

ANALISIS PENGARUH PROSES STRESS RELIEVING PADA MATERIAL BAJA STRUKTUR SETELAH PROSES PENGELASAN SMAW

Murtalim ⁽¹⁾

⁽¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Buana Perjuangan Karawang
Jl. HS. Ronggowaluyo Telukjambe Timur, Karawang 41361.

email: murtalim@ubpkarawang.ac.id

ABSTRAK

Dalam suatu proses pengelasan logam yang dipanaskan akan memuai dan mencoba memaksa pelat terpisah, akan tetapi ditahan sampai sejumlah besar oleh bahan sekelilingnya yang dingin. Begitu las berlangsung logam las mulai berkontraksi dan mempengaruhi gaya-gaya penyusutan untuk menarik pelat bersama-sama. Gaya ini dikombinasikan dengan temperature yang tinggi dari logam yang berdekatan sehingga bahan menjadi mulur (yield) dan mengubah bentuk secara plastis pada daerah yang dipengaruhi panas (distorsi). Hal ini menyebabkan dimulainya tegangan dalam (internal stress) yang disebut tegangan sisa..

Tegangan sisa yang terjadi sangat mempengaruhi sifat dan kekuatan dari sambungan, salah satu cara yang paling banyak diterapkan untuk mengurangi tegangan sisa adalah dengan perlakuan panas stress relieving.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pembentukan tegangan sisa serta perubahan sifat mekanik. Hasil lasan dengan variasi parameter arus pengelasan, sehingga akan diketahui hasil pengelasan dengan parameter pengelasan yang tepat.

Kata Kunci: pengelasan, tegangan sisa, sifat mekanik

ABSTRACT

In a welding process the heated metal will expand and try to force the plates apart, but is held to a large amount by the cold surrounding material. As the welding progresses the weld metal starts to contract and influence the shrinkage forces to pull the plates together. This force is combined with the high temperature of adjacent metals so that the material becomes stretched and changes its shape plasticly in areas affected by heat (distortion). This causes an internal stress which is called a residual stress.

The residual stress that occurs greatly affects the nature and strength of the joint, one of the most widely applied methods to reduce residual stress is by stress relieving heat treatment.

This research is intended to determine the formation of residual stress and changes in mechanical properties. The results of welds with variations in the welding current parameters, so that the welding results will be known with the right welding parameters.

Keywords: welding, residual stress, mechanical properties

PENDAHULUAN

Didalam proses pengelasan, bagian yang dilas menerima panas pengelasan setempat dan selama proses berjalan temperaturnya berubah terus sehingga distribusi temperature tidak merata. Karena panas tersebut, maka pada bagian yang dilas terjadi transformasi fasa, sedangkan bagian yang dingin tidak berubah sehingga terbentuk penghalangan pengembangan yang mengakibatkan terjadinya peregangan yang rumit. Kalau tidak dihindari peregangan ini akan menyebabkan terjadinya

perubahan bentuk permanen yang dikenal dengan istilah *distorsi*.

Disamping terjadinya perubahan bentuk, yang dengan sendirinya terjadi juga regangan maka terjadi juga tegangan yang sifatnya tetap yang disebut *tegangan sisa*. Dengan meningkatnya ketebalan material maka tegangan sisa yang terbentuk akan bertambah besar dan pada keadaan tertentu tegangan sisa yang dihasilkan juga akan menyebabkan retak, baik selama pengelasan maupun dalam pengerjaan selanjutnya.

Tegangan sisa yang terjadi didalam logam sebagai hasil dari proses pengelasan harus dibebaskan atau dihilangkan agar sifat yang diinginkan dari konstruksi ataupun komponen yang terbuat dari logam tersebut dapat dicapai. Terdapat dua cara untuk membebaskan tegangan sisa, yaitu cara mekanik dan cara termal. Dari kedua cara tersebut yang paling banyak dilaksanakan adalah cara termal yang disebut *stress relieving*.

Adapun Tujuan Penelitian ini adalah untuk menganalisa factor-faktor yang berpengaruh pada pengelasan baja khususnya material SS 41 dengan las busur listrik, menganalisa terjadinya tegangan sisa pada bahan sebagai akibat dari proses pengelasan, mengetahui kualitas hasil lasan melalui pengujian mekanik yang berupa uji tarik.

Pembatasan Masalah penelitian adalah Material yang digunakan adalah baja struktur SS 41 dengan ketebalan 20 mm yang dilas dengan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dengan perlakuan panas yang diterapkan setelah pengelasan adalah *stress relieving*, pengujian yang dilakukan pada material setelah pengelasan dan *stress relieving* adalah pengujian tarik.

LANDASAN TEORI

Pengelasan

Pengelasan adalah penyambungan dua buah logam padat dengan mencairkannya melalui pemanasan. Persyaratan berhasilnya penyambungan adalah pada benda padat tersebut dapat cair saat dipanaskan, antara benda padat tersebut ada kesesuaian sifat lasnya sehingga tidak melemahkan kekuatan sambungan dan cara sambungan harus sesuai dengan sifat benda yang disambung.

Pengelasan dilakukan untuk menyambung dua bagian logam menjadi satu, tanpa mengurangi kekuatan & bentuk dari material logam tersebut. Selain itu, pengelasan cukup ekonomis & efisien karena cara penyambungannya dengan cara tetap, artinya tidak mudah untuk melepas atau membongkar kembali. Dalam praktek, proses pengelasan sangat banyak ragamnya demikian pula dengan

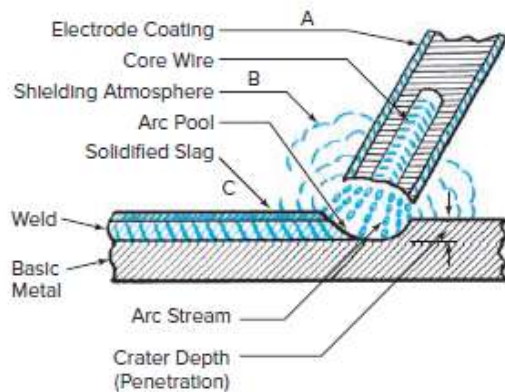
bentuk sambungan yang akan di las, jenis kampuh manik las (*weldment*) dan posisi pengelasan yang akan dilakukan [1]

Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

Proses pengelasan SMAW yang umumnya disebut Las Listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Panas tersebut ditimbulkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas) dengan kata lain teknik pengelasan ini memanfaatkan panas busur listrik yang timbul karena perbedaan tegangan antara elektroda terbungkus dengan material yang akan disambung. Panas yang timbul dari lonjakan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000° sampai 4500° Celcius. Sumber tegangan yang digunakan ada dua macam yaitu listrik AC (Arus bolak balik) dan listrik DC (Arus searah).

Prinsip kerja pengelasan busur elektroda terbungkus SMAW adalah pengelasan busur listrik terumpun yang menggunakan elektroda yang terbungkus fluks sebagai pembangkit busur dan sebagai bahan pengisi. Panas yang timbul diantara elektroda dan bahan induk mencairkan ujung elektroda (kawat) las dan bahan induk, sehingga membentuk kawah las yang cair, yang kemudian membeku membentuk lasan. Bungkus (*coating*) elektroda yang berfungsi sebagai fluks akan terbakar pada waktu proses berlangsung, gas yang terjadi akan melindungi proses terhadap pengaruh udara luar (Oksidasi) yang sekaligus berfungsi memantapkan busur. Gas pelindung (*Shielded Gas*) timbul dari lapisan pembungkus elektroda atau fluks yang terurai (*decomposition*) [2]

Fluks yang mencair akan terapung dan kemudian membeku pada permukaan las berupa terak (*slag*). Karena massa jenisnya lebih kecil dari logam las maka fluks ini berada diatas logam las pada saat cair. kemudian setelah membeku, fluks cair ini berubah menjadi terak (*slag*) yang menutupi logam las. Pada pengelasan ini yang terpenting adalah memperhatikan bahan fluks dan jenis las listrik yang digunakan.



Gambar 1. Proses pengelasan SMAW [3]

Teori Perpindahan Panas

Panas yang terjadi akan mengalami perpindahan secara konduksi, untuk melakukan analisa terhadap hal tersebut maka yang perlu diperhatikan adalah menentukan daerah temperature media/material yang dihasilkan dari kondisi batas tertentu. Pada proses pengelasan dihasilkan siklus panas yang sangat rumit pada lasan. Siklus panas ini menyebabkan perubahan struktur mikro material pada daerah sekitar lasan (*heat-affected zone*) dan transient thermal stress, hingga akhirnya tercipta tegangan sisa (*residual stress*) dan perubahan bentuk (*distorsi*). Sebelum menganalisa permasalahan ini, harus dilakukan analisa pada aliran panas (*heat flow*) selama proses pengelasan [4].

Distribusi Temperatur

Sumber panas pada proses pengelasan berasal dari panas elektrode yang ada. Dimana panas ini secara matematis dapat dihitung dengan persamaan empiris [5]:

$$H_{\text{net}} = \frac{f_1 E I}{v}$$

dimana:

- H_{net} = Energi input bersih (J/mm).
- E = Tegangan (Volt).
- I = Arus (Ampere).
- f_1 = Efisiensi pemindahan panas
- v = Kecepatan pengelasan (mm/s)

Tidak semua energi panas yang terbentuk dari perubahan energi listrik diserap 100 % oleh logam lasan, akan tetapi hanya sebagian besar saja. Sehingga energi busur las dapat ditulis sebagai berikut [6]:

$$H = \eta E I$$

Dimana:

- H = net heat input (Watt)
- η = Koefisien efisiensi
- U = Tegangan Busur (Volt)
- I = Arus listrik (Ampere)

Harga koefisien efisiensi η untuk tiap-tiap tipe pengelasan tentunya berbeda-beda. Sebagai contoh harga η untuk pengelasan baja dengan cara shield metal arc welding adalah antara 0,66 sampai dengan 0,85 [7]

Tegangan sisa

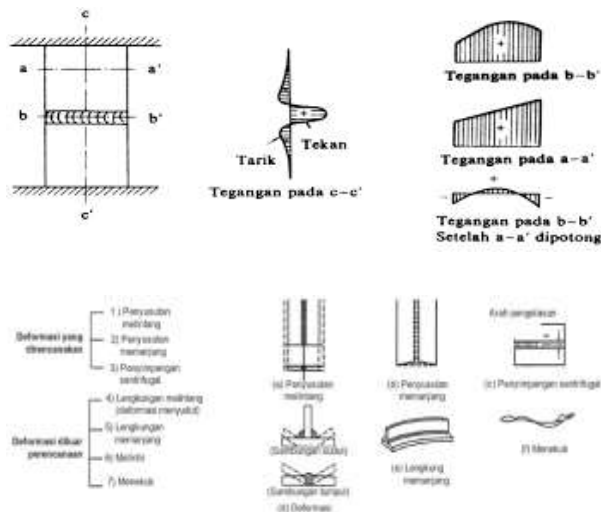
Tegangan sisa adalah gaya elastis yang dapat mengubah jarak antar atom dalam bahan tanpa adanya beban dari luar. Tegangan sisa ditimbulkan karena adanya deformasi plastis yang tidak seragam dalam suatu bahan, antara lain akibat perlakuan panas yang tidak merata atau perbedaan laju pendinginan pada bahan yang mengalami proses pengelasan. Walaupun tegangan sisa secara visual tidak nampak, namun sesungguhnya tegangan sisa tersebut juga bertindak sebagai beban yang tetap yang akan menambah nilai beban kerja yang diberikan dari luar.

Tegangan sisa selalu muncul apabila sebuah material dikenai perubahan temperatur *non-uniform*, tegangan-tegangan ini disebut tegangan termal [2].

Tegangan sisa yang disebabkan oleh proses pengelasan dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanis struktur las seperti patah getas, fatik dan retak karena kombinasi tegangan dan korosi. Pengaruh tegangan sisa menurun jika tegangan yang bekerja pada bahan meningkat.

Pengaruh tegangan sisa pada struktur las bisa diabaikan jika tegangan yang bekerja pada struktur tersebut melebihi tegangan luluhnya. Tegangan sisa sangat tinggi biasanya terjadi di daerah las. Tegangan sisa maksimum

biasanya sampai tegangan luluh (yield stress) [4].



Gambar 2. Proses terjadinya tegangan sisa

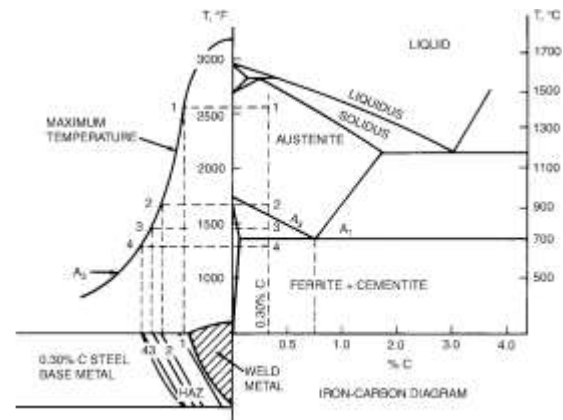
Pada bahan yang mengalami transformasi fasa, misalkan baja karbon rendah, tegangan sisa mungkin bervariasi pada permukaan dan bagian dalam dari logam induk.

Stress Relieving (Proses pembebasan tegangan)

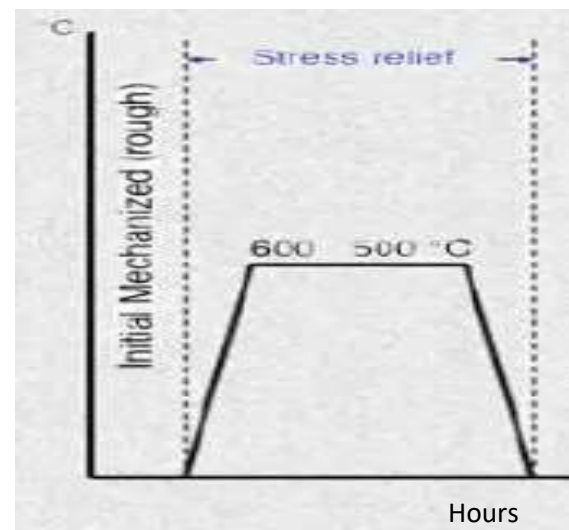
Prosedur heat treatment (perlakuan panas) dipakai untuk mengembalikan sifat-sifat asal logam (postweld heat treatment). Yaitu membebaskan logam dari internal stresses & strains (tekanan & tegangan intern) yang ditimbulkan oleh ekspansi dan kontraksi yang terjadi selama proses pengelasan. Selain itu juga memperbaiki sifat-sifat logam dibagian-bagian yang dilas dan yang terkena panas. Ketika proses pengelasan berlangsung, logam di dalam dan di sekeliling weld joint dipanaskan dengan suhu yang beragam, tergantung dari berapa jauh jaraknya dari weld joint. Karena pemanasan yang tidak merata, sifat-sifat logam seperti strength, ductility, grain size (besar butiran) dan sebagainya, di daerah pengelasan bisa terjadi perbedaan panas dengan daerah yang dipengaruhi oleh panas (HAZ=heat affected zone) [5].

Stress relieving tidak perlu dilakukan didalam daerah kritis, karena ini menimbulkan penggeliatan dan mengubah struktur butiran dan ukuran. Ini dapat menyebabkan cacat las. Baja karbon dan baja paduan harus menghisap

(menyerap) karbon pada temperatur yang berbeda-beda, biasanya sekitar 11000 °F (593 °C) sampai 12500 °F (677 °C), tergantung pada tebal bahan. Suatu nilai lambat pemanasan dan pendinginan adalah sangat penting dalam stress relieving. Bahan-bahan yang memperlihatkan perubahan setelah pengelasan biasanya bebas dari tegangan sisa [8].



Gambar 3. Bagian dari HAZ serta hubungannya dengan diagram fasa Fe – Fe₃C [5]



Gambar 4. Diagram proses stress relieving

Pengujian Tarik

Pengujian dilakukan dengan menarik batang uji perlahan-lahan sampai patah, sementara beban dan jarak panjang ukur dimonitor secara kontinyu. Hasil uji tarik dapat ditampilkan dalam bentuk kurva “Tegangan-

regangan”. Sifat-sifat material yang dapat ditentukan dari uji tarik adalah:

- Modulus elastisitas
- Batas elastis (elastic limit)
- Kekuatan luluh (*Yield Strength*)
- Kekuatan tarik ultimat (*Ultimate Tensile Strength*).



Gambar 5. Mesin uji tarik

METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian dapat dilihat pada diagram alir metodologi penelitian.

Penentuan Prosedur Pengelasan

Sebelum dilakukan proses pengelasan terlebih dahulu merencanakan proses ataupun proses ataupun prosedur-prosedur apa saja yang kelak akan dikerjakan. Penentuan prosedur pengelasan itu diantaranya berisikan :

- Jenis Pengelasan, sambungan, elektroda
- Jenis material
- Proses proses yang kelak akan dilakukan selain pengelasan
- Parameter pengelasan
- Urutan pengelasan
- Dan lain-lain

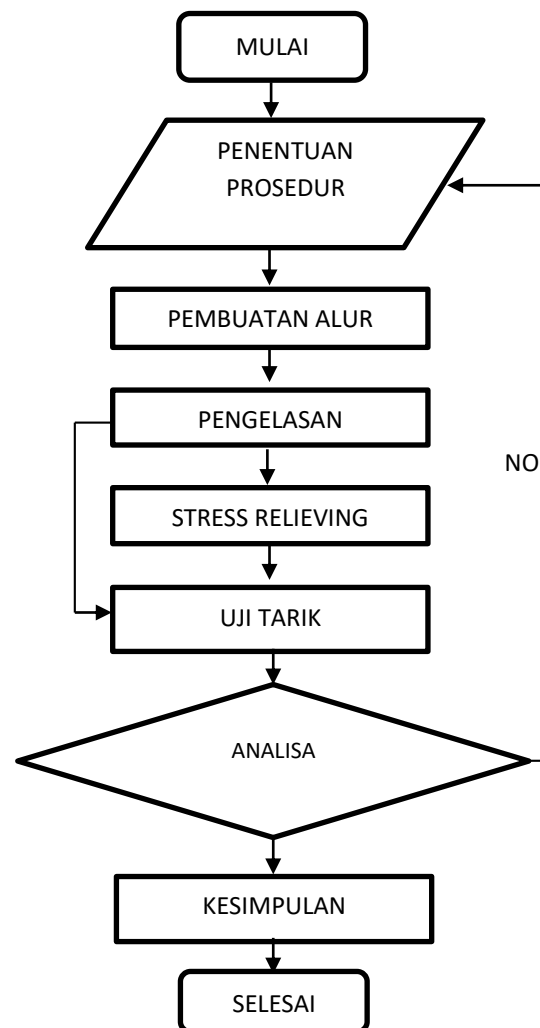
Identifikasi Material

Material yang digunakan pada penelitian adalah Baja struktur (Stell Sitructure) SS 41, dengan dimensi sebagai berikut :

- Panjang: 300 mm
- Lebar : 300 mm
- Tebal : 20 mm

Jumlah pelat : 6 buah
Sifat-sifat mekanik yang dimiliki oleh material tersebut adalah :

- Kekuatan luluh : 24 kg/mm^2
- Kekuatan tarik: $41\text{-}52 \text{ kg/mm}^2$



Gambar 6. Diagram alir prosedur penelitian

Pemotongan dan Pembuatan Alur

Proses pemotongan (cutting) pada material dilakukan dengan mesin gergaji sedangkan untuk dapat menghasilkan alur lasan (sambungan) jenis *single V butt joint* maka dilakukan proses penyekrapan. Adapun jenis sambungan dapat dilihat pada gambar 7 di bawah ini.

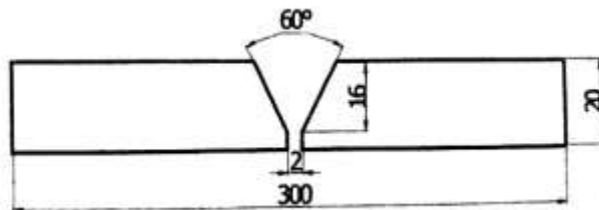
Pengelasan

Proses pengelasan yang dilakukan pada penelitian ini adalah las busur listrik SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) atau dikenal

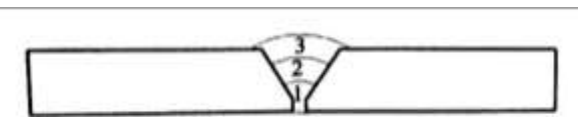
dengan istilah las elektroda terbungkus, dengan prosedur sebagai berikut:

Urutan pengelasan :1. Root pass, 2. Filler Pass, 3. Cover pass

- Polaritas : AC
- Posisi pengelasan : IG (mendatar)



Gambar 7. Jenis sambungan single v butt joint



Gambar 8. Urutan pengelasan [3]

Variasi Arus

Untuk dapat membedakan antar proses pengujian maka dilakukan penganekaragaman arus dalam melakukan proses pengelasan. Variasi arus itu dibagi dalam tiga kategori yaitu :

- Arus Rendah : ± 80 A
- Arus Sedang : ± 110 A
- Arus tinggi : ± 140 A

Elektroda

Elektroda yang digunakan pada proses pengelasan SMAW ini dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Jenis elektroda:
Niko E 6013, JIS D4313, Φ 2,6 dan 3,2 mm
- Range arus dan tegangan:
80 – 120 A, 18 – 22 V
- Kekuatan Tarik:
67.000 – 72.000 Psi
- Kekuatan luluh:

55.000 – 60.000 Psi

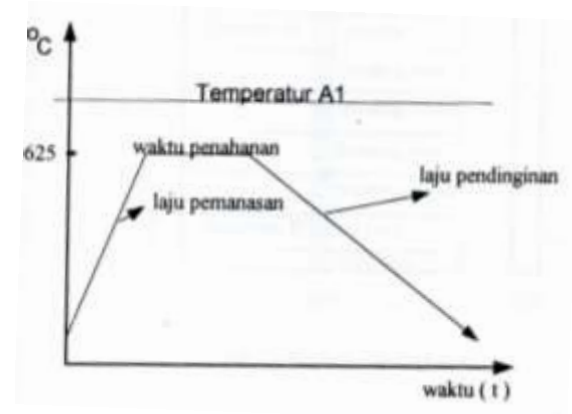
Adapun komposisi kimia elektroda adalah 0,07 % C, 0,4 % Mn, 0,5 % Si.

Perlakuan Panas

Perlakuan panas yang diterapkan pada penelitian ini adalah *stress relieving* pada hasil lasan dengan spesifikasi tungku sebagai berikut

- Jenis dan merk tungku
Tempering Furnace, Degussa / Jerman
- Tegangan dan arus listrik:
380 V, 50 Hz, 28 A
- Daya listrik: 15 kW
- Temperatur maksimal tungku:
725°C

Adapun prosedur perlakuan panas stress relieving adalah pada temperatur pemanasan 625°C dengan Laju pemanasan 4°C/ menit, dan Waktu penahanan temperature adalah 60 menit, laju pendinginan 28 °C/jam dengan jumlah specimen 3 buah.

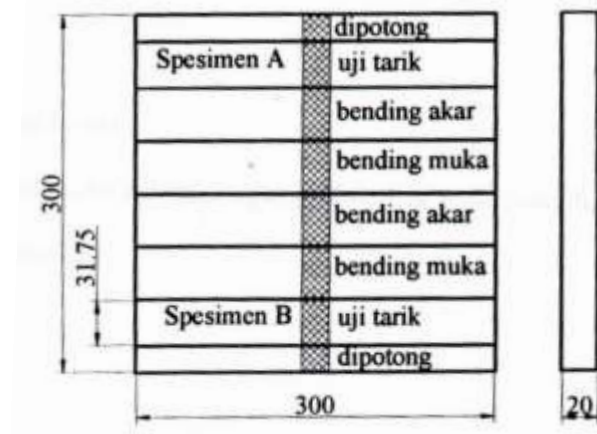


Gambar 9. Diagram proses *stress relieving*

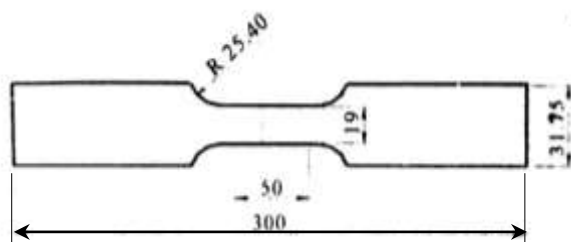
Uji Tarik

Pengujian Tarik yang dilakukan pada penelitian ini adalah material yang telah dilas sebanyak tiga buah dan material yang telah dilas dan kemudian di stress relieving sebanyak tiga buah, dengan prosedur sebagai berikut:

- Jenis Mesin: *Universal Testing Machine, Alfred J Amsler/Swiss*
- Model type *Hydraulic Kap 50 ton*
- Kecepatan penarikan maksimal:
(0,5 in/menit)/panjang ukur
- Standar uji: *ASME IX* [9]



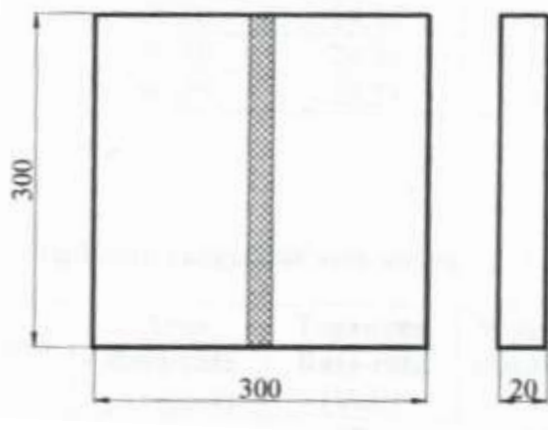
Gambar 10. Spesimen uji mekanik



Gambar 11. Spesimen uji tarik [9]

HASIL PENELITIAN

Data Dimensi specimen



Gambar 12. Dimensi specimen untuk pengelasan

Pengujian Spektrometri

Setelah diadakan uji spektrometri pada material, didapatkan komposisi unsur-unsur pembentuk material SS 41 sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi kimia material

Unsur	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
Komposisi(%)	0,11	0,16	1,02	0,01	0	0,02	0,02

Data Hasil Pengelasan

Tabel 2. Data hasil pengukuran parameter pengelasan material as weld dan asweld + stress relief

No	Material	Arus	Tegangan	Waktu	Kecepatan	Heat input
		Rata-rata (A)	rata-rata (V)	(menit)	(cm/s)	(kJ/cm)
1	As Weld	80,00	29,25	3,00	0,17	14,00
2		110,00	28,50	1,40	0,32	9,93
3		140,00	31,00	2,10	0,25	17,00
4	As Weld +	80,00	22,30	2,30	0,22	0,80
5	stress relief	110,00	30,00	1,55	0,32	10,80
6		140,00	32,50	1,48	0,34	13,40

Data Hasil Pengujian Tarik

Tabel 3. Data hasil pengujian tarik specimen A yang dilas (as weld)

No	Data hasil Pengujian	Arus (A)		
		80	110	140
1	Lebar x tebal, mm	20,7 x 20	19,9 x 20	21,6 x 20
2	Luas penampang, mm ²	414,00	398,00	432,00
3	Panjang ukur, mm	50,00	50,00	50,00
4	Beban ulur, kgf	17,25	13,20	14,00
5	Beban ulur, kgf/mm ² (MPa)	41,67 (408,7)	33,2 (325)	32,41 (318)
6	Beban maks, kgf	20800,00	18900,00	20900,00
7	Kuat tarik, kgf/mm ² (MPa)	50,24 (493)	47,5 (466)	49,4 (480)
8	Panjang setelah patah, mm	59,20	64,40	63,20
9	Elongation, dalam 50 mm, %	18,40	28,80	26,40
10	Tempat patahan	Pada lasan	Pada lasan	Luar lasan

Tabel 4. Data hasil pengujian tarik specimen B yang dilas (as weld)

No	Data hasil Pengujian	Arus (A)		
		80	110	140
1	Lebar x tebal, mm	21,7 x 20	19,3 x 20	20,8 x 20
2	Luas penampang, mm ²	428,00	386,00	416,00
3	Panjang ukur, mm	50,00	50,00	50,00
4	Beban ulur, kgf	11500,00	17000,00	16500,00
5	Batas ulur, kgf/mm ² (MPa)	26,87 (236,2)	44 (432)	39,66(389)
6	Beban maks, kgf	20200,00	18500,00	21000,00
7	Kuat tarik, kgf/mm ² (MPa)	47,2 (463)	47,9 (470)	50,5 (495)
8	Panjang setelah patah, mm	59,20	64,00	65,80
9	Elongation, dalam 50 mm, %	18,40	28,00	31,60
10	Tempat patahan	Pada lasan	Pada lasan	Luar lasan

Tabel 5. Data hasil pengujian Tarik specimen A setelah distress relieving

No	Data hasil Pengujian	Arus (A)		
		80	110	140
1	Lebar x tebal, mm	19,5 x 20	19,7 x 20	20,2 x 20
2	Luas penampang, mm ²	390	394	404
3	Panjang ukur, mm	50	50	50
4	Beban ulur, kgf		13.000	15.000
5	Beban ulur, kgf/mm ² (MPa)		32,9(324)	37,1(364)
6	Beban maks, kgf	12.800	17.800	18.800
7	Kuat tarik, kgf/mm ² (MPa)	32,8(322)	45,2(443)	46,5(457)
8	Panjang setelah patah, mm	51,9	59	65
9	Elongation, dalam 50 mm, %	3,8	18,4	29,6
10	Tempat patahan	Pada lasan	Pada lasan	Luar lasan

Tabel 6. Data hasil pengujian Tarik specimen B setelah distress relieving

No	Data hasil Pengujian	Arus (A)		
		80	110	140
1	Lebar x tebal, mm	18,7 x 20	19,8 x 20	20,2 x 20
2	Luas penampang, mm ²	374	396	404
3	Panjang ukur, mm	50	50	50
4	Beban ulur, kgf	12.300	14.500	15.000
5	Beban ulur, kgf/mm ² (MPa)	32,8 (323)	36,6(359)	37,1(364)
6	Beban maks, kgf	13.500	18.100	19.000
7	Kuat tarik, kgf/mm ² (MPa)	36,1(354)	45,7(448)	47,0(461)
8	Panjang setelah patah, mm	52,9	66	66
9	Elongation, dalam 50 mm, %	5,8	32,4	31,8
10	Tempat patahan	Pada lasan	Pada lasan	Luar lasan

Tabel 7. Data hasil kekuatan tarik pada specimen yang hanya dilas dengan yang setelah distress relieving

Specimen	No	Arus A(A)	σ_u (kgf/mm ²)	
			As weld	Stress relief
A	1	80	50.24	32.8
	2	110	47.5	45.2
	3	140	49.4	46.5
B	1	80	47.2	36.1
	2	110	47.9	45.7
	3	140	50.5	47.0

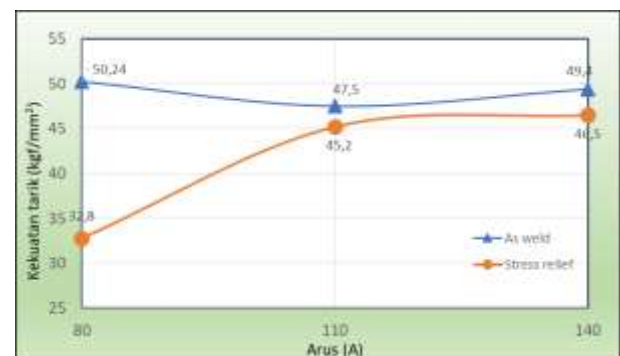
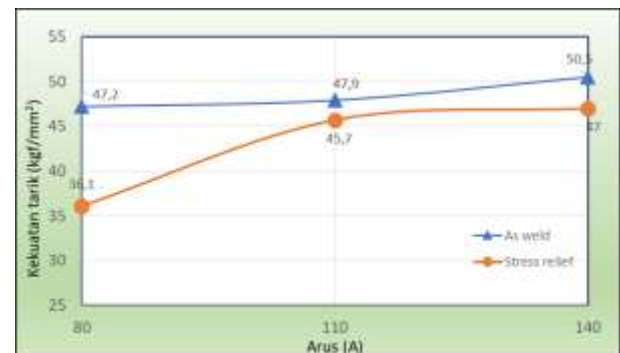
Tabel 8. Data hasil pembentukan tegangan sisa pada pengelasan

Arus	Masukan panas (kJ/cm)		Tegangan sisa (kgf/mm ²)	
	As weld	Stress relief	Spesimen A	Spesimen B
80	13,92	11,53	17,44	11,1
110	11,91	10,29	2,3	2,2
140	15,65	16,27	2,9	3,5

PEMBAHASAN

Dalam pengujian tarik yang telah dilakukan terdapat patahan pada logam las itu menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada logam las lebih kecil daripada daerah HAZ maupun logam induk, prosedur pengelasan yang kurang

tepat telah menghasilkan kualitas hasil lasan yang kurang baik.

**Gambar 13.** Grafik hubungan tegangan sisa vs arus pengelasan**Gambar 14.** Grafik hubungan antara arus dengan kekuatan tarik untuk specimen A**Gambar 15.** Grafik hubungan antara arus dengan kekuatan tarik untuk specimen B

Banyaknya masukan panas (heat input), dan logam lasan akan meningkatkan terbentuknya tegangan sisa, hal ini dapat dilihat pada proses pengelasan dengan arus 140 A dan 110 A yang dilas dengan parameter dan prosedur pengelasan yang sama ternyata arus 140 A (masukan panas besar) menghasilkan tegangan sisa yang lebih besar juga yaitu 2,9

kg/mm² (28,4 MPa) dan 3,5 kg/mm² (34,3 MPa), sedangkan arus 110 A menghasilkan tegangan sisa yang lebih kecil yaitu 2,3 kg/mm² (22,5 MPa) dan 2,2 kg/mm² (21,5 MPa).

Dengan adanya penurunan kekuatan tarik maka keuletan material yang telah distress relieving akan meningkat, keuletan dapat dilihat dari perpanjangan (elongation) material dalam 50 mm, dengan waktu penahanan selama 1 jam material yang di las dengan arus 110 A perpanjangannya berubah dari 28,4 % menjadi 32,4 %, sedangkan untuk material las berarus 140 A perpanjangannya berubah dari 31,6 % menjadi 31,8 %.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa pada proses pengelasan SMAW pada material SS41 dengan ketebalan 20 mm hanya menghasilkan tegangan sisa yang kecil sekali sehingga efek dari adanya tegangan sisa seperti retak tidaklah terjadi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa pada proses pengelasan material SS 41 dengan ketebalan 20 mm ternyata telah terbentuk tegangan sisa yang antara lain disebabkan oleh perubahan bentuk yang permanen (distorsi) serta besarnya masukan panas (*heat input*), Tegangan sisa yang dihasilkan untuk semua proses pengelasan relative kecil, hal itu menunjukkan bahwa proses stress relieving tidaklah diperlukan untuk pengelasan material SS 41 dengan ketebalan 20 mm, Proses stress relieving pada pengelasan hanya diperlukan untuk material yang lebih tebal lagi dengan mampu lasnya kurang baik serta dilas dengan masukan panas (*het input*) yang lebih tinggi.

Untuk meningkatkan analisa hasil penelitian diperlukan pengujian kekerasan dan metalografi dengan variasi parameter pengelasan yang berbeda dan waktu serta temperatur proses stress relieving yang berbeda pula.

REFERENSI

- [1] H. Sonawan and R. Suratman, "Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan," *Ed. kedua. Bandung Alf.*, 2006.
- [2] H. O. Wiryosumant and Toshie, "Teknologi Pengelasan Logam", Pradnya Paramita, Jakarta, 1985," .
- [3] E. R. Bohnart, "Welding Principles and Practise", McGraw-Hill Education, USA, 2018. .
- [4], "Welding Stress and Distortion", *The Technical Assistance From The Austrian Government To B4T, Bandung.* 1994.
- [5] AWS, *Welding Handbook, Welding Science & Technology*, vol. 1. 2001.
- [6] J. Song, R. Field, A. Clarke, Y. Fu, and M. Kaufman, "ASM Vol 6 WELDING, BRAZING, AND SOLDERING,".2018.
- [7] S. Y. Setyawati, Y. Mulyadi, and G. D. Winarto, "Analisa Pengaruh Tegangan Sisa Dan Distorsi Pada Pengelasan Butt Joint Dan T Joint Dengan Variasi Tebal Plat,". 1981.
- [8] R. Suratman, "Panduan Proses Perlakuan Panas", *Jurusan Teknik Mesin Unpas, Bandung.* 1994. .
- [9] J. P. Swezy and J. G. Feldstein, "Welding, Brazing and Fusing Qualifications," *Online Companion Guid. to ASME Boil. Press. Vessel Codes*, 2019..