

# Pengaruh Variasi *Interlayer* Terhadap Hasil Sambungan Material *Dissimilar* Menggunakan Mesin Las Gesek *Rotary Tegak Bar Plate*

Yohanes<sup>1,\*</sup>, Rafizan<sup>1</sup>, dan Legisnal Hakim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

E-mail: [yohanes@lecturer.unri.ac.id](mailto:yohanes@lecturer.unri.ac.id)\*

## Abstract

The aim of this research is to determine the effect of variations in interlayer thickness on welding time, interface area and hardness values in dissimilar material welded joints using a bar-plate upright rotary friction welding machine. The method used in this research: rotational speed 2,613 rpm, friction pressure 0.5 MPa, forging pressure 0.7 MPa, forging time 10 seconds and interlayer variations (without interlayer, 0.3 mm, 0.5 mm and 1 mm). Tests used in the research: liquid penetrant test, metallography, and Vickers. It can be analyzed that interlayer variations have an effect on welding time. The time results obtained from using an interlayer with a thickness of 0.3 mm resulted in a time of 142.1 seconds, a 0.5 mm interlayer of 168.7 seconds, and a 1 mm interlayer of 204.4 seconds. The results for specimens without using an interlayer obtained a time of 71.3 seconds. The thicker the interlayer used, the longer the welding time. In observing the interface area, giving interlayer variations of 0.3 mm, 0.5 mm and 1 mm had an effect on cracks and cavities where all specimens were not found to have cracks or cavities, but voids were found in welding without allowing interlayer variations. In testing the hardness of interlayer variations with a thickness of 1 mm, the highest hardness was found in the interface area with an average hardness value of 169.56 VHN. Meanwhile, the lowest hardness value in the interface area results from variations without an interlayer with an average hardness value of 149.07 VHN.

**Keywords:** Friction welding, Bar-Plate, interlayer, Dissimilar

## Abstrak

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh variasi ketebalan interlayer terhadap waktu pengelasan, daerah interface dan nilai kekerasan pada sambungan las material dissimilar menggunakan mesin las gesek rotary tegak bar-plate. Metode yang digunakan pada penelitian ini: kecepatan putar 2.613 rpm, tekanan gesek 0,5 MPa, tekanan forging 0,7 MPa, waktu forging 10 detik [1] dan variasi interlayer (tanpa interlayer, 0,3 mm, 0,5 mm dan 1 mm). Pengujian yang digunakan pada penelitian: liquid penetrant test, metallografi, dan vickers. Dapat dianalisa pemberian variasi interlayer berpengaruh terhadap waktu pengelasan. Hasil waktu yang diperoleh dari menggunakan interlayer dengan ketebalan 0,3 mm mendapatkan hasil waktu sebesar 142,1 detik, interlayer 0,5 mm sebesar 168,7 detik, dan interlayer 1 mm sebesar 204,4 detik. Hasil untuk spesimen tanpa menggunakan interlayer mendapatkan hasil waktu sebesar 71,3 detik. Semakin tebal interlayer yang digunakan maka semakin lama waktu pengelasan. Pada pengamatan daerah interface pemberian variasi interlayer 0,3 mm, 0,5 mm dan 1 mm berpengaruh terhadap retakan dan rongga dimana semua spesimen tidak ditemukan adanya retakan maupun rongga namun rongga ditemukan pada pengelasan tanpa pemberian variasi interlayer. Pada pengujian kekerasan dari variasi interlayer dengan ketebalan 1 mm didapatkan kekerasan tertinggi pada daerah interface dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 169,56 VHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah pada daerah interface dihasilkan dari variasi tanpa interlayer dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 149,07 VHN.

**Kata Kunci:** Friction welding, Bar-Plate, interlayer, Dissimilar

## 1. Pendahuluan

Pengelasan gesek bisa menyambung dua benda yang berbeda jenis namun pengelasan yang berbeda cukup sulit dilakukan karena adanya perbedaan sifat material yang menyebabkan hasil pengelasan kurang baik karena adanya perbedaan seperti struktur kristal, komposisi kimia, titik leleh dan sifat mekanik logam [2]. Pada penelitian [3] menyatakan Untuk logam berbeda yang memiliki koefisien muai panas yang sangat berbeda, sambungan mungkin gagal karena kelelahan termal selama pengelasan atau setelah pengelasan. Ini disebabkan tegangan internal diatur pada zona *intermetalik*, yang kemudian cenderung sangat rapuh. Dalam kasus dua logam yang memiliki temperatur leleh atau konduktivitas termal yang berbeda, proses pengelasan menjadi rumit karena suatu logam meleleh sebelum logam lainnya.

Sambungan logam yang berbeda dapat dilakukan dengan optimal jika ada unsur penambahan yang cocok antara kedua logam yaitu penambahan *interlayer* yang dapat menghasilkan kekuatan sambungan yang optimal. *Interlayer* dapat meningkatkan kekuatan sambungan pada pengelasan dengan menambah lembaran logam lain diantara kedua permukaan sambungan [4]. Pada penelitian yang telah dilakukan [5] melakukan pengujian dengan menggunakan material *dissimilar* dengan memvariasikan parameter kecepatan putar, terdapat beberapa variasi kecepatan putar yang digunakan yaitu kecepatan putaran 2.484 rpm, 2.613 rpm dan 4.335 rpm. Hasil dari pengujian *liquid penetrant test* didapatkan bahwa dari semua variasi tidak terdapat keretakan pada daerah sambungan pengelasan, dari hasil pengujian makrostruktur pada kecepatan 4.335 rpm tidak dijumpai adanya rongga, dan hasil pengujian kekerasan mendapatkan nilai kekerasan tertinggi pada kecepatan putar 4.335 rpm. Akan tetapi dalam penelitian yang telah dilakukan [5] terdapat adanya cacat pengelasan yaitu berupa rongga pada daerah lasan pada kecepatan 2.613 rpm. Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi ketebalan *interlayer* terhadap penyambungan material *dissimilar* menggunakan mesin las gesek *rotary* tegak *bar-plate*. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh dari variasi ketebalan *interlayer* terhadap hasil sambungan seperti (waktu pengelasan, daerah *interface* dan nilai kekerasan) dalam melakukan pengelasan material berbeda jenis atau *dissimilar* menggunakan mesin las gesek *rotary* tegak *bar-plate* ini. Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya

dan hasil penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan *interlayer* terhadap waktu pengelasan, daerah *interface* dan nilai kekerasan pada sambungan las material *dissimilar* menggunakan mesin las gesek *rotary* tegak *bar-plate*.

## 2. Metodologi

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan, diantaranya:

### 2.1 Pengujian *non destructive test* (NDT)

Pengujian NDT atau *non destructive testing* dilakukan agar mengetahui retak yang terjadi pada spesimen yang telah dilas menggunakan mesin las gesek *rotary* tegak *bar-plate*. Adapun metode yang digunakan yaitu dengan metode *liquid penetrant testing*. Standar yang digunakan pada pengujian NDT atau *non destructive testing* dengan metode *liquid penetrant testing* adalah ASTM section V [6]. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

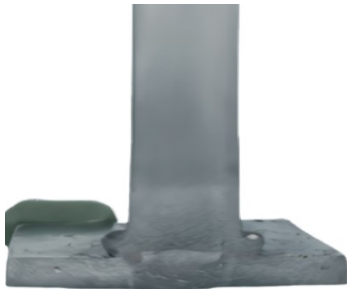
- Pembersihan spesimen menggunakan cairan *remover*
- Pemberian *penetrant*
- Bersihkan *penetrant* dengan cairan *remover*
- Pemberian *developer*

### 2.2 Metallografi

Setelah dilakukan pengujian NDT atau *non-destructive testing* menggunakan metode *liquid penetrant testing* maka tahap selanjutnya yaitu pengamatan makro dan mikro menggunakan metode *metallografi*[7]. Adapun tahapan prosesnya adalah sebagai berikut:

- Tahap pemotongan sampel  
Pada tahap ini spesimen uji terlebih dahulu dipotong hingga mencapai bagian inti dari lasan.
- Tahap amplas dan poles  
Pada tahap ini spesimen uji yang telah dipotong akan terlebih dahulu diampelas. Proses pengamplasan dimulai dari *grade* kertas amplas yang paling kasar berukuran 80 *mesh*, 100 *mesh*, 150 *mesh*, 240 *mesh*, 400 *mesh*, 600 *mesh*, 800 *mesh*, 1000 *mesh*, 1500 *mesh*, dan 2000 *mesh* secara bertahap.
- Tahap pembuatan larutan etsa  
Etsa berupa larutan yang berfungsi untuk memunculkan fasa dan atau batas butir. Setiap jenis material logam menggunakan cairan etsa yang berbedabeda. Untuk besi dan baja secara umum, cairan etsa yang digunakan adalah Nital 2%. Cairan etsa

- Nital dihasilkan dari pencampuran asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) sebesar 2% dengan Etanol sebesar 98%.
- d. Tahap etsa atau *etching*  
Tahap ini merupakan tahap pemberian larutan etsa ke spesimen uji. Waktu yang diberikan saat proses etsa menggunakan nital 2% adalah 60 detik untuk material *welding*.
  - e. Tahap pengamatan makro dan mikro  
Pada tahap ini spesimen uji yang telah diberi larutan etsa yang ditunjukkan pada Gambar bisa diamati dengan menggunakan *mikroskop optik* dengan pembesaran 5x[8]. Pengamatan makro digunakan untuk mengamati rongga pada daerah *interface* sedangkan pengamatan mikro digunakan untuk mengamati perbedaan butir [9]. Setelah itu data yang diperoleh akan dianalisis.



Gambar 1. Contoh spesimen pengujian makro dan mikro

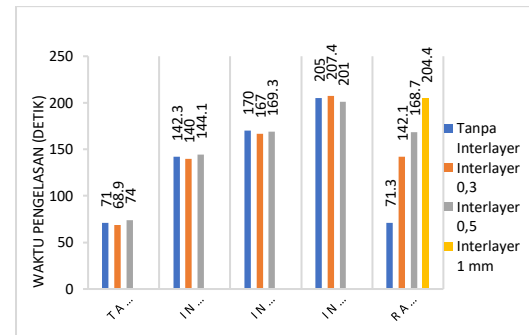
### 2.3 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu bahan uji yang telah dilakukan pengelasan. Pengujian kekerasan ini menggunakan metode *vickers*, yang mana metode pengujian kekerasan *vickers* ini mempergunakan indenter berbentuk piramida intan terbalik yang memiliki sudut puncak 136°. Indenter tersebut ditekan terhadap bahan uji yang diberikan beban sebesar 60 kgf selama 60 detik, sehingga menghasilkan jejak yang dapat diukur oleh lensa mikroskop optik. Lensa optik ini digunakan, karena hasil penjejakkan sangatlah kecil sehingga hanya dapat dibaca dengan lensa mikroskop optik[10]

## 3. Hasil dan Pembahasan

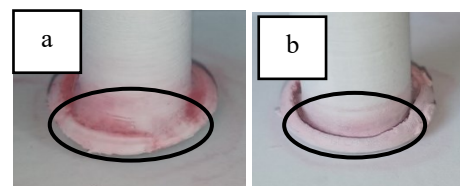
Hasil waktu yang diperoleh dari menggunakan *interlayer* dengan ketebalan 0,3 mm mendapatkan hasil waktu sebesar 142,1 detik, *interlayer* 0,5 mm sebesar 168,7 detik, dan *interlayer* 1 mm sebesar 204,4 detik. Sedangkan untuk spesimen tanpa menggunakan *interlayer* mendapatkan hasil waktu sebesar 71,3 detik. Waktu gesek dilihat dari fenomena yang terjadi

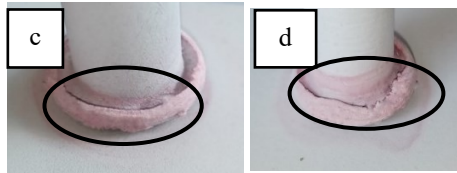
pada saat proses pengelasan. Sehingga dapat dianalisa dengan penggunaan variasi *interlayer* yang semakin tebal akan membutuhkan waktu yang semakin lama untuk dapat mencapai suatu sambungan pengelasan menggunakan *dissimilar* metal dibandingkan tanpa menggunakan *interlayer*, hal ini memiliki kekurangan di waktu pengelasan tetapi lebih tinggi untuk hasil nilai kekerasan spesimen uji. Hal ini juga ditemukan oleh [4] pada penelitiannya.



Gambar 2. Waktu pengelasan rotary friction welding bar-plate

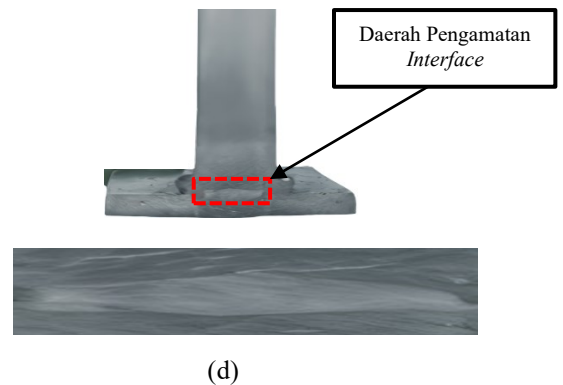
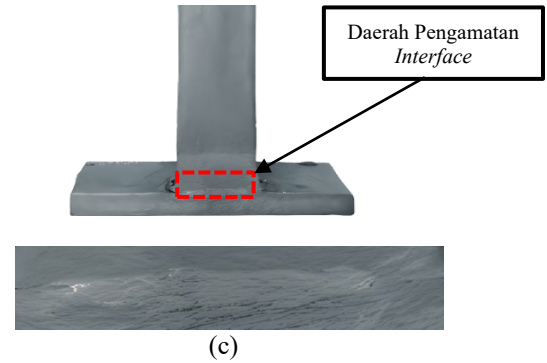
Hasil pengujian *non-destructive test* (NDT) tanpa *interlayer* pada penelitian ini tidak terdapat adanya keretakan pada daerah permukaan sambungan lasan. Hasil penelitian menunjukkan daerah pengamatan pada titik ini juga tidak ditemukan adanya cacat pengelasan dan keretakan yang terjadi pada daerah permukaan sambungan las. Retakan ditandakan oleh garis retak berwarna merah yang berbentuk seperti rongga dan ini tidak ditemukan pada penelitian ini. Retakan pada permukaan ditimbulkan oleh pemberian tekanan *forging* yang terlalu tinggi dan bisa juga disebabkan dikarenakan pada saat pengelasan terjadi getaran pada chuck (pemegang bahan yang statis) yang digesekkan dengan bahan yang berputar pada *spindle*. Dapat dianalisa bahwa variasi ketebalan *interlayer* menggunakan metode *rotary friction welding bar-plate* tidak berpengaruh pada keretakan permukaan, tetapi keretakan ini ditemukan oleh [11] menggunakan metode *rotary friction welding bar-bar*.



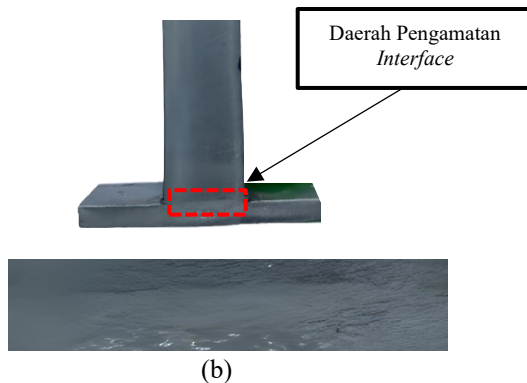
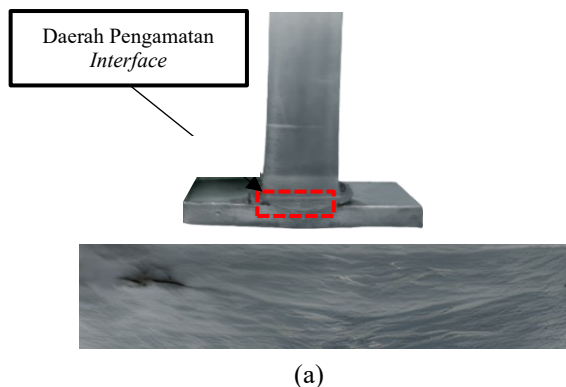


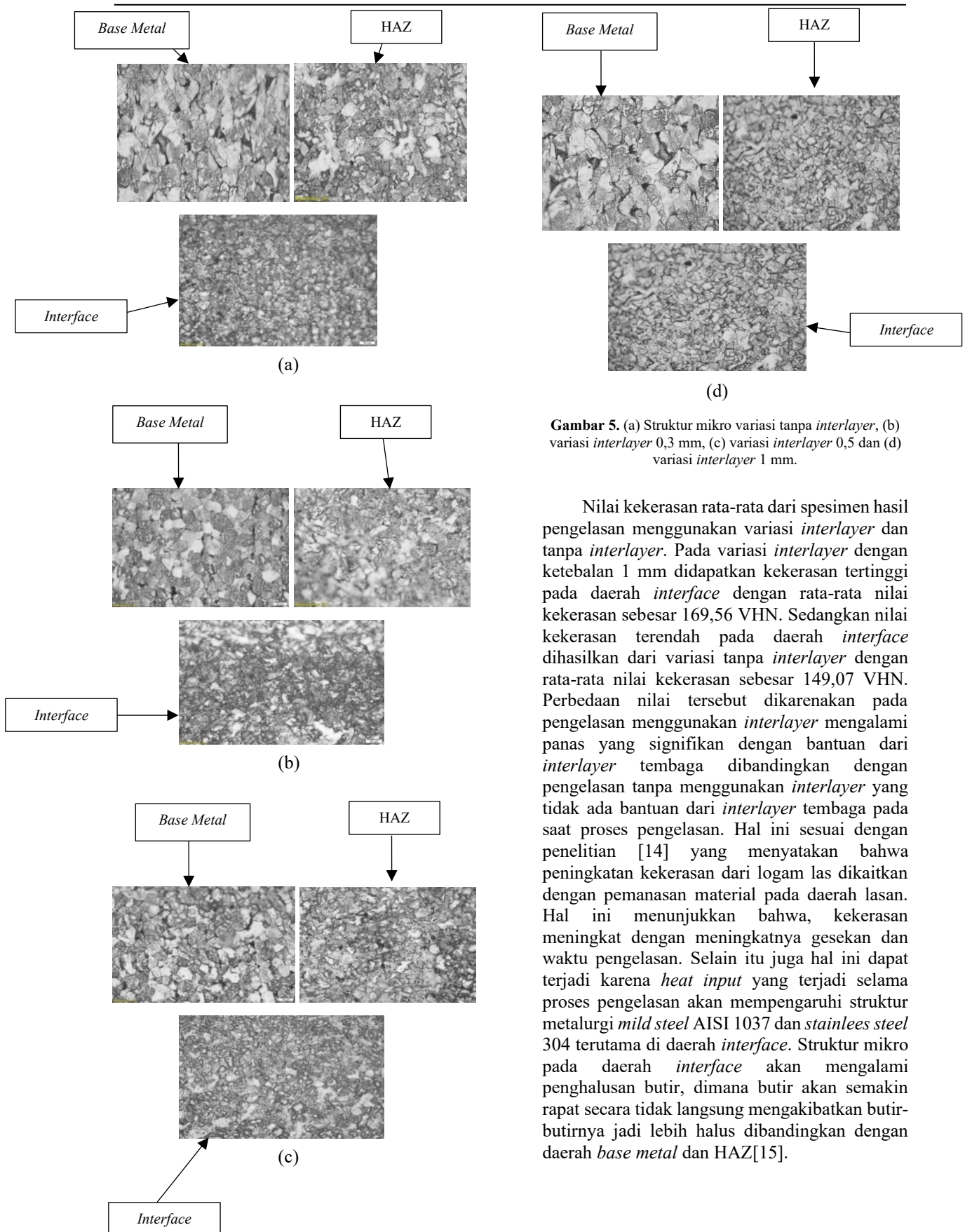
**Gambar 3.** Pengujian *liquid penetrant test* (NDT) (a) Pengelasan tanpa *interlayer*, (b) Variasi ketebalan *interlayer* 0,3 mm, (c) Variasi ketebalan *interlayer* 0,5 mm, (d) Variasi ketebalan *interlayer* 1 mm

Hasil foto pengamatan makro pada penelitian ini tidak ditemukan adanya rongga pada daerah *interface* semua variasi ketebalan *interlayer*. Maka dapat dianalisa rongga pada daerah *interface* berbentuk seperti celah kosong yang tidak menyatu dan tidak ditemukan rongga ini pada hasil foto pengamatan makro pada daerah *interface* semua variasi ketebalan *interlayer*. Rongga disebabkan oleh pemberian parameter putaran *spindle* yang terlalu rendah ataupun pemberian tekanan yang terlalu rendah, hal ini sesuai dengan penelitian [12] Kemudian hasil pengamatan struktur mikro terlihat adanya perubahan struktur mikro pada masing-masing daerah. Pada struktur mikro daerah *interface* mengalami penghalusan butir, dimana butir akan semakin rapat, secara tidak langsung mengakibatkan butir-butirnya jadi lebih halus dibandingkan daerah lainnya. Struktur mikro butiran halus akan menyebabkan sifat mekanik (nilai kekerasan) semakin tinggi sedangkan struktur mikro butiran kasar menyebabkan nilai kekerasan lebih rendah [13]



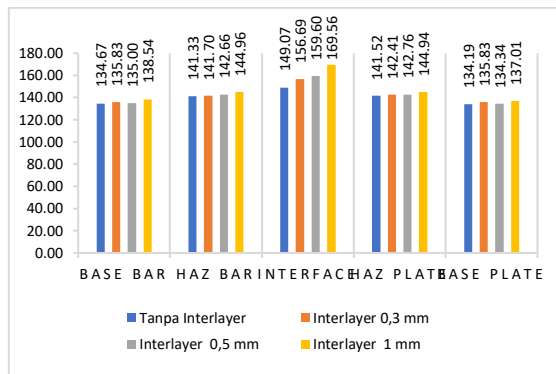
**Gambar 4.** (a) Makro struktur variasi tanpa *interlayer*, (b) Makro struktur variasi ketebalan *interlayer* 0,3 mm, (c) Makro struktur variasi ketebalan *interlayer* 0,5 mm, (d) Makro struktur variasi ketebalan *interlayer* 1 mm





**Gambar 5.** (a) Struktur mikro variasi tanpa *interlayer*, (b) variasi *interlayer* 0,3 mm, (c) variasi *interlayer* 0,5 dan (d) variasi *interlayer* 1 mm.

Nilai kekerasan rata-rata dari spesimen hasil pengelasan menggunakan variasi *interlayer* dan tanpa *interlayer*. Pada variasi *interlayer* dengan ketebalan 1 mm didapatkan kekerasan tertinggi pada daerah *interface* dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 169,56 VHN. Sedangkan nilai kekerasan terendah pada daerah *interface* dihasilkan dari variasi tanpa *interlayer* dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 149,07 VHN. Perbedaan nilai tersebut dikarenakan pada pengelasan menggunakan *interlayer* mengalami panas yang signifikan dengan bantuan dari *interlayer* tembaga dibandingkan dengan pengelasan tanpa menggunakan *interlayer* yang tidak ada bantuan dari *interlayer* tembaga pada saat proses pengelasan. Hal ini sesuai dengan penelitian [14] yang menyatakan bahwa peningkatan kekerasan dari logam las dikaitkan dengan pemanasan material pada daerah lasan. Hal ini menunjukkan bahwa, kekerasan meningkat dengan meningkatnya gesekan dan waktu pengelasan. Selain itu juga hal ini dapat terjadi karena *heat input* yang terjadi selama proses pengelasan akan mempengaruhi struktur metalurgi *mild steel* AISI 1037 dan *stainless steel* 304 terutama di daerah *interface*. Struktur mikro pada daerah *interface* akan mengalami penghalusan butir, dimana butir akan semakin rapat secara tidak langsung mengakibatkan butir-butirnya jadi lebih halus dibandingkan dengan daerah *base metal* dan HAZ[15].



Gambar 6. Nilai Kekerasan Rata-Rata

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijabarkan maka dapat disimpulkan bahwa, pengaruh dari variasi ketebalan *interlayer* terhadap pengelasan gesek *rotary* tegak *bar-plate* berpengaruh terhadap waktu pengelasan. Pada pengamatan daerah *interface* pemberian variasi ketebalan *interlayer* berpengaruh terhadap retakan dan rongga dimana semua variasi ketebalan *interlayer* tidak ditemukan adanya retakan maupun rongga, namun rongga ditemukan pada pengelasan tanpa menggunakan *interlayer* dengan luas daerah 2,14 mm. Hasil pengujian kekerasan variasi *interlayer* berpengaruh terhadap hasil rata-rata nilai kekerasan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Utamar, F. dan Siswanto. 2014. Perancangan Dan Pembuatan Mesin Las Gesek Rotari Tegak *Bar-Plate*. 9. Universitas Riau.
- [2] Dawood, H.I., Mohammed, K.S. Rahmat, A. & Uday, M. B. (2015). Microstructural characterizations and mechanical properties in friction stir welding technique of dissimilar (Al-Cu) sheets. *Journal of Applied Science and Agriculture*. 10(5): 149-158.
- [3] Meshram, S.D. & Reddy, G.M. 2015. Friction welding of aa6061 to aisi 4340 using silver interlayer. *Defence Technology*. 11(3): 292-298.
- [4] Heriansyah, M. dan Yohanes. 2021. *Interlayer Effect on Connection of Mild Steel ST37 and Stainless Steel 201 on Rotary Friction Welding*. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace*. 65 (1). 32-30.
- [5] Yohanes and Meipen, *Effect of Rotational Speed on Hardness Value and Area of Vertical Bar-Plate Rotary Friction Weld Joint*. *Journal of Ocean*. 66(3).
- [6] Article 6. Section V. 2010.
- [7] Manurung, V.T., Wibowo, Y.T.J., dan Baksoro, S,Y. 2020. Panduan Metallografi. Edisi 1. Jakarta.
- [8] Wicaksana, H., Mulyadi, S., dan Syuhri, A. 2016. Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Sambungan Las Aluminium 6061 Hasil Friction Welding. *Jurnal ROTOR*. 9(1).
- [9] Purnomo, A. 2018. Struktur Mikro Sambungan Friction Welding Antara Bahan Paduan Tembaga Dan Paduan Aluminium Akibat Waktu Tekanan berbeda. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 10(3).77-81.
- [10] M. Simorangkir, Yohanes and M. Badri. 2023. *Effect of Spindle Speed of Bar-Plate Rotary Friction Welding Machine on Joint Interface Area and Hardness Value*. *Journal of Ocean*. 67(1)34–39.
- [11] Fatha, F. 2019. Optimasi Sambungan Rotary Friction Welding (RFW) Pada Aluminium Dengan Variasi Bentuk Profil Sambungan. Skripsi. Universitas Islam Indonesia.
- [12] Anitha, P., Majumder, M.C., Saravanan, V., dan Rajakumar, S. 2018. *Microstructural Characterization and Mechanical Properties of Friction Welded IN718 and SS410 Dissimilar Joint*. *Springer Science + Business Media, LLC, part of Springer Nature and ASM International 2018*. 7(3).
- [13] Purnomo, S. 2016. Pengaruh Variasi Gesek Terhadap Kualitas Sambungan Pada Pengelasan Continous Drive Friction Welding (CDFW) Bahan Pipa Kuningan Dan Tembaga. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [14] Ananthapadmanaban, D., V. S. Rao., N. Abraham. & K. P. Rao. 2009. *A study of mechanical properties of friction welded mild steel to stainless steel joints*. *Materials and Design*. 30(7): 2642-2646.
- [15] Jun, T. S., F. Ratundo., X. Song., L. Ceschini., dan A. M. Korsunsky. 2010. Residual strains in AA2024/AlSiCp composite linear friction welds. *Materials and Design*. 31(1): 117-120.