

KARAKTERISASI SAMBUNGAN *SPOT TIG WELDING* DENGAN MATERIAL *STAINLESS STEEL*

Yusuf Purnomo¹, Aris Widyo Nugroho², Muhammad Budi Nur Rahman³

¹Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Lingkar Selatan Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183 telp : (0274) 387656

E-mail : yusufpurnomo53@gmail.com

INTISARI

Spot TIG welding merupakan salah satu metode pengelasan titik dua material yang pengelasannya dilakukan hanya di satu sisi material. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas sambungan dari pengelasan titik yaitu arus dan lama waktu pada saat proses pengelasan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi arus dan waktu pengelasan terhadap struktur mikro, nilai kekerasan serta kapasitas beban tarik pada material *stainless steel 304*

Jenis sambungan yang digunakan yaitu *lap joint* mengikuti standart AWS D8.9-97 (*American Welding Society*) dengan ukuran panjang specimen 100 mm dan lebar 30 mm, setelah itu dibuat titik tengah untuk daerah yang akan dilas dengan ukuran 30 mm x 30 mm. Gas pelindung yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu argon dengan laju aliran gas 10 liter/menit dan dibuat konstan. Parameter pengelasan akan divariasikan dengan arus listrik 100 A, 110 A, 120 A, 130 A, dan waktu pengelasan 3 dan 4 detik. Pengujian yang akan dilakukan adalah uji struktur mikro, uji kekerasan *microvickers* dengan pembebanan 200 gf dengan lama penekanan 5 detik dan uji tarik-geser dengan kecepatan tarik 5 mm/menit.

Hasil pengamatan struktur mikro didominasi unsur *austenite* dan karbida krom dimana pada material *stainless steel* memiliki kandungan Cr sebesar 18,24%. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah HAZ yang berdekatan dengan *weld metal* dengan variasi lama waktu pengelasan 3 detik dengan nilai kekerasan 202 HV, sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah *base metal* dengan nilai kekerasan 160 HV. Kapasitas beban tarik tertinggi didapat pada variasi arus 130 A dengan waktu pengelasan 4 detik dengan kapasitas beban tarik sebesar 3,38 KN, sedangkan kapasitas beban tarik terendah didapat pada arus 100 A dengan waktu pengelasan 3 detik dengan kapasitas beban tarik sebesar 1,78 KN. Peningkatan arus dan waktu pengelasan berbanding lurus dengan diameter *nugget* yang dihasilkan.

Kata kunci : *Spot TIG welding*, *stainless steel 304*, struktur mikro, kekerasan, kapasitas beban tarik.

ABSTRACT

Spot TIG welding is one of the spot welding methods where the welding is done only on one side of material. One of the factors influencing the connection quality of the welding point is the current and the length of time during the welding process. The purpose of this study is to determine the effect of current variation and welding time on microstructure, hardness value and tensile load capacity in stainless steel 304.

The type of connection used is the lap joint following the standard AWS D8.9-97 (American Welding Society) with a specimen length of 100 mm and a width of 30 mm, after that a midpoint for the area to be welded with a size of 30 mm x 30 mm is made. Protective gas that will be used in this research is argon with a gas flow rate of 10 liter/minute and is made constant. Varied with electric current 100 A, 110 A, 120 A, 130 A and welding time of 3 and 4 seconds. The test that will be carried out is the micro structure test, microvicers hardness test with a load of 200 gf with a pressure duration of 5 seconds and a shear tensile test with a speed of 5 mm per minute.

The results of the observation of the microstructure are dominated by austenite elements and chrome carbide which in stainless steel 304 material has a Cr content of 18,24%. The highest hardness value of 202 HV, while the lowest hardness value is in the base metal with a hardness value 160 HV. The highest tensile load capacity is obtained at a current of 130 A with a welding time of 4 seconds with a value of the tensile load capacity of 3,38 KN, while the lowest tensile load capacity value is at a current of 100 A with a tensile load capacity of 1,78 KN. The increase in welding current and time is directly proportional to the diameter of the resulting nugget.

Keywords: *Spot TIG welding, stainless steel 304, microstructure, hardness tensile load*

1. Pendahuluan

Pengelasan dalam bidang manufaktur sangat luas penggunaannya, seperti dalam kebutuhan industri otomotif, kereta, perkapalan maupun untuk industri lainnya. Pengelasan secara sederhana dapat diartikan sebagai suatu proses penyambungan dua buah logam dengan cara dipanaskan menjadi satu kesatuan yang utuh. Dalam industri otomotif pengelasan seringkali digunakan dalam penyambungan dua buah logam karena dinilai lebih efisien, kuat serta lebih mudah dalam pengerjaannya (Purwaningrum, 2013).

Wibowo. (2015) yang meneliti tentang pengaruh arus dan *holding time* terhadap sifat mekanik las titik pada *stainless steel*. Pada penelitian ini menggunakan material *austenite stainless steel* dengan ketebalan konstan 0,8 mm dengan variasi parameter *holding time* 1 dt; 3 dt dan 5 dt. Sedangkan variasi parameter arus 5000 A, 6000 A dan 7000 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *holding time* memiliki peningkatan terhadap kekuatan sambungan las titik rata-rata sebesar 3,73 % dan variasi arus memiliki peningkatan rata-rata sebesar 13,44 %. Dimana kekerasan tertingginya adalah 285,6 HVN terdapat pada *weld nugget* dengan arus pengelasan 7000 A dan *holding time* 5 detik.

Nachimani.C. (2013) *investigating spot weld growth on 304 austenitic stainless steel (2 mm) sheets*. Pada penelitiannya arus yang digunakan adalah 7 kV, 8 kV, 9kV dan waktu pengelasan yang digunakan yaitu 10 cycle, 15 cycle, 20 cycle. Hasil dari penelitian ini menunjukan bahwa arus pengelasan pada 9 kV 20 cycle memiliki kapasitas beban tarik paling tinggi, serta dengan peningkatan arus pengelasan yang digunakan maka akan menghasilkan diameter nugget yang semakin membesar.

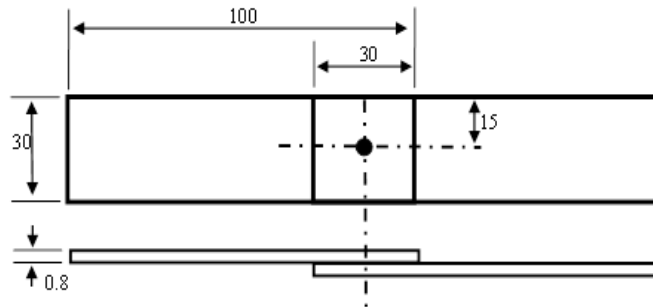
Shamsul (2007) yang meneliti tentang pengelasan *spot welding* dengan material *stainless steel* 304 dengan tebal plat 3 mm. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian mikro dan pengujian kekerasan dengan parameter arus yang digunakan adalah 2,5 kA, 3,75 kA, 5 kA dan 6,25 kA. Dalam penelitiannya didapatkan kesimpulan bahwa ukuran *nugget* tidak mempengaruhi distribusi kekerasan, selain itu meningkatkan arus lasan juga tidak meningkatkan distribusi kekerasan.

Faozi (2015) variasi arus pengelasan dan waktu penekanan dengan material uji tak sejenis antara baja dan paduan aluminium, variasi arus yang digunakan adalah 70 A, 80 A, 90 A, dan 100 A dan variasi waktu pengelasan 6, 7, dan 8 detik. Hasil Pengelasan dengan arus listrik 100 A dan waktu pengelasan 8 detik menghasilkan kapasitas dukung beban tarik geser tertinggi yaitu 869,16 N.

Banyaknya kebutuhan penggunaan material *stainless steel* 304 di dunia industry otomotif maupun industry manufactur dan masih sedikitnya data penelitian mengenai sambungan *Spot TIG Welding*, maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh kekuatan pengelasan *Spot TIG Welding* dengan material *stainless steel* 304 dan parameter yang akan digunakan adalah variasi arus dan lama waktu pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari data pengelasan dengan variasi arus dan lama waktu pengelasan sehingga diharapkan akan mendapat hasil pengelasan yang terbaik.

2. Metodologi penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu plat *stainless steel 304* dengan ketebalan plat 0,8 mm kemudian plat tersebut dipotong sesuai dengan standar AWS D8.9-97 dengan dimensi panjang 100 mm dan lebar 30 mm, setelah itu dibuat titik tengah untuk daerah yang akan dilas dengan ukuran 30 mm x 30 mm.



Gambar 1. Dimensi specimen AWS D8.9-97

Setelah dilakukan proses pemotongan bahan langkah selanjutnya yaitu proses pengelasan dengan menggunakan mesin *spot TIG welding* tipe EWM 351 Tetric. Arus yang digunakan pada masing-masing spesimen uji yaitu 100 A, 110 A, 120 A dan 130 A sedangkan waktu pengelasan selama 3 detik dan 4 detik, pada masing-masing arus dan waktu pengelasan dibuat 4 spesimen uji, sehingga jumlah keseluruhan spesimen yang dilas sebanyak 32 spesimen dengan rincian : 24 spesimen untuk pengujian tarik-geser pada masing-masing arus dan waktu, kemudian 8 spesimen yang tersisa digunakan untuk pengujian mikro dan kekerasan.

Pengujian struktur makro dan mikro dilakukan setelah proses pengelasan selesai, dengan cara memotong spesimen uji pada bagian tengah (las) sepanjang 30 mm x 30 mm kemudian diletakan pada resin (*mounting*) setelah proses *mounting* selesai selanjutnya dilakukan proses etsa dengan tujuan agar struktur mikro pada spesimen uji dapat teramati. Proses etsa menggunakan larutan kimia yaitu FeCl (30 ml), HNO₃ (30 ml), metanol (30 ml) dan alkohol. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada daerah *base metal*, HAZ dan *weld metal*, pengamatan dilakukan dengan mikroskop tipe olympus U-MSSP4 dengan menggunakan perbesaran 10x dan 50x.

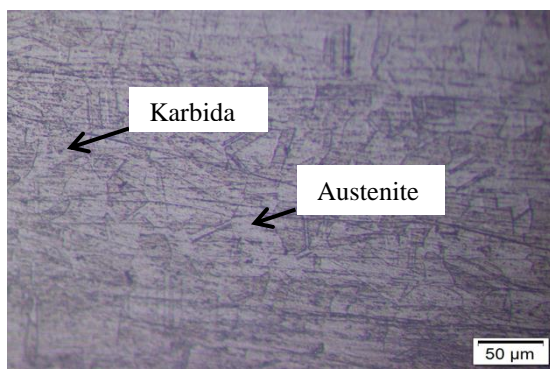
Pengujian kekerasan dilakukan setelah proses pengujian makro dan mikro selesai, pengujian kekerasan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada daerah yang terpengaruh panas. Daerah logam yang diambil untuk uji kekerasan (*vickers*) yaitu sebanyak 9 titik diantaranya daerah *base metal*, HAZ-BM, HAZ Low, HAZ High, *weld metal*, HAZ High, HAZ Low, HAZ-BM, *base metal*. Pengujian kekerasan dilakukan dengan pembebanan sebesar 200gf dengan waktu 5 detik.

Pengujian tarik-geser dilakukan dengan 3 spesimen pada setiap arus dan waktu pengelasan, proses pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik *Universal Testing Machine (UTM)* Instron 3367, proses pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban tarik-geser terhadap sambungan spesimen uji dengan kecepatan 5 mm per menit. Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian struktur mikro

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa struktur mikro pada *base metal stainless steel 304* menunjukkan fasa yang tampak jelas yaitu austenite (warna putih) dan karbida Cr (krom) dengan butiran halus (bintik-bintik hitam). Daerah *base metal* sendiri merupakan bagian yang tidak terpengaruh oleh proses panas pada pengelasan sehingga tidak terjadi perubahan struktur pada daerah tersebut (Wirjosumarto dan Okumura, 2008)

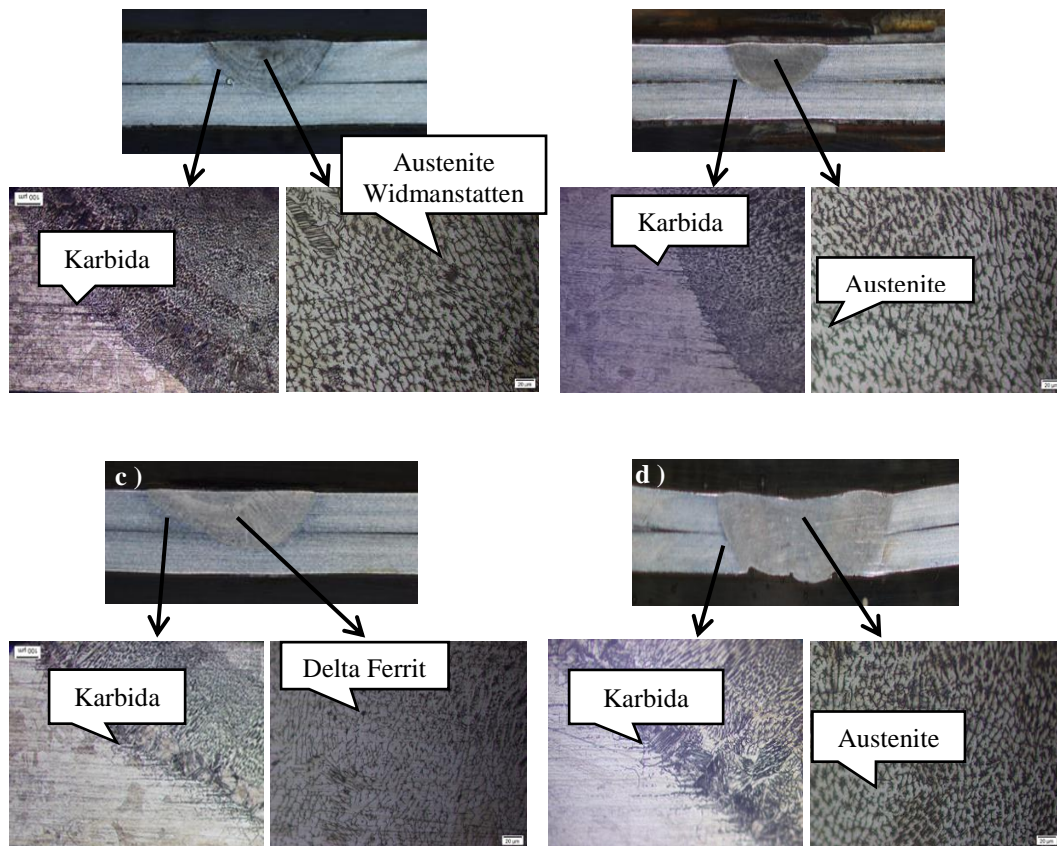


Gambar 2 Struktur mikro *base metal*

Daerah HAZ dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8 dimana daerah tersebut adalah daerah yang terkena pengaruh panas akibat pengelasan, sehingga pada daerah ini mengalami rekristalisasi pada kisaran suhu 500-550 °C dan kemudian berakhir pada temperatur cair pada logam (Folkhard, 1988). Pengaruh kuat arus pada pengelasan *spot TIG welding* pada material *stainless steel 304* menunjukkan bahwa masukan panas mengakibatkan perubahan ukuran butir karena daerah HAZ ini mengalami siklus termal pengelasan dimana semakin besar masukan panas yang diberikan maka akan menyebabkan luasan HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro menjadi butir-butir yang kasar (Firmansyah dkk, 2016).

Berdasarkan pengamatan uji mikro pada daerah HAZ terdapat unsur yang sama dengan *base metal* yaitu austenite dan karbida crom yang mengendap akibat panas dari pengelasan. Adanya endapan karbida krom ini mampu menahan gerakan dislokasi ketika material menerima beban dari luar, sehingga mampu menaikkan nilai kekerasan secara signifikan (Duniawan dan Ilman, 2012).

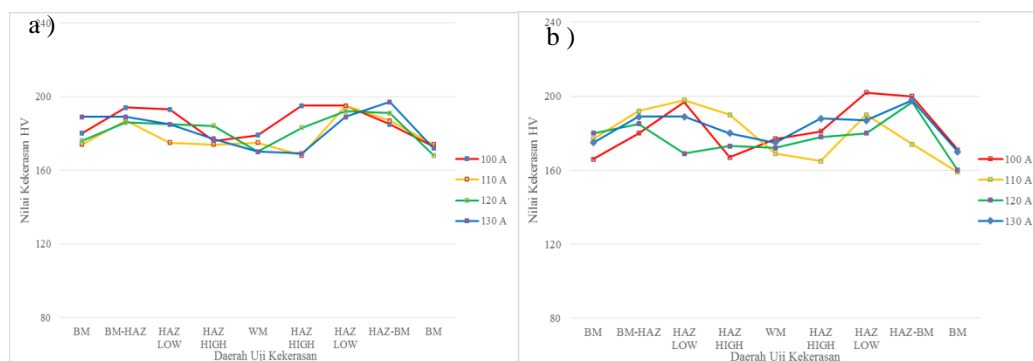
Pada daerah *Weld metal* merupakan daerah yang terkena panas secara langsung dari proses pengelasan sehingga akan terjadi perubahan struktur mikro pada daerah tersebut. Struktur mikro yang terbentuk pada *weld metal* diantaranya yaitu dendrit, ferrit acicular, austenite widmanstatten delta ferrit. Ferrit *accicular* berbrntuk intragranular dengan ukuran yang kecil dan mempuntai orientasi arah acak. berfungsi sebagai *interlocking structure* yang dapat menghambat laju perambatan retak.(Fachrudin, 2016)



Gambar 3. Struktur makro dan mikro : a) 100 A 3 detik, b) 100 A 4 detik, c) 130 A 3 detik, d) 130 A 4 detik

3.2 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan (*vickers*) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan distribusi kekerasan pada material logam seperti pada daerah *base metal* dan beberapa bagian yang terkena pengaruh panas saat proses pengelasan seperti pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan pada daerah *weld metal*. Pada pengujian kekerasan ini pembebanan yang digunakan yaitu sebesar 200 gf dan waktu penekanan selama 5 detik.



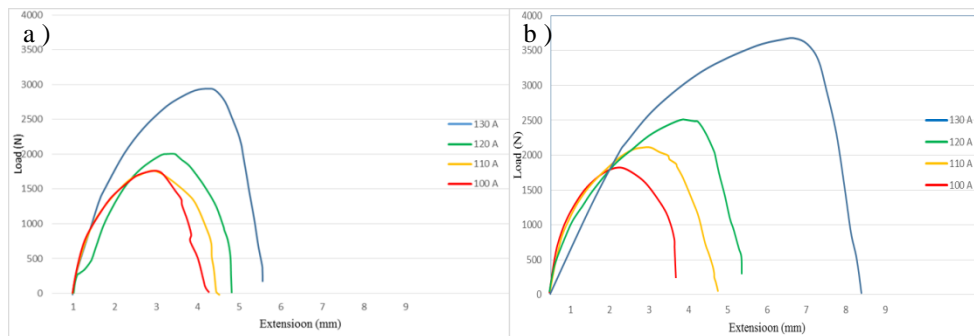
Gambar 4 Hasil uji kekerasan, a) 3 detik, b) 4 detik

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi dengan waktu pengelasan 3 detik terdapat pada daerah HAZ pada arus 100 A dengan nilai

kekerasan sebesar 195 HV. Hal yang sama juga terjadi pada variasi waktu 4 detik dimana nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah HAZ dengan nilai kekerasan sebesar 202 HV. Hasil diatas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai kekerasan pada tiap-tiap daerah yang di uji, dan daerah yang terkena panas akibat pengelasan akan memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang tidak terpengaruh oleh panas, hal tersebut sesuai dengan pernyataan Jia dkk (2018) bahwa daerah HAZ yang dekat dengan *weld metal* bisa lebih tinggi dibandingkan daerah *weld metal*.

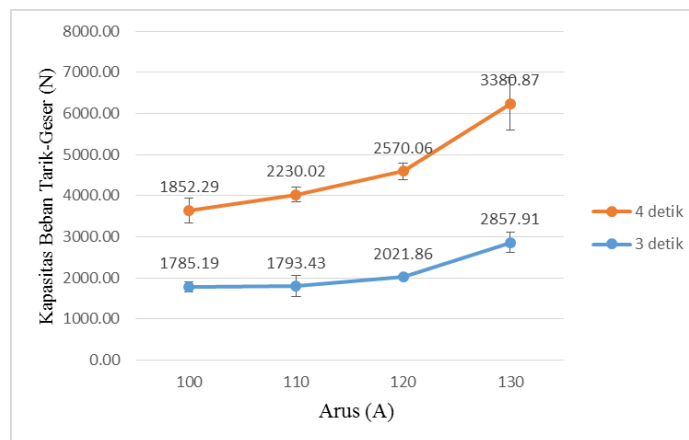
3.3 Pengujian tarik geser

Pengujian tarik-geser bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan dan keuletan pada material logam. Pengujian ini terjadi dengan memberikan pembebanan secara konstan pada spesimen uji, beban yang diberikan merupakan kombinasi dari gaya tarik dan gaya geser atau disebut dengan daya beban dukung tarik-geser (TLBC).



Gambar 5 a) 3 detik, b) 4 detik

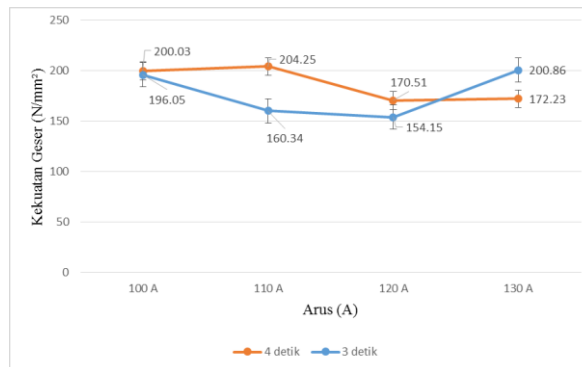
Gambar 5 menunjukkan hasil uji tarik pada setiap variasi arus dan waktu pengelasan, dimana pada grafik diatas menunjukkan terjadinya perubahan deformasi dari deformasi elastis ke deformasi plastis, beban maksimum yang dicapai setiap spesimen meningkat sesuai dengan peningkatan arus dan waktu pengelasan yang digunakan. Ketika beban maksimum telah dicapai pada setiap spesimen, regangan yang terjadi sangat kecil hingga spesimen mengalami fenomena fracture atau lepas pada sambungan las.



Gambar 6 Grafik perbandingan kapasitas beban tarik terhadap variasi arus

Gambar 6 menunjukkan grafik perbandingan kapasitas beban tarik terhadap variasi arus dan waktu, dimana nilai kapasitas beban tarik mengalami peningkatan pada setiap variasi arus dan waktu. Dengan demikian menunjukkan bahwa nilai kapasitas beban tarik akan berbanding lurus seiring dengan peningkatan variasi arus dan lama waktu pengelasan. Seperti pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Faozi, 2015) menjelaskan bahwa penggunaan variasi arus dapat mempengaruhi nilai kapasitas beban tarik (TLBC) yang diterima dimana kenaikan arus pada proses pengelasan akan meningkatkan nilai kekuatan beban tarik yang diterima.

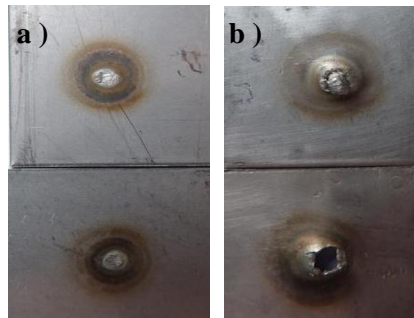
3.4 Tegangan geser



Gambar 7 Grafik perbandingan tegangan geser terhadap luasan *nugget*

Penurunan kekuatan tarik-geser pada pengelasan *spot TIG welding* pada material *stainless steel 304* dipengaruhi oleh luasan *nugget* yang diperoleh pada setiap variasi arus pengelasan, luasan *nugget* berpengaruh dalam menentukan kekuatan tarik-geser sebab pembebanan yang diterima pada pengujian tarik akan dibagi luas *nugget* yang diperoleh. Dengan demikian semakin besar luasan *nugget* yang didapat maka akan semakin kecil nilai kekuatan tarik-geser yang diperoleh, akan tetapi kenaikan nilai kekuatan tarik-geser dapat dipengaruhi oleh besarnya selisih kapasitas beban tarik-geser yang didapat, seperti yang terjadi pada variasi arus 130 A 3 detik. Kenaikan kekuatan kapasitas beban tarik-geser yang terlalu tinggi mengakibatkan nilai kekuatan tarik-geser akan semakin naik.

Setelah dilakukan proses pengujian tarik-geser maka akan diperoleh jenis kegagalan pada sambungan las, mode kegagalan sambungan yang diperoleh pada penelitian ini ada 2 jenis yaitu *interface failure* dan *pullout failure*. Hasil kegagalan yang didapat adalah *interface failure* dan *pullout failure* dimana lebih didominasi dengan kegagalan *interface failure* karena penetrasi yang dihasilkan pada proses pengelasan kurang dalam sehingga ketika dilakukan pengujian tarik didominasi dengan kegagalan *interface failure*, sedangkan kegagalan *pullout* hanya terjadi pada arus 130 A 4 detik.



Gambar 8 Mode kegagalan sambungan las a) *interface failure*, b) *pullout failure*

4. Kesimpulan

Penelitian mengenai pengaruh penggunaan variasi arus dan waktu pengelasan pada sambungan *spot TIG welding similar* dengan material *stainless steel 304* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh variasi arus dan waktu pengelasan terhadap struktur makro menunjukkan hasil bahwa semakin besar arus dan lama waktu pengelasan maka penetrasi yang dihasilkan semakin dalam.
2. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa fasa yang terkandung dalam *base metal* didominasi oleh austenite, kemudian di daerah HAZ terdapat endapan karbida serta pada *weld metal* terdapat struktur austenite widmanstatten, ferrit acicular, delta ferrit dan austenite.
3. Hasil pengelasan *spot TIG welding* berpengaruh pada nilai kekerasan pada material *stainless steel 304* dimana nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada HAZ, pada variasi waktu 3 detik nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada arus 100 A dengan nilai kekerasan sebesar 195 HV, sedangkan pada lama waktu pengelasan 4 detik nilai kekerasan tertinggi terdapat pada arus 100 A dengan nilai kekerasan sebesar 202 HV.
4. Peningkatan arus dan waktu pengelasan berpengaruh terhadap hasil uji tarik-geser, dimana hasil uji tarik-geser paling optimal terdapat pada arus 130 A dengan lama waktu pengelasan 4 detik dengan nilai kapasitas beban tarik sebesar 3,38 KN, sedangkan kapasitas beban tarik terendah terdapat pada arus 100 A dengan lama waktu pengelasan 3 detik dengan nilai kapasitas beban tarik sebesar 1,78 KN.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa metode pengelasan *spot TIG welding similar* pada material *stainless steel 304* dan dapat tersambung dengan baik, dimana hasil kekuatan tarik-geser terbaik terdapat pada arus 130 A dengan lama waktu pengelasan 4 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Faozi S. 2015. Pengaruh Arus Listrik dan *Holding Time* Terhadap Sifat Fisik-Mekanik Sambungan *Spot TIG Welding* Material tak Sejenis Antara Baja dan Paduan Aluminium, Surakarta: Skripsi Teknik Mesin UNS
- Handra N, dan Syafr F.F. 2013. Studi Kekuatan Sambungan Plat Pada *Spot Welding* Ditinjau dari Kekuatan Tarik dan Geser. *Jurnal Mechanical* , Volume 4 Nomor 1 : Hal 52-57
- Hendrawan dan Rusmawan, 2014. Studi Pengaruh Arus dan Waktu Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Titik (*Spot Welding*) Logam Tak Sejenis. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta*
- Purwaningrum, Fatchan, 2013. Pengaruh Arus Listrik Terhadap Karakteristik Fisik-Mekanik Sambungan Las Titik Logam Dissimilar AL-Steel. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Mesin* Vol. 15 No. 1
- Raharjo W.P, Ariawan D. 2005. Pengaruh Welding Time Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan, Sambungan Lap Baja Tahan Karat Feritik AISI 430 Dengan Metode Resistance Spot Welding. *Jurnal Mekanika* , Volume 3 Nomor 3
- Wirjosumarto H, dan Okumura T, 2000. *Teknologi Pengelasan Logam* , PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Nachimani, C. and Rajkumar, R. 2013. *Investigating Spot Weld Growth On 304 Austenitic Stainless Steel (2mm) Sheets* . *Journal of Engineering Science and Technology* vol.8, No. 1 (2013) 69-76
- Wibowo, A,S, 2015 pengaruh arus dan *holding time* terhadap sifat mekanik las titik pada *stainless steel* . Skripsi Teknik UMS.
- Amin, A 2017. Pengaruh variasi arus listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan las titik logam *dissimilar stainlees steel* dan baja karbon rendah. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA* Vol. 02 No.02.
- Agustriyana, L., Irawan, Y. S., Sugiarto. 2011. *Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Pengelasan Pada Proses Las Titik (Spot Welding) Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrostruktur Hasil Las Dari Baja Fasa Ganda (Ferrite-Martensit)* . *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 2, No. 3: 175-181
- Fachruddin dkk, 2016., pengelasan *Resistance Spot welding* terhadap kekuatan geser, kekerasan dan struktur mikro pada sambungan *dissimilar* baja *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon rendah ST 41.
- Shamsul, J.B., dan Hasyam, M.M., 2007, Penelitian tentang hubungan diameter *nugget* dan arus listrik pada pengelasan titik baja stainless steel tipe 304 dan pengaruh besar arus listrik pada distribusi kekerasan mikro, *Jurnal Teknik Mesin Unhas. Unhas*
- Duniawan,A & Ilman, M.N. 2012. Pengaruh Pwht Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Tak Sejenis *Austenitic Stainless Steel* Dan Baja Karbon. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III* , ISSN: 1979-911X.