

Analisis Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Sambungan Baja ST 40 Dengan Variasi Arus Pengelasan SMAW

Alfa Faiz Maulana ⁽¹⁾, Priyagung Hartono ⁽²⁾, Unung Lesmanah⁽³⁾

Jurusan teknik mesin universitas islam malang Jl. MT.Haryono 193 Malang 65144, Indonesia

Faiz270997@gmail.com

priyagung@unisma.ac.id

ununglesmanah@yahoo.com

Abstrak

Pengembangan teknologi dibidang kontruksi yang maju sehingga tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peran penting dalam merekayasa & perbaikan metal. Salah satunya Baja ST 40 yaitu baja yang memiliki gaya tarik maksimum 40 kg/mm². Baja ST 40 tertera dalam baja carbon rendah yang mempunyai kandungan karbon antara 0.025%-0,25% C. Peneliti ini bermaksud untuk mendapati kekuatan pada sambungan baja ST40. Operasi pengelasan SMAW dilakukan dengan variasi arus 80A, 100A dan 120A. Pengelasan ini menggunakan elektroda yaitu: E6013. Peneliti menggunakan kampuh V dengan sudut 60° terdapat dua pengujian yaitu: Pengujian Tarik dan Pengujian Bending. Kekuatan tarik pada sambungan baja ST 40 dengan variasi arus Pengelasa SMAW terdapat nilai rata - rata kekuatan tarik pada arus 80A sejumlah 269,9 Mpa dan terdapat nilai rata-rata tegangan tarik pada arus 100A sebesar 332,6 Mpa dan arus 120A sebesar 411,5 Mpa. Kekuatan bending pada sambungan baja ST40 dengan variasi arus pengelasan SMAW pada arus 80A sebesar 2.045 Mpa sedangkan arus 100A sebesar 2.432,5 dan arus 120A sebesar 2.937,5 Mpa.

Kata kunci: Pengelasan SMAW, baja ST40, Uji Tarik, Uji Bending

PEDAHULUAN

Pengembangan *tecnology* dibidang kontruksi yang semakin maju tidak dapat dipisah dari pengelasan sebab mempunyai peran yang sangat penting akibat adanya manipulasi dan perbaikan logam. pembangunan kontruksi dengan logam di era sekarang banyak melibatkan faktor pengelasan khusus dibidang rancangan dan pembangunan sebab sambungan las merupakan salah satu pengerjaan sambungan secara teknik mengutamakan keterampilan atau mempunyai seni terhadap pengelasan supaya didapat sambungan dengan kualitas tinggi. Las adalah salah satu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan (Widharto, 2001). Dalam penelitian ini menggunakan baja ST 40 karena dinilai cocok sederhana dan sifat mampu las pada metode pengelasan SMAW untuk mendapatkan kekuatan tarik & bending terhadap sambungan baja ST 40. Baja Shtal 40 merupakan baja carbon yang mempunyai kandungan unsur karbon di dalam baja sebanyak 0.16%C. Kata ST berawal dari bahasa German “Sthl” yang berarti baja, (JA sukma, 2012).

Luas penggunaan teknologi las hampir semua jenis logam mampu dilas dengan menggunakan elektroda. Penggunaan berbagai jenis elektroda agar kekuatan lasan bisa meningkat. Namun pada kenyataannya hasil dari proses pengelasan kekuatan material tidak sesuai yang di inginkan. (Togar, 2020).

Las SMAW merupakan pengelasan busur listrik nyala terlindungi adalah pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam. Proses perpindahan logam berlangsung terhadap elektroda mencair dan membentuk butiran yang terbawa arus busur listrik yang terjadi.

Bila menggunakan arus listrik yang besar maka, butir-butiran logam yang mencair akan menjadi halus begitu sebaliknya apabila arus yang digunakan kecil maka, butiran akan menjadi kasar. Proses pengelasan SMAW (*Sheild Metal Arc Welding*). dimana elektroda ini akan mencair selama pengelasan sehingga menjadi logam induk dan membentuk bagian kampuh las (Wirjosumarto,2000).

Tujuan peneliti ini untuk mendapatkan kekuatan tarik dan bending terhadap sambungan baja ST40 dengan variasi arus pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*).

METODOLOGI PENELITIAN

Metode ini menggunakan metode penelitian experimental yang berupa kajian teoritis. Dan pengamatan pada benda yang diuji, dimana akan dilakukan Uji kekuatan tarik dan Uji bending akibat variasi arus 80 A, 100 A, dan 120 A pada sambungan baja ST 40.

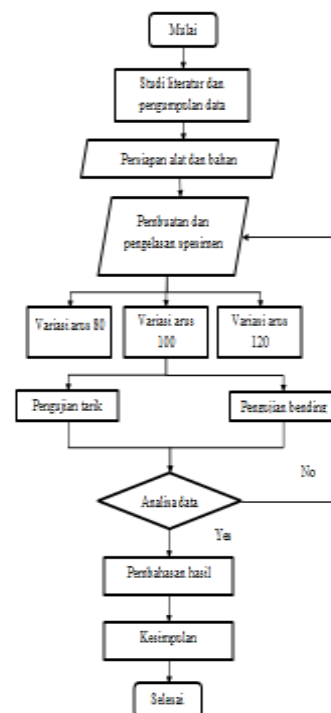


Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian tarik pada baja ST 40 yang sudah dilas dengan menggunakan pengelasan SMAW dan bervariasi arus amper pengelasan yaitu : 80Amper, 100Amper, dan 120Amper bisa diketahui pada tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian tarik dengan tebal plat 10mm.

Kuat Arus (A)	Lebar Awal (Wo) mm	Panjang Awal (Lo) mm	Panjang Akhir (Li) mm	Beban Tarik (F) kN	Tegangan Tarik (σ) kN/mm²	Regangan (ε) %	Modulus Elastisitas (E) kN/mm²
	12,5	200	206	34,2	0,2736	0,03	912
80	12,5	200	204	33,8	0,2704	0,02	1.352
	12,5	200	203	33,2	0,2656	0,015	1.770,7
	12,5	200	207	40,8	0,3264	0,035	932,57
100	12,5	200	203	41,7	0,3336	0,015	2.224
	12,5	200	205	42,2	0,3376	0,025	1.350,4
	12,5	200	209	49,2	0,3936	0,045	874,7
120	12,5	200	207	51,8	0,4144	0,035	1.184
	12,5	200	206	53,3	0,4264	0,03	1.421,4

Analisa Data Nilai Kekuatan Tarik menggunakan ANOVA (Analysis Of Variance) Pada variasi arus Amper terhadap perlakuan pengelasan SMAW.

Tabel2.Nilai Rata-Rata Kekuatan tarik Baja ST 40 Setelah Pengelasan.

Arus Pengujian	Kekuatan Tarik dengan Variasi Arus		
	80 A	100 A	120 A
1	273,6	326,4	393,6
2	270,4	333,6	414,4
3	265,6	337,6	426,4
Σ	809,6	997,6	1.234,4
$\bar{x}_j$	269,9	332,6	411,5
$\bar{x}$	338		

Variance Between Means :

$$S^2 \bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{X}_j - \bar{X})^2}{k-1}$$

$$S^2 \bar{X} = \frac{(269,9-338)^2 + (332,6-338)^2 + (411,5-338)^2}{3-1}$$

$$S^2 \bar{X} = 5034,51$$

$$\sigma^2 = n \cdot S^2 \bar{X} = 3 \times 5034,51 = 15103,53$$

Variance Within Group :

$$S^2 \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{X}_{ij} - \bar{X}_j)^2}{k(n-1)}$$

$$= \frac{(273,6 - 269,9)^2 + (270,4 - 269,9)^2 + \dots + (426,4 - 411,5)^2}{3(3-1)} = 107,95$$

$$\bullet F_{Hitung} = \frac{15103,53}{107,95} = 139,9$$

Hasil Analisa : Oleh karena Nilai F_{hitung} yang diperoleh dari hasil analisa yaitu: $139,9 > 4,46$ maka, H_0 ditolak sehingga terdapat nilai perbedaan pada kekuatan tarik pada baja ST 40 sesudah pengelasan dengan bervariasi arus 80A, 100A, dan 120A, yaitu dengan arus 80A nilai kekuatan tarik rata-rata 269,9Mpa, 100A, nilai rata-rata kekuatan tarik yaitu:332,6 Mpa, dan arus 120A kekuatan tarik rata-rata 411,5 Mpa.

Uji t 80 A dan 100 A

Tabel 3. Perhitungan nilai t

Jumlah	80A	100A	$(x_1 - \bar{x}_1)^2$	$(x_2 - \bar{x}_2)^2$
1	273,6	326,4	13,69	38,44
2	270,4	333,6	0,25	1
3	265,6	337,6	18,49	25
Jumlah	809,6	997,6	32,43	64,44
rata-rata	269,9	332,6	10,81	21,48

Perhitungan nilai t:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\left(-\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 3}\right)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \\
 &= \frac{269,9 - 332,6}{\sqrt{\left(-\frac{(3-1)16,215^2 + (3-1)32,22^2}{3+3-3}\right)\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}} \\
 &= \frac{269,9 - 332,6}{\sqrt{\left(-\frac{525,8524 + 2.076,25}{3}\right)(0,6)}} \\
 &= \frac{-62,7}{\sqrt{5.204,204}} \\
 &= \frac{-62,7}{72,140} = -0,869
 \end{aligned}$$

Kesimpulan : H_0 diterima atau di tolak. Maka, H_0 dapat diterima pada $\alpha = 0,05$ ($-0,866 \leq -2,132$) karena penggunaan variasi arus antara 80A dan 100A tidak ada perbedaan yang significant terhadap kekuatan tarik pada hasil pengelasan baja ST40.

Uji t 80 A dan 120 A

Perhitungan nilai t:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\left(-\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 3}\right)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \\
 &= \frac{269,9 - 411,47}{\sqrt{\left(-\frac{(3-1)16,215^2 + (3-1)275,407^2}{3+3-3}\right)\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}} \\
 &= \frac{269,9 - 411,47}{\sqrt{\left(-\frac{525,852 + 151.698}{3}\right)(0,6)}} \\
 &= \frac{-141,57}{\sqrt{304.447}} \\
 &= \frac{-141,57}{551,767} = -0,256
 \end{aligned}$$

Kesimpulan : H_0 diterima atau di tolak. Maka, H_0 dapat diterima pada $\alpha = 0,05$ ($-0,256 \leq -2,132$) karena penggunaan

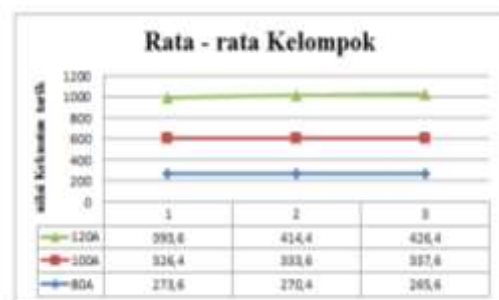
variasi arus antara 80A dan 120A tidak ada perbedaan yang significant terhadap kekuatan tarik pada hasil pengelasan baja ST40.

Uji t 100A dan 120 A

Perhitungan nilai t:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\left(-\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 3}\right)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \\
 &= \frac{332,6 - 411,47}{\sqrt{\left(-\frac{(3-1)32,22^2 + (3-1)275,407^2}{3+3-3}\right)\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}} \\
 &= \frac{332,6 - 411,47}{\sqrt{\left(-\frac{2.076,25 + 151.698}{3}\right)(0,6)}} \\
 &= \frac{-78,87}{\sqrt{307.548}} \\
 &= \frac{-78,87}{554,570} = -0,142
 \end{aligned}$$

Kesimpulan : H_0 diterima atau di tolak. Maka, H_0 dapat diterima pada $\alpha = 0,05$ ($-0,142 \leq -2,132$) karena penggunaan variasi arus antara 100A dan 120A tidak ada perbedaan yang significant terhadap kekuatan tarik pada hasil pengelasan baja ST40.



Gambar 1. Grafik kekuatan Tarik.

Berdasarkan gambar 1. diatas dapat dilihat bahwa kekuatan tarik tertinggi terdapat pada kuat arus 120 amper sebesar 426,4 kN/mm² dan

kekuatan tarik pada arus 100 amper sebesar 337,6 kN/mm², sedangkan kekuatan tarik terendah yaitu pada kuat arus 80 amper sebesar 265,6 kN/mm².

Hasil pengujian uji bending pada material baja ST 40 yang telah dilas memakai pengelasan SMAW dengan bervariasi arus pengelasan yaitu: 80Amper, 100Amper, dan 120Amper bisa dilihat pada table 4.

Tabel 4. Data hasil pengujian bending dengan tebal plat 10mm.

Spesimen Uji	Kuat Arus (Amper)	Lebar Awal / Wo (mm)	Panjang span (mm)	Beban (N)	Kekuatan Bending (Mpa)
1	80	20	100	28800	2.160
2		20	100	27700	2.077,5
3		20	100	25300	1.897,5
1	100	20	100	34500	2.587,5
2		20	100	32500	2.437,5
3		20	100	30300	2.272,5
1	120	20	100	40500	3.037,5
2		20	100	39200	2.940
3		20	100	37800	2.835

Analisa Data Nilai Kekuatan Tarik menggunakan ANOVA (Analysis Of Variance) Pada variasi arus Amper terhadap perlakuan pengelasan SMAW.

Tabel 5. Nilai Rata – Rata Kekuatan Bending Baja ST 40 Setelah Pengelasan.

Arus Pengujian	Kekuatan Bending dengan Variasi Arus		
	80 A	100 A	120 A
1	2.160	2.587,5	3.037,5
2	2.077,5	2.437,5	2.940
3	1.897,5	2.272,5	2.835
Σ	6.135	7.297,5	8.812,5
$\bar{x}_j$	2.045	2.432,5	2.937,5
$\bar{x}$	2.471,7		

Variance Between Means :

$$S^2\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2}{k-1}$$

$$S^2\bar{X} =$$

$$\frac{(2.045 - 2.471,7)^2 + (2.432,5 - 2.471,7)^2 + (2.937,5 - 2.471,7)^2}{3-1}$$

$$S^2\bar{X} = 2002,895$$

$$\sigma^2 = n \cdot S^2\bar{X} = 3 \times 2002,895 = 6008,685$$

Variance Within Group :

$$S^2\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_j)^2}{k(n-1)}$$

$$= \frac{(2.160 - 2.045)^2 + (1.897,5 - 2.045)^2 + \dots + (2.835 - 2.937,5)^2}{3(3-1)}$$

$$= 17,700$$

$$\bullet F_{Hitung} = \frac{6008,685}{17,700} = 339,4$$

Hasil Analisa : Oleh karena Nilai F_{hitung} yang diperoleh dari hasil analisa yaitu : $339,4 > 5,14$ sehingga didapatkan perbedaan pada nilai kekuatan bending pada material baja ST 40 sesudah pengelasan dengan bervariasi arus 80Amper, 100Amper dan 120Amper, yaitu dengan arus 80A nilai rata-rata kekuatan bending yaitu: 2.045Mpa, arus 100A, nilai kekuatan bending rata-rata 2.432,5Mpa, dan arus 120A kekuatan bending rata-rata 2.937,5Mpa.

Uji t 80 A dan 100 A

Tabel 6. Perhitungan nilai t

Jumlah	80A	100A	$(x_1 - \bar{x}_1)^2$	$(x_2 - \bar{x}_2)^2$
1	2.160	2.587,5	13.225	24.025
2	2.077,5	2.437,5	1056,25	25
3	1.897,5	2.272,5	21756,25	25,60
Jumlah	6.135	7.297,5	3603,75	2407,56
rata-rata	2.045	2.432,5	1201,25	802,52

Perhitungan nilai T:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\left[-\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 3} \right] \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \\
 &= \frac{2.045 - 2.432,5}{\sqrt{\left[-\frac{(3-1)1801,87^2 + (3-1)1203,78^2}{3+3-3} \right] \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}} \\
 &= \frac{2.045 - 2.432,5}{\sqrt{\left[-\frac{6493.470,99 + 2898.172,57}{3} \right] (0.6)}} \\
 &= \frac{-387,5}{\sqrt{18783.287,12}} \\
 &= \frac{-387,5}{18783.287,12} = -0,206
 \end{aligned}$$

Kesimpulan : H_0 diterima atau di tolak. Maka, H_0 dapat diterima pada $\alpha = 0,05$ ($-0,206 \leq -2,132$) karena penggunaan variasi arus antara 80A dan 100A tidak ada perbedaan yang significant terhadap kekuatan bending pada hasil pengelasan baja ST40.

Uji t 80 A dan 120 A

Perhitungan nilai t:

$$T = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\left[-\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 3} \right] \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2.045 - 2.937,5}{\sqrt{\left[-\frac{(3-1)1801,87^2 + (3-1)10256,25^2}{3+3-3} \right] \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}} \\
 &= \frac{2.045 - 2.937,5}{\sqrt{\left[-\frac{649350,703 + 210381,328}{3} \right] (0.6)}} \\
 &= \frac{-892,5}{\sqrt{1719464,062}} \\
 &= \frac{-892,5}{1719464,062} = -0,051
 \end{aligned}$$

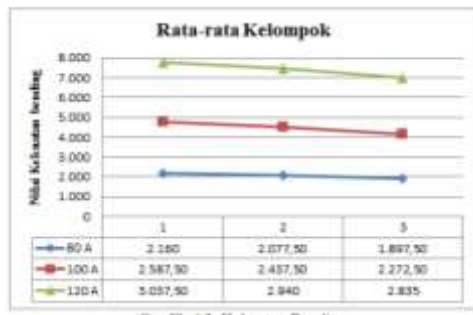
Kesimpulan : H_0 diterima atau di tolak. Maka, H_0 dapat diterima pada $\alpha = 0,05$ ($-0,051 \leq -2,132$) karena penggunaan variasi arus antara 80A dan 120A tidak ada perbedaan yang significant terhadap kekuatan bending pada hasil pengelasan baja ST40.

Uji t 100 A dan 120 A

Perhitungan nilai t:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\left[-\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 3} \right] \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \\
 &= \frac{2.432,5 - 2.937,5}{\sqrt{\left[-\frac{(3-1)1203,78^2 + (3-1)10256,25^2}{3+3-3} \right] \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}} \\
 &= \frac{2.432,5 - 2.937,5}{\sqrt{\left[-\frac{2898.172,57 + 210381,328}{3} \right] (0.6)}} \\
 &= \frac{-505}{\sqrt{6217107,796}} \\
 &= \frac{-505}{6217107,796} = -6,216
 \end{aligned}$$

Kesimpulan : H_0 diterima atau di tolak. Maka, H_0 dapat ditolak pada $\alpha = 0,05$ ($-6,216 \leq -2,132$) karena penggunaan variasi arus antara 100A dan 120A ada perbedaan yang significant terhadap kekuatan bending pada hasil pengelasan baja ST40.



Gambar 2. Grafik kekuatan bending

Berdasarkan gambar 2. diatas dapat dilihat bahwa kekuatan bending tertinggi terdapat pada kuat arus 120 amper sebesar 2.835 Mpa, dan kekuatan bending pada arus 100 amper sebesar 2.272,5 Mpa, sedangkan kekutan bending terendah yaitu pada kuat arus 80 amper sebesar 1.897,5 Mpa.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian analisis kekuatan tarik & bending pada sambungan baja ST 40 dengan variasi arus pengelasan SMAW dapat disimpulkan:

1. Dari hasil analisis statistik anova data yang diperoleh $F_{t.hitung} = 33,94 > F_{tabel} = 5,14$ artinya terdapat pengaruh yang significant pada pemakaian variasi arus pada pengelasan yaitu: 80A, dengan nilai kekuatan tarik rata-rata 269,9Mpa, arus 100A dengan nilai kekuatan tarik rata-rata 332,6Mpa,dan arus 120A nilai kekuatan tarik rata-rata 411,5 Mpa.
2. Dari hasil analisis statistik anova data yang diperoleh $F_{b.hitung} = 13,99 > F_{tabel} = 5,14$ artinya terdapat pengaruh yang significant pada pemakaian variasi arus pada pengelasan yaitu : arus 80A nilai rata-rata kekuatan bending yaitu: 2.045 Mpa, arus 100A, nilai rata-rata kekuatan bending: 2.432,5 Mpa, dan arus 120A kekuatan bending rata-rata 2.937,5Mpa.
3. Metode pengujian uji t untuk membandingkan nilai kekuatan tarik dan bending setelah pengelasan pada baja ST 40 dengan variasi arus 80A, 100A dan 120A yaitu :
 - a. Pada variasi arus 80A dan 100A terdapat $T_{hitung} -0,866 \leq T_{tabel} -2,132$ maka penggunaan variasi arus antara 80A dan 100A tidak ada perbedaan secara significant terhadap kekuatan tarik pada hasil pengelasan baja ST40.
 - b. Pada variasi arus 80A dan 120A terdapat $T_{hitung} -0,256 \leq T_{tabel} -2,132$ maka penggunaan variasi arus antara 80A dan 120A tidak ada perbedaan yang secara significant terhadap kekuatan tarik

pada hasil pengelasan baja ST40.

- c. Pada variasi arus 100A dan 120A terdapat $T_{hitung} -0,142 \leq T_{tabel} -2,132$ maka penggunaan variasi arus antara 100A dan 120A tidak ada perbedaan secara significant terhadap kekuatan tarik pada hasil pengelasan baja ST40.
- d. Pada variasi arus 80A dan 100A terdapat $T_{hitung} -0,206 \leq T_{tabel} -2,132$ maka penggunaan variasi arus antara 80A dan 100A tidak ada perbedaan yang significant terhadap kekuatan bending pada hasil pengelasan baja ST40.
- e. Pada variasi arus 80A dan 120A terdapat $T_{hitung} -0,051 \leq T_{tabel} -2,132$ maka penggunaan variasi arus antara 80A dan 120A tidak ada perbedaan yang significant terhadap kekuatan bending pada hasil pengelasan baja ST40.
- f. Pada variasi arus 100A dan 120A terdapat $T_{hitung} -6,216 \geq T_{tabel} -2,132$ maka penggunaan variasi arus antara 100A dan 120A ada perbedaan yang significant

terhadap kekuatan bending pada hasil pengelasan baja ST40.

Dari hasil statistik uji t terdapat nilai kekuatan tarik & bending pada sambungan baja ST 40 dengan variasi arus 80A, 100A dan 120A, maka diperoleh nilai tertinggi terjadi pada arus 100A dan 120A pada pengujian bending, terdapat arus 100A dengan nilai kekuatan bending rata-rata 2.432,5 Mpa, dan arus 120A dengan nilai kekuatan bending rata-rata 2.937,5Mpa. dibandingkan dengan variasi arus lainnya pada kekuatan tarik terdapat nilai kekuatan terendah dengan arus 80A nilai rata-rata kekuatan tarik 269,9 Mpa & nilai kekuatan bending rata-rata 2.045 Mpa.

Daftar Pustaka

- Bengkalis, P. N. (2018). *Analisis Besar Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Sambungan Plat Baja Carbon ST 40 dengan Menggunakan Pengelasan SMAW* Reza Agustiawan 1 , Imran 2 Politeknik Negeri Bengkalis. 141–150.
- Syahrani, A, Sam, A, & Chairulnas. (2013). *Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Hasil Pengelasan Sm490*. *Jurnal Mekanika*, 4(2), 393402.
- Eb, B., Fajar, M. R. Al, Rahardjo, A., & Lesmanah, U. (n.d.). *Analisa Perbandingan Model Kampuh Las U Dan Double U Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik*. 35–43.

Naharuddin, N., Sam, A., & Nugraha, C. (2015). Kekuatan Tarik dan Bending Sambungan Las pada Material Baja SM 490 dengan Metode Pengelasan SMAW dan SAW. *Jurnal Mekanikal*, 6(1).

Santoso, J. (2006). Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las Smaw Dengan Elektroda E7018. *Skripsi*, 1–125.

Rabbi, Afrianto, and Imran Imran. "Analisa Pengaruh Gerakan Elektroda pada Pengelasan SMAW terhadap Uji Kekerasan dan Kekuatan Bending Baja ST 37." *Seminar Nasional Industri dan Teknologi*. 2018.

Karmawan, W., et al. "Analisa Kekuatan Variasi Arus Las SMAW Dengan Elektroda E 7018 Bahan Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis." *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi* 1.1 (2020): 19-23.

Santoso, A., Sirajuddin, A. S., Mustafa, M., & Idhan, A. (2019). Analisa kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro pada pengelasan SMAW yang menggunakan elektroda E 6013 dengan variasi gerakan elektroda. *Jurnal mekanikal*, 9(2).

Bima. (2005). Bab Ii Tinjauan Pustaka Aplikasi. *Hilos Tensados*, 1, 1–476.

A.Jalil, S., Zulkifli, Z., & Rahayu, T. (2017). Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal POLIMESIN*, 15(2), 58.

Digunakan, P. (n.d.). BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA PENELITIAN 3.1 Peralatan yang Digunakan. 36–44.