

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

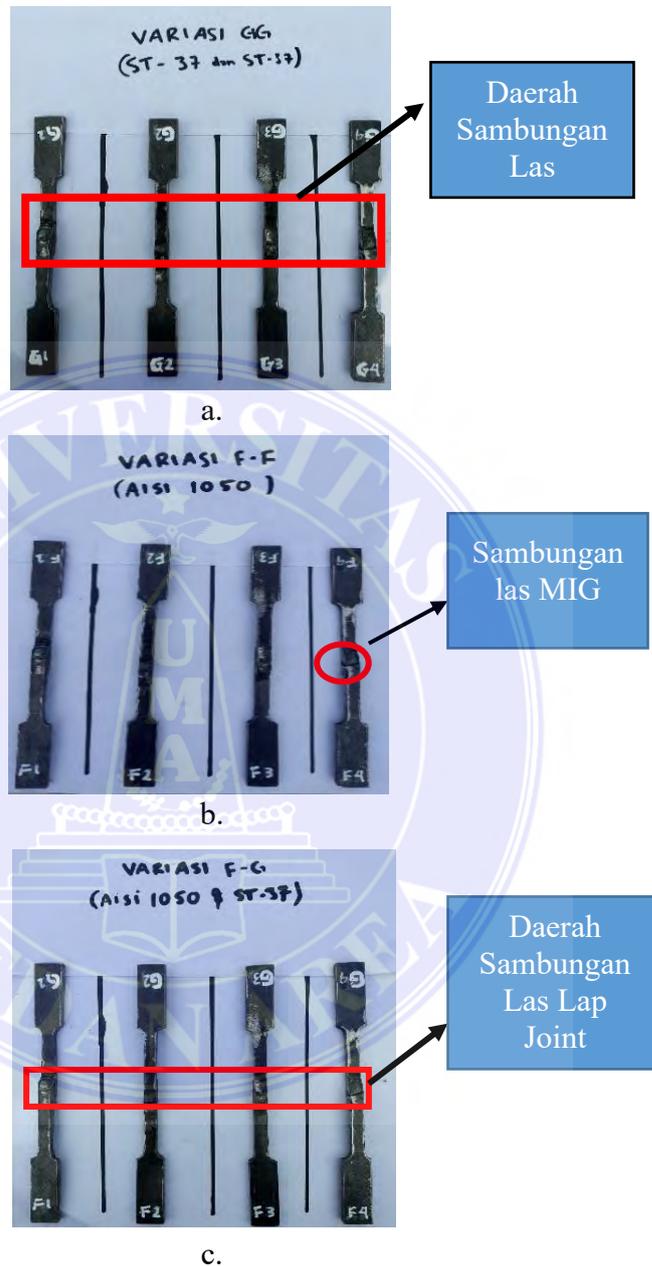
4.1.1 Hasil Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen baja dengan kadar karbon berbeda yang mengikuti standart ASTM E8 akan dilakukan perlakuan awal yaitu menghitung panjang, lebar dan tebal baja serta batas jarak putus pada spesimen. Spesimen yang melakukan pengujian terdiri dari beberapa komposisi kadar karbon yang berbeda disetiap spesimen, hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar elastisitas dan kekuatan pada spesimen serta didapatkan grafik hubungan antara tegangan dan regangan yang diperoleh pada setiap spesimen uji. Proses awal dan setelah dilakukan pembuatan spesimen dapat dilihat melalui rangkaian proses pada gambar diagram alur 4.1.



Gambar 4. 1. Diagram Alir Pembuatan Spesimen

Hasil dari pembuatan spesimen pengujian tarik dengan berbagai variasi komposisi dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2. Spesimen (a). Baja ST-37, (b). Baja AISI 1050, (c). Kombinasi

4.1.2 Hasil Pengujian Tarik

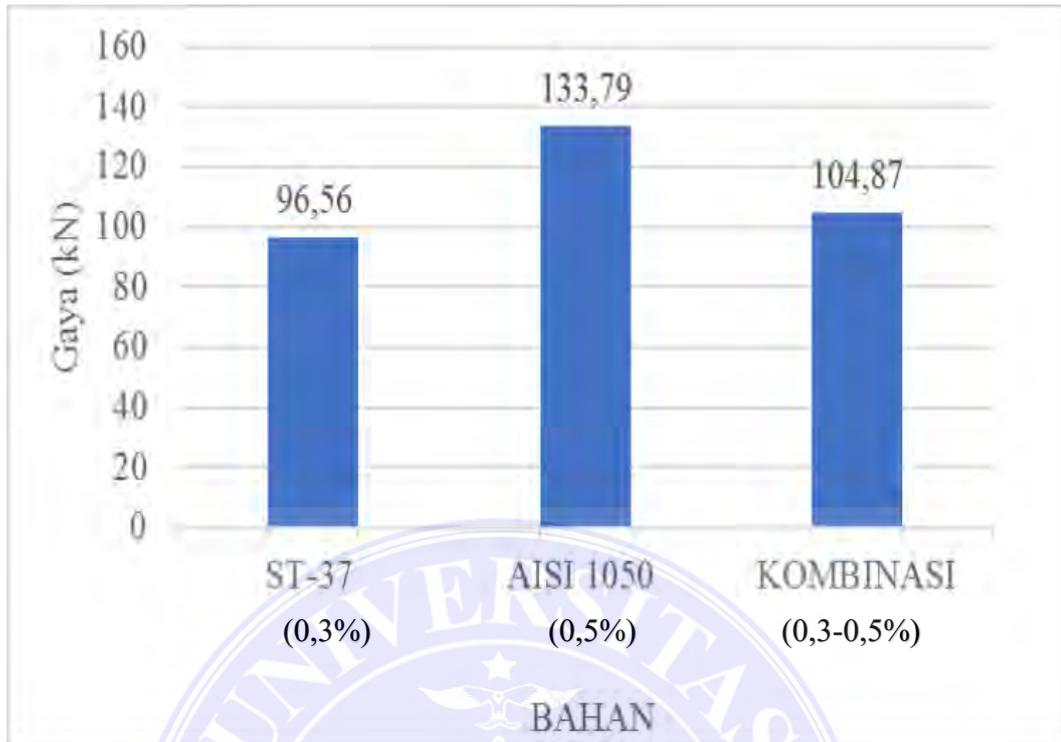
Hasil pengujian tarik diperoleh besarnya kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Untuk mendapatkan hasil pengujian pada spesimen maka dilakukan pengujian tarik (*Tensile Test*), Hal ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik

pada spesimenn uji hasil pengelasan. Dalam pengujian ini menggunakan *Tensile Test Machine* diperoleh data gaya (P), pertambahan panjang (ΔL). Hal ini bertujuan untuk mencari tegangan, regangan dan modulus elastisitas pada spesimen baja karbon hasil pengelasan. Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Tarik

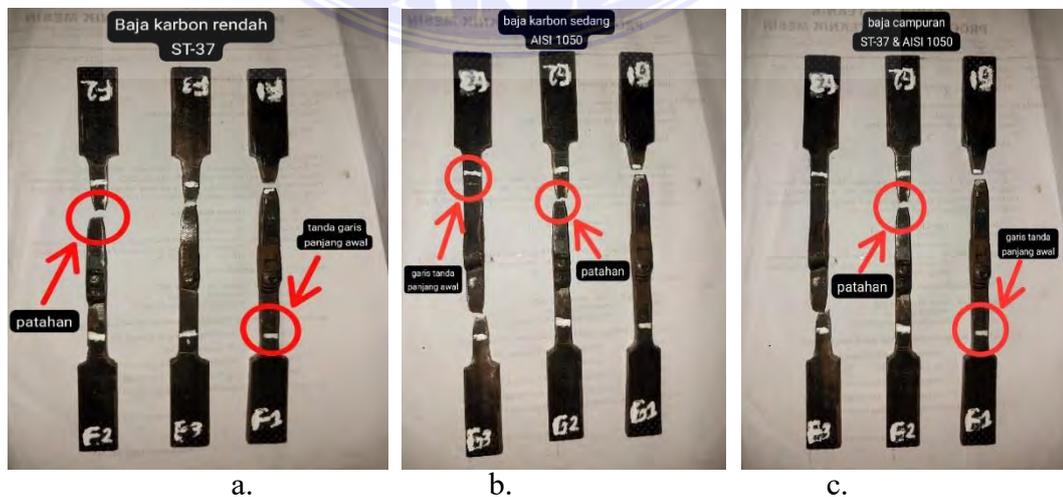
No	Kode	Bahan	P max (kN)	l_0 (mm)	l_{max} (mm)	(ΔL) (mm)
1	G1	ST 37 (0,3%)	31,72	75	82	7
2	G2		34,63		86	11
3	G3		33,21		85	10
4	F1	AISI 1050 (0,5%)	46,09	75	79	4
5	F2		41,61		80	5
6	F3		46,09		80	5
7	FG1	Kombinasi (0,3% - 0,5%)	36,01	75	80	5
8	FG2		34,65		88	13
9	FG3		16,51		79	4

Pengujian yang dilakukan pada masing-masing spesimen setiap variasi menghasilkan nilai gaya maksimum yang dapat dilihat pada tabel 4.1. Berdasarkan data dan hasil pengujian diperoleh grafik perbandingan nilai gaya dengan kadar karbon baja pada setiap variasi. Variasi 1 baja ST-37 dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%. Variasi 2 baja AISI 1050 dimana memiliki kandungan karbon tergolong menengah sebesar 0,5%. Variasi 3 adalah kombinasi dari kedua baja ST-37 dengan AISI 1050 sehingga mempunyai kandungan karbon 0,3% - 0,5%. Dapat dilihat gambar grafik perbandingan nilai gaya dengan variasi kandungan baja berbeda pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3. Perbandingan Gaya Setiap Variasi

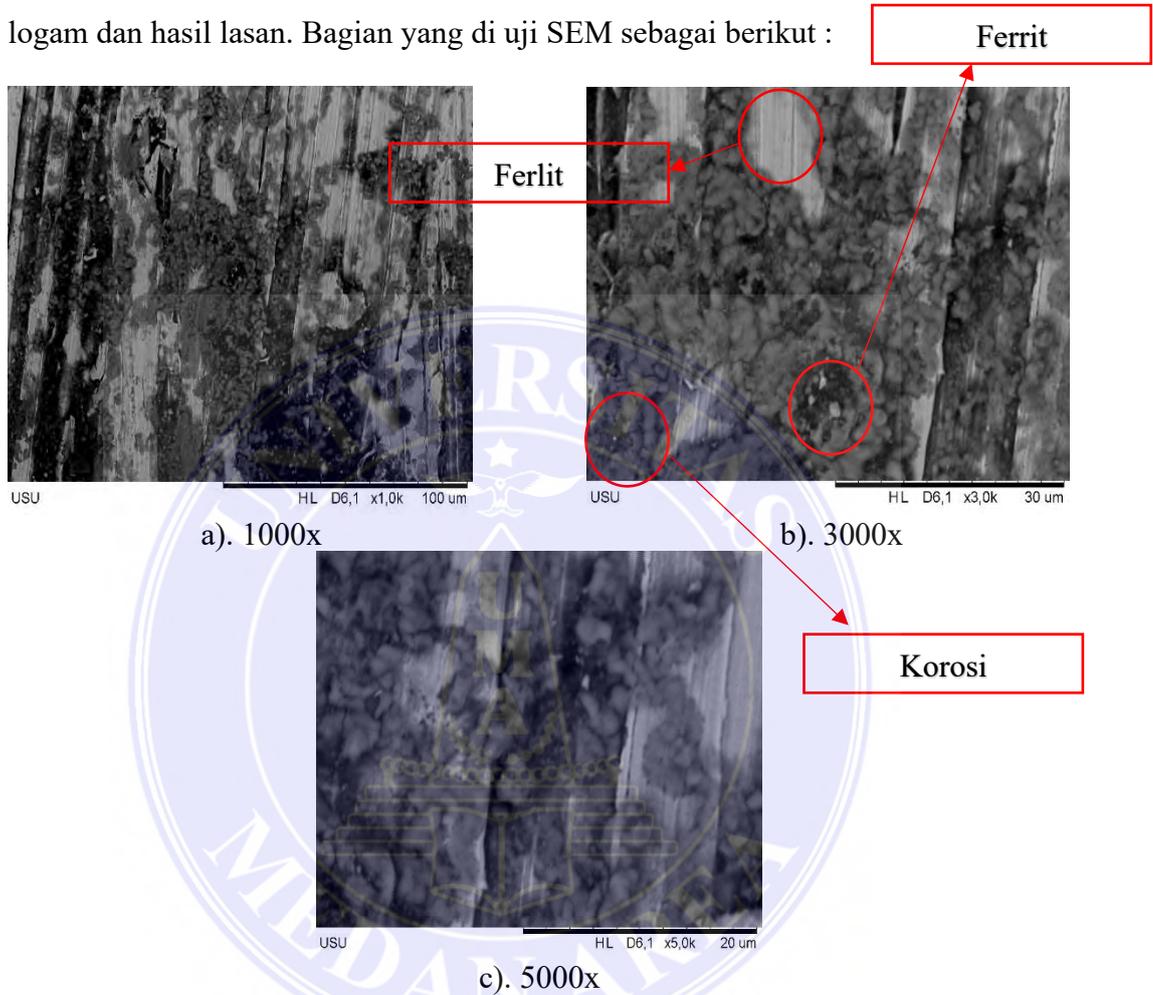
Spesimen yang menerima pengujian tarik menggunakan *Tensile Test Machine* mengalami beberapa perubahan bentuk fisik yaitu patahan pada batas jarak patah dan perubahan panjang yang tidak signifikan, hal ini dikarenakan pengujian spesimen menggunakan bahan baja karbon yang berbeda. Hasil perubahan bentuk fisik pada spesimen dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 4. Spesimen Hasil Uji Tarik (a). ST-37, (b). AISI 1050, (c). Kombinasi

4.1.3 Hasil Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Setelah dilakukan pengujian tarik didapatkan struktur mikro pada baja hasil uji tarik. Pengujian foto mikro menghasilkan struktur dan sifat mekanik antara logam dan hasil lasan. Bagian yang di uji SEM sebagai berikut :



Gambar 4.5. Hasil Pengujian SEM

Terlihat dari gambar 4.5 menunjukkan mikrostruktur seperti adanya korosi yang disebabkan dari pengujian tarik yang dilakukan sebelumnya. Dari hasil pengujian tersebut juga menunjukkan kandungan seperti *ferrit* dan *ferlit*. *Ferrit* adalah protein intraseluler yang berfungsi menyimpan zat besi dan mengeluarkannya ke dalam tubuh saat dibutuhkan. *Feritin* juga memiliki peran dalam meregulasi homeostatis zat besi dan sebagai penggambaran persediaan zat besi. Sedangkan *Ferlit* adalah vulkanis yang relatif banyak mengandung air.

4.2 Pembahasan

Hasil dari pengujian spesimen dengan menggunakan *Tensile Test Machine* diperoleh data yang akan dianalisis untuk mencari titik nilai tegangan regangan, tegangan patah, tegangan luluh, dan modulus elastisitas.

1. Analisa Tegangan

Untuk mencari tegangan tarik diperlukan gaya dan luas penampang. Merujuk pada persamaan 2.1. Dengan nilai P dan HL pada spesimen 1 variasi baja ST-37 dapat dilihat pada tabel 4.2 diperoleh nilai tegangan dibawah ini :

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan Tarik } (\sigma) : \sigma &= \frac{P}{0,707hl} \\ \sigma &= \frac{31,72 \text{ kN}}{0,707 \cdot 6(\text{mm}) \cdot 12,5(\text{mm})} \\ \sigma &= \frac{31,72 \text{ kN}}{53,02 \text{ mm}^2} \\ \sigma &= 0,598 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \times 1000 \\ \sigma &= 598,2 \text{ GPa} \end{aligned}$$

Hasil tegangan tarik yang diperoleh lainnya dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Tegangan

No	Kode	Bahan	P (kN)	hl (mm ²)	Kekuatan tarik	
					σ max (MPa)	Rata-rata σ max(MPa)
1	G1	ST 37 (0,3%)	31,72	53,02	598,2	606,9
2	G2		31,63		596,5	
3	G3		33,21		626,3	
4	F1	AISI 1050 (0,5%)	46,09	53,02	874,5	842,8
5	F2		41,61		784,7	
6	F3		46,09		869,2	
7	FG1	Kombinasi (0,3% - (0,5%))	36,01	53,02	679,1	547,9
8	FG2		34,65		653,5	
9	FG3		16,51		311,3	

2. Analisa Regangan

Untuk mencari regangan diperlukan pertambahan panjang dan panjang awal. Merujuk pada persamaan 2.2. Dengan nilai ΔL dan l_0 pada spesimen 1 variasi baja AISI 1050 dapat dilihat pada tabel 4.3 diperoleh nilai regangan dibawah ini :

$$\text{Regangan } (\varepsilon) : \quad \varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0}$$

$$\varepsilon = \frac{4 \text{ mm}}{75 \text{ mm}}$$

$$\varepsilon = 0,05$$

Hasil yang regangan yang diperoleh lainnya dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Regangan

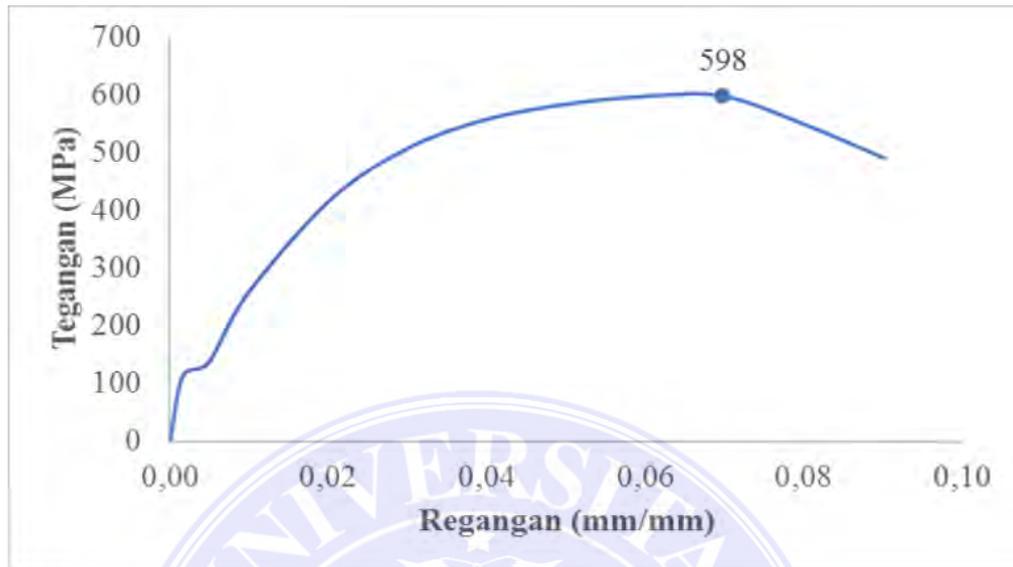
No	Kode	Bahan	l_0 (mm)	ΔL (mm)	Regangan	
					ε max	Rata-rata ε max
1	G1			7	0,09	
2	G2	ST 37 (0,3%)	75	11	0,14	0,07
3	G3			10	0,13	
4	F1			4	0,05	
5	F2	AISI 1050 (0,5%)	75	5	0,06	0,14
6	F3			5	0,06	
7	FG1	Kombinasi (0,3% - 0,5%)	75	5	0,06	0,12
8	FG2			13	0,17	
9	FG3			4	0,05	

3. Kurva Tegangan vs Regangan

Berdasarkan analisis tegangan dan regangan merujuk pada data hasil pengujian tarik diperoleh nilai perbandingan tegangan dan regangan pada variasi ST-37 percobaan 1 dengan nilai tegangan maximum 598,2 MPA dan regangan dengan nilai 0,09. Dari nilai tegangan dan regangan dihasilkan kurva tegangan regangan yang akan menampilkan perbandingan kekuatan tarik benda yang di uji

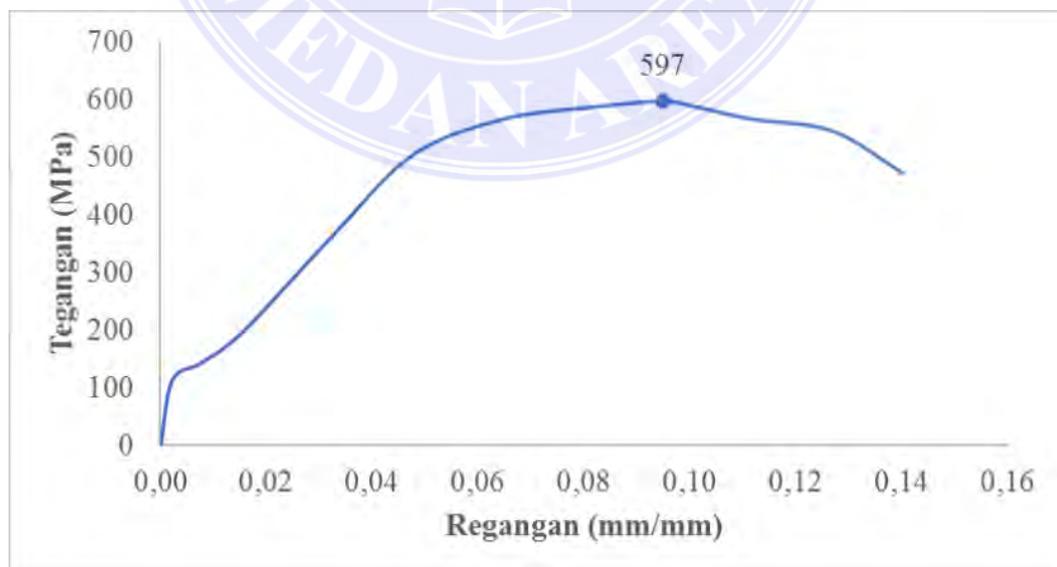
tarik.

a. Grafik tegangan vs regangan sambungan baja karbon rendah ST-37.

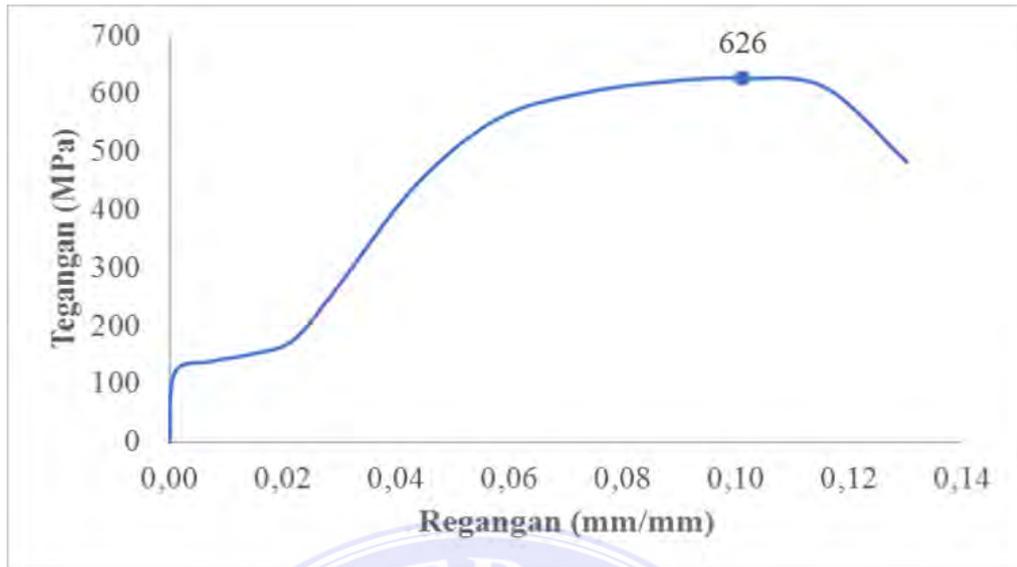


Gambar 4. 5. Tegangan vs Regangan ST-37 Spesimen 1

Dari gambar grafik tegangan dan regangan diatas adalah sambungan baja ST-37 dengan variasi kandungan karbon rendah 0,3 %, bentuk kurva serta nilai tegangan dapat dilihat pada gambar diatas. Pada percobaan kedua dan ketiga dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5 dengan campuran dan varian yang sama.

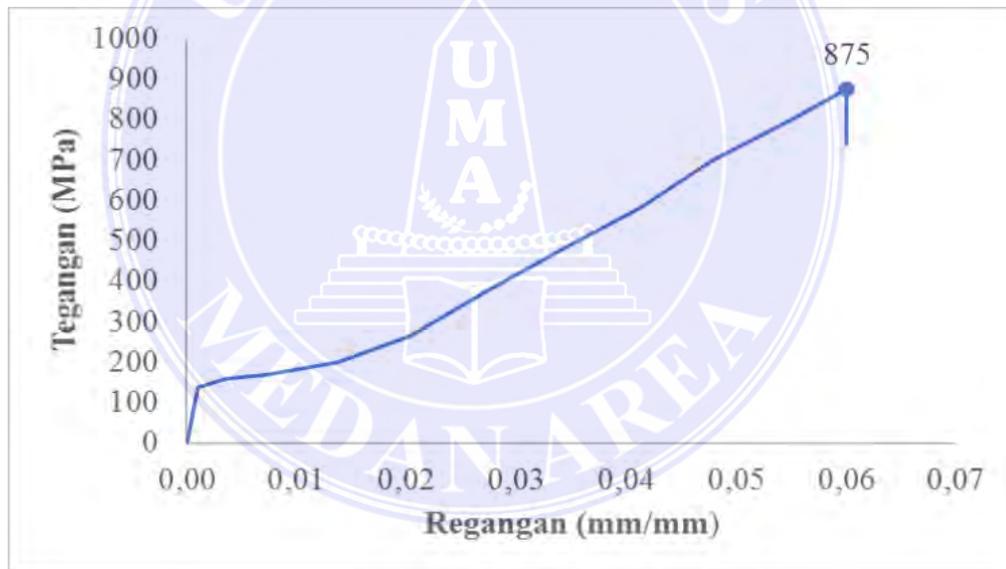


Gambar 4. 6. Tegangan vs Regangan ST-37 Spesimen 2



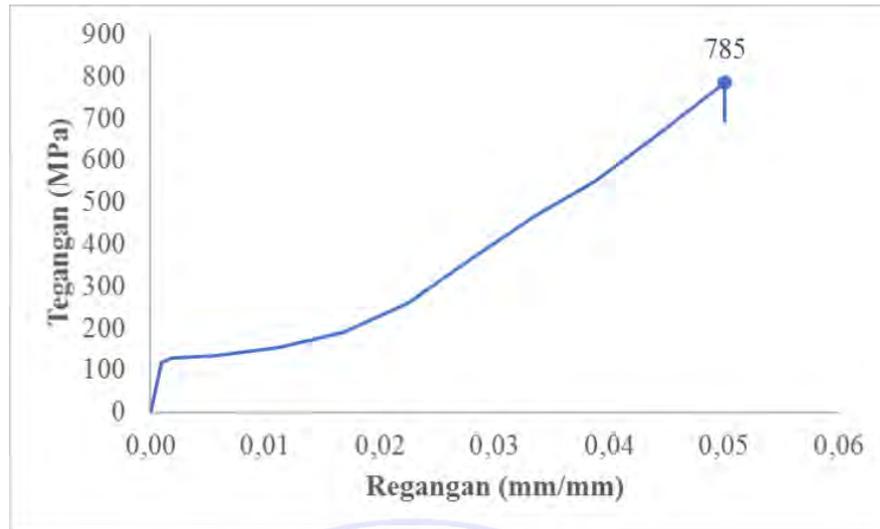
Gambar 4. 7. Tegangan vs Regangan ST-37 Spesimen 3

b. Grafik tegangan vs regangan sambungan baja karbon sedang AISI 1050

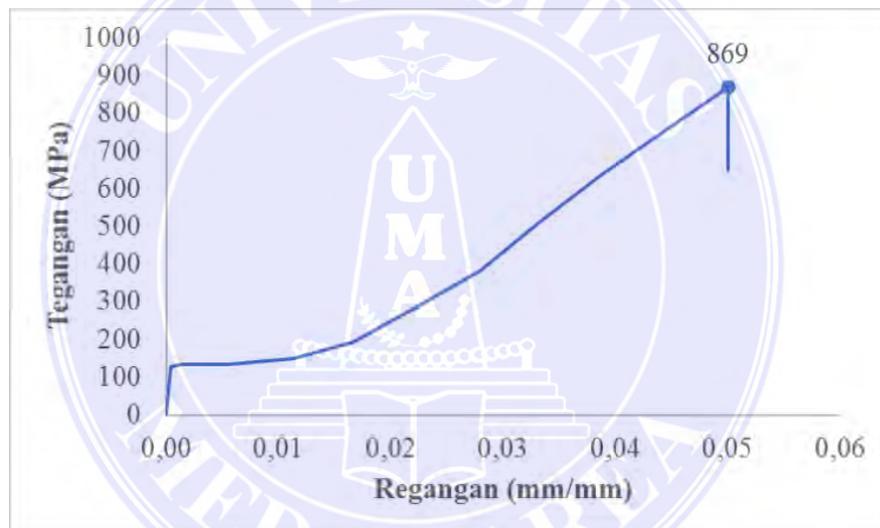


Gambar 4. 8. Tegangan vs Regangan AISI 1050 Spesimen 1

Dari gambar grafik tegangan dan regangan diatas adalah sambungan baja AISI 1050 dengan variasi kandungan karbon rendah 0,5 %, bentuk kurva serta nilai tegangan dapat dilihat pada gambar diatas. Pada percobaan kedua dan ketiga dapat dilihat pada gambar 4.7 dan 4.8 dengan campuran dan varian yang sama.



Gambar 4. 9. Tegangan vs Regangan AISI 1050 Spesimen 2

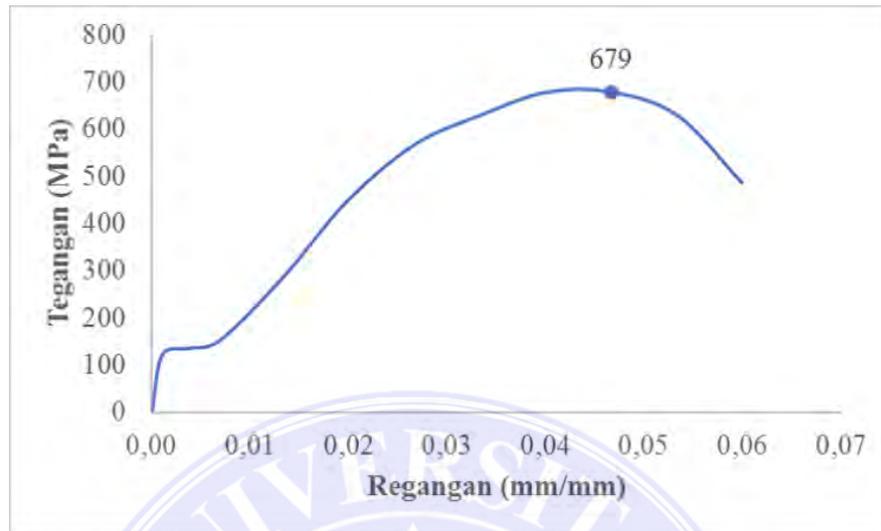


Gambar 4. 10. Tegangan vs Regangan AISI 1050 Spesimen 3

Dari kurva tegangan vs regangan pada variasi sambungan baja dengan paduan kadar karbon sedang dapat dilihat bahwa tegangan yang dihasilkan lebih besar tetapi regangan yang diperoleh rendah. Dari nilai tersebut diketahui bahwa sambungan baja dengan paduan kadar karbon lebih tinggi mengakibatkan semakin tinggi kuat tarik serta tegangan, tetapi koefisien muai bahan turun dan baja semakin getas akibatnya regangan yang dihasilkan lebih kecil. Berbeda dengan variasi sambungan baja paduan kadar karbon rendah menghasilkan tegangan lebih rendah

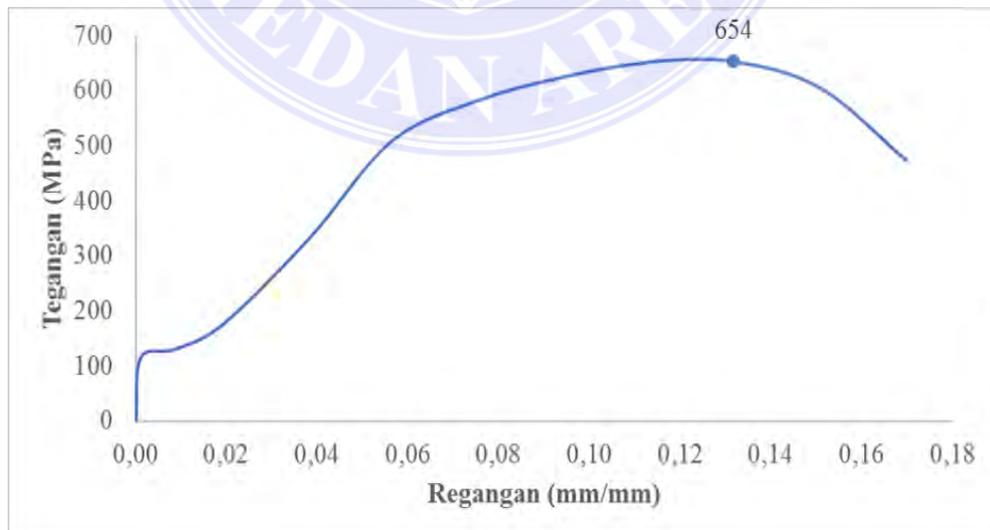
tetapi regangan yang dihasilkan lebih tinggi.

c. Grafik tegangan vs regangan baja karbon berbeda ST-37 & AISI 1050

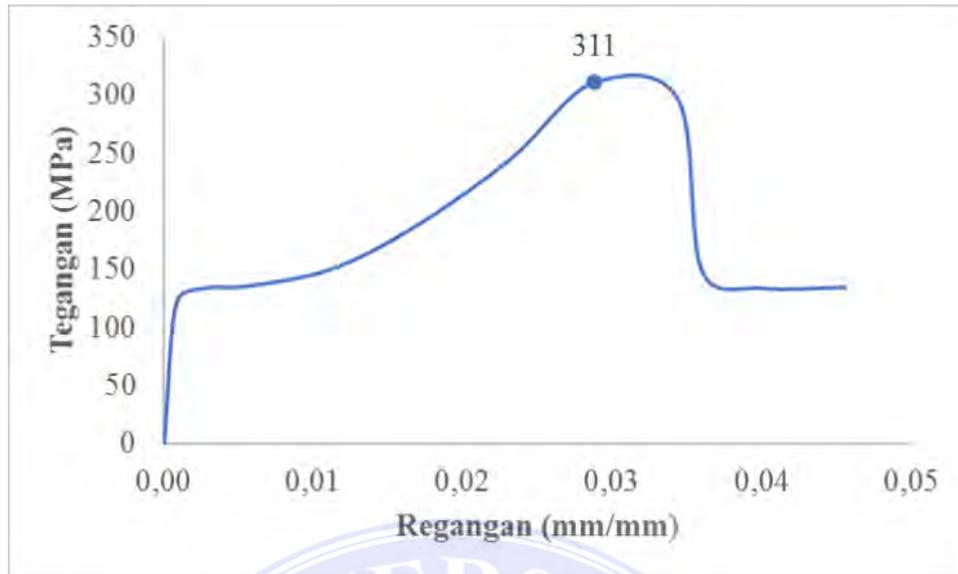


Gambar 4. 11. Tegangan vs Regangan Kombinasi Spesimen 1

Dari gambar grafik tegangan dan regangan diatas adalah sambungan baja Kombinasi ST-37 dan AISI 1050 dengan variasi kandungan karbon berbeda 0,3-0,5 %, bentuk kurva serta nilai tegangan dapat dilihat pada gambar diatas. Pada percobaan kedua dan ketiga dapat dilihat pada gambar 4.9 dan 4.10 dengan campuran dan varian yang sama.



Gambar 4. 12. Tegangan vs Regangan Kombinasi Spesimen 2



Gambar 4. 13. Tegangan vs Regangan Kombinasi Spesimen 3

4. Analisa Modulus Elastisitas

Merujuk pada persamaan 2.3. bertujuan untuk mencari nilai modulus elastisitas pada hasil pengujian spesimen sambungan baja karbon berbeda hasil pengelasan. Dapat diperoleh nilai modulus elastisitas seperti yang dilihat pada dibawah ini :

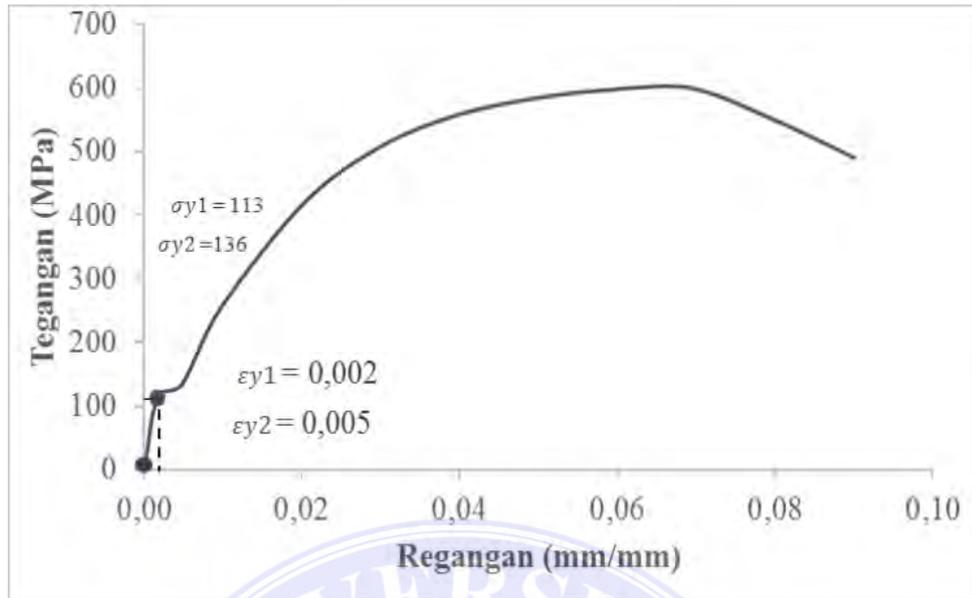
$$E = \frac{\sigma_{y2} - \sigma_{y1}}{\epsilon_{y2} - \epsilon_{y1}}$$

$$E = \frac{136 \text{ MPa} - 113 \text{ MPa}}{0,004 - 0,001}$$

$$E = \frac{23 \text{ MPa}}{0,003}$$

$$E = 7666,6 \text{ GPa}$$

Berdasarkan nilai tegangan yield dan regangan merujuk pada data hasil pengujian tarik diperoleh grafik kurva yang merupakan tegangan terendah dimana material mulai mengalami deformasi plastis pada variasi ST-37 percobaan 1 dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 14. Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas pada komposisi dan pengujian lainnya dapat dilihat pada tabel 4.4

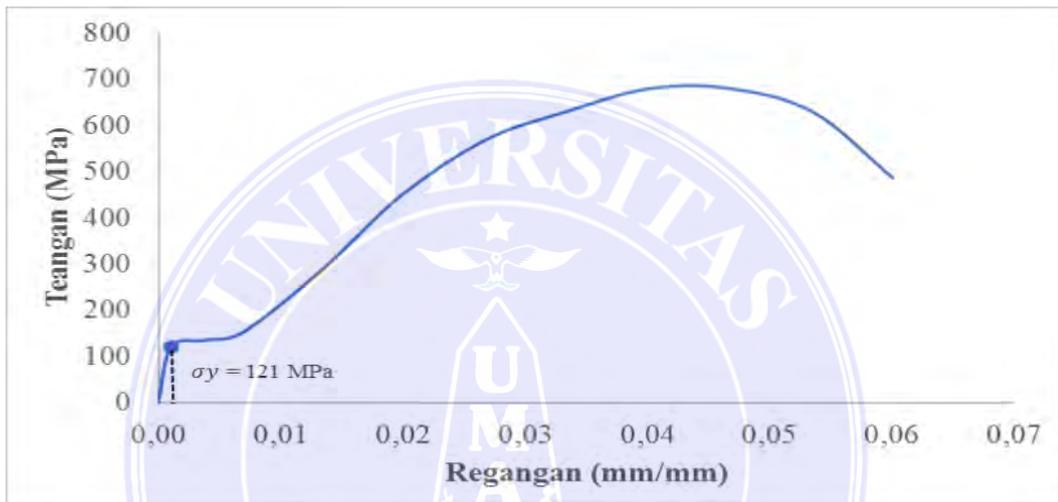
Tabel 4.4. Modulus Elastisitas

No	Kode	Bahan	σ_1 (MPa)	σ_2 (MPa)	ϵ_1	ϵ_2	Modulus	
							E (GPa)	Rata-rata (GPa)
1	G1	ST 37 (0,3%)	113	136	0,002	0,005	7666,6	
2	G2		114	144	0,002	0,008	5475,02	5329,9
3	G3		120	138	0,0009	0,007	2848,35	
4	F1	AISI 1050 (0,5%)	138	159	0,001	0,003	8383	
5	F2		117	130	0,0009	0,001	13723,12	9218,7
6	F3		127	132	0,0004	0,001	5550	
7	FG1	Kombinasi (0,3% - 0,5%)	121	135	0,001	0,003	5019,73	
8	FG2		115	130	0,001	0,008	1978,01	4624,6
9	FG3		121	134	0,0008	0,002	6876,33	

5. Analisa Tegangan Luluh

Untuk mencari titik yield point diperlukan grafik tegangan vs regangan yang didapat dari hasil pengujian tarik. Hasil dari mencari titik luluh dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini :

a. Spesimen sambungan baja kombinasi ST-37 dengan AISI 1050 dengan kandungan karbon 0,3-0,5%, gambar grafik kurva dan nilai yild strength dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 4. 15. Tegangan Luluh Kombinasi

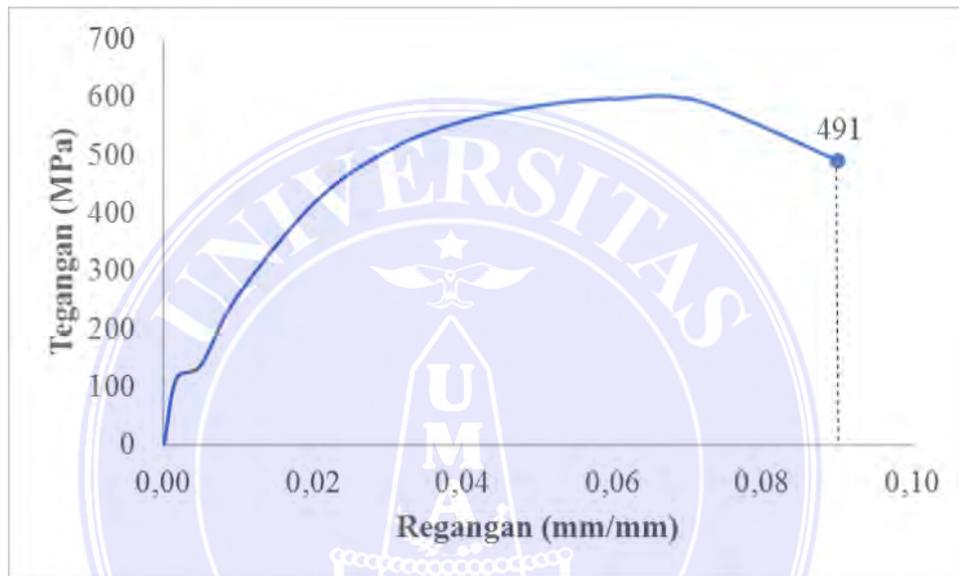
Gambar grafik diatas adalah variasi sambungan baja karbon kombinasi ST-37 dan AISI 1050 dengan percobaan 1, nilai tegangan patah lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.5. Tegangan Luluh

No	Kode	Bahan	Tegangan luluh	
			σ_y (MPa)	Rata2 (GPa)
1	G1	ST 37 (0,3%)	113,16	97404
2	G2		113,73	
3	G3		119,57	
4	F1	AISI 1050 (0,5%)	137,87	55247
5	F2		116,93	
6	F3		126,55	
7	FG1	Kombinasi (0,3% - 0,5%)	120,89	88570
8	FG2		115,05	
9	Fg3		120,70	

6. Analisa Tegangan Patah

Dari hasil analisis data diperoleh nilai tegangan dan regangan dapat kita lihat pada tabel 4.2 dan 4.3 untuk mencari tegangan patah maka dari hal tersebut diperlukan grafik kurva tegangan regangan untuk melihat titik batas maksimum ketika spesimen mengalami patahan disetiap variasi. Gambar grafik tegangan vs regangan patah dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 4. 16. Tegangan Patah ST-37

Gambar grafik diatas adalah variasi sambungan baja karbon rendah ST-37 dengan percobaan 1, nilai tegangan patah lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4.6. Tegangan Patah

No	Kode	Bahan	Tegangan patah	
			σ_f (MPa)	Rata2 (MPa)
1	G1	ST 37	491	
2	G2	(0,3%)	473	638,7
3	G3		482	
4	F1		738	
5	F2	AISI 1050 (0,5%)	694	483,4
6	F3		649	
7	FG1		486	
8	FG2	Kombinasi (0,3% - 0,5%)	473	510,8
9	FG3		149	

Berdasarkan tabel dan grafik hasil pengujian tarik dan perbandingan kekuatan tarik antara pengelasan dengan kadar karbon berbeda yang penulis lakukan, dapat kita lihat bahwa kekuatan tarik las pada plat baja rendah rata-rata lebih rendah nilainya dibanding kekuatan tarik las pada plat baja sedang. Kekuatan tarik maksimum pada plat baja rendah sebesar 71,68 sedangkan kekuatan tarik maksimum pada plat baja sedang yaitu 91,22.

Maka dapat disimpulkan bahwa komposisi kandungan karbon baja material yang dilas dapat mempengaruhi besar kecilnya kekuatan tarik. Dalam hal ini berkurangnya kekuatan tarik pada plat baja juga disebabkan oleh pengaruh jenis pengelasan yang tidak sesuai pada plat baja rendah. Sedangkan yang terjadi pada plat baja sedang selama proses pengelasan dengan las mig menyebabkan bahan makin ulet karena dampak panasnya lebih luas sehingga ketangguhan yang dihasilkan semakin tinggi. Merujuk pada tabel hasil pengujian tarik dalam penentuan bahan terbaik maka diperoleh ranking 1 pada variabel 2 dengan komposisi baja sedang dikarenakan pada setiap perhitungan dan hasil nilai analisis yang tertinggi terdapat pada spesimen 1.