



PENGARUH *HOLDING TIME* PWHT TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA PROSES PENGELASAN SMAW BAJA S45C

Tri Mulya Prayogo^{a*}, Tri Hartutuk Ningsih^b

^a Teknik Mesin, Teknik, Universitas Negeri Surabaya

^b Teknik Mesin, Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail koresponden: tri.19005@mhs.unesa.ac.id

Abstract

In the world of construction and industry, of course it is related to the PWHT process which is usually given material after welding, the welding process leaves residual stresses due to local heating that enters unevenly, this affects the quality of the product or material. The purpose of this study is to determine the tensile strength value of S45C steel welding without the PWHT process and with the PWHT annealing process, holding time variations of 30 minutes, holding time variations of 60 minutes, and holding time variations of 90 minutes. The research conducted gave the result that the holding time in the PWHT process greatly influenced the tensile strength of the specimens resulting from the SMAW welding process of S45C steel with the highest tensile strength value found in the specimen without PWHT of 536.42 MPa and the lowest tensile strength value at 90 minutes holding time of 421.10 MPa, the tensile strength value decreases with the longer holding time of the PWHT process due to a reduction in residual stresses that exist in the material after the welding process.

Keywords: *Holding time, PWHT, Steel, S45C, SMAW*

Abstrak

Dalam dunia konstruksi dan industri tentunya berhubungan dengan proses PWHT yang biasanya diberikan material setelah pengelasan, proses pengelasan meninggalkan tegangan sisa akibat pemanasan setempat yang masuk tidak merata, hal ini mempengaruhi kualitas hasil produk atau material yang akan digunakan. Tujuan dari penelitian ini yakni guna mengetahui nilai kekuatan tarik dari hasil pengelasan baja S45C tanpa proses PWHT dan dengan proses PWHT *annealing*, variasi *holding time* 30 menit, variasi *holding time* 60 menit, dan variasi *holding time* 90 menit. Penelitian yang dilakukan memberikan hasil bahwa *holding time* pada proses PWHT sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik pada spesimen hasil proses pengelasan SMAW baja S45C dengan nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen tanpa PWHT sebesar 536,42 MPa dan nilai kekuatan tarik terendah pada waktu tahan 90 menit sebesar 421,10 MPa, untuk nilai kekuatan tarik semakin menurun seiring lama waktu tahan proses PWHT dikarenakan adanya pengurangan tegangan sisa yang ada pada material setelah proses pengelasan.

Kata Kunci: Waktu Penahanan, PWHT, Baja, S45C, SMAW

1. PENDAHULUAN

Temperatur tinggi yang digunakan selama pengelasan memberikan efek panas pada satu tempat yang mampu membuat logam mengalami kontraksi setelah pendinginan dan terjadi penyusutan. Tegangan sisa permanen dihasilkan dari siklus suhu yang tidak teratur diikuti oleh siklus pendinginan yang tidak teratur. Metode mekanis dan metode termal adalah dua cara untuk melepaskan tegangan sisa. Metode termal dengan proses *annealing* PWHT adalah cara yang paling sering digunakan dari keduanya. Temperatur pemanasan, laju pendinginan dan waktu tahan adalah variabel yang cukup berpengaruh dalam proses anil pengurangan tegangan sisa. Selain berguna untuk mengurangi tegangan sisa, *annealing* berguna untuk menjadikan sebuah material yang tangguh di area HAZ.[1]

Kualitas produk harus maksimal, khususnya pada tangki gas dan pipa gas, proses PWHT sangat perlu diterapkan dalam dunia industri dan konstruksi. Hal ini berguna untuk meningkatkan ketangguhan material dan mencegah perambatan keretakan pada hasil pengelasan. Namun, PWHT biasanya diabaikan ketika

sebuah konstruksi dibuat dengan menggunakan prosedur las. Ini karena prosedur PWHT yang cukup panjang. Selain itu, perlunya furnace yang besar agar dapat digunakan untuk membuat konstruksi yang besar juga. Metode PWHT akan memakan waktu dan menambah biaya produksi, oleh karena itu industri harus mempertimbangkan kembali untuk menggunakannya.[2] Sebaliknya, suatu industri harus memproduksi barang secepat mungkin untuk memenuhi permintaan. Tetapi jika suatu sektor mengutamakan kualitas, ini harus diperhitungkan juga.[10]

PWHT atau perlakuan panas pasca-las adalah prosedur pemanasan yang digunakan untuk mengurangi tegangan sisa yang disebabkan oleh panas dari proses pengelasan dan mengembalikan karakteristik mekanis logam. Metode PWHT dapat menurunkan resiko kerusakan, meratakan struktur mikro secara konsisten, dan melepaskan tegangan sisa pada material yang telah mengalami proses pengelasan, yang semuanya meningkatkan kualitas material.[9]

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi *holding time* pada saat proses PWHT hasil pengelasan SMAW Baja S45C terhadap nilai kekuatan uji tarik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baja Karbon

Jenis baja yang paling populer adalah baja karbon karena sangat murah dan memiliki kualitas material yang dapat diperoleh untuk berbagai kegunaan. Dibandingkan dengan baja ringan, yang memiliki kandungan karbon 0,16 hingga 0,29 persen, baja karbonium lebih mudah dikerjakan dan lebih ulet, tetapi tidak dapat dibuat lebih keras melalui perlakuan panas. Meskipun baja karbon ini tidak mahal dan lunak, kekuatan tariknya cukup rendah. Proses karburasi dapat membuat permukaan lebih tahan lama.[4]

2.1.1 Karbon Rendah

Pada baja ini memiliki isi karbonium antara 0,10% hingga 0,25%. Sebab kandungan karbonium yang amat kecil hingga baja mengalami lunak serta pasti tidak bisa dikeraskan, ditempa, bisa dikeraskan permukaannya (*case hardening*).

2.1.2 Karbon Sedang

Komposisi kombinasi besi serta karbonium, kandungan karbonium 0,4% - 0,6%. Sifat lebih elastis serta keras. dipakai umum permesinan, penempaan, bagian otomotif, poros, serta jalan kereta api baja.

2.1.3 Karbon Tinggi

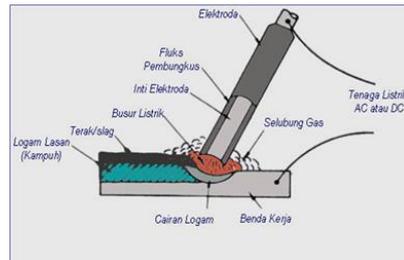
Komposisi kombinasi besi serta karbonium. Kandungan karbonium 0,6% - 0,99%, amat kokoh serta dipakai buat per atau kawat serta pegas kekuatan maksimal. Karbonium baja yang berhasil bisa menempuh heat treatment mempunyai isi karbonium di kisaran 0,30% - 1,70% berat. Jejak kotoran dari bermacam bagian yang lain bisa mempunyai akibat yang penting kepada mutu baja yang diperoleh.

2.2. Pengelasan

Penggabungan satu bagian logam dari dua komponen atau lebih menggunakan energi panas dikenal sebagai proses pengelasan. Gesekan, gelombang elektronik, pembakaran gas, hambatan listrik, dan busur listrik semuanya itu dapat memberikan energi panas yang berguna untuk melelehkan sebuah logam dalam pengelasan. Semua teknik pengelasan dapat digunakan saat mengelas baja karbon. Tingkat komposisi kimia sebuah baja dan sifat mekanik lainnya bisa memengaruhi kemampuan lasnya. Untuk mengetahui sifat mampu sebuah pengelasan merupakan hal yang sangat penting dikarenakan akan mempengaruhi karakteristik mekanik dan konstruksi yang akan digunakan.

2.3. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)

Teknik penggabungan dua atau lebih potongan logam menjadi sambungan utuh memanfaatkan sebuah panas dari listrik dan bahan tambahan/pengisi berupa elektroda dikenal dengan SMAW sering disebut juga dengan MMAW (Manual Metal Arc Welding). Busur listrik terbentuk antara ujung elektroda dengan logam dasar pada proses pengelasan elektroda terbungkus akan menghasilkan panas. Butiran-butiran logam yang cair terbawa semakin halus bila menggunakan arus listrik yang kuat, begitu juga sebaliknya bila menggunakan arus listrik yang lemah. Pola transfer logam cair memiliki dampak yang cukup signifikan pada kemampuan las logam. Ketika pemindahan dilakukan dengan butiran halus, logam memiliki kemampuan las yang tinggi [5]. Proses dasar pengelasan SMAW digambarkan pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Dasar Kerja Pengelasan [3]

Arus listrik yang signifikan menciptakan percikan api pada kawat las yang terhubung ke komponen sebelum dilas (disambung), yang menyebabkan panas maksimal untuk mencairkan sebuah logam. Arus satu arah (DC), arus bolak-balik (AC), atau DC - AC adalah tiga jenis sumber arus yang digunakan dalam mesin las listrik. Jenis bahan yang akan dilas akan mempengaruhi jumlah input panas selama proses pengelasan, oleh karena itu pilihan untuk menggunakan arus AC atau DC harus mempertimbangkan hal ini.[3]

2.4. *Post Weld Heat Treatment (PWHT)*

Setelah proses pengelasan, material dipanaskan kembali menggunakan metode PWHT, yang berfungsi guna meningkatkan kualitas material dengan cara menyeragamkan struktur mikro. Pemanasan ini dilakukan secara bertahap dan terkontrol hingga mencapai suhu yang mengubah kualitas bahan yang digunakan. Temperatur juga dipertahankan selama waktu tertentu agar panas yang dihasilkan tersebar merata. Kemudian, dengan menggunakan berbagai media pendingin, dilakukan prosedur pendinginan yang diatur.[6]

2.5. *Annealing*

Metode *annealing* dilakukan setelah proses pengelasan yang memiliki tujuan untuk mengurangi struktur martensit yang muncul saat proses pengelasan dan meminimalkan tegangan sisa yang ada. Sehingga keuletan las dan HAZ dapat meningkat serta memperlambat terjadinya korosi. Metode ini dilakukan menggunakan cara dipanaskan dengan suhu antara 800-850°C, dan untuk pendinginannya dilakukan secara lambat, dibiarkan di dapur pemanas sampai mencapai suhu ruang.[7]

2.6. Uji Tarik

Uji tarik perlu dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik sebuah material, dengan cara melakukan pembebanan pada material dan diberi gaya secara lawan arah pada material yang menjauhi titik tengah, uji tarik sering digunakan dikarenakan pengujian ini dasar dari sebuah pengujian suatu bahan atau material untuk mengetahui seberapa kuat bahan tersebut. Hasil penarikan kuat tarik terhadap sebuah material akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk material seperti pergeseran butir-butir kristal pada material terlepas dari ikatan kristal dikarenakan terkena gaya secara maksimal, proses terjadinya deformasi pada material sampai material tersebut putus akan diketahui pada saat proses pengujian dilakukan, Hasil uji tarik merupakan suatu kurva yang menunjukkan suatu hubungan antara gaya yang digunakan serta perpanjangan material yang alami.[8]

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen (experimental research) yang memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh PWHT variasi lama waktu *holding time* hasil pengelasan SMAW terhadap nilai uji tarik pada sambungan las baja S45C.

3.1. Variabel Penelitian yang digunakan adalah

3.1.1. Variabel bebas:

- Tanpa PWHT
- Waktu tahan 30 menit
- waktu tahan 60 menit
- waktu tahan 90 menit.

3.1.2. Variabel terikat:

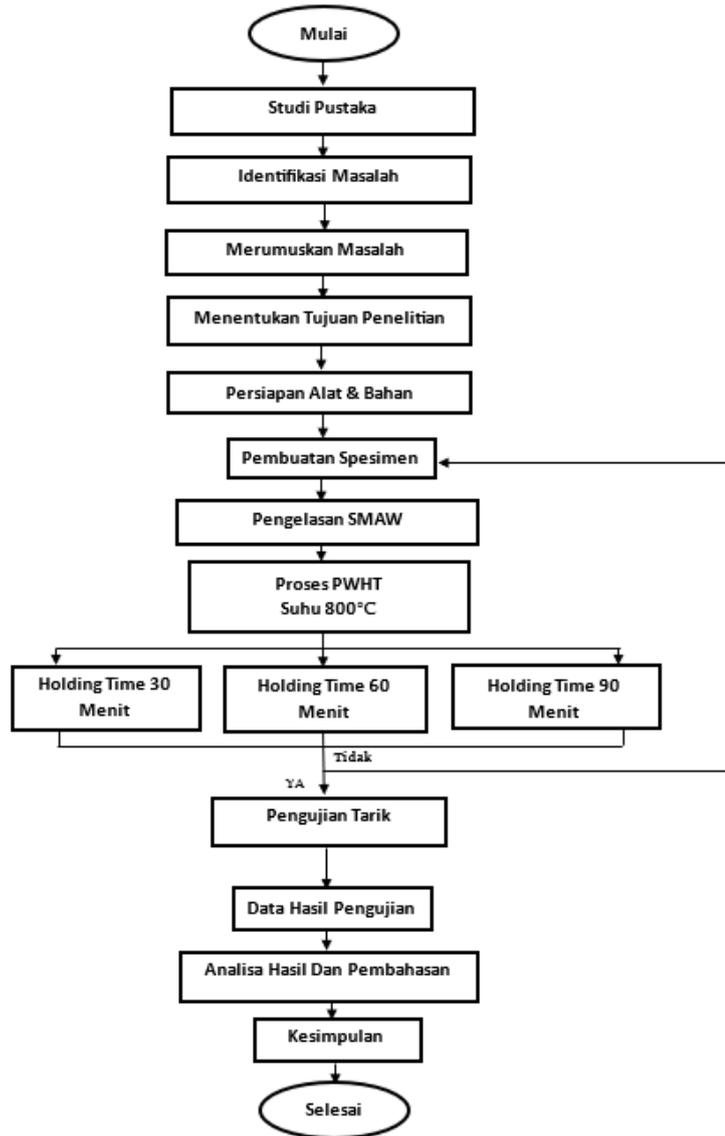
a) kekuatan tarik.

3.1.3. Variabel terkontrol:

- a) Baja S45C tebal 6mm
- b) Pengelasan SMAW Electroda E7016 \varnothing 3,2 mm
- c) PWHT suhu 800°C .

3.2. Diagram Alir

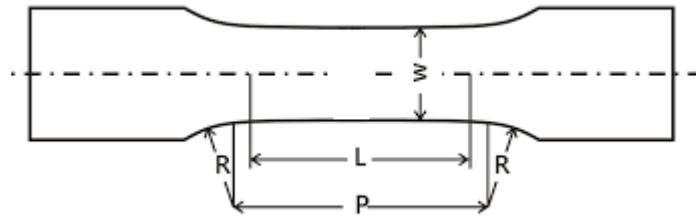
Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada gambar diagram alir gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir

3.3. Spesimen Uji Tarik

Pengujian tarik akan dilakukan sesuai standart JIS Z2201 serta merujuk dari AWS B4.0 2016. Dengan total 12 spesimen pengujian tarik yang memiliki panjang material sepanjang 200 mm dan lebar 20 mm



Width (W)	Gauge Length (L)	Parallel Length (P)
10	60	85-110

Gambar 3 Bentuk Bahan Uji Tarik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Tarik

Berikut data hasil uji tarik terhadap sambungan las SMAW plat baja S45C yang sudah dilakukan:

Tabel 1. Hasil Data Uji Tarik

Spesimen		Hasil Uji Tarik	
		Beban Maksimal (N)	Tegangan Maksimal (MPa)
A	1	32.338	538,96
	2	31.594	526,56
	3	32.624	543,73
	Rata-rata	32.185	536,42
B	1	29.858	497,63
	2	28.976	482,93
	3	30.732	512,20
	Rata-rata	29.855	497,58
C	1	26.694	444,90
	2	27.184	453,06
	3	26.240	437,33
	Rata-rata	26.706	445,09
D	1	25.712	428,53
	2	24.766	412,76
	3	25.322	422,03
	Rata-rata	25.266	421,10

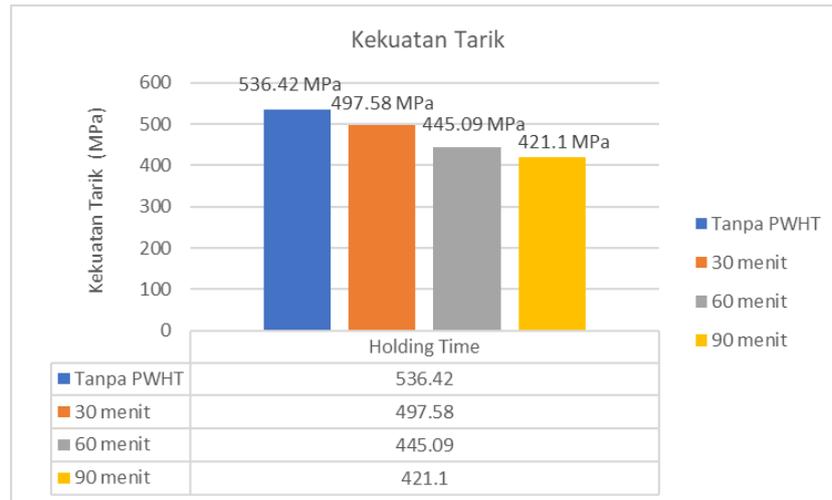
A: Tanpa PWHT

B: *Holding time 30 Menit*

C: *Holding time 60 Menit*

D: *Holding time 90 Menit*

Hasil data pengujian tarik di tabel.1 dapat diketahui bahwa yang memiliki kekuatan tarik tertinggi di spesimen ketiga dari spesimen tanpa perlakuan PWHT yang memiliki nilai tegangan maksimal sebesar 543,73 MPa, yang memiliki nilai terendah kekuatan tarik terdapat pada spesimen kedua dari variasi waktu tahan 90 menit dengan nilai tegangan maksimal sebesar 412,76 MPa,



Gambar 4. Tegangan Maksimal

Dari gambar 4. diatas menunjukkan bahwa material yang tidak mengalami proses PWHT memiliki nilai yang cukup baik daripada spesimen yang mengalami PWHT dengan variasi *holding time* yaitu rata-rata tegangan maksimal sebesar 535.42 MPa. Variasi *holding time* 30 menit memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 497.58 MPa nilai tersebut mengalami penurunan dari nilai spesimen tanpa perlakuan tetapi memiliki nilai tertinggi dari pada spesimen yang mengalami proses PWHT lainnya. Untuk PWHT *annealing holding time* 60 menit mengalami penurunan dengan seiring bertambahnya waktu dari spesimen sebelumnya yakni rata-rata nilai tegangan maksimal sebesar 445.09 MPa. PWHT *annealing waktu holding time* 90 menit memiliki nilai yang paling rendah dibanding spesimen tanpa PWHT, 30 menit dan 60 menit dengan rata-rata nilai tegangan maksimal sebesar 421.10 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian tarik tersebut dapat diketahui bahwa nilai yang didapat mengalami perubahan seiring dengan pertambahan waktu tahan PWHT. Semakin lama *holding time* PWHT maka semakin menurun nilai yang didapatkan, hal ini menunjukkan bahwa semakin lama *holding time* pada saat proses PWHT berbanding lurus dengan penurunan nilai kekuatan tariknya. PWHT dan *holding time* berpengaruh pada pengurangan tegangan sisa dan perbaikan struktur yang ada di material setelah proses pengelasan yang menyebabkan nilai kekuatan tarik menurun seiring semakin lama *holding timenya*.

Dengan hasil uji tarik yang sudah dilaksanakan dan diketahui bahwa adanya penurunan nilai kekuatan tarik seiring bertambahnya *holding timenya*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil pengujian tarik pada hasil pengelasan plat baja S45C yang mengalami proses PWHT dengan variasi *holding time* 30 menit memiliki nilai tertinggi sebesar 581 MPa , variasi *holding time* 60 menit memiliki nilai sebesar 553 MPa, dan variasi *holding time* 90 menit memiliki nilai terendah yaitu sebesar 503 Mpa. *Holding time* pada proses PWHT sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik pada spesimen sambungan lasan plat baja S45C, semakin lama waktu *holding time* maka semakin turun kekuatan tariknya dan proses pendinginan yang lambat menyebabkan material semakin ulet, dikarenakan adanya proses pelepasan tegangan sisa pengelasan pada proses PWHT.

5.2 Saran

Penulis memberikan beberapa saran kepada pembaca dan bagi yang ingin meneliti baja S45C ini bisa menjadi lebih maksimal lagi. Berikut saran yang diberikan oleh penulis:

- Penelitian ini menggunakan uji tarik untuk lebih maksimal lagi memerlukan uji yang lainnya seperti uji impak, uji banding, dan uji mikro.
- Perlunya pengujian mikro guna mengetahui perubahan struktur mikro setelah proses PWHT dilakukan

- c. Apabila ada yang meneliti lebih lanjut disarankan untuk memperhatikan delay waktu saat proses pengelasan dan PWHT karena akan mempengaruhi material tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga saya mulai dari rumah maupun di ruang lingkup Universitas Negeri Surabaya yang telah mendoakan dan mendukung dalam pembuatan jurnal penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. W. Wibowo, *Pengaruh Holding Time Annealing Pada Sambungan Smaw Terhadap Ketangguhan Las Baja K945 EMS45*. 2013.
- [2] Immanuel F. 2015. "Pengaruh Lama Waktu Tunggu Pada Proses PWHT Terhadap Sifat Mekanik , Struktur Mikro Dan Tegangan Sisa Pada Pengelasan Baja AAR M201 GR.B+" Thesis Institut Teknologi 10 November Surabaya.2015.
- [3] Muhammad, F.I.P., Alfathier., & Fakhriza. (2020). Pengaruh variasi temperatur PWHT dan tanpa PWHT terhadap sifat kekerasan baja ASTM A106 grade B pada proses pengelasan SMAW. *Journal of Welding Technology*. Volume 2, No. 1, June 2020.
- [4] Muqsalmina., Sukran., & Hanif. (2019) Pengaruh interpass temperatur terhadap sifat mekanik proses pengelasan SMAW material carbon steel SS400. *Journal of Welding Technology*. Volume 1, No. 1, June 2019.
- [5] Eko, N., Sulis, D.N., Asroni., & Wahidin. (2019). Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin pada Proses Heat Treatment Baja AISI 1045 terhadap Kekerasan dan Laju Korosi. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 8(1) 99-110.
- [6] Putut, D. *Teknik Las SMAW 2*. (2013). Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- [7] Waldi, N.A., Efi, A., & Warman, F. (2021). Pengaruh Temperatur Post Weld Heat Treatment (PWHT) Terhadap Sifat Mekanis Material Baja A36 yang mengalami Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW). *JOM FTEKNIK* Volume 8 Edisi 2, Juli 2021.
- [8] Tanjung, F.A. (2018). Pengaruh Stress Annealing Dari Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja ASTM A36 Terhadap Uji Tarik. Eprint UMM, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Malang.
- [9] Yahya D.P., & Yuyun E. 2017 Pengaruh Proses Post Weld Heat Treatment (PWHT) Pada Pengelasan Material Paduan Super Berbasis Nikel Dengan Metode Tungsten Inert Gas (TIG) Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, 2017
- [10] Bambang, T.B., & Petrus, S., (2017). Pengaruh Arus Listrik Dan Filler Pengelasan Logan Berbeda Baja Karbon Rendah (ST37) Dengan Baja tahan Karat (AISI 316L) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. *Prosiding Tahun Ke 4 Tahun 2017*, 637-642.