

Pengaruh Holding Time Pada Spot Welding Dissimilar Material Terhadap Kekuatan Dan Kekerasan

¹Bill Graham, ²Corvis L. Rantererung, ³Kristiana Pasau,

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 13 Daya Makassar, 90243
Email korespondensi: billgraham260499@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi modern saat ini menuntut setiap pihak yang terlibat untuk meningkatkan kualitas barang yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk adalah material, teknik fabrikasi spesimen, dan teknik pengelasan. Proses pengelasan titik (Spot Welding/SW) memiliki 4 parameter yang harus diperhatikan, yaitu arus pengelasan, tekanan titik las, waktu tekan, dan diameter permukaan elektroda. Tegangan luluh pada spesimen normal Stainless Steel 304 dapat diperoleh sebesar 44,03 kgf/mm² dan tegangan luluh spesimen normal Baja Lunak diperoleh sebesar 25,93 kgf/mm². Penelitian ini dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus. Waktu penahanan 5 detik pada arus 6000 Ampere dan waktu pentanahan 6 detik menghasilkan tegangan luluh sebesar 19,08 kgf/mm², sedangkan waktu penahanan 10 detik meningkatkan tegangan luluh menjadi 19,48 kgf/mm², kemudian pada waktu penahanan 15 detik juga mengalami peningkatan tegangan luluh sebesar 19,48 kgf/mm², dan pada waktu penahanan 20 detik diperoleh tegangan luluh tertinggi sebesar 21,6 kgf/mm². Data uji kekerasan pada spesimen dengan pengelasan titik pada waktu penahanan 20 detik pada arus 6000 Ampere dan waktu pentanahan 6 detik memperoleh nilai kekerasan pada area logam las baja lunak sebesar 101,9 HRN dan pada area HAZ baja lunak nilai kekerasannya menurun perlahan menjadi 96,2 HRN dan pada area logam dasar baja lunak nilai kekerasan tertinggi adalah 118,9 HRN.

Key words: Spot Welding, Low Carbon Steel, Stainless Steel, Holding Time.

I. PENDAHULUAN

Pengelasan yang memegang peranan penting dalam rekayasa dan pemeliharaan logam tidak dapat dilepaskan dari kemajuan teknologi di bidang konstruksi yang semakin kompleks. Pengelasan merupakan salah satu sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan tinggi bagi tukang las agar diperoleh sambungan yang berkualitas baik pada konstruksi logam dewasa ini khususnya dalam bidang desain, karena pengelasan merupakan salah satu sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan tinggi bagi tukang las dalam untuk mendapatkan kualitas sambungan yang baik. Pengelasan adalah cara yang paling umum untuk menghubungkan logam karena menawarkan manfaat termasuk ikatan yang lebih kuat. (Siswanto, 2011; Ary Setya Kurniawan, dkk., 2014)

Pengelasan titik adalah salah satu cara yang paling sering dilakukan untuk memasang pelat tipis di sektor otomotif. Keuntungan dari pengelasan titik dibandingkan metode lain termasuk kecepatan proses, yang membuatnya cocok untuk produksi massal,

akurasi dan konsistensi sumber panas, dan sifat mekanik las, yang sebanding dengan logam induk dan tidak membutuhkan kawat las.

Bahan-bahan yang akan ditautkan mungkin sebanding (similar) atau berbeda (dissimilar) (berbeda). Karena siklus termal yang berbeda-beda yang dilalui setiap logam, alasan yang berbeda ini bisa lebih rumit daripada alasan yang serupa (Amin, A, 2017).

A. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan utama adalah

- a. Apakah ada pengaruh holding time pada spot welding dissimilar material terhadap kekuatan tarik?
- b. Apakah ada pengaruh *holding time* pada *spot welding* dissimilar material terhadap kekerasan?

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah

- a. Untuk mengetahui kekuatan tarik dissimilar welding material akibat variasi holding time

- b. Untuk mengetahui kekerasan dissimilar welding material akibat variasi holding time

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengelasan adalah suatu prosedur penyambungan yang menggunakan panas (heat), tekanan (pressure), atau keduanya untuk menyatukan dua bahan atau lebih dalam keadaan plastis atau cair. Dalam proses penyambungan, logam pengisi dengan suhu leleh yang setara dengan titik leleh logam induk dapat digunakan atau tidak digunakan. Hanya dua komponen yang akan dilas yang akan dilebur oleh sambungan las logam pengisi; setelah logam pengisi memadat, kedua logam tersebut akan menyatu. Beberapa lasan ini dibuat dengan menggabungkan banyak batang dengan energi panas, yang terjadi antara atom atau molekul logam yang dihubungkan (Purwaning, Y., Fatchan, M. 2013)

A. Resistance Spot Welding (RSW)

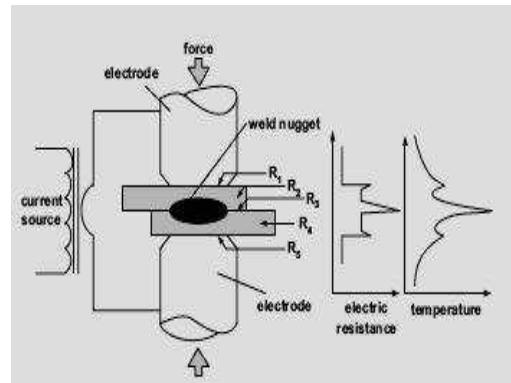
Pengelasan titik atau las titik hambatan adalah suatu bentuk pengelasan dimana suatu las dihasilkan pada suatu titik pada benda kerja antara elektroda pembawa arus, las tersebut akan mempunyai luas yang kira-kira sama dengan ujung elektroda atau biasanya dari ukuran yang berbeda. Gaya yang diterapkan pada titik, biasanya melalui elektroda, terus menerus dalam proses pengelasan. Tidak ada busur api yang terbentuk (Purwaningrum, Y., Fatchan, M. 2013).

Teknik pengelasan titik bekerja berdasarkan gagasan bahwa ketika arus listrik (I) ampere mengalir melalui resistansi (R) ohm selama (t) detik, energi panas dilepaskan, yang dapat direpresentasikan sebagai:

$$H = I^2 R t$$

Keterangan :

- H : Jumlah energi termal yang timbul (joule)
- I = Kuat arus (ampere)
- R = Hambatan (ohm)
- t = Waktu (detik)



Gambar 1. Skema dari proses spot welding
(Karmiadji, D 2018, December)

B. Pengelasan Material Berbeda Jenis (Dissimilar Metal Welding)

Pengelasan dua logam dasar yang berbeda dikenal sebagai pengelasan bahan berbeda (DMW). DMW sering digunakan untuk menyambungkan baja tahan karat ke bahan lain. Ini juga populer karena sifat mekanik variabel dan kualitas yang diinginkan. Pipa baja tahan karat, misalnya Varietas austenitik banyak digunakan dalam aplikasi suhu tinggi atau generator listrik. Karena titik leleh karbon atau baja paduan rendah pada suhu dan tekanan tertentu cukup rendah, tujuan menggabungkan baja tahan karat dengan bahan lain adalah untuk menghemat uang (baja karbon atau baja paduan lebih murah dari pada baja tahan karat) (Sohabat, I. 2019).

C. Baja Karbon Rendah

Fiber glass telah digunakan sebagai matriks penguat di sejumlah perahu nelayan rekreasi. Baja karbon rendah adalah paduan besi dan karbon dengan tingkat jejak silikon, mangan, fosfor, belerang, dan tembaga. Kualitas baja karbon sangat bergantung pada kandungan karbonnya, oleh karena itu baja diklasifikasikan menurut kandungan karbonnya (Purwaningrum, Y., Fatchan, M. 2013). Baja diklasifikasikan menurut konsentrasi karbonnya, yaitu:

1. Baja yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30 persen dikenal sebagai baja karbon rendah.
2. Baja yang memiliki kandungan karbon 0,30 persen sampai 0,45 persen disebut baja karbon sedang.
3. Karbon dengan kandungan karbon 0,45 persen sampai 1,70 persen dikenal sebagai baja karbon tinggi.

D. Baja Tahan Karat Tipe 304 (Stainless Steel 304)

Baja paduan austenitik Tipe 304 (baja tahan karat) adalah jenis baja tahan karat. Baja austenitik memiliki kandungan krom dan nikel yang lebih tinggi, secara teori menjadikannya non-magnetik. Stainless steel 304 memiliki kandungan kromium 18% dan kandungan nikel 8%. Jenis baja tahan karat ini adalah yang paling mudah untuk dilas dan dicetak jika dibandingkan dengan baja tahan karat lainnya. Peralatan dapur dan peralatan medis sama-sama terbuat dari bahan stainless steel 304.

E. Waktu Penahanan (Holding Time)

Durasi setelah aliran dihentikan sementara gaya tekan kedua elektroda masih diberikan. Daerah logam yang berada dalam keadaan cair selama penyisihan mengeras dan menyatu, akhirnya menghasilkan nugget (Santosa, A., Suci, F. C., Farradina Choaria; Hanif, R. 2020).

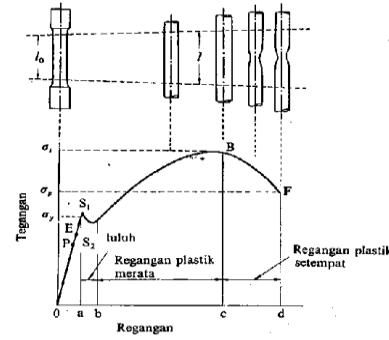
F. Pengujian Kekerasan Rockwell

Uji kekerasan Rockwell sangat identik dengan uji kekerasan Vickers, dengan pengecualian bahwa nilai kekerasan ditentukan oleh kedalaman lekukan daripada panjang diagonal atau diameter indentor. Inilah yang membedakan pengujian rockwell dengan pengujian kekerasan lainnya. HR C (Uji Kekerasan Rockwell), HR B (Uji Kekerasan Rockwell B), dan HR N (Uji Kekerasan Rockwell N) adalah tes yang paling umum digunakan (Uji Kekerasan Rockwell N). Tingkat kekerasan untuk uji rockwell ditentukan menurut DIN 50103, dan uji rockwell bergantung pada tingkat kekerasan yang ditetapkan oleh indentor. (Windra, 2016)

G. Pengujian Tarik

Tujuan dari pengujian tarik adalah untuk memastikan kekuatan benda uji. Tujuan pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las adalah untuk melihat apakah kualitas lasan sama, lebih rendah, atau lebih tinggi dari kelompok bahan baku. Pengujian tarik digunakan untuk menentukan beberapa kekuatan material dan di mana letaknya pada ujung sambungan las. Beban tarik adalah beban yang diberikan pada

suatu benda dengan cara menarik salah satu ujung benda ke arah yang berlawanan. (A. Shahrini dkk, 2013).



Gambar 2. Kurva tegangan-regangan
(Wiryosumatro, 2000)

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

Keterangan :

σ_u : Tegangan tarik (kg/mm^2)

F_u : Beban maksimal(kg)

A_o : Luas penampang mula dari penampang batang(mm^2)

Regangan (%) pertambahan panjang dihitung dengan membagi penambahan panjang pengukuran (L) dengan panjang pengukuran awal benda uji.

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

Keterangan :

ϵ : Regangan (%)

L : Panjang akhir (mm)

L_o : Panjang awal (mm)

Pembebaan tarik dilakukan secara berulang dengan bertambahnya beban sehingga menyebabkan perubahan bentuk benda berupa pertambahan panjang dan penurunan luas permukaan, serta retak pada beban. Rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung persentase pengurangan:

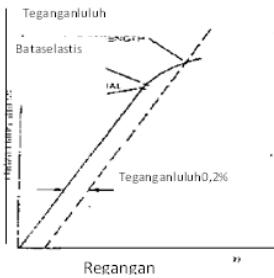
$$Q = \frac{\Delta A}{A_o} \times 100\% = \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100\%$$

Keterangan:

Q : Reduksi penampang (%)

A_o : Luas penampang mula (mm^2)

A_1 : Luas penampang akhir (mm^2)



Gambar 3. Grafik Tegangan Regangan
(Wiryosumatro 2000)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Oktober 2021 – Januari 2022, Pada Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar

B. Dimensi Benda Uji

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah mild steel dan stainless steel
2. Ketebalan plat yang digunakan adalah 1 mm
3. Pengalasan yang digunakan adalah resistance spot welding
4. Elektroda yang digunakan adalah CAP TIP Type : D Ø 16 x 55 mm
5. Arus pengelasan yang digunakan adalah 6000 Amper
6. Holding Time digunakan adalah 5, 10, 15, 20 detik
7. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik dan uji kekerasan

C. Bahan-Bahan dan Alat

Berdasarkan kebutuhan penelitian ini, yang terdiri dari sejumlah alat dan bahan yang dibutuhkan, terdiri dari :

D. Bahan-Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah mild steel dan stainless steel dengan ketebalan plat 1 mm, Elektroda CAP TIP Type : D Ø 16 x 55 mm

E. Peralatan.

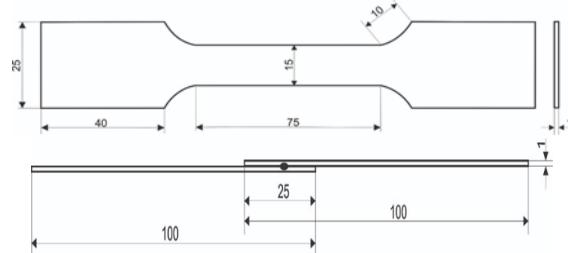
Peralatan yang digunakan dalam proses penelitian ini terdiri dari:

1. Mesin las titik (*Resistance Spot Welding*)
2. Elektroda tembaga CAP TIP Type : D Ø 16 x 55
3. Mesin Gerinda

4. Amplas
5. Sarung Tangan
6. Mistar

F. Pengujian Tarik

Berikut adalah proses pembacaan hasil uji tarik. Setelah diketahui penampang dan ketebalan benda uji, kemudian dijepit pada ragum uji tarik, dan standar uji yang digunakan adalah *American Society for Testing and Materials* (ASTM E-8).



Gambar 4. Spesimen uji tarik

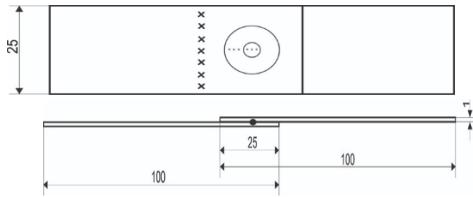


Gambar 5. Alat uji tarik dan uji bending batang
G. Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara perubahan arus pengelasan dengan nilai kekerasan bahan baja ringan dan baja tahan karat, serta untuk membandingkan nilai kekerasan berbagai perlakuan. Metode *Rockwell* digunakan dalam pengujian ini, yang menggunakan indentor bola baja dengan diameter 1,6 mm. *American Society for Testing and Materials* (ASTM) adalah standar pengujian yang digunakan (ASTM E-10).



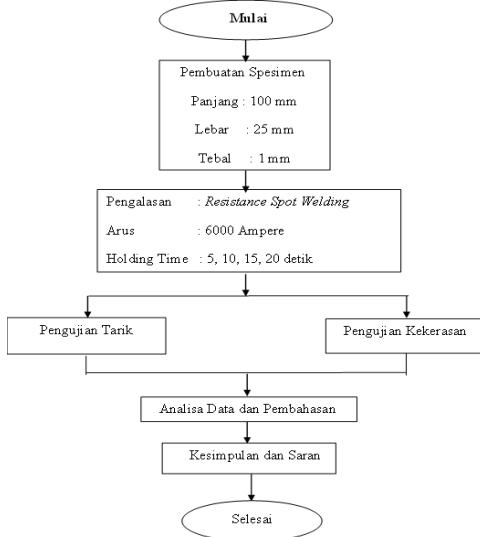
Gambar 6. Mesin uji kekerasan



Gambar 7. Bentuk spesimen uji kekerasan

H. Diagram Alir Penelitian

Uraian langkah-langkah penelitian diatas dapat dijabarkan ke dalam diagram alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 8. Diagram Alir penelitian

IV. PEMBAHASAN

Parameter mekanik material baja paduan rendah yang digunakan sebagai material uji dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan pengujian tarik. Parameter bagian tegangan, regangan, dan reduksi adalah hasil umum dari uji tarik. Prosedur perhitungan dan analisis data dilakukan sebagai berikut, berdasarkan data hasil pengujian:

Dalam menghitung data hasil pengujian tarik diketahui data awal spesimen sebagai berikut :

Panjang awal spesimen (l_0) : 175 mm

Lebar spesimen (w_0) : 25 mm

Tebal spesimen (t_0) : 1 mm

Luas penampang awal spesimen (A_0) : 25 mm²

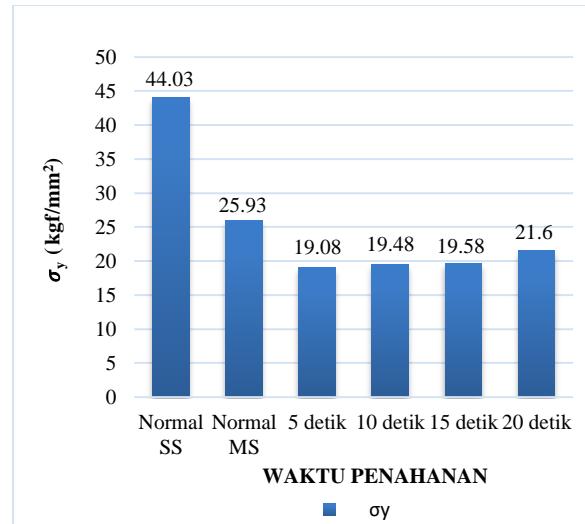
Salah satu benda uji yang akan dijadikan informasi dari hasil uji tarik yang sesuai persamaan arus adalah benda uji tanpa jahitan (normal spesimen), dengan data hasil pengujian sebagai berikut:

Tegangan yielding (σ_y) : 44,03 kgf/mm²

Tegangan maksimum (σ_u) : 55,96 kgf/mm²

Tegangan patah (σ_p) : 45,33 kgf/mm²

Tabel 1. Data hasil pengujian tarik



Gambar 1 Hubungan Antara Waktu Penahanan

Pengelasan vs Tegangan Yeilding

Berdasarkan pada grafik 1 nilai kekuatan tegangan yeilding pada spesimen normal stainless steel 304 adalah 44,03 kgf/mm², dan nilai kekuatan

Spesimen	Dimensi awal specimen			Data hasil uji tarik		
	l_0 (m)	w_0 (m)	t (m)	σ_y (kgf)	σ_u (kgf)	σ_p (kgf)
Normal . (SS)	175	15	1	44,0 3	55,9 6	45,3 3
Normal . (MS)	175	15	1	25,9 3	30,2 6	27,4 6
Holdin g Time 5 detik	175	25	1	19,0 8	20,5 2	17,6
Holdin g Time 10 detik	175	25	1	19,4 8	20,4 8	19,2
Holdin g Time 15 detik	175	25	1	19,5 8	21,0 8	20
Holdin g time 20 detik	175	25	1	21,6 8	21,9 8	20,0

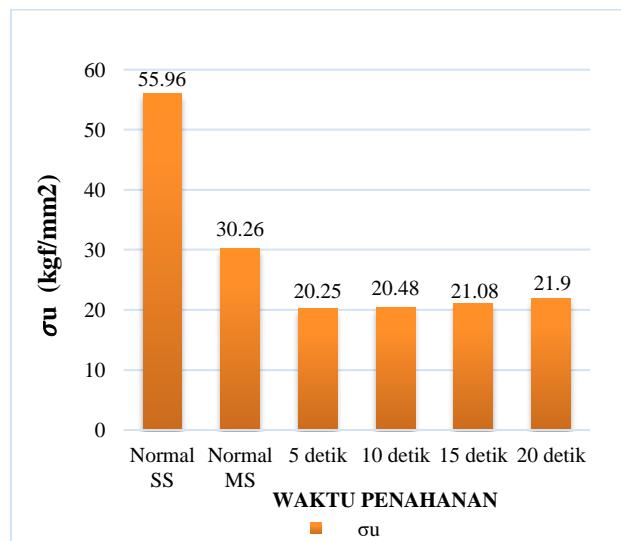
tegangan yielding spesimen normal mild steel 25,93 kgf/mm².

Nilai tegangan menciptakan 19,08 kgf/mm² pada waktu penahanan 5 detik, meningkat menjadi 19,48 kgf/mm² pada waktu penahanan 10 detik, dan akhirnya tegangan luluh dicapai pada periode penahanan 15 detik. Nilai tegangan maksimum meningkat dari 19,58 kgf/mm² menjadi 21,6 kgf/mm² selama waktu penahanan 20 detik.

Menurut uji tarik, perpanjangan waktu ejeksi dari 5 detik ke waktu pelepasan dengan 6000 Ampere dan waktu berpikir 6 detik berpengaruh pada peningkatan kekuatan tarik. Kekuatan tarik meningkat seiring dengan bertambahnya waktu untuk menghilangkan 10 detik, 15 detik, dan 20 detik.

Dengan meningkatnya waktu penahanan setelah pengelasan didapatkan kekuatan tarik yang semakin tinggi, hal ini dikarenakan lamanya waktu penahanan yang terjadi, sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang kuat.

Pada sambungan las titik logam dissimilar material stainless steel 304 dan *mild steel*, logam *stainless steel* cenderung lebih kuat dibandingkan dengan *mild steel*, hal ini dapat dilihat dari letak sobekan berada di daerah HAZ *mild steel* dan logam las menempel pada *stainless steel*



Gambar 2 Hubungan Antara Waktu Penahanan Pengelasan vs Tegangan Maksimum

Berdasarkan pada grafik 4.2 nilai kekuatan tegangan maksimum pada spesimen normal *stainless steel* 304 sebesar 55,96 kgf/mm², dan nilai kekuatan tegangan maksimum spesimen normal *mild steel* sebesar 30,26 kgf/mm².

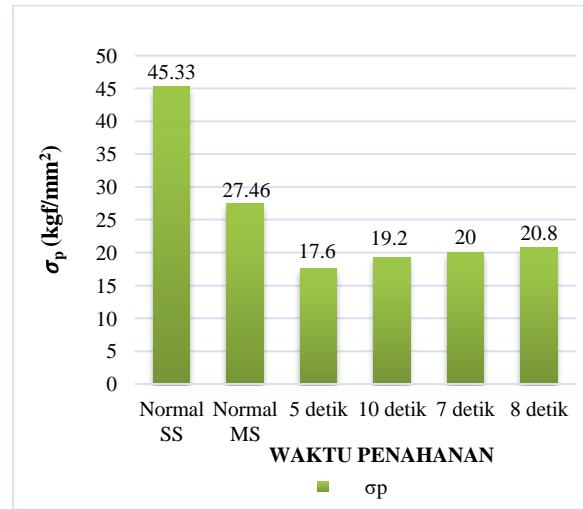
Nilai kekuatan maksimum adalah 20,25 kgf/mm² pada saat pelepasan, dan nilai kekuatan tarik maksimum meningkat sebesar 20,48 kgf/mm² pada waktu penahanan 10 detik, dan nilai tegangan maksimum meningkat sebesar 21,08 kgf/mm² pada waktu penahanan dari 15 detik, dan maksimum yang diperoleh adalah 21,9 kgf/mm² pada saat *knock out* 20 detik.

Menurut uji tarik, perpanjangan waktu ejeksi dari 5 detik ke waktu pelepasan dengan 6000 Ampere dan waktu berpikir 6 detik berpengaruh pada peningkatan kekuatan tarik. Kekuatan tarik meningkat seiring dengan bertambahnya waktu untuk menghilangkan 10 detik, 15 detik, dan 20 detik.

Dengan meningkatnya waktu penahanan setelah pengelasan didapatkan kekuatan tarik yang semakin tinggi, hal ini dikarenakan lamanya waktu penahanan yang terjadi, sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang kuat.

Pada sambungan las titik logam dissimilar material *stainless steel* 304 dan *mild steel*, logam *stainless steel* cenderung lebih kuat dibandingkan dengan *mild steel*, hal ini dapat dilihat dari letak sobekan berada di daerah HAZ *mild steel* dan logam las menempel pada *stainless steel*

Dari persamaan-persamaan yang ada, dapat ditentukan beberapa komponen pada uji tarik sebagai berikut :



Gambar 3 Hubungan Antara Waktu Penahanan Pengelasan vs Tegangan Patah

Berdasarkan pada grafik 4.3 nilai kekuatan tegangan Patah pada spesimen normal *stainless steel* 304 adalah 44,53 kgf/mm², dan nilai kekuatan

tegangan Patah spesimen normal *mild steel* 27,46 kgf/mm².

Pada penahanan waktu 5 detik nilai kekuatan tegangan patah 17,6 kgf/mm², dan pada waktu penahanan 10 detik mengalami peningkatan nilai kekuatan tegangan patah sebesar 19,2 kgf/mm², dan pada waktu penahanan 15 detik juga mengalami peningkatan nilai kekuatan tegangan patah sebesar 20 kgf/mm², dan pada waktu penahanan 20 detik diperoleh tegangan maksimum paling tinggi sebesar 20,8 kgf/mm².

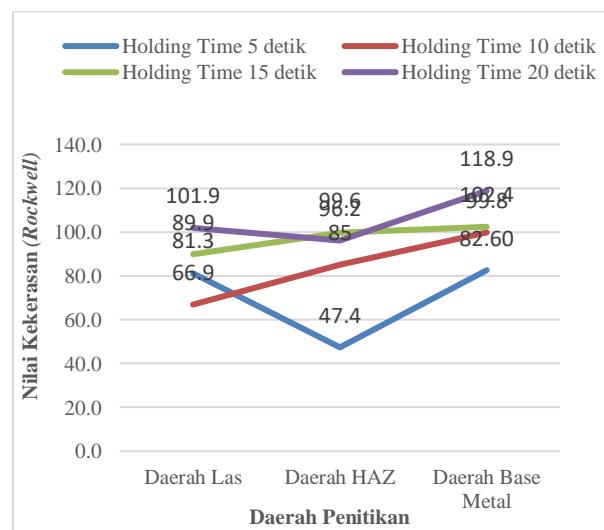
Berdasarkan hasil uji tarik dapat dilihat bahwa peningkatan waktu penahanan dari waktu penahanan 5 detik sampai dengan waktu penahanan 10 detik dengan arus yang digunakan 6000 Ampere dan waktu pengelasan 6 detik berdampak pada kenaikan kekuatan tarik. Sedangkan peningkatan waktu penahanan dari waktu penahanan 10 detik, 15 detik dan 20 detik, juga memperlihatkan kenaikan pada kekuatan tarik.

Dengan meningkatnya waktu penahanan setelah pengelasan didapatkan kekuatan tarik yang semakin tinggi, hal ini dikarenakan lamanya waktu penahanan yang terjadi, sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang kuat.

Pada sambungan las titik logam dissimilar material *stainless steel* 304 dan *mild steel*, logam *stainless steel* cenderung lebih kuat dibandingkan dengan *mild steel*, hal ini dapat dilihat dari letak sobekan berada di daerah HAZ *mild steel* dan logam las menempel pada *stainless steel*

Tabel 2 Hasil Pengambilan data pengujian kekerasan (*rockwell*)

Spesimen	<i>MILD STEEL</i>			<i>STAINLESS STEEL</i>			
	Daerah Las	Daerah HAZ	Daerah Base Metal	Daerah Las	Daerah HAZ	Daerah Base Metal	
Holding Time 5 detik	83,3	41,2	80,1	98,1	52,6	98,3	
	81,1	48,4	84,5	93,5	48,2	94,5	
	79,5	52,6	83,2	90,9	46,2	89,2	
Rata-rata	81,3	47,4	82,60	94,2	49,0	94	
Holding Time 10 detik	64,5	82,9	97,6	110,1	41,8	90,5	
	70,2	93,8	103,8	108,4	43,2	96,9	
	66,1	78,4	98,1	112,2	45,3	100,1	
Rata-rata	66,9	85	99,8	110,2	43,4	95,8	
Holding Time 15 detik	86,6	106,5	116,4	75	75,7	106	
	78,4	98,6	96,7	84,2	82,2	108,2	
	104,9	93,8	94,2	78,9	79,2	98,1	
Rata-rata	89,9	99,6	102,4	79,4	79,0	104,1	
Holding Time 20 detik	90,3	97,4	119	79,9	112,7	117,8	
	115,1	96,9	122,5	107,1	115,4	108,1	
	100,2	94,2	115,1	109,2	117,2	111,7	
Rata-rata	101,9	96,2	118,9	98,7	115,1	112,5	



Gambar 4 Nilai kekerasan berdasarkan hasil penekanan pada spesimen uji untuk *Mild Steel*

Berdasarkan grafik 4 data pengujian kekerasan pada spesimen dengan pengelasan *spot welding* pada

waktu penahanan 5 detik setelah pengalasan diperoleh nilai kekerasan tertinggi pada daerah logam las *mild steel* sebesar 81,3 RHN, dan pada daerah HAZ *mild steel* memiliki nilai kekerasan perlakan menurun sebesar 47,4 HRN, dan pada daerah base *mild steel* mengalami kenaikan sebesar 82,60 HRN.

Untuk spesimen dengan penahanan waktu 10 detik setelah pengalasan diperoleh kekerasan lebih menurun dibandingkan dengan penahanan waktu 5 detik dengan nilai kekerasan tertinggi daerah logam las *mild steel* diperoleh nilai kekerasan sebesar 66,9 RHN, dan pada daerah HAZ *mild steel* mengalami kenaikan nilai kekerasan sebesar 85 HRN, dan pada daerah base *mild steel* juga mengalami kenaikan sebesar 99,8 HRN.

Untuk spesimen dengan penahanan waktu 15 detik setelah pengalasan diperoleh nilai kekerasan lebih tinggi dari waktu penahanan 5 detik dan waktu penahanan 10 detik dengan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah logam las *mild steel* diperoleh nilai kekerasan sebesar 89,9 HRN, untuk daerah HAZ *mild steel* seketika mengalami kenaikan dengan nilai kekerasan sebesar 99,6 HRN, dan pada daerah base *mild steel* yang juga mengalami kenaikan sebesar 102,4 HRN.

Untuk spesimen dengan waktu penahanan 20 detik setelah pengalasan diperoleh nilai kekerasan tertinggi dari keempat variasi arus dengan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah logam las *mild steel* memiliki nilai kekerasan 101,9 HRN, untuk daerah HAZ *mild steel* memiliki nilai kekerasan seketika menurun sebesar 96,2 HRN, untuk daerah base *mild steel* mengalami kenaikan dengan nilai kekerasan secara drastis sebesar 118,9 HRN.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut:

1. Waktu penahanan dan arus sangat berpengaruh terhadap panas yang dihasilkan pada proses pengelasan spot welding yang mengakibatkan sambungan las semakin kuat. Pada waktu penahanan 20 detik dengan arus 6000 Ampere dan waktu pengelasan 6 detik diperoleh kekuatan tarik maksimum sebesar 21,9 kgf/mm². Jadi semakin lama waktu penahanan, maka kekuatan tarik akan semakin meningkat.
2. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan rockwell yang telah dilakukan, waktu penahanan 20 detik

dan arus 6000 Ampere dan dengan waktu pengelasan 6 detik diperoleh kekerasan tertinggi sebesar 101,9 RHN. Semakin lama waktu penahanan setelah pengelasan maka akan semakin tinggi nilai kekerasannya namun semakin lama waktu penahanan setelah pengelasan nilai kekerasan pada daerah HAZ menurun dan pada daerah base metal yang juga kadang mengalami kenaikan dan seketika juga menurun

B. Saran

Berikut ini merupakan saran yang berguna bagi penelitian di masa mendatang, mengingat masih banyaknya kekurangan pada penelitian sebelumnya.

1. Dari hasil penelitian yang sudah dianalisa dengan berbagai kekurangannya maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah dari proses pengelasan sampai proses pengujian memerlukan alat yang baik.
2. Kedepannya akan lebih baik jika alat uji dioperasikan dengan hati – hati jika ada identasi yang gagal tidak dapat dikembalikan dan harus diulang, sehingga menghabiskan ruang waktu dilakukannya uji coba pada spesimen

DAFTAR PUSTAKA

1. Ary Setya Kurniawan., dkk., 2014, "Analisa Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Baja ST. 41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW",Jurnal Teknik Mesin no. 2,pp 1-16Anis Paseno, 2013, *Analisis Beban Tarik Pada Serat Tunggal Tumbuhan Nanas Raja (Agave Cantula Roxb) Yang Mengalami Perlakuan Pengasapan Dengan Sumber Pengasapan Dari Kayu Jati, Makassar*
2. Amin, A, (2017). Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las Titik (*Spot Welding*) Logam Dissimilar Stainless Steel dan Baja Karbon Rendah. AL-JAZARI JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN, 2.(1)
3. Purwaningrum, Y., Fatchan, M. 2013. Pengaruh arus listrik terhadap karakteristik fisik – mekanik sambungan las titik logam dissimilar Al-Steel. Jurnal Teknik Mesin, 15
4. Sohabat, I. (2019). Analisis Sifat dan Mekanik pada Sambungan Las Gesek Dua Jenis

- Material Baja Tahan Karat SS 304 dengan Baja Karbon ST 40 (Doctoral dissertation, Universitas Wahid Hasyim Semarang)
5. Santosa, A., Suci, F. C., Farradina Choaria; Hanif, R. (2020). PENGARUH VARIASI ARUS LISRIK PADA PENGALASAN FLASH BUTT WELDING TERHADAP KEKUATAN TARIK. INFOMATEK: Jurnal Informatika, Meanjemen dan Teknologi, 22(1), 35-40.
6. Syahrani, A., Sam, A., Chairulnass., 2013, Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending pada Hasil Pengelasan SM 490. Jurnal Mekanikal, Vol. 4 No. 2: Juli 2013: 393-402
7. Windra 2016 Studi Eksperimen Proses Tempering Terhadap Kekerasan Permukaan Dan Estimasi Keausan. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.