

PENGARUH VARIASI TEKANAN GESEK TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN PIPA BAJA (BERPUTAR) DENGAN PIPA STAINLESS STEEL MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING*

Rori Banu Prabowo, Aris Widyo Nugroho, Totok Suwanda

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

Roribanu96@gmail.com, nugrohoaris@gmail.com, suwanda@umy.ac.id

Intisari

Pengelasan gesek merupakan salah satu metode pengelasan jenis *solid state welding* dimana sumber panas ditimbulkan oleh dua logam yang bergesekan. Dengan metode pengelasan gesek dua buah logam yang titik leburnya berbeda dapat dilakukan penyambungan. Namun pada material pipa baja dengan pipa stainless steel belum menemukan parameter tekanan gesek yang cocok jika dilakukan penyambungan dengan metode friction welding. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan gesek terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik sambungan pipa baja dengan pipa stainless steel menggunakan metode pengelasan gesek.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pipa baja karbon ASTM A53 Gr.A dengan pipa stainless steel ASTM A312 TP304. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi tekanan gesek 25 MPa, 30 MPa 35 MPa, tekanan tempa 50 MPa, waktu gesek selama 1 detik dan kecepatan mesin 1000 RPM. Aplikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah data logger yang berfungsi untuk membaca tekanan pada mesin las gesek. Kemudian hasil pengelasan dilakukan pengujian struktur mikro, kekerasan material dan kekuatan tarik.

Hasil pegujian struktur mikro menunjukkan pengaruh dari proses pengelasan gesek mengakibatkan perubahan struktur mikro yang menjadikan struktur mikro pada bagian sambungan menjadi berbutir halus dan padat. Semakin jauh dari sambungan maka struktur mikronya akan berbutir besar sampai bagian *base metal*. Nilai kekerasan paling tinggi berada pada daerah sambungan dan semakin menurun nilai kekerasannya jika semakin jauh dengan sambungan. Hasil kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 429.25 MPa mencapai 93.2% dari kekuatan tarik pipa baja karbon dan mencapai 58.76% dari kekuatan tarik pipa stainless steel didapat pada tekanan gesek 30 MPa. Hasil kekuatan tarik rata-rata terendah sebesar 340.53 MPa mencapai 73.94% dari kekuatan tarik pipa baja karbon dan mencapai 46.61% dari kekuatan tarik pipa stainless steel. Parameter yang direkomendasikan untuk pengelasan gesek pipa baja dengan pipa stainless steel sebesar 30 MPa.

Kata Kunci: Pengelasan gesek, pipa baja, pipa stainless steel, struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik.

1. Pendahuluan

Pada zaman perkembangan teknologi ini teknik pengelasan telah dipergunakan secara luas dalam penyambungan di konstruksi bangunan, konstruksi mesin, perpipaan dan lain lain. Pada pengelasan pipa menggunakan metode fusion welding membutuhkan waktu penyambungan yang lama, skill operator yang tinggi serta tidak dapat menyambung material yang berbeda jenis.

Untuk mengatasi masalah pada penyambungan pipa baja dan pipa stainless steel dapat disambung dengan metode friction welding. Friction welding merupakan proses pengelasan yang dilakukan dalam kondisi padat atau solid state. Pengelasan ini memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh dua buah logam yang digesek dan diberikan tekanan. Panas tersebut akan membuat material mengalami deformasi plastis. Pada fase ini sambungan lasan akan terbentuk antara dua buah logam tersebut. Namun parameter dalam pengelasan gesek belum tersedia, sehingga belum dapat ditentukan parameter pengelasan yang tepat untuk mencapai hasil yang maksimal.

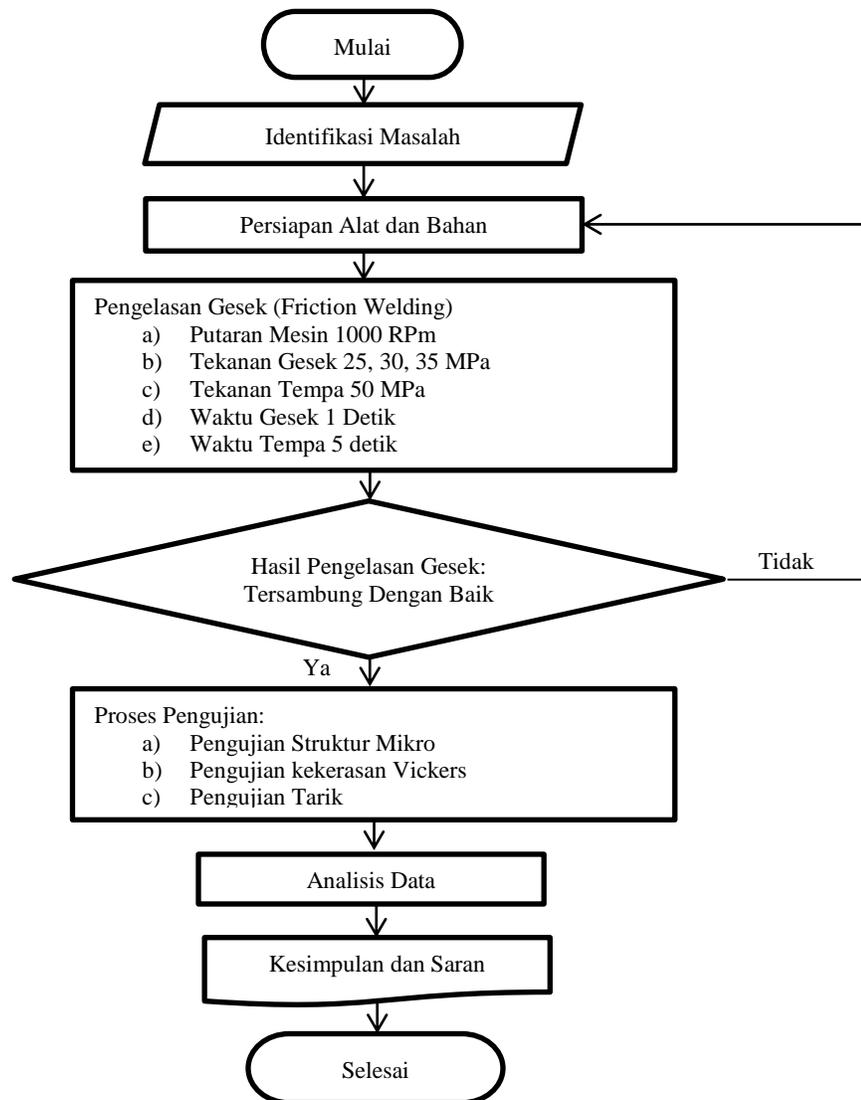
Husodo, dkk, (2013), menganalisis pengaruh waktu gesek terhadap kekuatan tarik, kekuatan puntir, kekerasan material dan struktur mikro pada baja karbon St41 dengan metode pengelasan gesek. Dalam penelitiannya dijelaskan perubahan waktu gesekan mempengaruhi sifat mekanik yang dihasilkan pada sambungan las. Distribusi kekerasan terbaik pada waktu gesekan 45 detik. Hasil pengujian kekerasan di sambungan las lebih tinggi dibanding daerah HAZ sehingga menghasilkan lasan yang baik dan tidak patah pada sambungan melainkan patah pada daerah HAZ. Dimana waktu gesek 45 detik adalah waktu paling baik dibanding 35 detik, 55 detik dan 65 detik pada pengujian tarik dan puntir. Hal tersebut dikarenakan terjadi cacat las jika waktu gesek terlalu lama. Struktur mikro yang terbentuk juga mempengaruhi sambungan las. Hasil dari pengujian struktur mikro hasil pengelasan gesek menunjukkan waktu gesek 45 detik memiliki kandungan ferrit dan pearlite lebih banyak. Hal ini juga yang mengakibatkan waktu gesek 45 detik memiliki kekuatan tarik, kekuatan puntir dan kekerasan yang paling baik. Iswar dan Syam, (2012), yang menganalisis pengaruh variasi parameter pengelasan (putaran dan temperatur) terhadap kekuatan sambungan las friction welding baja karbon rendah ST.42. Putaran mesin yang dipakai (550 rpm, 1020 rpm dan 1800 rpm) dengan temperatur (750°C, 800°C dan 850°C) dan tekanan tempa maksimum 60 MPa. dalam penelitiannya dijelaskan putaran mesin berpengaruh pada pengelasan gesek. Hal ini ditandai dengan meningkatnya kekuatan tarik dan tegangan geser seiring meningkatnya putaran mesin. Selain itu temperatur juga berpengaruh pada hasil lasan. Ketika material diberikan temperatur 850°C, material yang dilakukan pengelasan gesek mengalami perubahan atom menjadi semakin padat dan seragam sehingga regangan yang terjadi semakin kecil. Laksono dan Sugiyanto, (2013), juga menganalisis hasil pengelasan gesek sambungan sama jenis baja ST 60, sama jenis AISI 201, dan beda jenis baja ST 60 dengan AISI 201 terhadap kekuatan tarik, kekerasan material dan struktur mikro dengan parameter waktu gesek (10 – 15 detik), tekanan gesek (400 -500 PSI), waktu upset (2 – 3 detik) dan tekanan upset (600 PSI). Dijelaskan bahwa hasil kekuatan tarik pada sambungan sama jenis baja ST 60 paling baik di tekanan 400 PSI dengan waktu gesek 10 detik dan sambungan sama jenis baja AISI 201 dan sambungan beda jenis baja ST 60 dengan baja AISI 201 paling baik di

tekanan 500 PSI dengan waktu gesek 10 detik. Kekerasan material paling tinggi terdapat di bagian HAZ.

Pada penelitian diatas umumnya material yang digunakan berbentuk silinder pejal dan material yang dilakukan penyambungan memiliki titik lebur yang sama. Mengingat banyaknya penggunaan pipa stainless steel dan pipa baja pada industri dan manufaktur, maka peneliti akan mencoba menggunakan dua buah material yang berbeda jenis yaitu pipa baja ASTM A53 (berputar) dengan stainless steel 304.

2. Metode Penelitian

Untuk mempermudah proses penelitian pengelasan gesek baja dengan stainless steel, maka saya membuat diagram alir untuk menggambarkan proses – proses penelitian berdasarkan proses penelitian agar mudah dipahami. Berikut diagram alir proses penelitian:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pipa pipa baja ASTM A53 Gr.A dan pipa stainless steel ASTM A312 TP304 dengan ukuran 22 mm dipotong dan dibubut permukaannya dengan panjang 75 mm. Pembubutan pada pipa bertujuan untuk menyaakan ukuran, mempermudah proses pengelasan gesek dan memperkecil kemungkinan terjadinya cacat las.

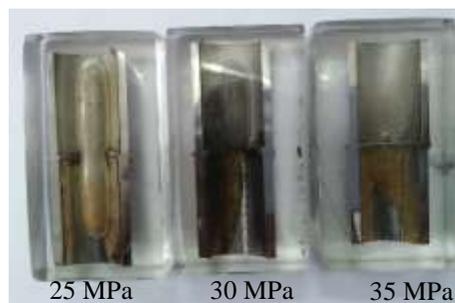
Parameter pada penelitian ini menggunakan variasi tekanan gesek sebesar 25 MPa, 30 MP serta 35 MPa, tekanan tempa 50 Mpa, waktu gesek selama 1 detik dan waktu tempa selama 5 detik. Putaran mesin yang digunakan adalah 1000 rpm.

Pengelasan dilakukan dengan menggunakan mesin las gesek hasil modifikasi dari mesin bubut. Mesin bubut dipasang aktuator hidrolik untuk menekan chuck yang diam. Pada aktuator hidrolik diberikan load cell yang berfungsi untuk membaca tekanan yang dihasilkan oleh aktuator hidrolik. Pipa stainless steel dipasang pada chuck yang berputar dan pipa baja dipasang pada chuck diam. Setelah dipasang kemudian mesin las gesek dinyalakan dan tuas hidrolik dibuka untuk mendorong aktuator hidrolik. Chuck diam akan bergerak mendekati chuck berputar dan terjadi gesekan antara pipa stainless steel dengan pipa baja. Pengelasan ini dilakukan sebanyak 4 kali setiap variasi tekanan geseknya.

Setelah dilakukan proses pengelasan kemudian benda dibelah dengan menggunakan gergaji dan dilakukan pemasangan dudukan dengan menggunakan resin. Spesimen ini akan digunakan untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro. Untuk pengujian dibubut sesuai dengan standar JIS Z 2201 No.14C untuk spesimen berbentuk pipa. Pengujian struktur mikro dan kekerasan dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik D3 Teknik Mesin UGM. Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium Matrial Teknik Teknik Mesin UMY.

2.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk melihat struktur logam yang telah dilakukan pengelasan gesek dengan menggunakan mikroskop sehingga dapat diamati lebih lanjut hasil dari pengelasan. Benda uji dibelah menjadi 2 dan mecetak dudukan dengan campuran resin dan katalis. Berikut hasil cetakan dudukan benda uji yang ditunjukkan pada gambar 2:



Gambar 2. Benda uji struktur mikro dan kekerasan

Setelah dudukan dicetak lalu benda uji dihaluskan dengan amplas 100, 500, 800, 1000, 1200, 1500 dan 2000 yang selanjutnya permukaan benda uji dietsa menggunakan cairan aquaregia yang terbuat dari larutan HNO₃ + HCl dengan perbandingan 1:3 untuk pipa stainless steel. Sedangkan pengetsaan baja menggunakan HNO₃ dengan konsentrasi sebesar

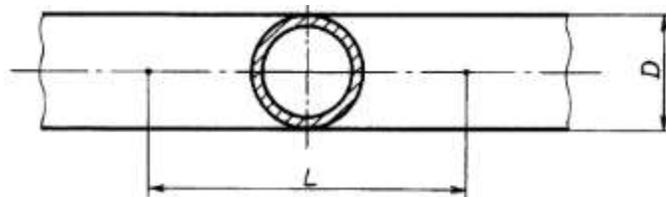
2,5%. Benda uji kemudian dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mesin merek Olympus tipe BX53MRF-S milik laboratorium material D3 UGM.

2.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan struktur mikro Vickers digunakan untuk mengetahui struktur kekerasan dari benda uji. Pengujian kekerasan ini menggunakan spesimen sebelumnya yang digunakan pada pengujian struktur mikro. Spesimen dilakukan pemolesan ulang untuk mendapatkan permukaan yang halus dan rata menggunakan autosol. Pengujian kekerasan menggunakan mesin merek Shimadzu tipe HMV-M3 milik laboratorium material D3 UGM.

2.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik yang dihasilkan oleh hasil pengelasan gesek pipa baja dengan pipa stainless steel. benda uji tarik ini dibuat dengan mengacu pada standar JIS Z 2201 pengujian tarik pipa. Panjang gauge (L) dihitung dengan rumus $5.65\sqrt{A}$ dimana A adalah luas penampang pipa. Pembuatan spesimen dilakukan untuk menghilangkan flash yang terbentuk akibat proses pengelasan gesek. Selanjutnya dilakukan pembubutan sesuai dengan bentuk standar pengujian tarik pipa menurut JIS Z 2201 No.14C yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Standar Pengujian Tarik JIS Z 2201 No.14C

3. Hasil dan Pembahasan

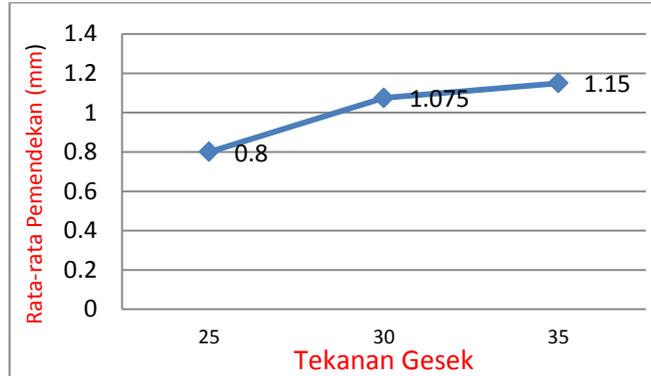
Berikut hasil penyambungan dengan metode pengelasan gesek pipa baja dengan pipa stainless steel dengan parameter waktu gesek 1 detik, waktu tempa 5 detik, tekanan gesek 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, dan tekanan tempa 50 MPa yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengelasan gesek baja karbon dengan stainless steel

Hasil penyambungan terdapat sedikit flash pada sambungan las. Flash yang terlihat dari hasil pengelasan gesek ditimbulkan dari baja, sedangkan stainless steel tidak terlihat adanya flash. Hal tersebut terjadi karena baja karbon titik leburnya lebih rendah dari pada stainless steel. Flash yang timbul pada benda uji mengakibatkan

benda uji mengalami pemendekan. Tekanan gesek berpengaruh pada pemendekan benda uji.



Gambar 5. Grafik hubungan tekanan gesek dengan pemendekan benda uji

Pada grafik diatas terlihat bahwa semakin besar tekanan gesek yang diberikan pada benda uji maka semakin besar juga pemendekan yang terjadi. Hal ini disebabkan karena semakin besar tekanan yang diberikan pada benda uji, gesekan yang terjadi akan semakin kuat dan menimbulkan flash yang semakin banyak.

3.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan pada benda uji dengan mengambil 1 benda uji dari masing masing parameter pengujian. Tujuan dilakukan pengujian struktur mikro adalah untuk mengetahui perubahan struktur mikro pada material pipa baja dengan pipa stainless steel setelah dilakukan pengelasan gesek. Benda uji yang akan dilakukan pengujian struktur mikro dipotong, dibelah dan dicetak menggunakan resin, kemudian dilakukan pengamplasan, pemolesan dan pengetsaan. Berikut hasil struktur mikro yang ditunjukkan pada gambar 6:



Gambar 6. Foto struktur mikro baja karbon dan stainless steel

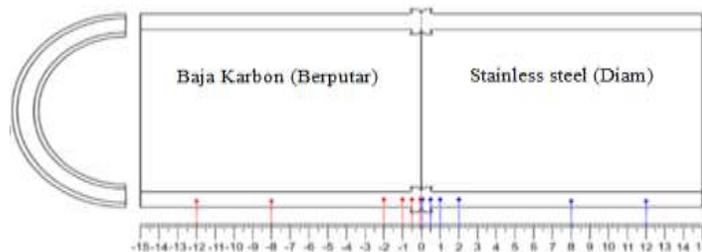
Dari gambar 6 yang menunjukkan foto struktur mikro dapat dilihat bahwa struktur mikro pada bagian sambungan berbutir halus dan padat, semakin jauh dari sambungan maka struktur mikronya akan semakin besar sampai *base metal*. Tekanan gesek yang besar akan menghasilkan fasa yang padat dan berbutir halus. Hal ini disebabkan karena tekanan yang semakin besar akan semakin memadatkan struktur mikro.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Nugroho, dkk, (2014), pada penelitiannya yang menganalisis sifat mekanis dan struktur mikro pengelasan gesek baja tahan karat

austenitik AISI 304 dengan variasi tekanan gesek 1,38 MPa – 4,14 MPa dan tekanan tempa 6,90 MPa – 8,27 Mpa dijelaskan struktur mikro daerah las berfasa austenit berbutir kecil, daerah HAZ berfasa asutenit berbutir lebih besar dan daerah base metal berbutir besar dengan fasa austenite dan terdapat cacat las berupa porositas pada seluruh hasil pengelasan. Hal ini berbanding lurus dengan hasil struktur mikro yang dilakukan peneliti. Hal tersebut terjadi karena panas yang ditimbulkan dari pengelasan gesek hanya merubah struktur mikro di daerah las dan HAZ yang berjarak sekitar 0,5 mm - 1 mm dari daerah las dan tidak sampai merubah struktur mikro pada logam induk dikarenakan waktu gesek yang hanya 1 detik. Pada bagian baja karbon perubahan struktur mikronya lebih banyak dibandingkan stainless steel dikarenakan bahan stainless steel mempunyai titik lebur lebih tinggi dibandingkan baja.

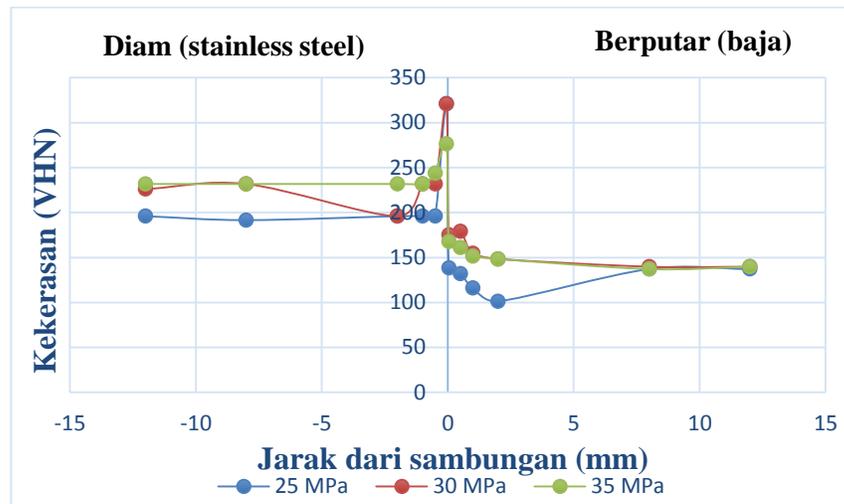
3.2 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada tiap variasi pengelasan gesek. Pengujian kekerasan yang dilakukan pada benda uji menggunakan metode pengujian Vickers. Pada pengujian kekerasan ditentukan titik yang akan dilakukan pengambilan data pengujian kekerasan. Penentuan titik pengujian kekerasan pada benda uji di tiap variasi tekanan gesek dilakukan 12 titik pengujian (6 titik pada baja karbon dan 6 titik pada stainless steel) . Penentuan titik pengujian kekerasan dilakukan mulai dari daerah pengelasan kearah baja karbon rendah dengan jarak 0.05 mm, 0.5 mm, 1 mm, 2 mm, 8 mm dan 12 mm sedangkan penentuan titik pada bagian pengelasan kearah stainless steel 304 dilakukan dari jarak -0.05 mm, -0.5 mm, -1 mm, -2 mm, -8 mm dan -12 mm.



Gambar 7. Titik pengujian kekerasan

Penentuan titik bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada daerah sambungan, daerah terkena panas dan daerah logam induk. berikut adalah tabel hasil pengujian kekerasan tiap variasi pengelasan gesek. Penentuan titik bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada daerah sambungan, daerah terkena panas dan daerah logam induk. berikut gambar 8 yang menunjukkan grafik pengujian kekerasan.



Gambar 8. Grafik pengujian kekerasan

Dari gambar 8 yang menunjukkan grafik hasil pengujian kekerasan dapat dilihat variasi tekanan 25 MPa bagian baja berputar nilai kekerasan tertinggi pada daerah sambungan dengan nilai kekerasan 138.5 VHN. Pada bagian stainless steel diam nilai kekerasan tertinggi didapat pada bagian sambungan dengan nilai kekerasan 320.8 VHN. Tekanan 30 MPa bagian baja berputar nilai kekerasan tertinggi di titik 0.5 mm dengan nilai 179.1 VHN. Pada bagian stainless steel diam nilai tertinggi berada pada sambungan dengan nilai 320.8 VHN. Tekanan 35 MPa bagian baja berputar nilai kekerasan tertinggi di bagian sambungan dengan nilai 167.9 VHN. Pada bagian stainless steel diam kekerasan tertinggi terdapat pada sambungan dengan nilai 278.4 VHN. Semakin jauh dari sambungan maka kekerasannya akan menurun. Hal ini disebabkan karena pada daerah sambungan mengalami pendinginan yang cepat yang mengakibatkan struktur mikronya mengalami perubahan yang berdampak pada hasil kekerasan diatas.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Prasetyono dan Subiyanto, (2012) menjelaskan kekerasan tertinggi terdapat di bagian sambungan las dan kekerasan terendah pada logam induk dikarenakan pada sambungan las mendapatkan input panas yang tinggi dan pada saat pendinginan bagian las ukuran butir berubah menjadi butir kecil. Struktur mikro pada base metal tidak terjadi banyak perubahan, sedangkan untuk daerah HAZ yang dekat dengan weld metal struktur mikronya berupa ferrit dan pearlit dengan dominasi pearlit kasar. Untuk daerah las sendiri struktur mikronya berupa ferrit dan pearlit halus. perubahan yang terlihat adalah banyak terdapat pearlit sehingga akan menaikkan kekerasan dan kekuatan dengan semakin baiknya ikatan pada sambungan. Hal ini berbanding lurus dengan hasil pengujian kekerasan yang ditunjukkan pada gambar 8 tentang hasil pengujian kekerasan sambungan pipa baja karbon (Berputar) – pipa stainless steel. hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan ketika proses pengelasan gesek mengubah struktur mikro yang mempengaruhi hasil kekerasan dari benda uji. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hasil kekerasan terendah di bagian sambungan dan di bagian terkena panas (HAZ) pada tekanan 25 MPa diperoleh nilai kekerasan paling kecil dan semakin besar di tekanan 30 MPa hal ini disebabkan karena pada tekanan 25 MPa gesekan yang ditimbulkan tidak terlalu besar dan tidak terlalu mengubah

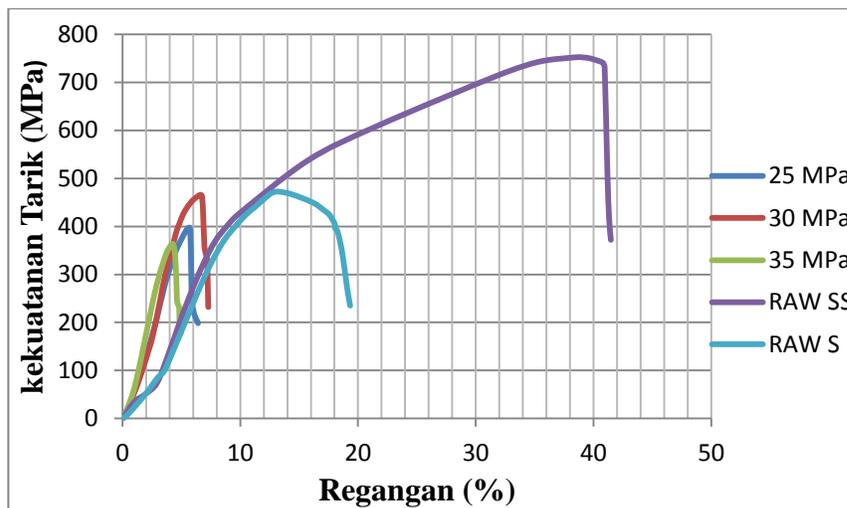
nilai kekerasan dari benda uji, namun di tekanan 35 MPa mengalami sedikit penurunan. Hal ini diindikasikan karena pada tekanan 35 MPa putaran dari mesin las gesek sudah mulai tidak stabil, terjadi guncangan yang besar, dan waktu gesek yang kurang akurat pada tekanan 35 MPa.

3.3 Pengujian Kekuatan tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan pada 11 benda uji (25 MPa 3 benda uji, 30 MPa 3 benda uji, 35 MPa 3 benda uji, 1 benda uji *raw material* stainless steel dan 1 *raw material* benda uji baja). Benda uji *raw material* dimasukkan dalam pengujian tarik yang bertujuan untuk membandingkan benda uji yang telah dilakukan pengelasan gesek dan benda uji yang tidak dilakukan pengelasan gesek. Sebelum dilakukan pengujian tarik benda uji dilakukan proses pembubutan untuk menghilangkan flash di daerah sambungan hasil pengelasan yang bertujuan untuk membentuk dimensi yang mengacu pada standar JIS. Berikut hasil pembubutan benda uji sesuai standar JIS Z 2201 No. 14C dan hasil kekuatan tarik tertinggi yang dirunjukkan pada gambar 9 dan 10:



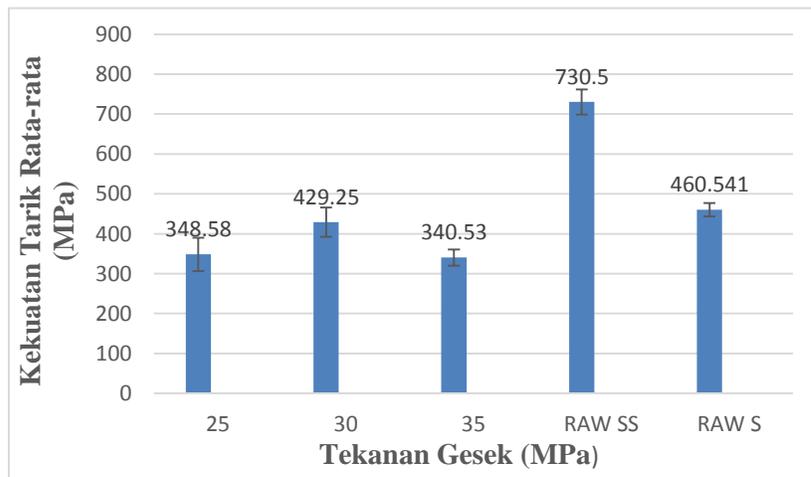
Gambar 9. Benda uji pengujian tarik pipa JIS Z 2201 No. 14C



Gambar 10 Grafik pengujian tarik tertinggi pada setiap parameter

Dari gambar 10 menunjukkan kekuatan tarik dari hasil pengelasan masih lebih rendah dibanding raw baja karbon dan raw stainless steel. Hal ini dimungkinkan masih terdapat cacat pada bagian sambungan. Kekuatan tarik material raw stainless steel paling tinggi di

bandingkan dengan kekuatan tarik material raw baja maupun kekuatan tarik material hasil pengelasan gesek. Hal ini menunjukkan bahwa material raw stainless steel memiliki sifat material yang kuat dan ulet. Sifat kuat dari material raw stainless steel terlihat dari hasil kekuatan tarik yang paling tinggi. Sifat ulet raw stainless steel terlihat dari grafik yang melengkung serta memiliki regangan yang paling panjang. Pada bagian hasil pengelasan dari masing masing parameter nilai regangannya dibawah material raw baja dan material raw stainless steel. Penurunan keuletan dari benda uji pengelasan gesek karena adanya perubahan struktur mikro yang disebabkan ketika pengelasan gesek berlangsung. Hal ini yang mengakibatkan benda uji menjadi lebih getas.



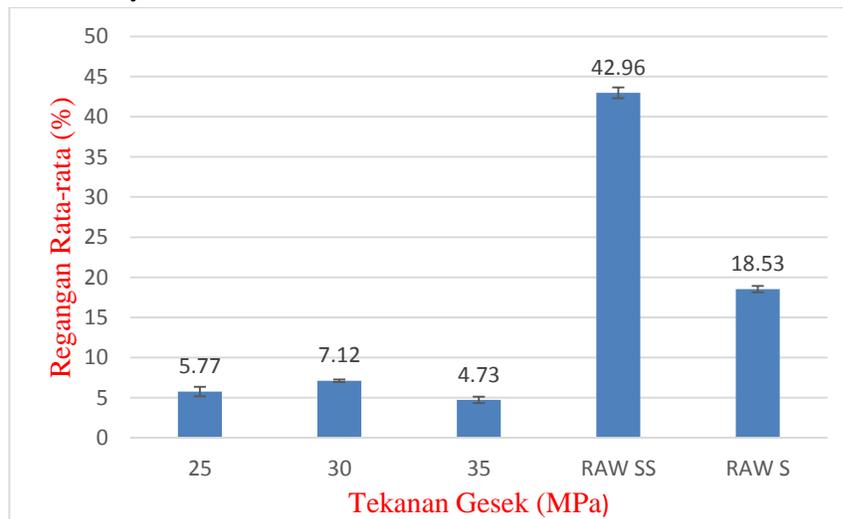
Gambar 11. Diagram kekuatan tarik rata-rata dari setiap parameter

Dari gambar diagram 11 terlihat bahwa tekanan gesek 30 MPa memiliki kekuatan tarik paling besar dibandingkan tekanan 25 MPa dan 35 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan gesek 30 MPa adalah tekanan gesek yang paling baik dibandingkan tekanan gesek 25 MPa dan 35 MPa. Pada tekanan 25 MPa dimungkinkan pemberian tekanan yang diberikan masih terlalu rendah yang menyebabkan sambungan hasil pengelasan gesek kurang sempurna. Sedangkan pemberian tekanan 35 MPa terlalu besar yang mengakibatkan cacat las, karena ketika pengelasan gesek berlangsung, pemberian tekanan 35 MPa mengakibatkan mesin bergetar dan RPM mesin melambat. Hal ini yang menyebabkan tekanan 35 MPa tidak sebaik tekanan 25 MPa dan 30 MPa.

Pada tekanan 25 MPa memiliki nilai kekerasan yang rendah pada bagian sambungan sebesar 138,5 VHN pada bagian baja karbon dan 320,8 VHN pada bagian stainless steel. Hal ini yang menyebabkan tekanan gesek 25 MPa memiliki kekuatan tarik yang rendah. Hal ini juga menunjukkan semakin tinggi nilai kekerasannya maka semakin tinggi juga kekuatan tariknya. Pada tekanan 25 MPa juga terlihat struktur mikro di bagian sambungan tidak terlalu padat yang mengakibatkan tekanan 25 MPa memiliki kekuatan tarik yang rendah. Pada tekanan 30 MPa memiliki nilai kekerasan pada bagian pengelasan yang paling tinggi sebesar 175,3 VHN pada bagian baja dan 320,8 VHN pada bagian stainless steel. Hal ini yang menyebabkan tekanan gesek 30 MPa memiliki kekuatan tarik paling tinggi. Pada tekanan 30

MPa juga terlihat struktur mikro pada bagian sambungan semakin halus dan padat. Hal ini juga menunjukkan bahwa semakin padat struktur mikro dari benda uji maka kekuatan tarikanya juga akan semakin baik. Pada tekanan 35 MPa memiliki nilai kekerasan pada bagian pengelasan sebesar 167,9 VHN pada bagian baja karbon dan 276,4 VHN pada bagian stainless steel. Nilai kekerasan pada bagian baja karbon lebih besar dibanding tekanan 25 MPa dan lebih kecil dibanding tekanan 35 MPa. Nilai kekerasan pada bagian stainless steel lebih rendah dibanding tekanan 25 MPa dan 20 MPa.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Riesandy, dkk, (2018) yang menganalisis pengaruh tekanan gesek terhadap sifat tarik, struktur mikro dan kekerasan pada sambungan logam pipa stainless steel 304 dengan metode pengelasan gesek menjelaskan semakin besar tekanan gesek yang diberikan maka akan semakin besar kekuatan tarik yang diperoleh. Hal ini berbanding terbalik dengan yang peneliti lakukan. Hal tersebut dapat terjadi karena pemberian tekanan 35 MPa pada penyambungan pipa baja karbon dan pipa stainless steel terlalu besar yang mengakibatkan benturan pada bagian sambungan, putaran mesin yang melambat dan menimbulkan getaran. hal tersebut juga yang menyebabkan tekanan gesek 35 MPa kekuatan tarikanya rendah.



Gambar 12. Diagram regangan tarik rata-rata dari setiap parameter

Pada gambar 12 diagram regangan tarik diatas terlihat bahwa tekanan 30 MPa memiliki regangan tarik yang paling tinggi dibandingkan tekanan 20 Mpa dan 30 Mpa. Hal ini berbanding lurus dengan nilai kekuatan tarik yang didapat. Hal ini juga membuktikan bahwa semakin besar kekuatan tarik pada benda uji pengelasan gesek, maka semakin panjang regangan yang diperoleh. Regangan tarik juga bergantung dari suatu material. Semakin tinggi regangan tariknya maka semakin ulet material tersebut. Terlihat pada diagram raw stainless steel memiliki regangan yang sangat tinggi karena stainless steel bersifat ulet dan kuat. Berbeda dengan baja yang bersifat lebih getas dan juga memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah. Hal tersebut dipengaruhi oleh struktur fasa yang terkandung pada masing masing logam.

Berikut adalah hasil foto patahan dari pengujian tarik yang ditunjukkan pada gambar 13:



Gambar 13, Foto patahan hasil pengujian tarik (a. tekanan 25 MPa, b. tekanan 30 MPa, c. Tekanan 35 MPa, d. Raw Baja, e. Raw Stainless Steel)

Dari gambar 13 yang menunjukkan hasil patahan dari pengujian tarik terlihat pada foto 4.16 bagian b. tekanan gesek 30 MPa, material baja masih menempel pada stainless steel. Hal ini menunjukkan pada bagian tersebut sambungan yang terbentuk sangat kuat yang mengakibatkan hasil pengujian tariknya tinggi. Pada foto 4.16 bagian a. tekanan 35 MPa terlihat sangat sedikit material baja yang menempel pada stainless steel. Hal ini terjadi karena pada bagian sambungan 35 MPa terdapat banyak cacat dan menyebabkan tekanan 35 MPa memiliki kekuatan tarik paling rendah dibanding tekanan 25 MPa dan 30 MPa. Pada semua variasi tekanan gesek mengalami patahan getas yang dibuktikan tidak ada penyempitan luas penampang yang terbentuk. Penyebab dari getasnya material disebabkan oleh proses pengelasan yang menimbulkan panas pada bagian sambungan dan pendinginan yang cepat.

Pada penelitian yang dilakukan Nugroho, dkk, (2014) yang menganalisis sifat mekanis dan struktur mikro pengelasan gesek baja tahan karat austenitik AISI 304 dengan variasi tekanan gesek 1,38 MPa – 4,14 MPa dan tekanan tempa 6,90 MPa – 8,27 Mpa menjelaskan kekuatan tarik pengelasan gesek lebih kecil dari kekuatan tarik stainless steel tanpa sambungan dimana kekuatan tarik akan menurun seiring dengan penurunan tekanan tempa dan hasil dari pengelasan gesek memiliki mode patahan getas. Hal ini berbanding lurus dengan yang peneliti dapatkan. Raw stainless steel memiliki kekuatan tarik yang tinggi dikarenakan struktur mikro pada stainless steel berfasa lebih padat dan memiliki nilai kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan material baja karbon. Terlihat pada raw material baja karbon dan stainless steel mengalami patahan ulet yang terlihat dari penyempitan luas penampang material raw stainless steel dan raw baja. Pada stainless steel juga terlihat penyempitan dari luas penampangnya lebih panjang dibandingkan dengan raw baja karbon. Hal ini juga yang mengakibatkan hasil dari regangan raw stainless steel tinggi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang pengaruh variasi tekanan gesek terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik sambungan pipa baja karbon (berputar) dengan pipa stainless steel menggunakan metode pengelasan gesek yang telah dilaksanakan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar tekanan gesek yang diberikan maka akan semakin besar pemendekan yang terjadi pada benda uji serta flash yang dihasilkan akan semakin banyak. Proses pengelasan gesek mengakibatkan perubahan struktur mikro yang menjadikan struktur mikro pada bagian sambungan menjadi berbutir halus dan padat. Semakin jauh dari sambungan maka struktur mikronya akan berbutir besar sampai pada *base metal*.
2. Nilai kekerasan pada dekat sambungan baja sebesar 138.5 VHN dan nilai kekerasan pada dekat sambungan stainless steel sebesar 320.8 VHN diperoleh pada tekanan 25 MPa. Nilai kekerasan pada dekat sambungan baja sebesar 175.3 VHN dan nilai kekerasan pada dekat sambungan stainless steel sebesar 320.8 VHN diperoleh pada tekanan 30 MPa. Nilai kekerasan pada dekat sambungan baja sebesar 167.9 VHN dan nilai kekerasan pada stainless steel sebesar 276.4 VHN diperoleh pada tekanan 35 MPa.
3. Hasil kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 429.25 MPa mencapai 93.2% dari kekuatan tarik pipa baja dan mencapai 58.76% dari kekuatan tarik pipa stainless steel didapat pada tekanan gesek 30 MPa. Hasil kekuatan tarik rata-rata terendah sebesar 340.53 MPa mencapai 73.94% dari kekuatan tarik pipa baja dan mencapai 46.61% dari kekuatan tarik pipa stainless steel.
4. Semakin besar kekuatan tarik dari hasil sambungan maka akan semakin besar regangan yang diperoleh. Patahan dari hasil kekuatan tarik menunjukkan benda uji akan menjadi lebih getas setelah dilakukan pengelasan gesek karena pengaruh dari panas yang ditimbulkan ketika proses pengelasan gesek.
5. Parameter yang direkomendasikan untuk pengelasan gesek pipa baja (berputar) dengan pipa stainless steel sebesar 30 MPa.

Daftar Pustaka

Jurnal:

1. Husodo N., Sanyoto B.L., Setyawati S.B. dan Mursid, M., (2013). “Penerapan Teknologi Las Gesek (*Friction Welding*) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 pada Produk Back Spring Pin”, Jurnal Energi dan Manufaktur, Vol. 6, 43-52.
2. Iswar M. dan Syam R., (2012). “Pengaruh Variasi Parameter Pengelasan (*Putaran dan Temperatur*) Terhadap Sambungan Las Hasil *Friction Welding* Pada Baja Karbon Rendah”, Jurnal Mekanikal, Vol. 10, No. 10, 254-260.
3. Kimura M., Ichihara A., Kusaka M., dan Kaizu K. (2012). “*Joint Properties and Their Improvement of AISI 310S Austenitic Stainless Steel Thin Walled Circular Pipe Friction Welded Joint*”, Jurnal Materials and Design, Vol. 38, 38-46.

4. Nugroho A.W., Suwanda T. dan Irwanto F., (2014). “*Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pengelasan Gesek Baja Tahan Karat Austenitik AISI 304*”, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol. 17, No. 1, 83-90.
5. Prasetyono S. dan Subiyanto H., (2012). “*Pengaruh Durasi Gesek, Tekanan Gesek dan Tekanan Tempa Terhadap Impact Strenght Sambungan Lasan Gesek Langsung Pada Baja Karbon AISI 1045*”, Jurnal Sains dan Seni Pomits, Vol. 1, No. 1, 1-5.
6. Riesandy A., Nugroho A.W. dan Suwanda T., (2018). “*Pengaruh Tekanan Gesek Terhadap Sifat Tarik, Struktur Mikro dan Kekerasan pada Sambungan Logam Pipa Stainless Steel 304 Dengan Metode Pengelasan Gesek (Friction Welding)*”, Jurnal Material dan Proses Manufaktur, Vol. XXX, No. XXX.

Standard:

1. Japanese Industrial Standards Association, (1980). “*Standard Book of JIS: JIS Z 2201 Test Pieces for Tensile Test for Metallic Materials*”, Japanese Industrial Standard Association, Tokyo.