PENGARUH VARIASI WAKTU GESEK DAN TEKANAN TEMPA TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA SAMBUNGAN DENGAN METODE *CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING* BAHAN SILINDER PEJAL LOGAM BEDA JENIS (ALUMINIUM 2024 T4 – STAINLESS STEEL AISI 420)

Lukman Hakim

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Mesin, Yogyakarta 55183, Indonesia

hakim_lukman3404@yahoo.com

INTISARI

Pengelasan adalah penyambungan logam dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan dari nyala *acytelena*, busur listrik, hambatan listrik atau gesekan. Pengelasan logam tak sejenis sulit dilakukan dengan las fusi. Pengelasan silinder pejal dengan las fusi tidak bisa optimal. Jenis pengelasan yang dipakai untuk mengatasi permasalahan dari las fusi di pilih las gesek *(friction welding).* Teknik pengelasan ini dapat digunakan untuk menyambung logam silinder pejal yang sangat berbeda sifat *thermal* dan sifat mekanisnya.

Pada penelitian kali ini dilakukan pengelasan gesek CDFW logam beda jenis antara aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420. Pengelasan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu gesek dan tekanan tempa terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekutan tarik. Variasi waktu gesek 5, 7.5, 10, 12.5, 15 detik dan tekanan tempa 40 dan 60 MPa dengan variasi tetap pada tekanan gesek 30 MPa dan waktu tempa 50 detik.

Hasil pengujian struktur mikro terlihat adanya butiran-butiran kristal kecil. Semakin jauh dari sambungan butiran-butiran kristal semakin besar dan semakin terlihat porositasnya. Pada logam stainless steel AISI 420 tidak terlalu banyak perubahan hanya butiran kecil pada daerah HAZ. Pada pengujian kekerasan menghasilkan bahwa nilai VHN aluminium 2024 T4 lebih rendah daripada nila VHN stainless steel AISI 420. Hasil kekerasan tertinggi terdapat pada variasi waktu gesek 15 detik dengan tekanan tempa 40 MPa pada jarak 1 mm dari lassan yang memiliki nilai 138 MPa. Pengujian tarik mendapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada variasi waktu gesek 15 detik dengan tekanan tempa 40 MPa yang menghasilkan 32,318 N/mm² dan hasil terendah terdapat pada variasi 12,5 dengan tekanan tempa 40 MPa yang hanya menghasilkan nilai kekerasan 5,015 N/mm².

Kata Kunci : Pengelasan CDFW, Struktur mikro, aluminium 2024 T4, stainless steel AISI 420, waktu gesek.

---

1. Pendahuluan

Pengelasan adalah penyambungan logam dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan dari nyala *acytelena*, busur listrik, hambatan listrik atau gesekan. Penggunaan pengelasan dalam dunia industri saat ini sangat luas. Pengelasan banyak digunakan pada bidang bidang: konstruksi, manufaktur, transportasi dsb.

Banyak permasalahan yang timbul pada pengelasan menuntut penelitian dan pengembangan teknik pengelasan untuk memecahkan permasalahan tersebut. Permasalahan yang timbul pada pengelasan fusi menuntut pengembangan pengelasan padat (*solid state welding*). Pengelasan logam tak sejenis sulit dilakukan dengan las fusi. Pengelasan silinder pejal dengan las fusi tidak bisa optimal. Teknik pengelasan ini bisa merubah sifat materialnya. Timbulnya HAZ yang cukup lebar mengakibatkan kekuatan sambungan tidak maksimal.

Banyak macam jenis pengelasan *solid state welding*, namun yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan teknik pengelasan gesek (*friction welding)*. Pada pengelasan friction welding dapat untuk pengelasan logam silinder pejal dengan bahan yang berbeda sifat termal dan sufat mekanisnya. Karena pengelasan ini tidak memerlukan logam pengisi, waktu pengelasan pendek, dan temperature di bawah titik lebur logam.

Muralimohan dkk (2015), meneliti tentang pengaruh waktu gesek dan tekanan tempa terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada bahan aluminium 6082 T6 dengan baja AISI 1040. Kekuatan terendah pada waktu gesek 16 detik dan tekanan tempa 140 MPa. Kekuatan las menurun seiring bertambahnya waktu gesek dan Tekanan tempa sangat mempengaruhi nilai uji tarik dan nilai kekerasan pada pengelasan gesek.

Pada penelitian sebelumnya penelitian tentang aluminium 1050 dengan stainless steel AISI 304 terhadap struktur mikro dan kekerasan. Maka penelitian kali ini penulis akan meneliti sifat mekanik dan struktur mikro terhadap pengaruh tekanan tempa pada logam aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420 dengan metode las gesek (friction welding). Material ini dipilih karena sulit di sambung (dilas) karena berbeda sifat mekanisnya. Hasil pengelasan

gesek ini akan di uji sifat mekanik dan sifat fisinya dengan diberi variasi waktu gesek dengan tekanan tempa.

2. Metode Penelitian

Dalam proses pengerjaan pengelasan gesek masih belum maksimal. Pengelasan tidak maksimal pada waktu gesek dan tekanan gesek pada bahan aluminium 2024 T4 dengan stainless steel AISI 420. Ada beberapa proses penelitian yaitu pada proses pertama pengelasan gesek dengan variasi waktu gesek 5, 7.5, 10, 12.5, 15 detik, tekanan gesek 30, tekanan tempa 40, 60 MPa, dan waktu tempa 50 detik. Pada proses kedua yaitu pengujian struktur mikro, pengujian tarik, dan kekerssan. Proses selanjutnya proses yang ketiga yaitu control yang meliputi : putaran mesin 1000 rpm. Pada bahan aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420 di buat dengan bentuk spesimen standar JIS Z 2201. Bahan pengelasan di peroleh dari PT. Dewantara Cahaya Sejati, Jl Raya Pakis V1 D No 3, Bekasi.

Pada penelitian ini ada beberapa proses yaitu dimulai dari persiapan alat dan bahan. Alat yang digunakan yaitu *pressure gauge, stopwatch,* jangka sorong. Kalibrasi mesin *friction welding* dilakukan supaya saat pengujian sesuai dengan parameter yang diinginkan. Kalibrasi dilakukan dengan cara penekanan pegas untuk mengetahui besarnya tekanan yang diberikan dengan penyetelan katup *pressure gauge*. Proses ini dilakukan supaya saat proses pngujian dilakukan pembukaan katup secara bervariasi.

Proses pembuatan specimen material aluminium 2024 T4 dipotong 80 mm dan stainless steel AISI 420 dipotong 70 mm. Pembubutan spesimen didasarkan pada *Japan Industrial Standard* (JIS) Z 2201. Setelah proses pembubutan selesai maka dilakukan proses pengelasan gesek yang dilakukan di Laboratorium Fabrikasi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Langkah pertama yaitu menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan seperti : spesimen uji, *stopwatch* untuk mengkur waktu gesek dan waktu tempa, table rencana penelitian, dan kunci sok untuk mengunci penyetel hidrolik. Langkah selanjutnya yaitu pemasangan spesimen uji pada mesin friction welding, aluminium 2024 T4 dipasang pada spindle putar dan stainless steel AISI 420 pada spindle yang diam. Mengatur kecepatan mesin yaitu 1000 rpm lalu hidupkan mesin friction welding dan mesin hidroliknya. Sebelum ketahap pengelasan atur tekanan hidrolik pada tekanan gesek 30 MPa dengan memutar katup hidrolik sesuai varisi tekanan tempa. Proses penyambungan dilakukan sesuai pada variasi waktu yang sudah ditentukan yaitu 5, 7.5, 10, 12.5, dan 15 detik. Setelah proses penyambungan selesai maka matikan mesin friction welding lalu di berikan variasi tekanan tempa 40, dan 60 MPa, sampai batas waktu tempa yang sudah ditentukan yaitu 50 detik. Setelah proses waktu tempa selesai, lepas spesimen yang di cekam. Selanjutnya ulang proses tersebut sesuai parameter yang sudah ditentukan.

Tabel 1. Tabel rancangan penelitian awal pada bahan aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420.

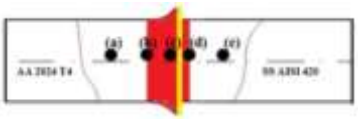
No	Urutan Las Gesek	Tekanan Gesek (Mpa)	Waktu Gesek (Detik)	Tekanan Up set (Mpa)	Waktu Tempa (Detik)
1	1	30	5	40	50
2	4	30	7,5	40	50
3	6	30	10	40	50
4	5	30	12,5	40	50
5	8	30	15	40	50
6	7	30	5	60	50
7	10	30	7,5	60	50
8	3	30	10	60	50
9	2	30	12,5	60	50
10	9	30	15	60	50

1. Pengujian *metalografi*

Dalam pengujian *metallografy* ini dapat memberikan hasil dari struktur logam pada lasan sehingga lebih teliti mengenai perubahan yang terjadi pada logam lasan. Pembuatan benda untuk pengujian struktur mikro dilakukan setelah proses pengelasan gesek dilakukan. Dari hasil pengelasan di potong dan dibelah menjadi dua bagian. Dalam proses pemotongan harus sangat berhati-hati karena efek panas yang ditimbulkan dari gesekan akan mempengaruhi struktur mikronya. Benda uji yang sudah dibelah kemudian dicetk dengan resin dan di campur dengan katalis. Setelah benda uji dicetak maka dilakukan proses pengamplasan beratahap menggunakan amplas seri 100, 180, 400, 600, 1000, dan 1000 pasta (autosol) agar menghasilkan permukaan yang halus. Dari hasil pengamplasan kemudian di polising dan di autosol untuk mendapatkan permukaan yang maksimal untuk pengujian struktur mikro. Pengujian struktur mikro ini dilakukan di Lab. Material Testing D3 Vokasi UGM. Setelah permukaan sudah halus maka dilakukan pengetsaan untuk masing masing spesimen, untuk aluminium 2024 T4 menggunkan NaOH 50% ditambah air, kemudian untuk stainless steel AISI 420 menggunakan aqua regia ($HCL+HNO_3$) 3:1. Hasil pengetsaan dibersihkan dengan tisu, kemudian spesimen dipoles dan dicelupkan kedalam larutan nital selama 10 detik dan bersihkan dengan aquades. Bersihkan spesimen dengan mengusapkan kapas yang sudah dibasahi dengan alkhol. Foto mikro diambil dengan

pembesaran 200 kali pembesaran. Hasil struktur mikro pada specimen dilihat dengan mikroskop metallografi dengan merek Olympus.

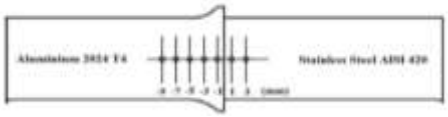
Pengambilan posisi untuk pengujian struktur mikro didasarkan hasil flash yang timbul dari kedua material. Pada logam aluminium 2024 T4 flash yang dihasilkan cukup besar dibandingkan dengan logam stainless steel AISI 420 maka dari itu pengambilan foto mikro lebih banyak pada logam aluminium 2024 T4.



Gambar 1. Posisi pengujian mikro

2. Pengujian Kekerasan

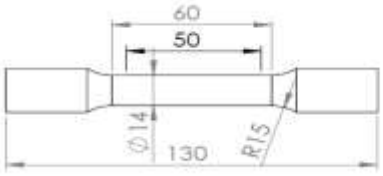
Specimen pengujian kekerasan di ambil setelah proses pengelasan gesek dan kemudian spesimen yang sudah di las di belah menjadi dua bagian untuk di cetak dengan resin dan di amplas sampai halus agar hasil pengujian kekerasan bisa sempurna. Posisi pengujian kekerasan ditentunkan pada masing masing specimen. Beban yang digunakan pada pengujian kekerasan ini menggunakan beban 30kg. Pada pengujian kekerasan ini ditempatkan di Lab. Material Testing D3 Vokasi UGM dengan metode kekerasasn vikers. Pengujian kekerasa di ambil posisi pengujian sebagai berikut



Gambar 2. Posisi pegujian kekerasan.

3. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan di Lab. Material Teknik S1 Jurusan Teknik Mesin UMY. Uji tarik adalah salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. .Pengujian tarik ini dilakuan pada spesimen hasil pengelasan gesek. Spesimen yang digunakan untuk pengujian tarik sesuai dengan standar JIS Z 2201. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik universal bermerek Universal Testing Machine (UTM), dengan bentuk specimen.



Gambar 3. Spesimen uji tarik standar JIS Z 2201, satuan (mm)

4. Hasil dan Pembahasan

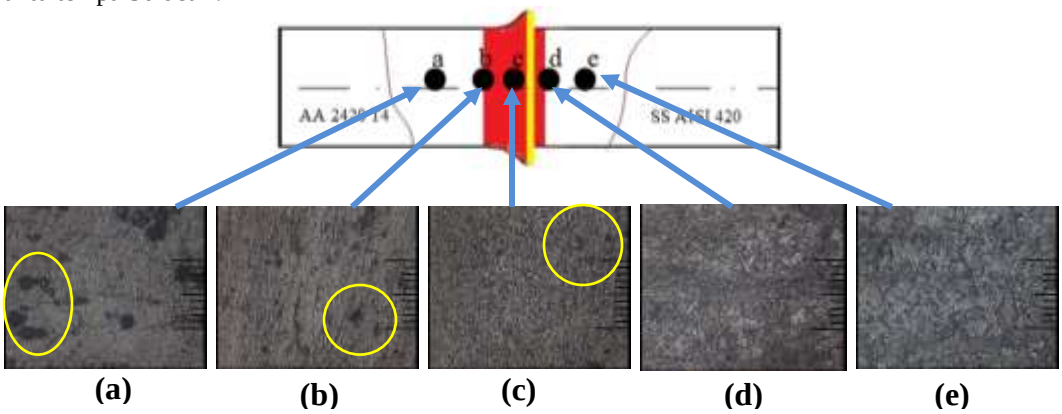
Setelah dilakukan proses pengelasn gesek pada bahan aluminium 2024 T4 dan stainless steel 420, maka didapat hasil sebagai berikut.

Gambar 4. Hasil pengelasan gesek

A. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pada penelitian pengamatan secara mikro dilakukan beberapa titik untuk melihat perubahan apa yang terjadi pada logam aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420 yang telah dilakukan pengelasan gesek. Setelah dilakukan pemilihan variasi yang telah ditentukan untuk pengujian mikro selanjutnya akan ditentukan posisi atau titik pengujian mikro.

1. Struktur mikro dan makro pada variasi waktu gesek 12,5 detik, tekanan gesek 30 MPa, tekanan tempa 40 MPa dan waktu tempa 50 detik.

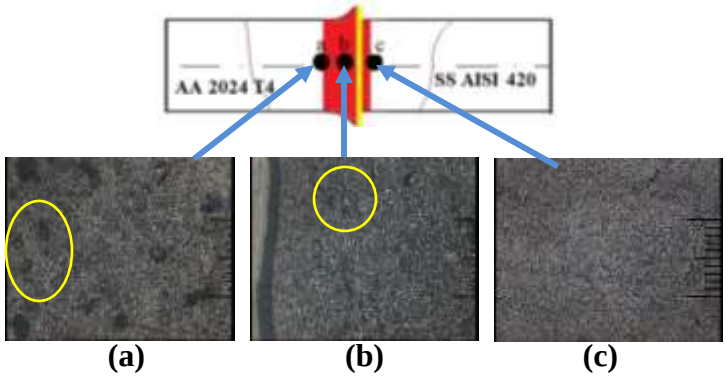


Gambar 5. posisi pengujian mikro, Struktur Mikro pengelasan gesek *dissimilar* (a) logam induk aluminium 2024 T4, (b) daerah HAZ aluminium 2024 T4 (c) daerah las alumunium 2024 T4 (d) daerah HAZ stainless steel AISI 420 (e) logam induk stainless steel AISI 420, dengan pembesarn pembesaran 200x.

Dilihat dari gambar 4.3. pada daerah logam induk aluminium 2024 T4 terlihat adanya butiran-butiran porositas yang besar di dalamnya, namun terlihat pada daerah HAZ ada perubahan struktur mikro pada butiran-butiran kristal terlihat lebih kecil yang tidak beraturan. Hal ini dapat menurunkan nilai kekerasannya. Porositas juga masih dapat terlihat begitu banyak pada daerah HAZ tersebut. Pada daerah lasan terlihat butiran butiran kristal lebih kecil dibandingkan pada daerah HAZ. Butiran butiran kecil ini berpengaruh besar untuk menaikan nilai kekerasan pada daerah lasan. Pada daerah lasan ini masih terdapat porositas yang terjadi namun tidak begitu banyak.

Daerah lasan stainless steel AISI 420 terdapat butiran butiran *feritik martensintik* yang tidak beraturan. Pada daerah lassan ini butiran butiran terlihat lebih kecil dibandingkan pada daerah jauh dari lasan. Semakin menjauh dari daerah lassan butiran akan semakin membesar, hal ini dapat menurunkan nilai kekerasannya. Namun pada daerah logam induk stainless steel AISI 420 tidak begitu terlihat perubahan struktur mikronya.

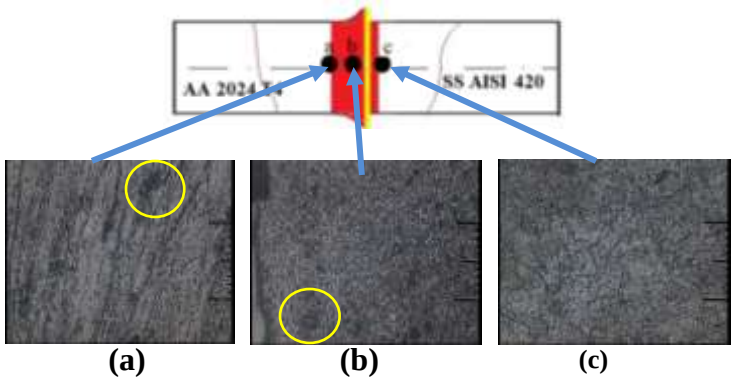
2. Struktur mikro dan makro dengan variasi waktu gesek 12,5 detik, tekanan gesek 30 MPa, tekanan tempa 60 MPa dan waktu tempa 50 detik.



Gambar 6. Posisi pengujian mikro, Struktur Mikro pengelasan gesek *dissimilar* (a) foto mikro HAZ aluminium 2024 T4, (b) foto mikro daerah las aluminium 2024 T4 (c) daerah mendekati HAZ stainless steel AISI 420, dengan pembesarn pembesaran 200x

Struktur mikro pada daerah HAZ aluminium 2024 T4 dapat dilihat pada gambar 4.4. bahwa daerah tersebut terdapat butiran butiran kristal. Pada daerah tersebut juga terlihat banyaknya porositas. Hal tersebut dapat menurunkan nilai kekerasannya. Pada daerah las aluminium 2024 T4 terlihat butiran butiran kristal yang lebih kecil dan terlihat rapat daripada daerah HAZ, yang berarti kekerasan pada daerah tersebut lebih kuat daripada daerah HAZ. Namun pada daerah tersebut masih terlihat adanya porositas tetapi tidak terlalu banyak. Struktur mikro di daerah dekat lasan pada logam stainless steel AISI 420 butiran butiran kristal masih terlihat. Namun butiran butiran kristal tersebut terlihat sedikit dan feritik martensintik terlihat mendominasi. Hal ini berpengaruh pada kenaikan nilai kekerasanya.

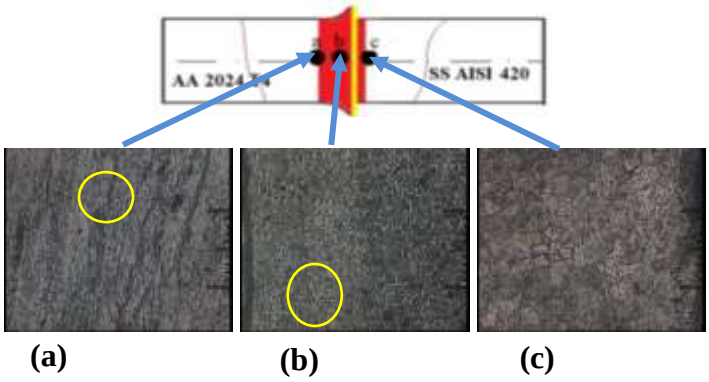
3.Struktur mikro dan makro dengan variasi waktu gesek 15 detik, tekanan gesek 30 MPa,, tekanan tempa 40 MPa dan waktu tempa 50 detik.



Gambar 7. Posisi pengujian mikro , struktur Mikro pengelasan gesek *dissimilar* (a) foto mikro HAZ aluminium 2024 T4, (b) foto mikro daerah las aluminium 2024 T4 (c) daerah mendekati HAZ stainless steel AISI 420, dengan pembesarn pembesaran 200x.

Pengambilan struktur mikro pada variasi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5. bahwa pada daerah HAZ aluminium 2024 T4 terlihat butiran-butiran kristal kecil yang tidak beraturan dan ada cacat porositas didalamnya yang akan menurunkan nilai kekerasanya. Pada daerah lasan terlihat juga butiran-butiran kristal. Butiran Kristal tersebut akan semakin membesar ketika semakin jauh dari lassan. Daerah tersebut juga masih terdapat butiran porositas yang terjadi namun tidak begitu banyak. Daerah stainless steel AISI 420 yang dekat dengan HAZ struktur mikronya terdapat butiran butiran kristal kecil yang terlihat rapat. Hal tersebut akan menaikan nilai kekerasannya.

4.Struktur mikro dan makro dengan variasi waktu gesek 15 detik, tekanan gesek 30 MPa, tekanan tempa 60 MPa dan waktu tempa 50 detik.



Gambar 8. posisi pengujian mikro , Struktur Mikro pengelasan gesek *dissimilar* (a) foto mikro HAZ aluminium 2024 T4, (b) foto mikro daerah las aluminium 2024 T4 (c) daerah mendekati HAZ stainless steel AISI 420. Pembesaran 200x.

Pengambilan struktur mikro pada variasi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.6. bahwa di daerah HAZ aluminium 2024 T4 dapat dilihat adanya butiran-butiran kristal kecil dan porositas juga terlihat pada daerah tersebut. Pada daerah lasan dapat dilihat perubahan yang signifikan yaitu butiran-butiran kristal kecil yang terlihat rapat, butiran kristal ini akan membesar ketika menjauhi dari daerah lasan yang akan menurunkan nilai kekearasanya dan sedikit adanya porositas yang terjadi. Daerah yang dekat dengan lassan pada stainless steel AISI 420 struktur mikronya terlihat mengalami perubahan, pada daerah tersebut terdapat butiran-butiran kristal kecil yang terlihat halus. Hal tersebut yang akan meningkatkan nilai kekerasan pada daerah tersebut. *Feritik martensintik* yang terjadi di daerah stainless steel AISI 420 tidak terlihat jelas.

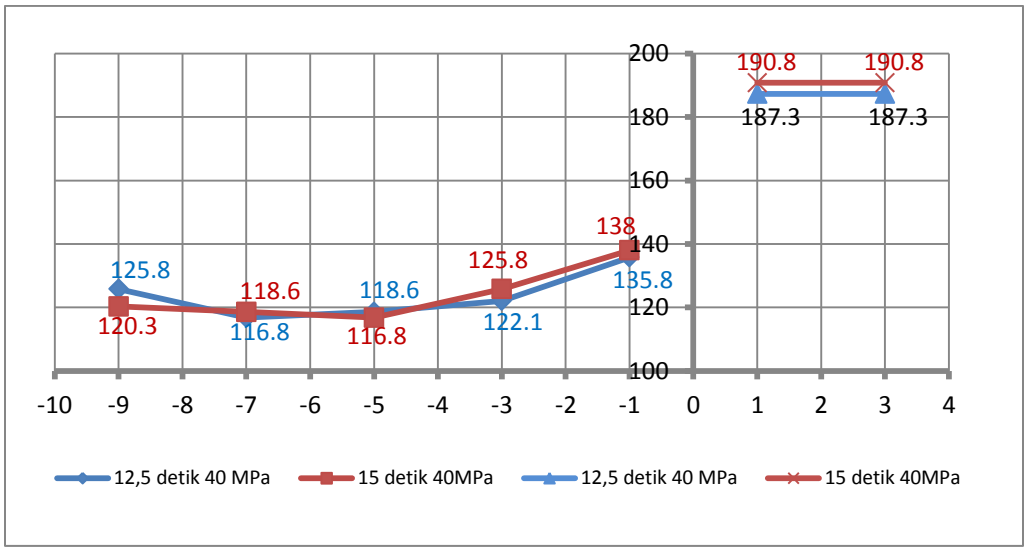
Hasil pengamatan struktur mikro dari hasil pengelasan gesek pada variasi waktu gesek 12,5 detik dan 15 detik dengan tekanan tempa 40 dan 60 MPa dapat disimpulkan bahwa struktur mikro pada variasi waktu gesek 12,5 detik dengan tekanan 40 MPa pada daerah HAZ aluminium 2024 T4 ada perubahan struktur mikro pada butiran butiran terlihat lebih kecil yang tidak beraturan. Hal ini dapat menurunkan nilai kekerasannya. Porositas juga masih dapat terlihat beigtu banyak pada daerah HAZ tersebut. Pada daerah lasan terlihat butiran butiran kristal lebih kecil dibandingkan pada daerah HAZ. Butiran butiran kecil ini berpengaruh besar untuk menaikan nilai kekerasan pada daerah lasan. Pada daerah lasan ini masih terdapat porositas yang terjadi namun tidak begitu banyak. Stainless steel AISI 420 pada variasi ini. Daerah lasan stainless steel AISI 420 terdapat butiran butiran *feritik martensintik* yang tidak beraturan. Pada daerah lassan ini butiran butiran terlihat lebih kecil dibandingkan pada daerah jauh dari lasan. Semakin menjauh dari daerah lassan butiran akan semakin membesar, hal ini dapat menurunkan nilai kekerasannya. Struktur mikro pada variasi waktu gesek 15 detik dengan tekanan 40 MPa pada daerah HAZ aluminium 2024 T4 terlihat butiran-butiran kristal kecil yang tidak beraturan dan ada cacat porositas didalamnya yang akan menurunkan nilai kekerasanya. Pada daerah lasan aluminium 2024 T4 terlihat porositas yang tidak terlalu banyak.

Dari penelitian Alves dkk (2010), meneliti tentang proses pengelasan disimillar antara aluminium 1050 dengan stainless steel AISI 304 terhadap struktur mikro dan kekerasan. Pada pengelasan ini parameter putaran lasan dan waktu gesek sangat mempengaruhi hasil kekerasan dan hasil uji mikro. Pada pengujian mikro pada sisi aluminium 1050 mengalami peningkatan pada daerah *interface*. Nilai rata-rata 30,9 HV. Di sisi stainless steel AISI 304 juga mengalami peningkatan pada daerah *interface* nya dengan nilai rata-rata 198,8 HV.

B. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan beberapa variasi yaitu pada variasi waktu gesek 12,5 dan 15 detik dengan variasi tekanan tempa 40 dan 60 MPa. Maka pada penelitian kali ini ada dua pembahasan pokok agar lebih mudah mengklasifikasikan hasil dari pengujian kekerasan sambungan aluminium 2024 T4 dengan stainless steel AISI 420.

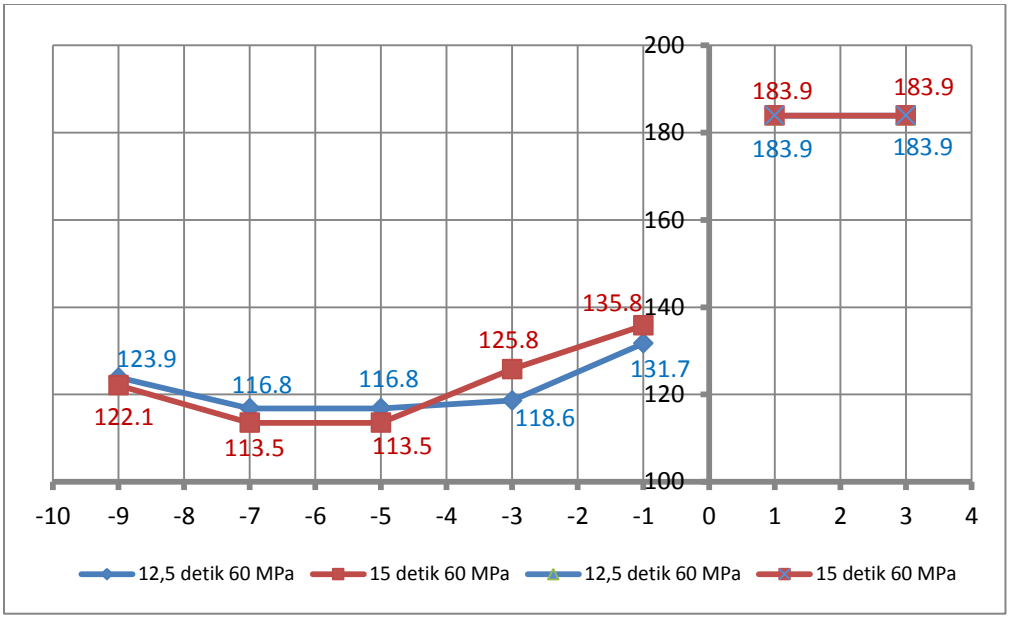
1. Hasil dan analisis pengujian kekerasan variasi waktu gesek 12,5 dan 15 detik dengan tekanan tempa 40 MPa.



Gambar 10. Profil grafik kekerasan pada sambungan las gesek dengan waktu gesek 12,5 dan 15 detik dengan variasi tekanan tempa 40 MPa.

Pada hasil pengamatan gambar 4.10. dapat dilihat bahwa nilai VHN aluminium 2024 T4 lebih rendah dari nilai VHN stainless steel AISI 420. Logam aluminium 2024 T4 pada variasi waktu gesek 12,5 detik nilai VHN nya menurun pada jarak 1 mm sampai 7 mm dari sambungan. Kemudian nilai VHN naik pada jarak 7 mm sampai 9 mm dari sambungan. Kenaikan tidak melebihi nilai VHN pada jarak 1 mm dari sambungan. Pada variasi 15 detik pada jarak 1 mm dari sambungan memiliki nilai kekerasan 138 VHN lebih tinggi daripada variasi 12,5 detik. Tetapi variasi waktu gesek 12,5 detik pada jarak 9 mm dari sambungan dengan nilai 125,8 VHN lebih tinggi dari pada variasi waktu gesek 15 detik pada jarak yang sama dengan nilai 120,3 VHN. Namun pada logam stainless steel AISI 420 dengan variasi waktu gesek 12,5 detik yang memiliki nilai 187,3 VHN lebih rendah daripada variasi waktu gesek 15 detik yang memiliki nilai 190,8 VHN pada jarak yang sama yaitu 1 mm dari sambungan.

2. Hasil dan analisis hasil pengujian kekerasan variasi waktu gesek 12,5 dan 15 detik dengan tekanan tempa 60 MPa.



Gambar 11. Profil kekerasan pada sambungan las gesek dengan waktu gesek 12,5 dan 15 detik dengan variasi tekanan tempa 60 MPa.

Pada pengamatan gambar 4.11 hasil dari pengaruh waktu gesek dan tekanan tempa dapat dilihat bahwa stainless steel AISI 420 memiliki harga VHN di atas aluminium 2024 T4. Pada logam aluminium 2024 T4 pada variasi waktu gesek 12,5 detik terlihat menurun pada jarak 1 mm sampai 5 mm, dan memiliki nilai tetap pada jarak 5 mm sampai 7 mm. nilai kekerasan naik lg pada jarak 7 mm sampai 9 mm dari sambungan. Variasi 15 detik pada jarak 1 mm memiliki nilai kekerasan 135,8 VHN lebih tinggi daripada variasi 12,5 yang hanya memiliki nilai kekerasan 131,7 VHN. Namun pada jarak 5 mm dari sambungan pada variasi 12,5 detik memiliki nilai 116,8 VHN lebih tinggi daripada nilai VHN pada variasi 15 detik yang memiliki nilai 113,5 VHN. Logam stainless steel AISI 420 pada jarak 1 mm sampai 3 mm dari sambungan memiliki nilai kekerasan yang sama antara variasi 12,5 dan 15 detik yaitu 183,9 VHN.

Hasil pengamatan grafik kekerasan terhadap variasi gabungan, terlihat bahwa pada logam aluminium 2024 T4 pada variasi waktu gesek 15 detik penurunan lebih besar daripada variasi 12,5 detik. Pada jarak yang sama yaitu 1 mm dari sambungan nilai kekerasan pada variasi 12,5 detik memiliki nilai lebih rendah dari nilai kekerasan variasi 15 detik. Namun pada jarak 9 mm nilai kekerasan pada variasi 12,5 lebih tinggi daripada variasi 15 detik.

Kekerasan aluminium 2024 T4 pada logam sambungan lebih tinggi di bandingkan logam induknya. Dapat diambil contoh pada variasi 15 detik pada jarak 1 mm dari sambungan memiliki nilai 135,8 VHN sedangkan logam induk yang berjarak 9 mm dari sambungan memiliki nilai 122,1 VHN.

Dari hasil penelitian muralimohan dkk (2010), tentang pengelasan gesek (friction welding) pada bahan aluminium 6082 T6 dengan logam AISI 1040 nilai kekerasan yang optimal pada variasi waktu

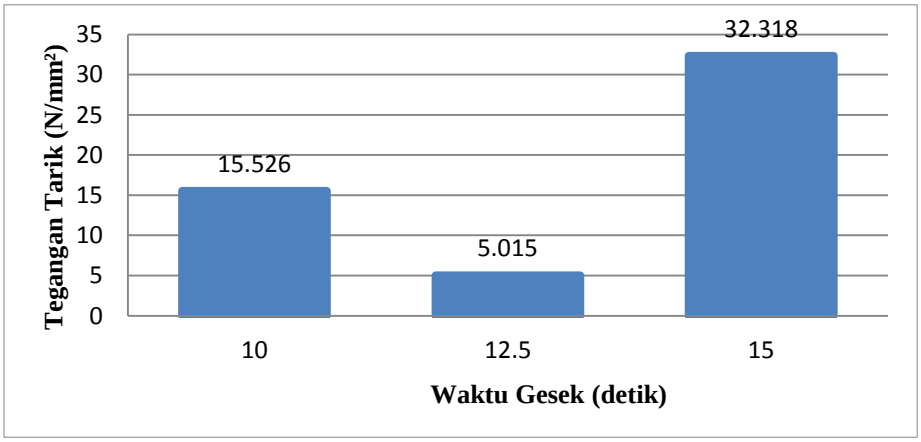
gesek 14 detik dengan tekanan gesek 90 MPa dan tekanan tempa 180 MPa.

C. Hasil Analisa Pengujian Tarik

Setelah melalui proses pengelasan gesek dan pembubutan, dilanjukan dengan proses pengujian tarik.

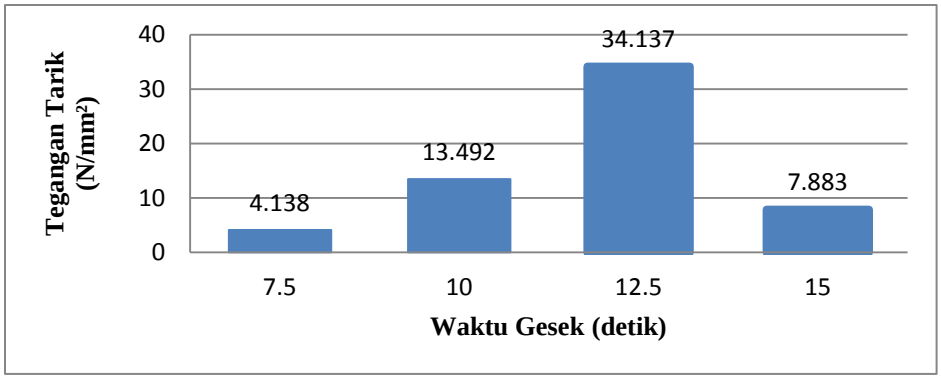
Tabel 2. Hasil pengujian tarik

No	Urutan Las Gesek	Tekanan Gesek (MPa)	Waktu Gesek (Detik)	Tekanan Tempa (MPa)	Waktu Tempa (Detik)	UTS (MPa)
1	10	30	5	40	50	-
2	6	30	7,5	40	50	-
3	5	30	10	40	50	15,526
4	4	30	12,5	40	50	5,015
5	8	30	15	40	50	32,318
6	7	30	5	60	50	-
7	2	30	7,5	60	50	4,138
8	1	30	10	60	50	13,492
9	9	30	12,5	60	50	34,137
10	10	40	15	60	50	7,883



Gambar 12. grafik perbandingan antara waktu gesek dengan tekanan tempa terhadap tegangan tarik.

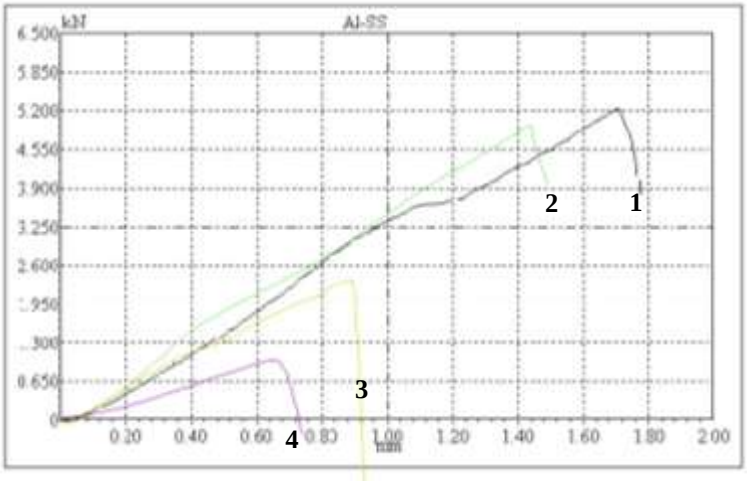
Pada gambar 4.13. Hasil tertinggi pada tegangan tariknya terdapat pada variasi waktu gesek 15 detik pada tekanan tempa 40 MPa dengan nilai tariknya sebesar 32,318 N/mm² dan nilai tegangan tarik terendah terdapat pada variasi waktu gesek 12,5 detik pada tekanan 40 MPa dengan nilai tariknya sebesar 5,015 N/mm². Pada variasi tersebut diambil untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro.



Gambar 13. grafik perbandingan antara tekanan upset dengan tegangan tarik dengan waktu 10 detik.

Pada gambar 4.15. grafik hubungan antara waktu gesek dengan tegangan tarik pada tekanan tempa 60 MPa memiliki hasil yang berbeda – beda. Hasil pengujian tarik tertinggi terdapat pada variasi waktu gesek 12,5 MPa dengan nilai tariknya sebesar 34,137 N/mm² dan hasil menurun pada variasi waktu gesek 15 detik dengan nilai tarik sebesar 7,883 N/mm². Pada variasi diatas di ambil untuk pengujian mikro.

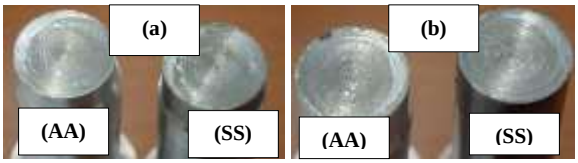
Dari hasil pengujian menandakan bahwa Variasi waktu gesek dan tekanan tempa mempengaruhi hasil kekuatan tarik. Variasi waktu gesek yang lebih lama dan tekanan tempa yang lebih kecil akan menaikkan kekuatan tarik, sedangkan variasi waktu gesek yang sama dan tekanan tempa yang lebih tinggi akan menurunkan kekuatan tarik.



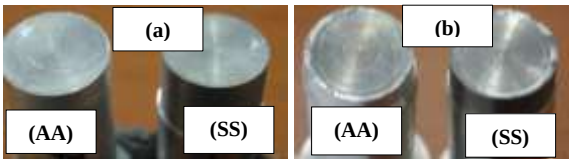
Gambar 14. Grafik gabungan regangan – tegangan pengujian tarik. (1) waktu gesek 12,5 detik tekanan tempa 60 MPa (2) waktu gesek 15 detik tekanan tempa 40 MPa (3) waktu gesek 15 detik tekanan tempa 60 Mpa (4) waktu gesek 12,5 detik tekanan tempa 40 MPa

Dari grafik gabungan pada gambar 4.16 terlihat kurva beban tegangan pengujian tarik, titik yang menunjukan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis yang tinggi. Kurva tegangan-regangan pada variasi waktu gesek 15 detik tekanan tempa 40 MPa mendapatkan nilai elastisitas tertinggi yaitu 4.975 kN dan memiliki UTS sebesar 34,137 MPa .

Dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Taban dkk (2010), pada penelitian pengelasan gesek terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada bahan aluminium 6061 T6 dengan baja 1018 dari penelitian Taban dkk (2010). Hasil pengelasan yang optimal pada tekanan upset 60 MPa. Tekanan upset sangat mempengaruhi hasil sifat mekanik dan struktur mikro. kegagalan benda uji mekanik melalui aluminium yang sangat *plastized* berdekatan dengan daerah interface. Ketebalan senyawa lapisan intermetalik maksimum sekitar 350nm diukur dengan ultra-resolusi tinggi SEM pada interfacenya.



Gambar 15. Penampang patahan pengujian tarik waktu gesek 15 detik, (a). Variasi tekanan tempa 40 MPa, (b). Variasi tekanan tempa 60 MPa.



Gambar 16. Penampang patahan pengujian tarik waktu gesek 12,5 detik, (a). Variasi tekanan tempa 40 MPa, (b). Variasi tekanan tempa 60 MPa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengelasan gesek dissimilar terhadap pengujian struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik antara aluminium 2024 T4 dengan stainless steel AISI 420 dengan variasi waktu gesek 5,7.5, 10, 12.5, dan 15 detik, tekanan gesek 30 MPa, tekanan tempa 40 dan 60 MPa dengan waktu tempa 50 detik serta hasil perhitungan secara menyeluruh, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil struktur mikro pada semua variasi tersebut perubahanya mendekati sama. Pada daerah HAZ aluminium 2024 T4 di struktur mikro terlihat butiran-butiran kristal kecil yang tidak beraturan, kristal besar tidak beraturan terdapat pada daerah jauh dari daerah *interface* dan porositas juga masih terjadi pada daerah tersebut. Hal ini dapat mempengaruhi penurunan nilai kekerasanya. Logam stainless steel AISI 420 pada daerah dekat dengan HAZ ukuran butiranya lebih halus dan perubahan tidak terlalu banyak. Variasi waktu gesek dan tekanan tempa mempengaruhi terhadap hasil struktur mikro dan makro.
2. Variasi waktu gesek dan tekanan tempa pada pengelasan gesek berpengaruh terhadap nilai kekerasan. Pada variasi tekanan tempa 40 MPa secara umum nilai kekerasan tertinggi pada variasi waktu gesek 15 detik yaitu pada jarak 1 mm dari lassan yang memiliki nilai 138 MPa. Kemudian hasil pengujian pada variasi tekanan tempa 60 MPa secara umum nilai kekerasan tertinggi didapat pada variasi waktu gesek 15 detik pada jarak 1 mm dari lassan yang memiliki nilai 135,8 MPa.
3. Didapatkan hasil pengujian tarik dari hasil pengelasan gesek *dissimilar* dengan variasi waktu gesek 12,5 dan 15 detik dengan tekanan tempa 40 dan 60 MPa pada aluminium 2024 T4 dengan stailess steel 420. Setelah pengujian tarik mendapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada variasi waktu gesek 15 detik dengan tekanan tempa 40 MPa yang menghasilkan 32,318 N/mm². Hasil terendah terdapat pada variasi 12,5 dengan tekanan tempa 40 MPa yang hanya menghasilkan nilai kekerasan 5,015 N/mm². Pengaruh waktu gesek dan tekanan tempa terhadap kekuatan tarik pada penelitian ini tidak begitu signifikan.

Daftar Pustaka

Muralimohan dkk, (2015). " *Joining of AISI 1040 Steel to 6082-T6 Aluminium Alloy by Friction Welding*".

Alves dkk, (2010). *"Welding of AA1050 aluminum with AISI 304 stainless steel by rotary friction welding process"* Brazil.

Japanese Industrial Standards Association, 1980,Standard Book of JIS: JIS Z 2201. Japanese Industrial Standard Association. Tokyo.

Taban dkk, (2009). " *Dissimilar friction welding of 6061-T6 aluminum and AISI 1018 steel : Properties and microstructural characterization*".