

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses pengelasan gesek kemudian dilanjutkan dengan melakukan proses pengujian tarik setiap spesimen benda uji, maka didapat data hasil pengujian. Data dari hasil pengujian digunakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro.

4.1. Hasil Pengelasan Gesek Secara Visual

Setelah dilakukan proses pengelasan gesek dan pengujian tarik pada bahan aluminium *alloy* 2024 T4 dan *stainless steel* 420, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Hasil pengelasan gesek aluminium *alloy* 2024 T4 dan *stainless steel* AISI 420



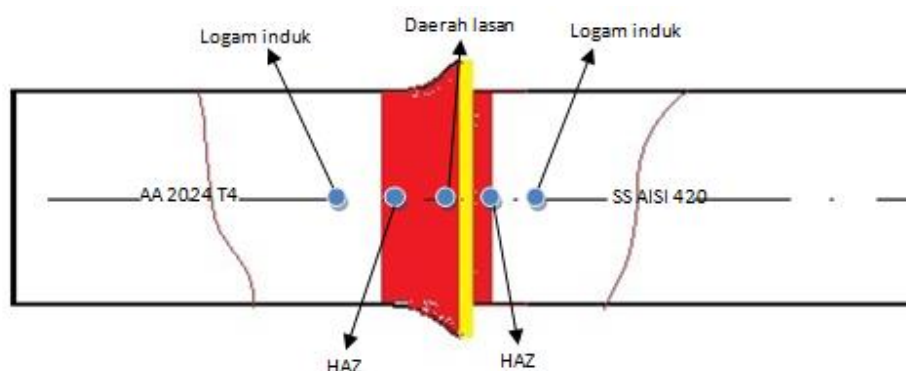
Gambar 4.1. Hasil pengelasan gesek aluminium *alloy* 2024 T4 dan *stainless steel* AISI 420

Pada hasil pengelasan telah didapatkan salah satu *flash* pada logam, yaitu pada logam *aluminium alloy 2024 T4*. Sedangkan pada logam *stainless steel 420* tidak ada *flash* yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan aluminium alloy 2024 T4 lebih mudah mengalami termoplastis dari dibanding *stainless steel* AISI 420.

Pada gambar 4.1. terlihat jelas perbedaan *flash* yang dihasilkan antara nomor 10 dengan nomor 9. Pada nomor 10 adalah hasil las gesek dengan variasi tekanan gesek 20 MPa dan tekanan tempa 40 MPa. Sedangkan pada nomor 9 adalah hasil las gesek dengan variasi tekanan gesek 45 MPa dan tekanan tempa 60 MPa. Maka semakin tinggi tekanan gesek dan tekanan tempa akan semakin besar pula *flash* yang di hasilkan.

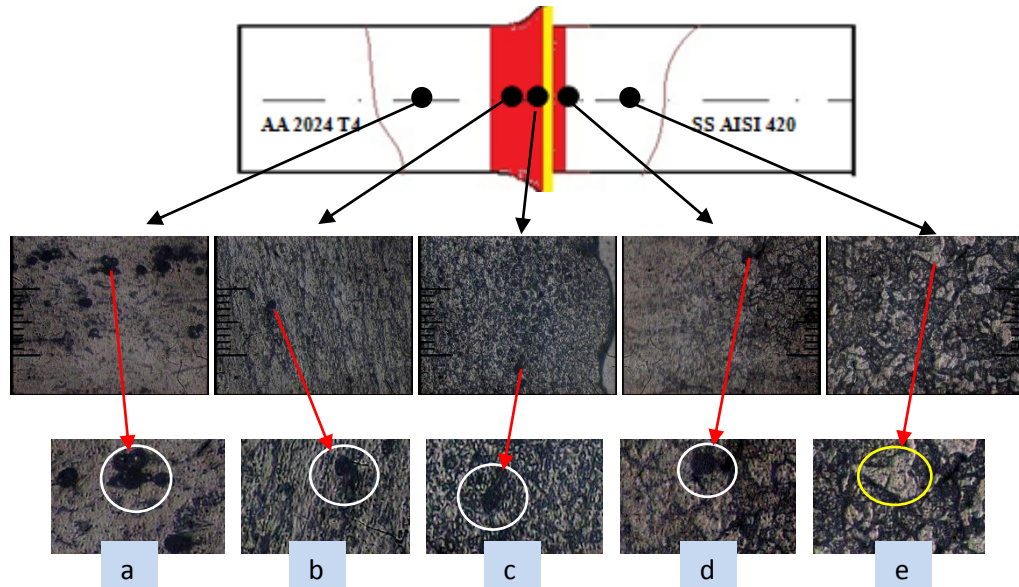
4.2. Hasil dan Pembahasan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada beberapa titik untuk melihat perubahan struktur mikro pada material aluminium alloy 2024 T4 dan *stainless steel* AISI 420 setelah dilakukan pengelasan gesek. Pengujian mikro juga bertujuan untuk mengetahui daerah-daerah yang perlu dilakukan pengujian kekerasan. Berdasarkan pengujian tarik maka akan ditentukan variasi pengelasan gesek yang memiliki kekuatan tertinggi, tengah dan terendah yang akan dilakukan pengujian mikro. Setelah dilakukan pemilihan variasi pengelasan gesek, maka selanjutnya akan ditentukan posisi atau titik pengambilan uji mikro.



Gambar 4.2. Posisi pengujian struktur mikro.

1. Variasi tekanan gesek 45 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 60 MPa dan waktu tempa 75 detik



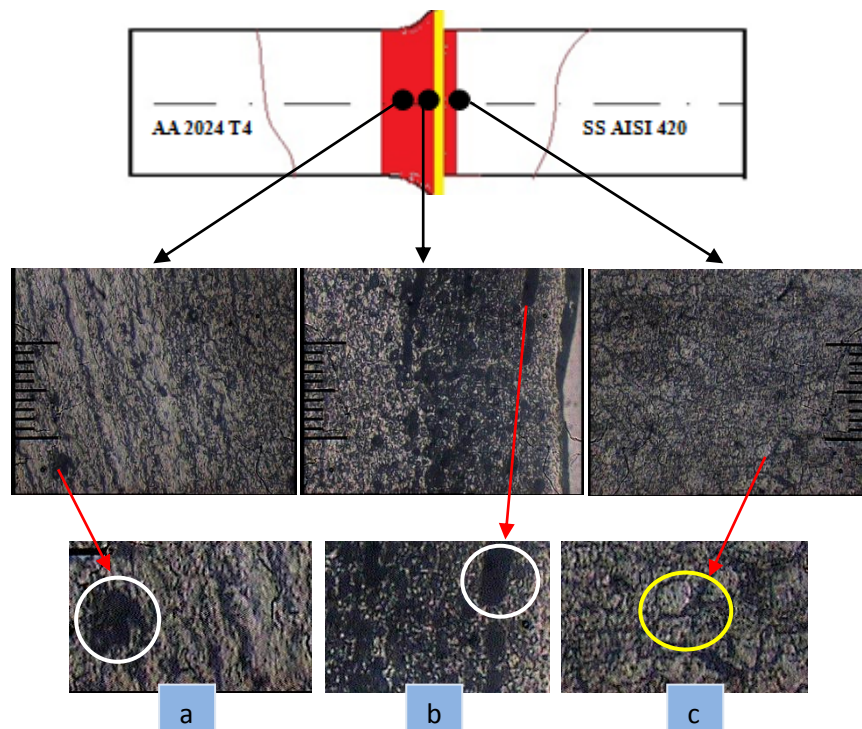
Gambar 4.3. Hasil struktur pengelasan gesek *dissimilar* variasi tekanan gesek gesek 45 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 60 MPa dan waktu 75 detik. Pada aluminium *alloy* 2024 T4 : (a) logam induk (b) daerah HAZ, dan (c) daerah lasan. Pada *stainless steel* AISI 420 : (d) daerah lasan dan (e) logam induk. (garis skala: 50 μm)

Dari gambar 4.3. terlihat bahwa pada bagian logam induk aluminium *alloy* 2024 T4 terdapat butiran-butiran porositas di dalamnya (di tunjukkan oleh lingkaran putih). Pada daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4 terlihat perubahan struktur mikro dengan adanya butiran-butiran kristal yang tidak beraturan. Hal tersebut akan menurunkan kekerasan dan kekuatan di daerah tersebut. Pada daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4 juga masih terlihat adanya porositas. Pada daerah lasan aluminium *alloy* 2024 T4 terlihat butiran-butiran kristal kecil yang akan menambah kekerasan pada daerah tersebut.

Pada daerah las *stainless steel* AISI 420 terdapat butiran-butiran kecil *ferrit* martensitik yang berhamburan tidak beraturan. Semakin jauh dari daerah sambungan butiran martensitik tersebut semakin membesar (terlihat pada lingkaran kuning). Perubahan tersebut akan menambah kekerasan dan kekuatannya.

2. Variasi tekanan gesek 30 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 40 MPa dan waktu tempa 75 detik

Pada variasi ini hanya 3 titik/daerah yang akan dilakukan pengujian struktur mikro. Adapun titik/daerah yang akan dilakukan pengujian struktur mikro adalah daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4, daerah lasan aluminium *alloy* 2024 T4 dan daerah lasan *stainless steel* AISI 420.



Gambar 4.4. Hasil struktur mikro pengelasan gesek *dissimilar* variasi tekanan gesek 30 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 40 MPa dan waktu tempa 75 detik. Pada aluminium *alloy* 2024 T4 : (a) daerah HAZ, dan (b) daerah lasan. Pada *stainless steel* AISI 420 : (c) daerah lasan. (garis skala: 50 μm)

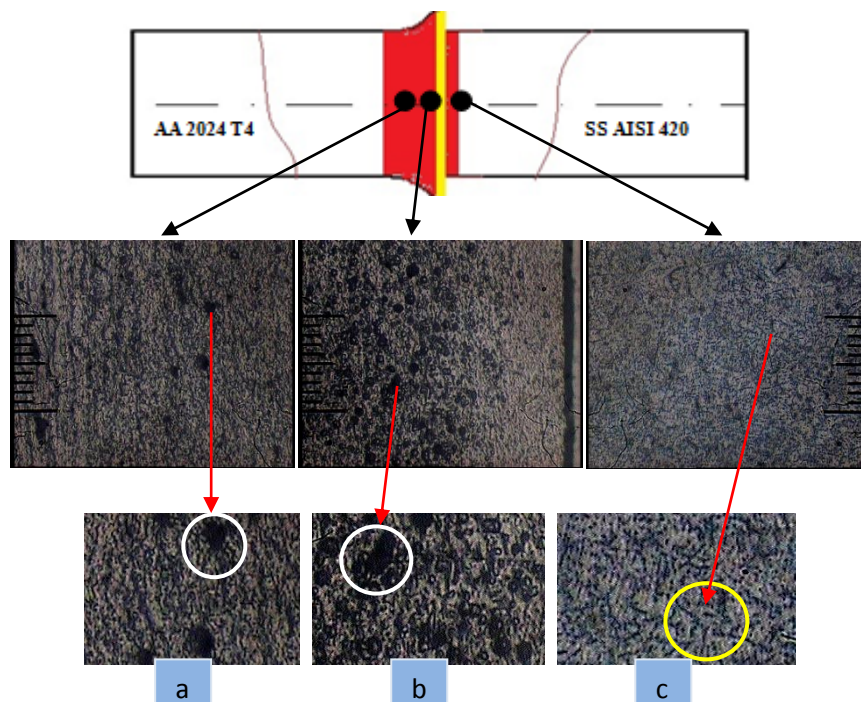
Dari gambar 4.4. terlihat pada daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4 terdapat butiran-butiran kecil kristal yang ada pada daerah tersebut. Terlihat juga sedikit porositas yang terbentuk pada daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4 (ditunjukkan pada lingkaran putih). Porositas yang ada akan menurunkan kekerasan pada daerah tersebut. Pada daerah lasan aluminium *alloy* 2024 T4 terjadi perubahan pada butiran-butiran kristal yang semakin mengecil. Perubahan tersebut mengakibatkan kekerasan pada daerah tersebut meningkat. Pada daerah lasan

aluminium *alloy* 2024 T4 juga timbul porositas yang dapat menurunkan kekerasan dan kekuatan di daerah tersebut.

Sedangkan pada daerah lasan *stainless steel* AISI 420 tidak terlihat adanya porositas yang terjadi. Butiran-butiran *ferit* martensitik yang cukup besar tidak beraturan terlihat mendominasi pada daerah tersebut.

3. Variasi tekanan gesek 30 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 60 MPa dan waktu tempa 75 detik

Pada variasi ini hanya 3 titik/daerah yang akan dilakukan pengujian struktur mikro. Adapun titik/daerah yang akan dilakukan pengujian struktur mikro adalah daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4, daerah lasan aluminium *alloy* 2024 T4 dan daerah lasan *stainless steel* AISI 420.



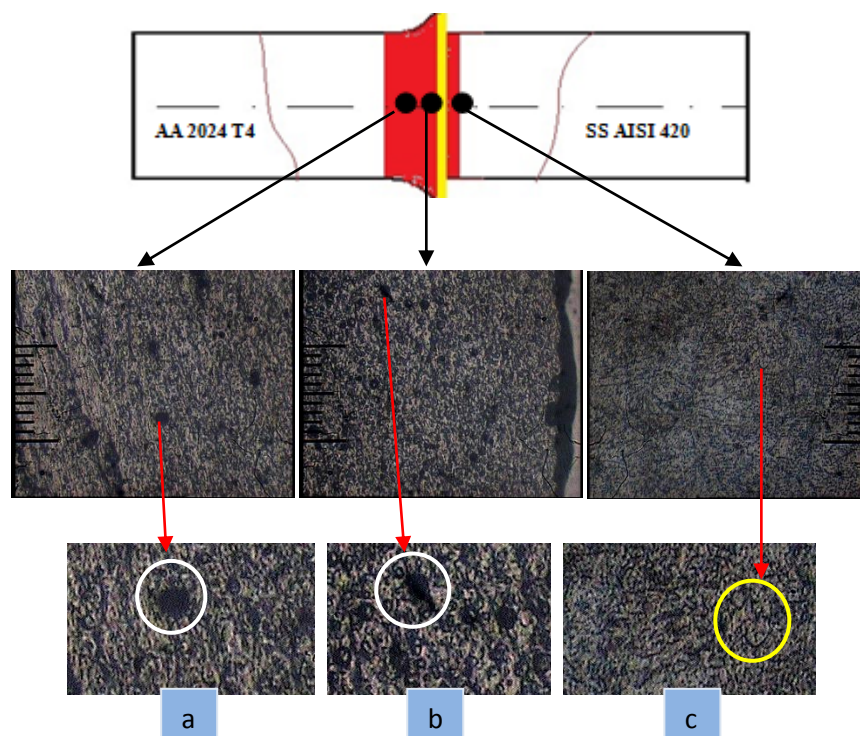
Gambar 4.5. Hasil struktur pengelasan gesek *dissimilar* variasi tekanan gesek 30 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 60 MPa dan waktu 75 detik. Pada aluminium *alloy* 2024 T4 : (a) daerah HAZ, dan (b) daerah lasan. Pada *stainless steel* AISI 420 : (c) daerah lasan. (garis skala: 50 μ m)

Dari gambar 4.5. terlihat pada daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4 terdapat butiran-butiran kecil kristal yang ada pada daerah tersebut. Terlihat juga sedikit

porositas yang terbentuk pada daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4 (ditunjukkan pada lingkaran putih). Porositas yang ada akan menurunkan kekerasan pada daerah tersebut. Pada daerah lasan aluminium *alloy* 2024 T4 terjadi perubahan pada butiran-butiran kristal yang semakin mengecil. Perubahan tersebut mengakibatkan kekerasan pada daerah tersebut meningkat.

Sedangkan pada daerah lasan *stainless steel* AISI 420 tidak terlihat adanya porositas yang terjadi. Butiran-butiran *ferit* martensitik terlihat mendominasi pada daerah tersebut.

4. Variasi tekanan gesek 40 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 40 MPa dan waktu tempa 75 detik



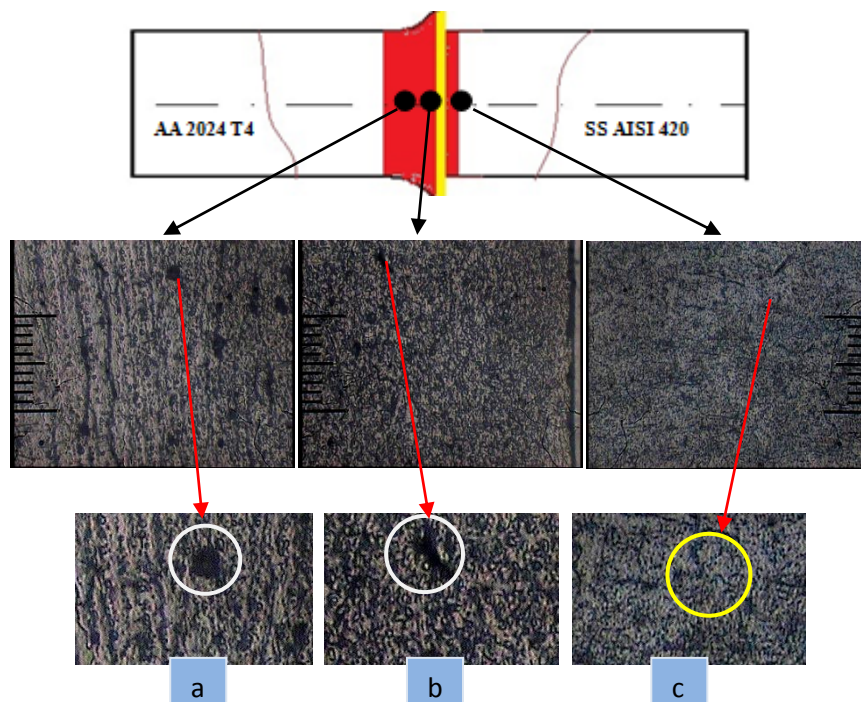
Gambar 4.6. Hasil struktur pengelasan gesek *dissimilar* variasi tekanan gesek gesek 40 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 40 MPa dan waktu 75 detik. Pada aluminium *alloy* 2024 T4 : (a) daerah HAZ, dan (b) daerah lasan. Pada *stainless steel* AISI 420 : (c) daerah lasan. (garis skala: 50 μm)

Dari gambar 4.6. terlihat pada daerah HAZ 2024 T4 terdapat butiran-butiran kecil kristal yang ada pada daerah tersebut. Terlihat juga sedikit porositas yang

terbentuk pada daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4 (ditunjukkan pada lingkaran putih). Porositas yang ada akan menurunkan kekerasan pada daerah tersebut. Pada daerah lasan aluminium *alloy* 2024 T4 terjadi perubahan pada butiran-butiran kristal yang semakin mengecil. Perubahan tersebut mengakibatkan kekerasan pada daerah tersebut meningkat. Porositas juga terlihat ada pada daerah lasan, walaupun hanya sedikit adanya porositas tersebut dapat menurunkan kekerasan di daerah itu.

Sedangkan pada daerah lasan *stainless steel* AISI 420 tidak terlihat adanya porositas yang terjadi. Butiran-butiran *ferit* martensitik terlihat mendominasi pada daerah tersebut.

5. Variasi tekanan gesek 45 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 40 MPa dan waktu tempa 75 detik



Gambar 4.7. Hasil struktur pengelasan gesek *dissimilar* variasi tekanan gesek gesek 45 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 40 MPa dan waktu 75 detik. Pada aluminium *alloy* 2024 T4 : (a) daerah HAZ, dan (b) daerah lasan. Pada *stainless steel* AISI 420 : (c) daerah lasan. (garis skala: 50 μm)

Dari gambar 4.7. terlihat pada daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4 terdapat butiran-butiran kecil kristal yang ada pada daerah tersebut. Terlihat juga sedikit porositas yang terbentuk pada daerah HAZ aluminium *alloy* 2024 T4 (ditunjukkan pada lingkaran putih). Porositas yang ada akan menurunkan kekerasan pada daerah tersebut. Pada daerah lasan aluminium *alloy* 2024 T4 terjadi perubahan pada butiran-butiran kristal yang semakin mengecil. Perubahan tersebut mengakibatkan kekerasan pada daerah tersebut meningkat.

Sedangkan pada daerah lasan *stainless steel* AISI 420 tidak terlihat adanya porositas yang terjadi. Butiran-butiran kecil ferit martensitik terlihat mendominasi pada daerah tersebut.

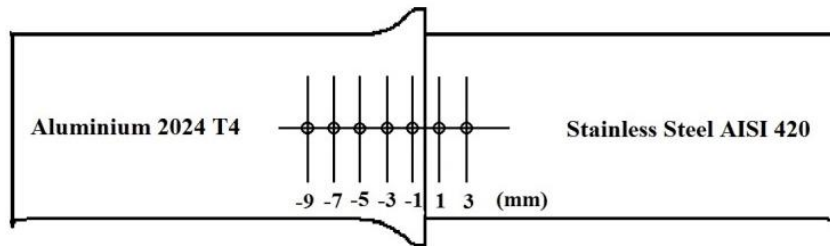
Pada masing-masing variasi menghasilkan struktur mikro yang berbeda-beda. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi kenanan gesek dan tekanan tempa yang diberikan maka akan semakin cepat terjadinya *thermoplastis*. *Thermoplastis* menyebabkan terjadinya deformasi yang tidak merata. Hal tersebut mengakibatkan hasil perubahan struktur mikro yang berbeda pada setiap variasinya.

Jika dilihat dari penelitian sebelumnya yaitu pada penelitiannya Apriyanto (2015), tentang pengaruh waktu gesek terhadap hasil lasan gesek. Bahwa semakin dekat dengan *fusion line* maka butiran kristal semakin mengecil. Itu berarti semakin mendekati *fusion line* maka nilai kekerasan di daerah tersebut semakin tinggi.

Irwanto (2014), dalam penelitiannya tentang sifat mekanis dan struktur mikro hasil pengelasan gesek didapat hasil bahwa pada daerah I berfasa *austenit* dan memiliki ukuran butir terkecil dibanding daerah lain. Dikarenakan daerah ii memiliki kecepatan pendinginan tertinggi. Pada daerah II menunjukkan struktur mikro fasa *austenit* yang berbutir lebih besar dari butiran daerah I dan arah orientasi bersifat acak.

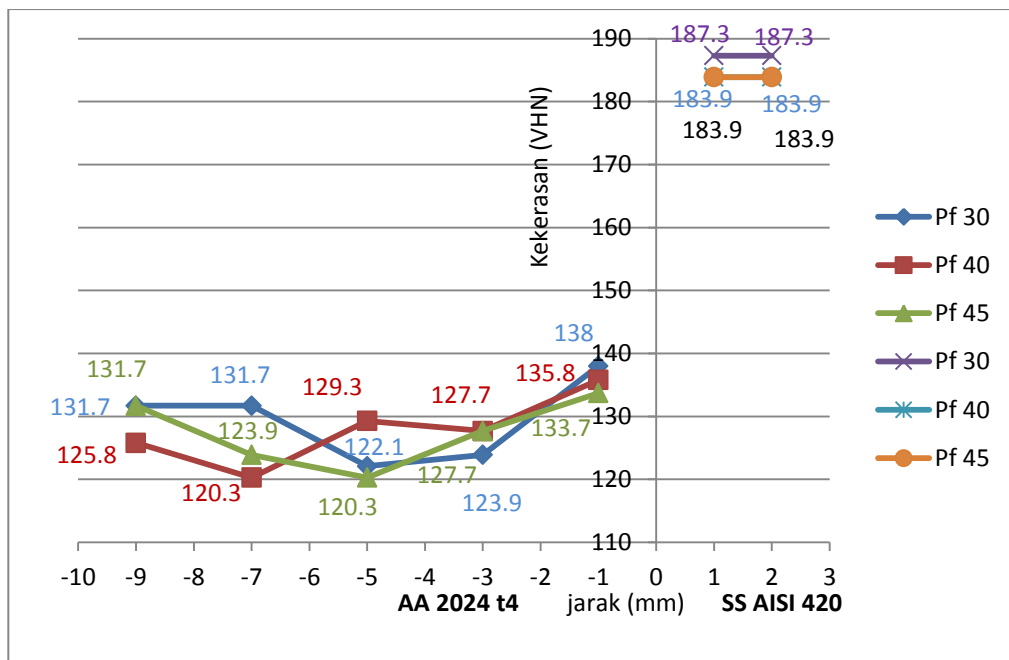
4.3. Hasil dan Pembahasan Uji Kekerasan

Pada pengujian kekerasan ditentukan titik kekerasan untuk pengambilan data. Penentuan titik tersebut didasarkan pada hasil pengamatan struktur makro dan mikro.



Gambar 4.8. Titik diambilnya nilai kekerasan

4.3.1 Profil kekerasan sambungan las dengan tekanan tempa 40 MPa



Gambar 4.9. Grafik profil kekerasan pada sambungan las gesek aluminium alloy 2024 T4 dan stainless steel AISI 420 dengan tekanan gesek 30,40,45 MPa, waktu gesek 7,5detik, tekanan tempa 40 MPa dan waktu tempa 75 detik

Pada gambar 4.9. dapat dilihat bahwa untuk aluminium alloy 2024 T4 dengan variasi tekanan gesek 30 MPa didapat nilai kekerasan tertinggi ada pada jarak 1 mm dari sambungan yaitu 138 VHN. Kemudian pada jarak 3 mm dari

sambungan nilai kekerasan turun menjadi 127,7 VHN dan pada jarak 9 mm dari sambungan nilai kekerasan naik menjadi 131.7 VHN. Terlihat bahwa semakin jauh dari sambungan nilai kekerasan semakin menurun. Pada struktur mikronya terlihat juga bahwa semakin jauh dari sambungan butir-butir kristal pada logam aluminium *alloy* 2024 T4 semakin sedikit. Perubahan tersebut menyebabkan nilai kekerasan semakin menurun.

Sedangkan untuk *stainless steel* AISI 420 dengan variasi tekanan gesek 30 MPa didapat nilai kekerasan yang tidak berubah dari daerah *interface* hingga daerah logam induk dengan jarak 1 sampai 3 mm dari sambungan yaitu 183,9 VHN. Hal tersebut dikarenakan pada *stainless steel* AISI 420 belum terjadi perubahan pada butiran-butiran kristal pada struktur mikronya. Sehingga nilai kekerasannya tidak mengalami perubahan.

Untuk variasi tekanan gesek 40 MPa didapat nilai kekerasan tertinggi ada pada jarak 1 mm dari sambungan yaitu 135,8 VHN. Kemudian pada daerah HAZ hingga daerah logam induk dengan jarak 9 mm dari sambungan nilai kekerasan turun menjadi 125,8 VHN. Terlihat bahwa semakin jauh dari sambungan nilai kekerasan semakin menurun. Pada struktur mikronya terlihat juga bahwa semakin jauh dari sambungan butir-butir kristal pada logam aluminium *alloy* 2024 T4 semakin sedikit. Perubahan tersebut menyebabkan nilai kekerasan semakin menurun.

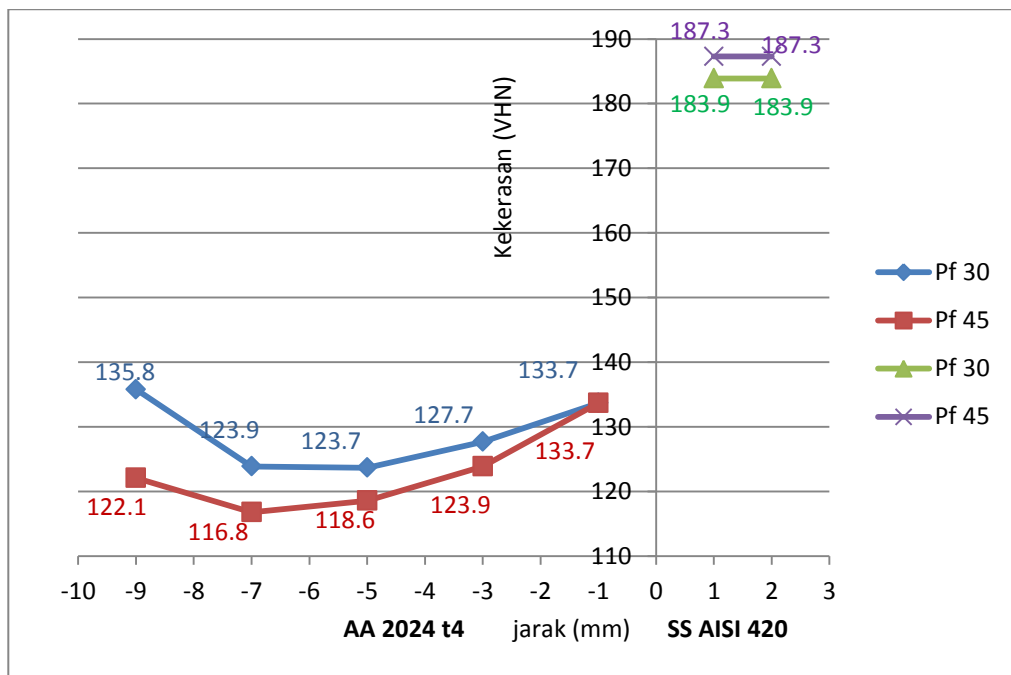
Sedangkan untuk *stainless steel* AISI 420 dengan variasi tekanan gesek 40 MPa didapat nilai kekerasan yang tidak berubah dari daerah *interface* hingga daerah logam induk dengan jarak 1 sampai 3 mm dari sambungan yaitu 183,9 VHN. Hal tersebut dikarenakan pada *stainless steel* AISI 420 belum terjadi perubahan pada butiran-butiran kristal pada struktur mikronya. Sehingga nilai kekerasannya tidak mengalami perubahan.

Untuk variasi tekanan gesek 45 MPa didapat nilai kekerasan tertinggi ada pada jarak 1 mm dari sambungan yaitu 133,7 VHN. Kemudian pada jarak 3 mm dari sambungan nilai kekerasan turun menjadi 127,7 VHN, dan pada daerah logam induk dengan jarak 9 mm dari sambungan nilai kekerasan naik menjadi 131.7 VHN. Terlihat bahwa semakin jauh dari sambungan nilai kekerasan

semakin menurun. Pada struktur mikronya terlihat juga bahwa semakin jauh dari sambungan butir-butir kristal pada logam aluminium *alloy* 2024 T4 semakin sedikit. Perubahan tersebut menyebabkan nilai kekerasan semakin menurun.

Sedangkan untuk *stainless steel* 420 dengan variasi tekanan gesek 30 MPa didapat nilai yang stabil dari daerah *interface* hingga daerah logam induk dengan jarak 1 sampai 3 mm dari sambungan yaitu 183,9 VHN. Hal tersebut dikarenakan pada *stainless steel* AISI 420 belum terjadi perubahan pada butiran-butiran kristal pada struktur mikronya. Sehingga nilai kekerasannya tidak mengalami perubahan.

4.3.2 Profil kekerasan sambungan las dengan tekanan tempa 60 MPa



Gambar 4.10. Grafik profil kekerasan pada sambungan las gesek aluminium *alloy* 2024 T4 dan *stainless steel* AISI 420 dengan tekanan gesek 30,45 MPa, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 60 MPa dan waktu tempa 75 detik.

Dari gambar 4.10. dapat dilihat bahwa untuk aluminium *alloy* 2024 T4 dengan variasi tekanan gesek 30 MPa didapat nilai kekerasan tertinggi ada pada jarak 1 mm dari sambungan yaitu 138 VHN. Kemudian pada jarak 3 mm dari sambungan nilai kekerasan turun menjadi 123,9 VHN dan pada jarak 9 mm dari sambungan nilai kekerasan naik menjadi 131.7 VHN. Perubahan nilai kekerasan

tersebut disebabkan adanya perubahan butir-butir kristal pada struktur mikronya. Pada struktur mikronya terlihat bahwa semakin jauh dari sambungan butir-butir kristal pada logam aluminium *alloy* 2024 T4 semakin sedikit. Perubahan tersebut menyebabkan nilai kekerasan semakin menurun.

Sedangkan untuk *stainless steel* 420 dengan variasi tekanan gesek 30 MPa didapat nilai kekerasan sama dari daerah las hingga daerah logam induk dengan jarak 1 sampai 3 mm dari sambungan yaitu 187,3 VHN. Hal tersebut dikarenakan pada *stainless steel* AISI 420 belum terjadi perubahan pada butiran-butiran kristal pada struktur mikronya. Sehingga nilai kekerasannya tidak mengalami perubahan.

Untuk variasi tekanan gesek 45 MPa pada aluminium *alloy* 2024 T4 didapat nilai kekerasan tertinggi ada pada jarak 1 mm dari sambungan yaitu 133,7 VHN. Kemudian pada daerah HAZ hingga daerah logam induk dengan jarak 9 mm dari sambungan nilai kekerasan turun menjadi 122,1 VHN. Perubahan nilai kekerasan tersebut disebabkan adanya perubahan butir-butir kristal pada struktur mikronya. Pada struktur mikronya terlihat bahwa semakin jauh dari sambungan butir-butir kristal pada logam aluminium *alloy* 2024 T4 semakin sedikit. Perubahan tersebut menyebabkan nilai kekerasan semakin menurun.

Sedangkan untuk *stainless steel* AISI 420 dengan variasi tekanan gesek 45 MPa didapat nilai kekerasan yang stabil dari daerah *interface* hingga daerah logam induk dengan jarak 1 sampai 3 m dari sambungn yaitu 187,3 VHN. Hal tersebut dikarenakan pada *stainless steel* AISI 420 belum terjadi perubahan pada butiran-butiran kristal pada struktur mikronya. Sehingga nilai kekerasannya tidak mengalami perubahan.

Jika dilihat pada penelitiannya Husodo (2013), tentang penerapan teknologi las gesek (*friction welding*) dalam rangka penyambungan dua buah logam baja karbon ST41 pada produk back *spring* nilai kekerasan terbaik pada waktu 45 detik. Didapat hasil bahwa kekerasan weld nugget lebih tinggi dari HAZ sehingga menghasilkan lasan yang baik dan tidak patah pada sambungan melainkan patah pada daerah HAZ.

4.4. Hasil dan Pembahasan Uji Tarik

Setelah melauai proses pengelasan gesek dan pembubutan,dilanjutkan dengan proses pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1., pada pengujian tarik belum didapatkan hasil spesimen yang mengalami pertambahan panjang. Hal tersebut dikarenakan belum menyatunya kedua permukaan material yang dilas gesek.

Dari pengujian tarik belum didapat hasil spesimen yang mengalami patahan diluar daerah lasan. Hal tersbut juga dikarenakan belum menyatunya kedua permukaan material yang dilas gesek.

1. Hasil Analisa Pengujian Tarik

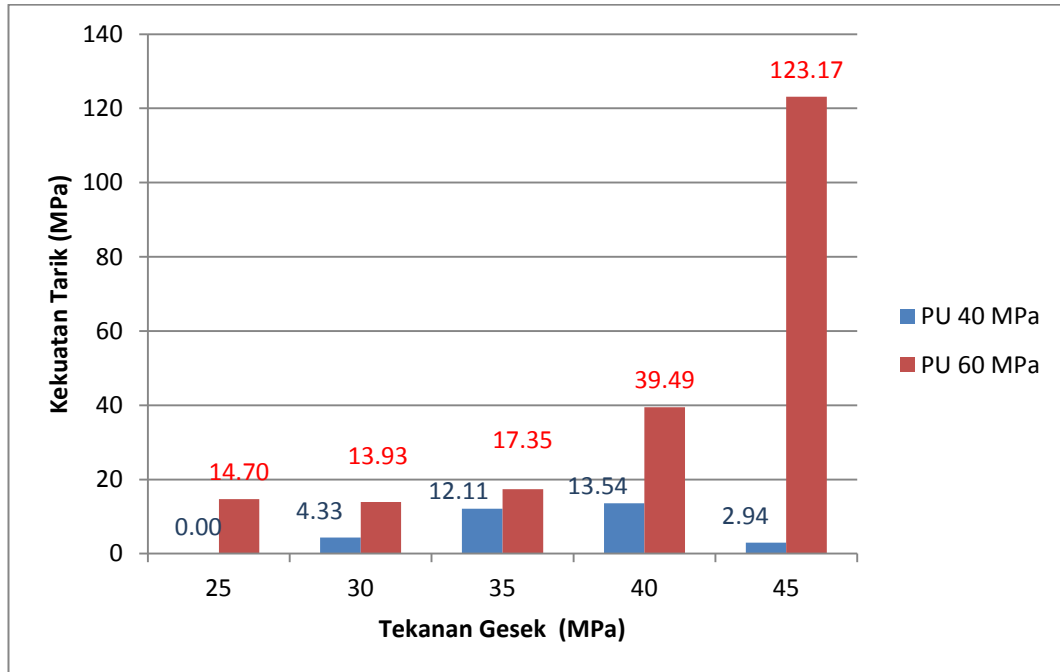
Pada pengujian tarik disetiap variasi yang digunakan memiliki kekuatan tarik yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data hasil pengujian tarik pada sambungan bahan aluminium *alloy* 2025 T4 dan *stainless steel* AISI 420

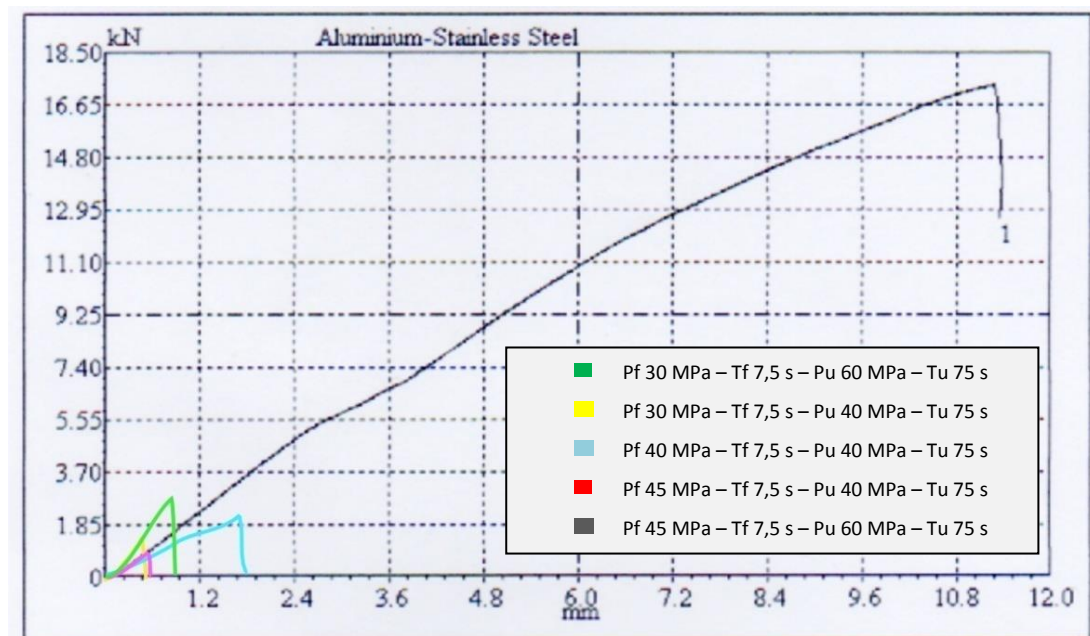
No	Urutan Las Gesek	Tekanan Gesek (MPa)	Waktu Gesek (detik)	Tekanan Tempa (MPa)	Waktu Tempa (detik)	Gaya (N)	UTS (MPa)
1	10	25	7,5	40	75	0	0
2	4	30	7,5	40	75	583	4,326
3	1	35	7,5	40	75	1682	12,107
4	3	40	7,5	40	75	1909	13,537
5	6	45	7,5	40	75	446	2,939
6	7	25	7,5	60	75	1951	14,999
7	5	30	7,5	60	75	1965	13,934
8	2	35	7,5	60	75	2447	17,351
9	8	40	7,5	60	75	6079	39,490
10	9	45	7,5	60	75	17370	123,169

Tabel 4.1. data hasil pengelasan diperoleh menurut urutan proses pengelasan gesek yaitu dilakukan secara *random*. Dari hasil data tersebut diperoleh bahwa hasil pengujian tarik yaitu *fluktuatif*, pada hasil tegangan tarik dan tegangan luluhnya. Dari hasil data tersebut diperoleh tekanan gesek optimum

yaitu 45 MPa dan tekanan tempak optimum 60 MPa, dengan perolehan data tegangan tariknya 123,169 (N/mm²).



Gambar 4.11. Grafik kekuatan tarik terhadap tekanan gesek pada tekanan tempa 40 MPa dan 60 MPa.



Gambar. 4.12. Kurva beban – perpanjangan dari sambungan las gesek pada beberapa variasi tekanan gesek dan tekanan tempa.

Pada gambar 4.11. Terlihat bahwa pada tekanan tempa 40 MPa dengan variasi tekanan gesek 25, 30, 35, 40, dan 45 MPa didapat hasil uji tarik tertinggi yaitu 13,537 MPa pada variasi tekanan gesek 40 MPa. Sedangkan pada variasi tekanan gesek 25 MPa tidak didapatkan kekuatan tariknya atau bernilai '0' hal tersebut dikarenakan kedua permukaan benda tidak menyatu sedikitpun. Sedangkan pada tekanan tempa 40 MPa dengan variasi tekanan gesek 25, 30, 35, 40, dan 45 MPa nilai tegangan tarik tertinggi yaitu 123,169 MPa, pada variasi tekanan gesek 45 MPa. Sedangkan nilai tegangan tarik terendah yaitu 14,699 MPa pada tekanan gesek 25 MPa. Terlihat bahwa masing-masing variasi menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut disebabkan semakin tinggi tekanan gesek dan tekanan tempa maka semakin sedikit terjadinya porositas. Semakin sedikit terjadi porositas maka akan semakin tinggi kekuatan tariknya. Jadi semakin tinggi tekanan gesek dan tekanan tempa maka semakin tinggi pula kekuatan tariknya.

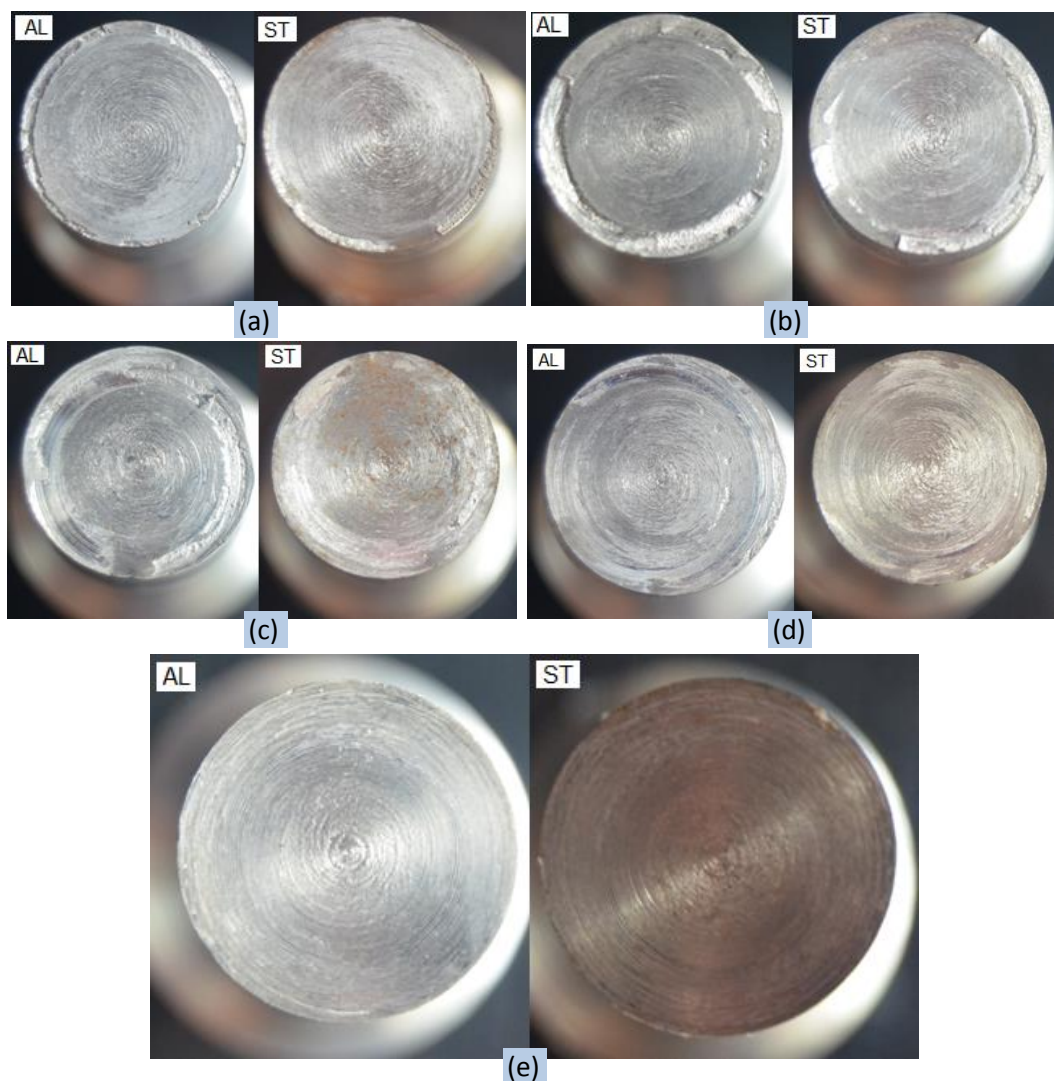
Dilihat dari penelitiannya febry (2014), tentang sifat mekanis dari hasil pengelasan gesek bahwa kekuatan tarik akan menurun seiring dengan penurunan tekanan tempa.

Pada gambar 4.12. Warna kuning menunjukkan grafik tegangan regangan dari hasil variasi tekanan gesek 45 MPa, tekanan tempa 40 MPa, waktu gesek 7,5 detik dan waktu tempa 75 detik. Warna merah menunjukkan grafik tegangan regangan dari hasil variasi tekanan gesek 30 MPa, tekanan tempa 40 MPa, waktu gesek 7,5 detik dan waktu tempa 75 detik. Warna hijau menunjukkan grafik tegangan regangan dari hasil variasi tekanan gesek 40 MPa, tekanan tempa 40 MPa, waktu gesek 7,5 detik dan waktu tempa 75 detik. Warna biru menunjukkan grafik tegangan regangan dari hasil variasi tekanan gesek 30 MPa, tekanan tempa 60 MPa, waktu gesek 7,5 detik dan waktu tempa 75 detik. Warna hitam menunjukkan grafik tegangan regangan dari hasil variasi tekanan gesek 45 MPa, tekanan tempa 60 MPa, waktu gesek 7,5 detik dan waktu tempa 75 detik. Pada kurva beban – perpanjangan tersebut tidak terlihat adanya yield point yang tergambar. Hal ini dikarenakan tidak terjadi penambahan panjang pada spesimen

ketika diuji tarik. tegangan regangan tertinggi ada pada variasi tekanan gesek 40, waktu gesek 7,5 detik, tekanan tempa 60 MPa dan waktu tempa 75 detik.

2. Hasil Penampang Patahan pengujian tarik

Hasil patahan yang dihasilkan dari beberapa variasi tekanan gesek dan tekanan tempa yang digunakan sangat beragam. Perbedaan tersebut seperti yang dicantumkan pada gambar 4.18.



Gambar 4.13. Foto penampang patahan spesimen setelah di uji tarik pada beberapa variasi tekanan gesek dan tekanan tempa. (a) tekanan gesek 30 MPa dan tekanan tempa 40 MPa. (b) gesek 30 MPa dan tekanan tempa 60 MPa. (c) tekanan gesek 40 MPa dan tekanan tempa 40 MPa. (d) tekanan gesek 45 MPa dan tekanan tempa 40 MPa. (e) tekanan gesek 45 MPa dan tekanan tempa 60 MPa

Dari hasil yang dilakukan setelah pengujian tarik diperoleh bahwa beberapa spesimen mengalami patah getas. Hal tersebut dikarenakan belum tersambung material secara sempurna. Pada saat terjadi *thermoplastis*, aliran panas tidak merata sehingga patahan terjadi pada daerah sambungan. Pada spesimen uji belum ada yang mengalami perpanjangan. Adapun spesimen yang mengalami patah getas adalah pada variasi tekanan gesek 30 MPa dan tekanan tempa 40 MPa, tekanan gesek 30 MPa dan tekanan tempa 60 MPa, tekanan gesek 40 MPa dan tekanan tempa 40 MPa, dan tekanan gesek 45 MPa dengan tekanan tempa 40 MPa. Sehingga pada variasi tekanan gesek dan tekanan tempa tersebut didapat tegangan tarik yang sangat kecil yaitu 4,326 MPa., 13,934 MPa., 13,537 MPa., dan 2,939 MPa. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.5. bahwa pada bagian interface tidak semua permukaan logam tersambung. Tetapi pada variasi tekanan gesek 45 MPa dan tekanan tempa 60 MPa dengan nilai tegangan tarik tertinggi yaitu 123,169 MPa malah tidak terlihat adanya salah satu logam yang menempel pada logam lainnya. Hal tersebut mungkin dikarenakan tekanan gesek dan tekanan tempa yang cukup besar dengan waktu gesek yang terlalu singkat sehingga salah satu logam hanya menancap pada logam lainnya yang lebih lunak. Jadi kedua logam tersebut belum benar-benar menyatu.