

ANALISIS SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO BAHAN BAJA SS400
PADA MATERIAL TOWER TRANSMISI

Desy Rizkiyani ⁽¹⁾, Mardin⁽²⁾, Muhammad Balfas⁽²⁾

¹⁾Mahasiswa Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana, Universitas Muslim Indonesia

²⁾Dosen Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana, Universitas Muslim Indonesia

ABSTRAK

Di Indonesia terdapat banyak kasus kerusakan tower transmisi mulai dari robohnya tower transmisi saat tegangan dialirkan hingga terjadinya tower ular setelah proses stringing konduktor dilakukan. Berdasarkan banyaknya kasus tersebut dilakukan penelitian untuk menganalisa sifat mekanik dan struktur mikro bahan baja SS400 yang digunakan sebagai material struktur tower transmisi dengan melakukan Uji Tarik, Uji Bending, Uji Kekerasan, dan Uji struktur Mikro sehingga dapat diketahui kekuatan mekanis yang ideal digunakan untuk bahan pembangun struktur tower transmisi. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kekuatan uji tertinggi yaitu 508.72 N/mm², sedangkan kekuatan bending yang didapatkan terdapat perbedaan nilai yang cukup signifikan dimana nilai tertinggi kekuatan bending didapatkan 1894.7 N/mm². Untuk nilai kekerasan didapatkan nilai yang relatif sama pada semua area pengujian dengan nilai kekersan tertinggi yaitu 59 HRB. Dari uji mikrostruktur didapatkan struktur Ferit dan Perlit dengan 3 unsur penyusun utama yaitu Besi (Fe), Boron (B), dan Berlium (Br).

Kata Kunci : Baja SS400, Sifat Mekanis, Mikro struktur

1. PENDAHULUAN

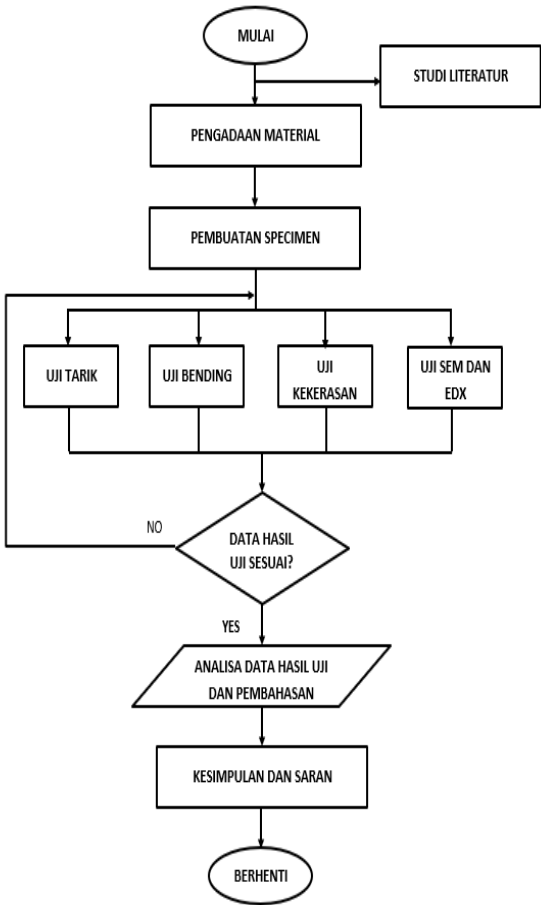
Posisi Tower Transmisi ini bergantung pada jalur transmisi yang ditetapkan, bisa berada didaerah rawa, bukit, pegunungan, dan lain sebagainya. Bahkan Pada bulan agustus tahun 2022 PLN membangun Tower Transmisi yang menghubungkan Pulau Raha dan Pulau Bau-bau Sulawesi Tenggara menggunakan 1 gawang Tower Transmisi yang melintasi laut. Merujuk pada fungsi tower transmisi yaitu menopang konduktor yang berat dan posisinya pada medan yang tidak menentu, maka kekuatan tower transmisi ini menjadi poin penting yang harus diperhatikan. Diindonesia terdapat banyak kasus kerusakan tower transmisi mulai dari robohnya tower transmisi saat tegangan dialirkan hingga terjadinya tower ular setelah proses stringing konduktor dilakukan. Berdasarkan dengan pembahasan diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisa sifat mekanik dan strukture mikro bahan baja SS 400 yang banyak digunakan sebagai material struktur tower transmisi dengan melakukan Uji Tarik, Uji Bending, Uji Kekerasan, dan Uji Struktur Mikro sehingga dapat diketahui kekuatan mekanis yang ideal digunakan untuk bahan pembangun struktur tower transmisi.

2. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di 3 lokasi yaitu Uji Kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia, Uji Tarik dan Uji Bending dilakukan di Balai Latihan Kerja Kota Makassar dan Uji SEM dan EDX dilakukan di Laboratorim Mikrostruktur Universitas Muslim Indonesia

B. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Tarik

Sebelum pengujian tarik, dilakukan pencatatan nilai L_0 untuk setiap spesimen uji. Setelah pengujian dilakukan spesimen di ukur kembali untuk mendapatkan nilai perpanjangan material. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai perpanjangan material untuk setiap spesimen.

Tabel 1. Data Awal Uji Tarik

Spesimen	L ₀ (mm)	L _i (mm)	ΔL (mm)
1	52	56.3	4.3
2	51	55.4	4.4
3	50	55.3	5.3
4	50	54.2	4.2
5	49.5	52.8	3.3

Setelah semua nilai didapatkan, maka dilakukan perhitungan terhadap data untuk mendapatkan nilai tegangan dan regangan material. Berikut adalah salah satu perhitungan sesuai dengan persamaan 2.1 untuk nilai tegangan dan 2.2 untuk nilai regangan.

A = l x w

= 12.5 x 6

= 75 mm²

- Data 1 Spesimen 1 dengan nilai F = 296.32 N

$\sigma = \frac{F}{A}$

= $\frac{296.32}{75}$

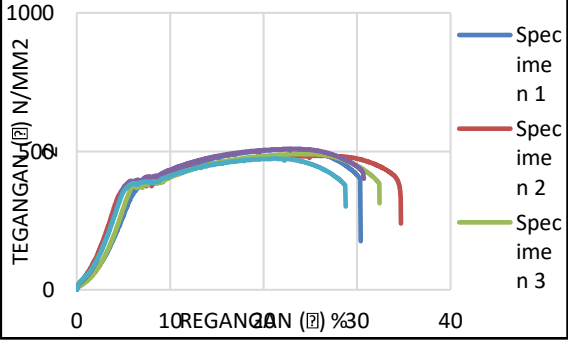
$\sigma = 3.91 \text{ N/mm}^2$

$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$

= $\frac{0.01992}{52} \times 100\%$

$\epsilon = 0.038 \%$

Untuk mendapat grafik dari hasil pengujian, perhitungan dilakukan untuk semua nilai yang didapatkan pada semua pengujian spesimen. Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai tegangan regangan sesuai dengan grafik:



Gambar 2 grafik Perbandingan Tegangan dan Regangan

Dari hasil perbandingan tegangan dan regangan didapatkan nilai tegangan tertinggi adalah pada spesimen 4 yaitu 508.72 N/mm². Dari hasil perbandingan ini didapatkan bahwa nilai tegangan dan regangan yang terbentuk untuk semua spesimen hampir sama. Dalam Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) tahun 1996 yang ditetapkan bahwa kekuatan tarik minimum untuk pelat dasar yang harus dicapai adalah 450 MPa.

B. Uji Bending

Setelah semua spesimen diuji dan data didapatkan, maka dilakukan perhitungan terhadap data untuk mendapatkan nilai kekuatan bending. Berikut adalah salah satu perhitungan sesuai dengan persamaan 2.3.

l = 150 mm

b = 20 mm

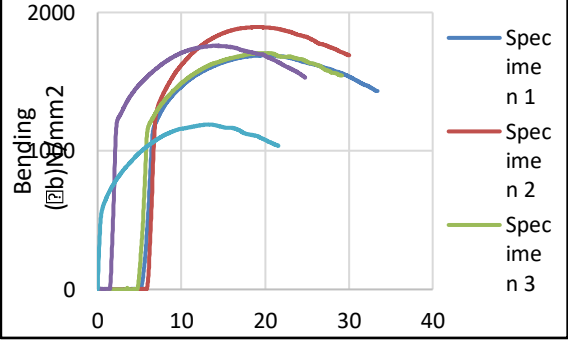
d = 6 mm

Data 1 Spesimen 1, dengan nilai P = 13.105 N

$\sigma_b = \frac{3Pl}{2bd^2}$

= $\frac{3 \times 13.105 \times 150}{2 \times 20 \times 6^2}$
 $\sigma_b = 4.10 \text{ N/mm}^2$

Untuk mendapat grafik dari hasil pengujian, perhitungan dilakukan untuk semua nilai yang didapatkan pada semua pengujian spesimen.



Gambar 3 grafik Kekuatan Bending

Dari grafik hasil perhitungan yang didapatkan nilai kekuatan bending tertinggi adalah pada spesimen 2 yaitu 1894.7 N/mm². Dari hasil perbandingan 5 spesimen tersebut bahwa nilai kekuatan bending yang terbentuk untuk semua spesimen terdapat perbedaan yang cukup signifikan.

Dalam SPLN tidak di tetapkan standar nilai kekuatan bending yang harus dipenuhi, namun dari beberapa permasalahan yang terjadi saat proses stringing konduktor yaitu sering terjadinya kerusakan struktur tower yang telah selesai di lakukan proses erection. Contoh kerusakan yang sering terjadi adalah dikarenakan kekuatan tower dalam menahan gaya tarik konduktor sehingga terdapat profil tower yang tertekuk.

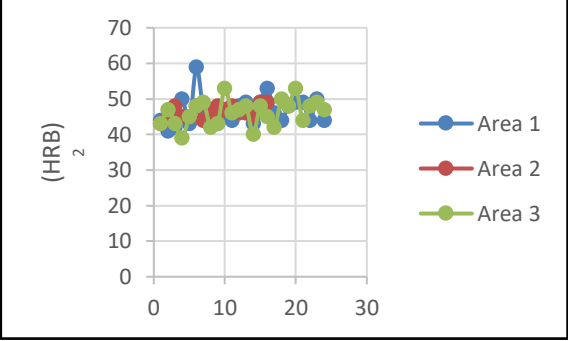
C. Uji Kekerasan

Proses pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan mesin Hardness Tester. Pengujian kekerasan ini menggunakan metode Rockwell. Spesimen uji ditekan menggunakan nilai pembebanan sebesar 588 N hingga mendapatkan nilai kekerasan yang dapat dilihat pada mesin uji. Spesimen yang digunakan dalam pengujian kekerasan yang digunakan adalah raw material utuh. Pengujian kekerasan dilakukan pada beberapa titik material di 3 area.

Tabel 2. Data Kekerasan Material

Area 1		Area 2		Area 3	
No	HRB	No	HRB	No	HRB
1	44	1	43	1	43
2	41	2	45	2	47
3	42	3	48	3	43
4	50	4	45	4	39
5	43	5	45	5	45
6	59	6	48	6	48
7	47	7	44	7	49
8	47	8	46	8	42
9	43	9	48	9	43
10	46	10	47	10	53
11	44	11	48	11	46
12	48	12	46	12	47
13	49	13	46	13	48
14	43	14	45	14	40
15	49	15	49	15	48
16	53	16	49	16	45
17	46			17	42
18	44			18	50
19	48			19	48
20	49			20	53
21	49			21	44
22	44			22	48
23	50			23	49
24	44			24	47

Setelah semua titik pada area yang diuji nilai kekerasannya, dan didapatkan nilai kekerasannya. Perbandingan nilai kekerasan untuk 3 area berbeda yang dilakukan pengujian dapat dilihat pada grafik



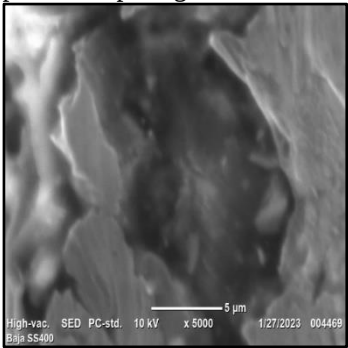
Gambar 4 grafik Hasil Pengujian Kekerasan

Dari hasil perbandingan kekerasan terlihat bahwa nilai kekerasan tertinggi berada pada area 1 yaitu 59 HRB dan terendah pada area 3 yaitu 42 HRB. Dari grafik dapat dilihat pula nilai kekerasan material berada pada *range* yang hampir sama.

Dalam SPLN 1996 tidak menentukan nilai dari kekerasan material yang dibuat, namun kaitannya dengan permasalahan yang sering terjadi pada proses string bahwa selain profil material tertekuk terdapat juga profil material yang sampai patah. Maka dari itu diharapkan nilai kekerasan material juga dapat menjadi pertimbangan dalam proses design tower

D. Uji Mikrostuktur dan Uji Komposisi

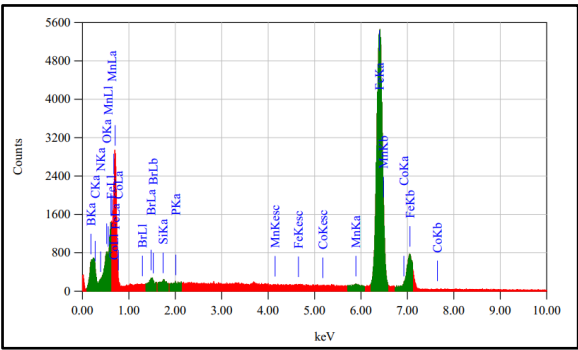
Uji mikrostuktur dilakukan menggunakan metode SEM, material yang dilakukan pengujian dibentuk sehingga bisa terbaca pada alat uji. Pengujian dilakukan dengan pemindaian material dan sehingga dapat terlihat struktur pada layar computer yang terhubung dengan alat uji. Hasil dari pengujian ini didapatkan foto mikrostuktur yang dilakukan pembesaran hingga mencapai maksimal pembacaan oleh alat uji. Foto hasil uji struktur mikro menggunakan SEM ini dapat dilihat pada gambar



Gambar 5 Hasil Foto SEM

Dari uji mikrostuktur yang dilakukan menggunakan alat SEM terlihat bahwa mikrostuktur yang terbentuk adalah mikro struktur ferrite yang berwarna putih dan perlit yang berwarna hitam.

Uji komposisi dilakukan pada alat yang sama dengan pengujian SEM, pengujian dilakukan dengan mengetahui jenis unsur kimia yang penyusun material. Setelah pengujian dilakukan semua unsur material akan muncul. Hasil pengujian unsur yang dilakukan dapat dilihat pada grafik.



Gambar 6 grafik Hasil Uji Komposisi (EDX)

Dari hasil pengujian EDX yang dilakukan 3 unsur utama dengan presentasi massa paling 3 yaitu Fe (Ferum) dengan massa 90.37%, B (Boron) dengan massa 6.10%, dan Br (Bromin) 1.08%. 3 unsur dengan presentase masa paling kecil yaitu Nitrogen (N) dengan massa 0.21%, Silikon (Si) dengan massa 0.12%, dan (Fosforus) P dengan massa 0.04%. Komposisi presentase material dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Hasil Uji Unsur (EDX)

No	Element	Massa %
1	B K	6.10
2	C K	0.51
3	N K	0.21
4	O K	0.64
5	Si K	0.12
6	P K	0.04
7	Mn K	0.57
8	Fe K	90.37
9	Co K	0.36
10	Br L	1.08
TOTAL		100

Jika dibandingkan dengan standar Standar GIS pada Tabel 2.1 di temukan terdapat beberapa massa unser yang melebihi standar yang ditetapkan yaitu 0.51% untuk Carbon (C), dan Fosforus (P) 0.04%.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil uji tarik menunjukkan kekuatan tarik material dengan nilai perbedaan yang tidak terlalu signifikan dan berada pada *range* yang sesuai dimana nilai kekuatan tarik tertinggi pada material uji 1 yaitu 508.72 N/mm² dan terendah pada material uji 5 sebesar 473.5 N/mm². Niali dari hasil uji tarik ini juga sesuai dengan standar SPLN. Hasil uji bending menunjukkan perbedaan kekuatan bending yang cukup signifikan untuk pada salah satu material dimana nilai tertinggi kekuatan bending terdapat pada material uji 2 yaitu 1894.7 N/mm² dan terendah pada material uji 5 yaitu 473.5 N/mm². Pada SPLN tidak menentukan nilai uji bending sebagai standar, dengan beberapa permasalahan profil tower yang tertekuk diharapkan hasil uji bending juga masuk dalam pertimbangan *design* tower.
2. Hasil uji kekerasan menunjukkan nilai kekerasan yang relatif sama pada seluruh area raw material yang digunakan pada struktur tower. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada area 1 yaitu 59 HRB. Nilai Uji kekerasan juga tidak masuk dalam SPLN, berkaitan dengan permasalahan design tower diharapkan nilai kekerasan material juga dapat dipertimbangkan.

3. Hasil uji mikrostruktur dan hasil uji unsur menunjukkan material terbentuk dari struktur mikro ferrite dan perlit dimana terdapat 3 unsur utama yaitu Besi (Fe), Boron (B), dan Berlium (Br). Dari hasil uji EDX juga ditemukan 2 unsur dengan komposisi massa melebihi standar yang ditetapkan yaitu 0.51% untuk Carbon (C), dan Fosforus (P) 0.04%. Struktur mikro dan unsur pembentuk ini memberikan sifat ulet namun kuat pada material sehingga cocok untuk digunakan sebagai material struktur tower transmisi yang tidak boleh bersifat getas.

DAFTAR PUSTAKA

- Balfas, M., Habib, F., Hafid, H., & Fitrah, M. A. (2022). Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik Pada Baja ST 37. *J-Move. Jurnal Teknik Mesin FT-UMI*, 4(1), 8–13.
- Insani, M. N. (2019). *ANALISIS STRUKTUR MICRO MATERIAL BAJA KARBON RENDAH (ST 37) SNI AKIBAT PROSES BENDING*.
- Naharuddin, N., Sam, A., & Nugraha, C. (2017). Kekuatan Tarik Dan Bending Sambungan Las Pada Material Baja Sm 490 Dengan Metode Pengelasan Smaw Dan Saw. *Jurnal MEKANIKAL*, 6(1), 550–555. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Mekanikal/article/view/5259>
- Niko Bayu Prasetyo, Untung Budiarto, D. C. (2020). Jurnal teknik perkapalan. *Teknik Perkapalan*, 8(3), 368–374.
- Pathur Rahman, M., & A. Kurniawan, F. (2022). Analisa kekuatan material bahan carbon steel aisi 1018 dan baja tulangan polos sni p40 sebagai angkur pada tower dengan metode uji tarik. *Buletin Utama Tekni*, 17(3), 291–301.
- Sukarno, Asiri, H., & Mardin. (2015). *Analisis Kekuatan Tarik dan Bending Dari Beberapa Jenis Kampuh V,X,I pada Pengelasan SMAW terhadap Baja Karbon Medium*.
- Surdia, T., & Met, M. S. (1999). Pengetahuan Bahan Teknik. *Buku Bahan Teknik*, 372.
- Wahyono, I., Salam, R., & Dimyati, A. (2015). Karakterisasi Struktur Mikro Menggunakan SEM Dan XRD Pada Ketahanan Baja Korosi Komersial Ss430 Dan Baja Non Komersial F1. *Proceeding Seminar Nasional XI SDM Teknologi Nuklir, September*, 112–117.
- Zainuri, A., Setyawan, D., & Mesin, J. T. (2015). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk cangkang keong emas (5% 10% dan 15%) pada baja karbon rendah setelah mengalami proses karbonisasi (carburizing) terhadap sifat fisis (uji komposisi dan foto struktur mikro) dan.