 3 menjelaskan bahwa nilai persentase perbedaan maksimum untuk bentuk 90° berada pada jarak 1200 mm dengan nilai 29.55%, selanjutnya untuk bentuk profil 75° juga berada pada jarak 1200 mm yaitu dengan nilai 28,63% sama halnya untuk bentuk *hat section* 60° nilai persentasenya sebesar 30.98% yang berada pada jarak 1200 mm dari tumpuan.



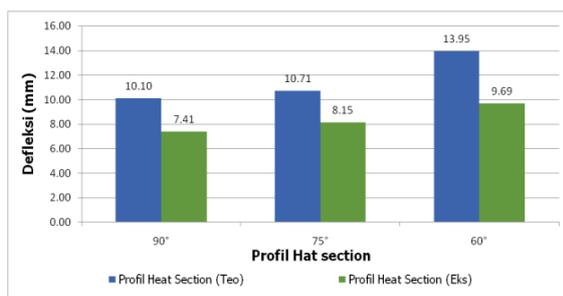
Gambar 12. Grafik Hubungan Defleksi Terhadap Jarak (mm)

Pada Gambar 12, memperlihatkan perbandingan nilai lendutan dengan jarak. Jarak pandang dimulai dari kiri arah jarum jam yaitu jarak 0 mm, 300 mm, 600 mm, 900 mm, 1200 mm, 1500 mm dan 1800 mm. Pada jarak 0 mm dan 1800 mm tidak terjadi defleksi sama sekali baik secara teoretis maupun eksperimental, hal ini disebabkan oleh tumpuan yang dipengaruhi oleh tiga gaya yaitu gaya momen, gaya reaksi pada arah x dan juga gaya reaksi pada arah y terhadap gaya luar yang mempengaruhi terjadinya defleksi.

Dari Gambar 12, didapatkan nilai defleksi yaitu 13.95 mm (teoretis), 9.69 mm

(eksperimental) untuk bentuk *hat section* 60°, sedangkan bentuk *hat section* 75° diperoleh nilai defleksi sebesar 10.71 (teoretis), 8.15 mm (eksperimental), dan untuk nilai defleksi terendah berada pada bentuk *hat section* 90° dengan nilai teoretis sebesar 10.10 (teoretis), 7.41 mm (eksperimental).

Gambar 12, juga menjelaskan bahwa nilai lendutan maksimum yang terjadi baik secara teoretis maupun eksperimental pada baja ST 37 dengan variasi bentuk *hat section* berada pada jarak 900 mm yang merupakan lokasi atau titik pusat tegangan yang nilainya cenderung meningkat hingga pertengahan spesimen, kemudian menurun lagi menjelang ujung tumpuan, hal ini menunjukkan bahwa lendutan yang terjadi tergantung dari posisi beban dan jarak ke ujung tumpuan, semakin jauh jarak beban semakin tinggi nilai lendutan yang terjadi dan sebaliknya semakin dekat beban yang diberikan oleh tumpuan maka semakin kecil nilai lendutannya.



**Gambar 13.** Grafik Hubungan Defleksi Terhadap Variasi Bentuk *Hat Section*

Pada Gambar 13. menunjukkan bahwa defleksi yang terjadi pada baja ST 37 dengan variasi bentuk *hat section* 90°, 75°, dan 60° baik secara teoretis maupun eksperimental didapatkan spesimen pada bentuk 90° memiliki nilai defleksi terkecil bila dibandingkan dengan bentuk 75° maupun 60°.

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin tegak bentuk spesimen dapat mengurangi terjadinya defleksi, karena adanya penambahan nilai momen inersia. Hal ini seperti penjelasan sebelumnya bahwa nilai defleksi dipengaruhi kekakuan batang, di mana semakin kaku suatu batang maka defleksi yang terjadi pada batang akan semakin kecil, begitu pun sebaliknya dan dapat disimpulkan bahwa momen inersia berbanding terbalik terhadap defleksi.

Setelah dilakukan pengujian secara teoretis maupun eksperimental terdapat

perbedaan nilai defleksi dimana nilai teoretis lebih besar hal ini dikarenakan pada pengujian teoretis spesimen yang digunakan diasumsikan homogen, nilai modulus elastisitas dan momen inersia tidak mengalami perubahan, sedangkan secara eksperimental di mana sepanjang batang tidak homogen, nilai kekakuan pada sepanjang batang tidak seragam, dan penyebaran gaya yang tidak merata sepanjang batang, hal inilah yang mempengaruhi adanya perbedaan nilai defleksi yang didapatkan secara teoretis maupun eksperimental.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil yang di peroleh baik secara teoretis maupun secara ekperimental kesimpulan yang dapat di ambil yaitu;

1. Defleksi terkecil diperoleh pada spesimen bentuk *hat section* 90° dibandingkan dengan nilai defleksi pada bentuk *hat section* 75° dan bentuk *hat section* 60° baik secara teoretis maupun eksperimental. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin tegak bentuk spesimen maka dapat mengurangi terjadinya defleksi, karena adanya penambahan nilai momen inersia.
2. Nilai defleksi secara teoretis lebih besar jika dibandingkan dengan nilai defleksi eksperimental, dimana nilai persentase perbedaan maksimum terjadi pada *hat saction* bentuk 60° dengan nilai 30.98%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Supriyanto A., Yuniyanto P., 2016, "Pengaruh Bentuk Penampang Batang Struktur Terhadap Tegangan Dan Defleksi Oleh Beban Bending", Jurnal Teknik Atw Edisi 16 Hal.1-9."
- [2] H. Marimbun, "Perbandingan Bentuk Penampang Baja Profil Terhadap Kuat Bending," 2021.
- [3] H. Ramadhan, "Studi Analisis Perbandingan Baja Profil Wf (Wide Flange) Menggunakan Metode Allowable Stress Design (Asd) Dan Load And Resistance Factor Design (Lrfd) Dengan Model Struktur Gable Frame Pada Relokasi Pasar Blimbing Malang," 2014.
- [4] "Mustafa, Naharuddin, Seleng, K., Rahmanto, A., (2013), 'Aplikasi Simulasi Program Matlab Untuk Penentuan Lendutan Pada Baja Ringan Profil U Dengan Variasi Posisi Pembebanan' Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM

XII) Bandar Lampung, 23-24 Oktober 2013, Hal. 715–719.”.

- [5] “Bungin R., 2012, “Kajian Teoritis Dan Eksperimental Defleksi Baja Ringan”, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, UNTAD”.
- [6] R. R. Aminuddin, A. W. B. Santosa, H. Yudo, And J. Soedarto, “Analisa Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Kekuatan Puntir Baja ST 37 Sebagai Bahan Poros Baling-Baling Kapal (Propeller Shaft) Setelah Proses Tempering,” No. 3, 2020.
- [7] Y. K. Afandi, I. S. Arief, And J. A. R. Hakim, “Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan Coating,” Vol. 4, No. 1, 2015.
- [8] “Sutresman O.S., Tjandinegara T., 2012, ‘Analisis Teoritis Dan Eksperimental Defleksi Balok Segiempat Dengan Variasi Posisi Pembebanan’, SNTTM XI, 2033-2037.”.