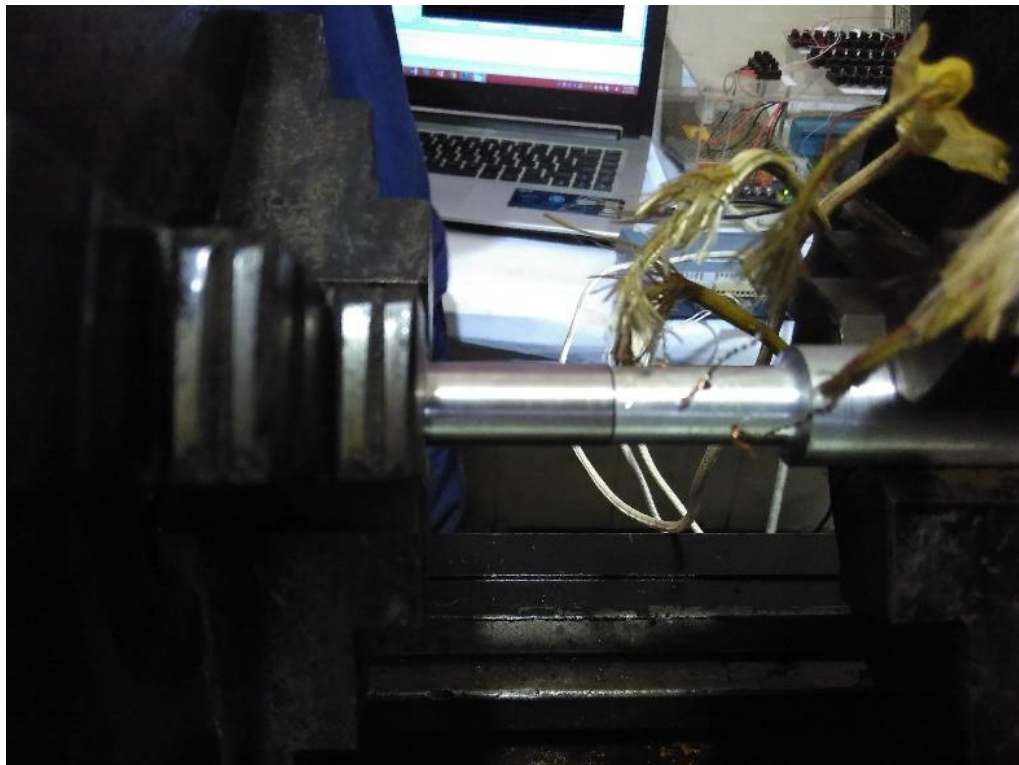


## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Proses Pengambilan Data**

Dalam melakukan proses pengelasan hal pertama yang perlu dilakukan adalah pengaturan tekanan pada katup hidrolis pada mesin gesek dengan menggunakan *load cell*. Ketika proses pengelasan gesek berlangsung dilakukan pengukuran temperature dengan menggunakan *thermocouple*. Pada gambar 4.1 menunjukan pemasangan *thermocouple* pada spesimen diam atau pada aluminium. Data yang diperoleh adalah hasil distribusi temperatur sambungan pengelasan logam beda jenis AISI 304 dengan AL 6061 T6, setelah ketiga spesimen selesai dalam proses pengelasan kemudian dilakukan proses pengujian struktur mikro dan kekerasan.



**Gambar 4.1** Pemasangan thermocouple pada spesimen yang diam

## 4.2 Hasil Pengelasan Gesek

Hasil proses pengelasan gesek logam beda jenis AISI 304 dengan AL 6061 T6 dapat dilihat pada gambar 4.2.



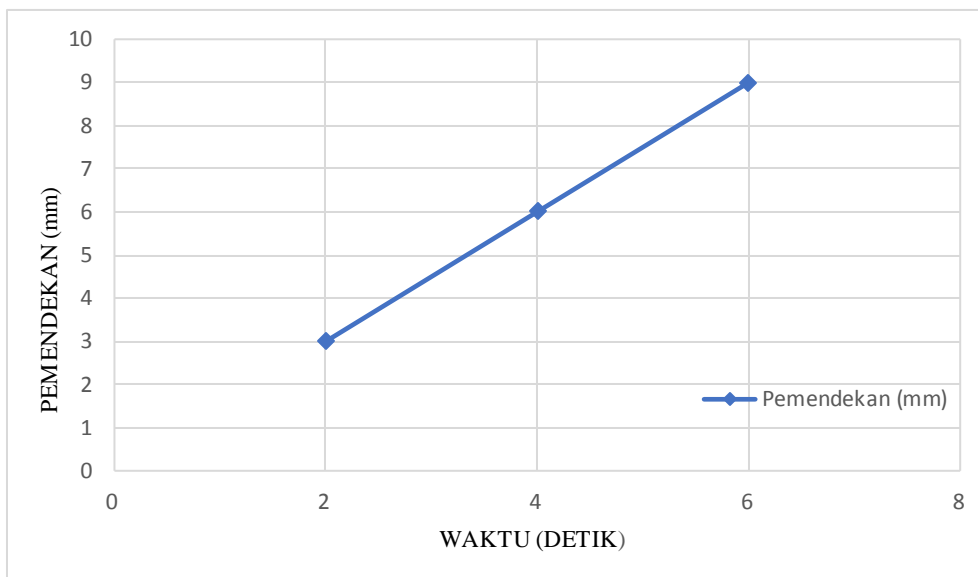
**Gambar 4.2** Hasil sambungan pengelasan gesek waktu gesek (a) 2 detik (b) 4 detik (c) 6 detik.

Pada gambar 4.2 terdapat adanya flash yang terjadi pada bagian aluminium, karena titik lebur aluminium lebih rendah dibandingkan dengan titik lebur stainless steel. Pada setiap hasil sambungan pengelasan beda jenis. Dari gambar di atas menunjukkan flash yang dihasilkan dengan waktu gesek yang semakin lama flash semakin besar pula. Sedangkan untuk pemendekan yang ditimbulkan dalam pengelasan gesek dapat dilihat pada tabel 4.1 dimana semakin lama waktu gesek yang diberikan maka pemendekan yang terjadi akan semakin besar pula.

Tabel hasil pemendekan dari pengelasan dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini :

**Table 4.1** pemendekan hasil pengelasan gesek

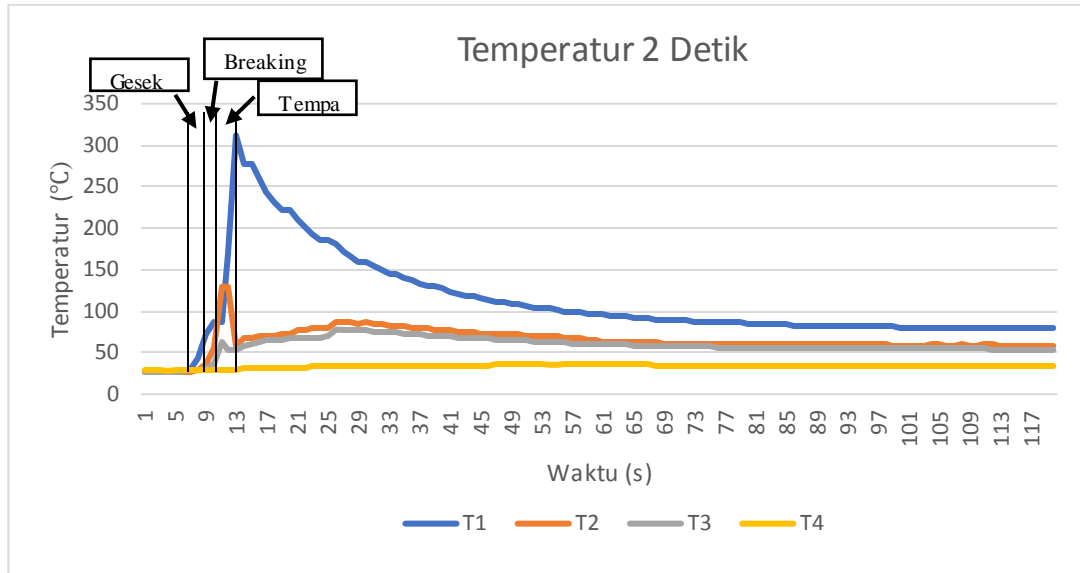
No	Waktu gesek (detik)	Panjang awal (mm)	Panjang setelah pengelasan (mm)	Pemendekan (mm)
1.	2	159	156	3
2.	4	163	157	6
3.	6	160	151	9



**Gambar 4.3** Grafik pemendekan hasil pengelasan gesek

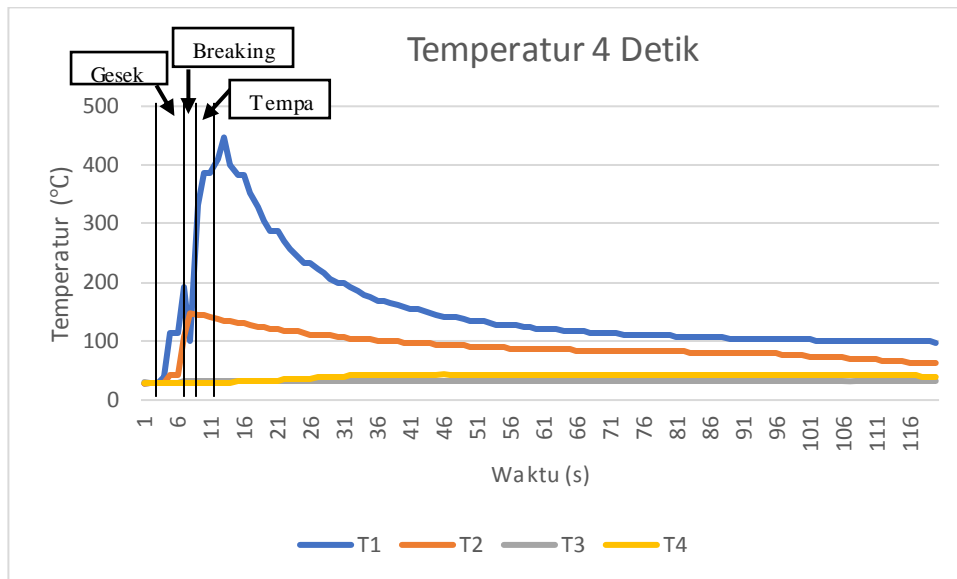
Pada grafik di atas terlihat bahwa waktu gesek pada proses CDFW sangat mempengaruhi pemendekan pada spesimen aluminium. Semakin lama waktu gesek yang diberikan maka akan semakin panjang pula pemendekan yang terjadi pada aluminium. Aluminium adalah salah satu logam yang memiliki titik lebur yang lebih rendah.

### 4.3 Profil Distribusi Temperatur



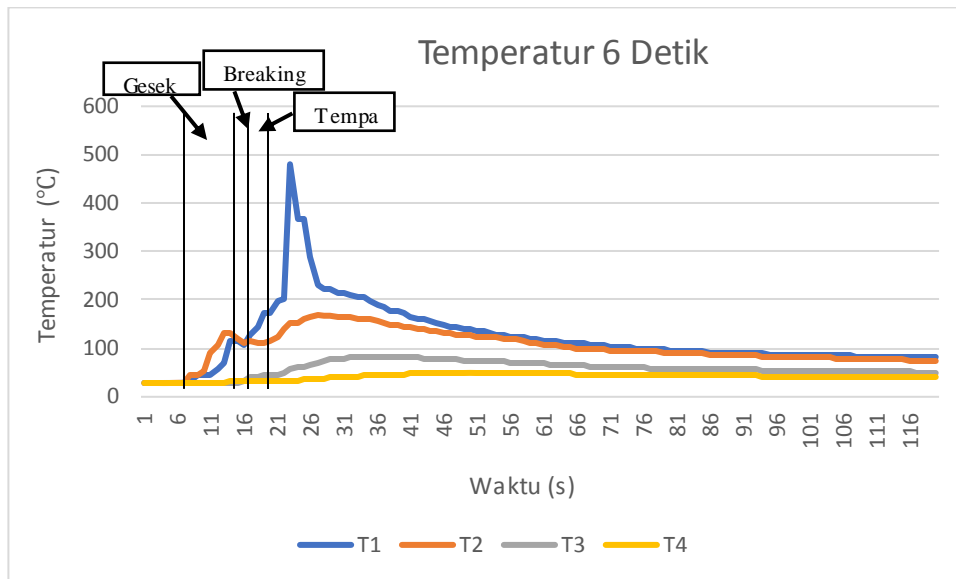
**Gambar 4.4** Grafik Distribusi Temperatur pada waktu Gesek 2 detik

Gambar 4.4 adalah grafik dari hasil distribusi temperatur dengan parameter waktu gesek 2 detik, tekanan gesek 25 MPa, tekanan tempa 50 MPa dan waktu tempa 2 detik. Dalam variasi 2 detik ini dimana distribusi temperatur maksimal sebesar :  $T1 = 312,0019^{\circ}\text{C}$ ,  $T2 = 129,5024^{\circ}\text{C}$ ,  $T3 = 77,8362^{\circ}\text{C}$ , dan  $T4 = 35,43^{\circ}\text{C}$ . Puncak temperatur tertinggi terjadi setelah proses tempa. Pada saat pengereman terjadi pelambatan dan pada saat proses tempa dimulai terjadi kenaikan temperature yang sangat signifikan pada T1 sedangkan untuk T2 dan T3 terjadi kenaikan dan langsung menurun pada saat proses tempa berlangsung sedangkan pada T4 tetap mengalami kenaikan temperatur walaupun sangat sedikit sekali di karenakan waktu gesek yang hanya 2 detik sehingga T4 tidak terlalu terkena panas. Sedangkan untuk laju pendinginan pada variasi waktu gesek 2 detik ini mengalami penurunan yang landai atau pelan pada detik 4 tepatnya pada saat setelah proses tempa berlangsung.



**Gambar 4.5** Grafik Distribusi Temperatur pada waktu Gesek 4 Detik

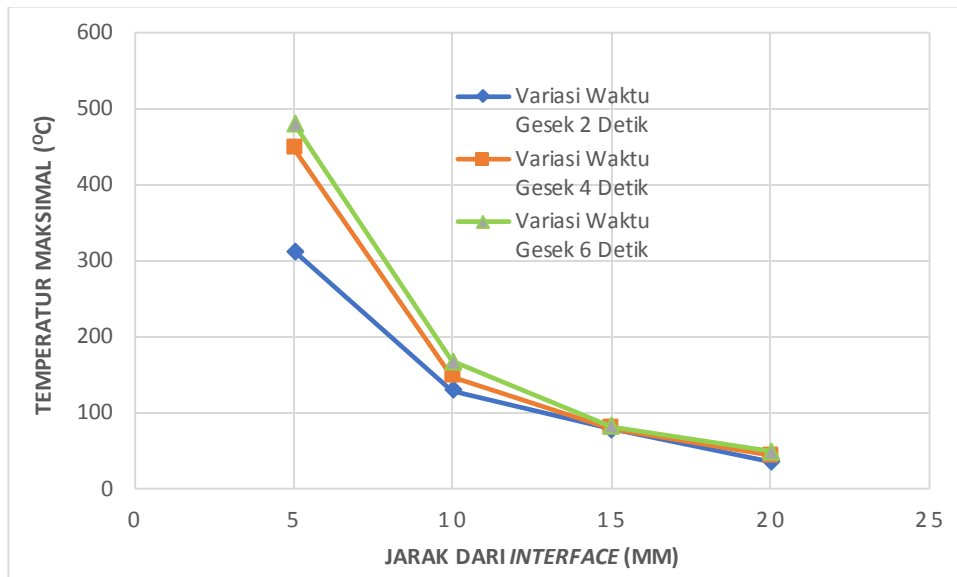
Gambar 4.5 menunjukkan hasil distribusi temperatur dengan parameter waktu gesek 4 detik, tekanan gesek 25 MPa, tekanan tempa 50 MPa dan waktu tempa 2 detik, di mana distribusi temperatur maksimal sebesar : T1 = 447,0466°C, T2 = 147,6734°C, T3 = tidak terbaca, dan T4 = 44,0412°C. Puncak temperatur terdapat pada saat setelah proses tempa berlangsung. Pada saat proses pengereman terjadi penurunan temperatur pada T1 dan langsung naik kembali yang cukup signifikan sedangkan T2 mengalami penurunan yang sedikit, untuk T3 mengalami kenaikan temperatur yang cukup telat dikarenakan thermocouple menyatu dengan flash dan untuk T4 hanya mengalami kenaikan yang sedikit walaupun lebih tinggi dari T4 variasi waktu gesek 2 detik. Dan untuk laju pendinginan yang dialami pada variasi 4 detik ini terjadi pendinginan di detik ke 7 tepatnya pada saat selesai proses tempa terbilang agak cepat dan mulai landai pada detik ke 30.



**Gambar 4.6** Grafik Distribusi Temperatur Waktu Gesek 6 Detik

Gambar 4.6 menunjukkan grafik dari hasil distribusi temperatur dengan parameter waktu gesek 6 detik, tekanan gesek 25 MPa, tekanan tempa 50 MPa, dan waktu tempa 2 detik, dimana distribusi temperatur maksimal sebesar : T1 = 480,3009°C, T2 = 167,4234°C, T3 = 82,2195°C, dan T4 = 49,4115°C. Puncak dari temperatur terjadi pada saat setelah proses tempa dilakukan. Pada saat proses gesek T1 lebih rendah dibanding T2 dikarenakan T1 sudah membentuk flash sehingga terkena udara ruang dan temperatur cepat menurun dan pada saat proses tempa berlangsung temperatur pada T1 sedikit demi sedikit naik kemudian sesaat setelah proses tempa terjadi kenaikan temperatur yang signifikan, sedangkan untuk T3 dan T4 mengalami kenaikan temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi waktu 2 dan 4 detik dikarenakan dengan waktu gesek 6 detik proses pemendekan lebih besar sehingga mencapai T4. Pada variasi waktu gesek 6 detik ini laju pendinginan terjadi pada saat detik ke 12 tepatnya 4 detik setelah proses tempa, dan penurunan ini sangat cepat dan mulai landai pada detik ke 18 atau 10 detik setelah proses tempa.

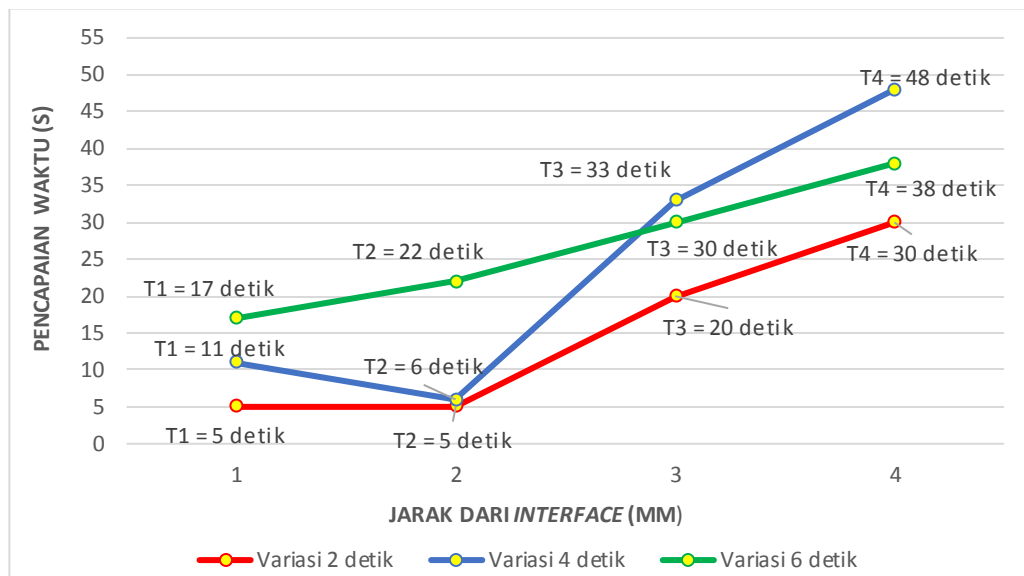
#### 4.4 Hasil Perbandingan Distribusi Temperatur



**Gambar 4.7** Grafik perbandingan temperatur maksimal

Gambar 4.7 menunjukkan hasil perbandingan temperatur maksimal terhadap jarak dari *interface* dimana pada jarak 0 mm adalah posisi *interface*. Pada variasi waktu gesek 2 detik memiliki temperatur yang paling rendah yaitu sebesar :  $T_1 = 312,0019^{\circ}\text{C}$ ,  $T_2 = 129,5024^{\circ}\text{C}$ ,  $T_3 = 77,8362^{\circ}\text{C}$ , dan  $T_4 = 35,43^{\circ}\text{C}$ . Variasi waktu gesek 4 detik memiliki temperatur sebesar :  $T_1 = 447,0466^{\circ}\text{C}$ ,  $T_2 = 147,6734^{\circ}\text{C}$ ,  $T_3 = 31,9564^{\circ}\text{C}$ , dan  $T_4 = 44,0412^{\circ}\text{C}$ . Dan variasi waktu gesek 6 detik memiliki temperature yang paling tinggi yaitu sebesar :  $T_1 = 480,3009^{\circ}\text{C}$ ,  $T_2 = 167,4234^{\circ}\text{C}$ ,  $T_3 = 82,2195^{\circ}\text{C}$ , dan  $T_4 = 49,4115^{\circ}\text{C}$ . Hasil perbandingan temperatur maksimal dapat membuktikan bahwa semakin lama waktu gesek yang di berikan maka akan semakin tinggi pula kenaikan temperatur yang terjadi. Perbedaan yang dihasilkan pada temperatur 2,4,dan 6 detik adalah terjadinya panas semakin meningkat yang di sebabkan oleh semakin lamanya waktu gesek yang diberikan.

#### 4.5 Hasil Perbandingan Pencapaian Temperatur Maksimal Terhadap Waktu

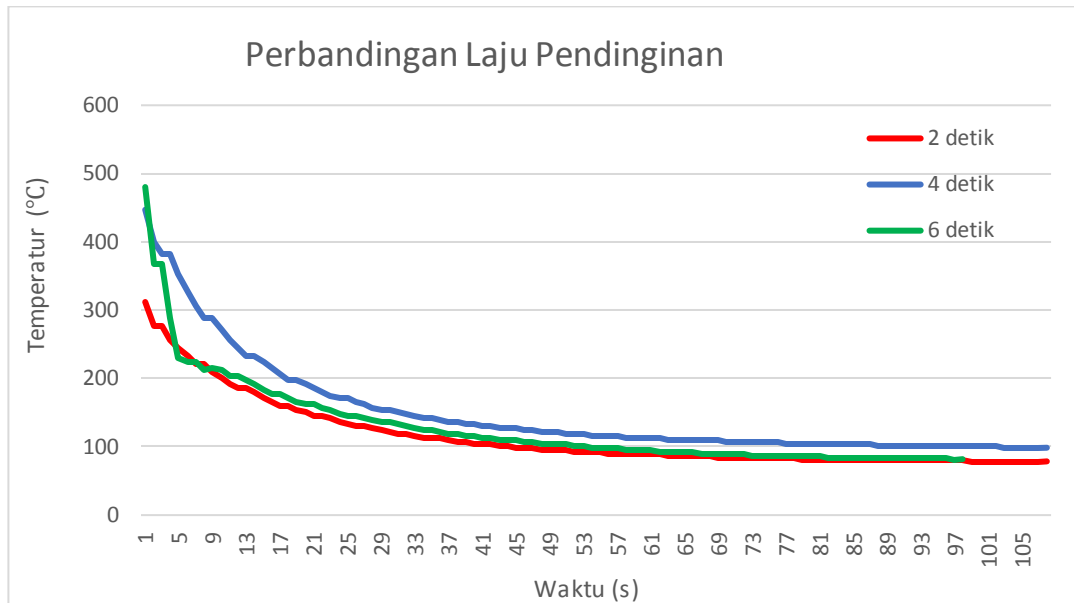


**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan Pencapaian Temperatur Maksimal Terhadap Waktu Pada Variasi Waktu Gesek 2, 4 dan 6 Detik

Gambar 4.8 adalah pencapaian temperatur maksimal terhadap waktu. Pada variasi 2 detik T1 dan T2 mencapai temperatur maksimal dalam waktu bersamaan yaitu 4,5 detik. T3 mencapai temperatur maksimal dalam waktu yang cukup lama yaitu 20 detik, sedangkan T4 mencapai temperatur maksimal dalam waktu 30 detik. Temperatur yang merambat menuju T4 membutuhkan waktu yang relatif lama dikarenakan variasi waktu gesek yang diberikan hanya 2 detik. Temperatur yang dialami T1 dengan T2 sama dan langsung meningkat dengan cepat sampai T4. Sedangkan pada variasi 4 detik T1 mencapai temperatur maksimalnya dalam waktu 11 detik. Panas yang merambat menuju T2 mencapai temperatur maksimalnya dalam waktu 6 detik, dikarenakan pada saat proses pengereman dilakukan penambahan tekanan tempa secara bersamaan. T3 mencapai temperatur maksimalnya dalam waktu 33 detik. Sedangkan T4 mencapai temperatur maksimalnya dalam waktu 47 detik karena temperatur yang merambat menuju T4 membutuhkan waktu yang cukup lama. Dan pada variasi 6 detik T1 mencapai temperatur maksimalnya dalam waktu 17 detik walaupun proses pengelasan belum berakhir pada jarak T1 sudah menjadi *flash*. T2 mencapai temperatur maksimalnya



dalam waktu 22 detik sedangkan T3 mencapai temperatur maksimalnya dalam waktu 30 detik, dan untuk T4 mencapai temperatur maksimalnya dalam waktu 36 detik. Dikarenakan temperatur yang merambat menuju T4 membutuhkan waktu yang cukup lama.



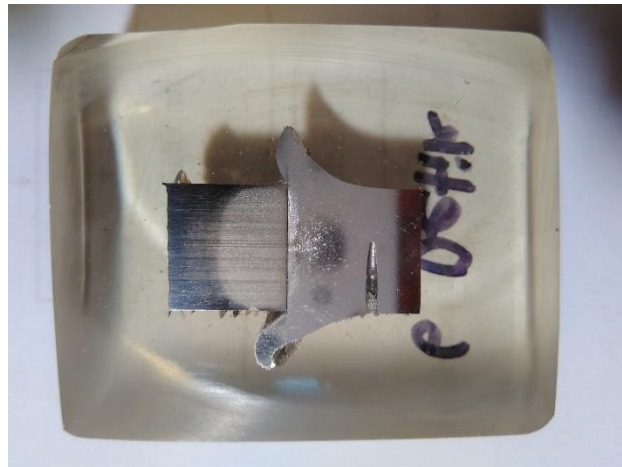
**Gambar 4.9** Grafik perbandingan laju pendinginan

Pada gambar 4.9 dapat dilihat grafik laju pendinginan distribusi temperatur variasi waktu gesek 2,4, dan 6 detik pada temperatur titik T1, karena T1 memiliki temperatur yang paling tinggi, pendinginan paling cepat terjadi pada variasi 6 detik dimana pendinginannya terlihat dari puncak panas mencapai 480,3009°C dan langsung menurun pada temperatur 227,6181 °C *martensit* (memiliki kekerasan yang tinggi). Sedangkan untuk variasi 4 detik mengalami laju pendinginan yang sedang dan dapat dilihat pada grafik diatas dari temperatur 447,0466°C dan mulai mendingin secara landa dan diasumsikan sedang dan disebut *bainit* (memiliki kekerasan yang sedang juga). Dan untuk variasi 2 detik mengalami laju pendinginan yang lambat dan halus yang dimulai dari temperatur 312,0019°C dan disebut juga *ferit* (memiliki kekerasan yang rendah). Dari grafik diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin lama waktu gesek yang diberikan maka laju pendinginan yang dialami akan semakin cepat, hal ini juga berpengaruh pada hasil

kekerasan yang di dapat dan semakin cepat laju pendinginan yang dialami maka nilai kekerasannya juga akan semakin bagus.

#### 4.6 Hasil Struktur Mikro

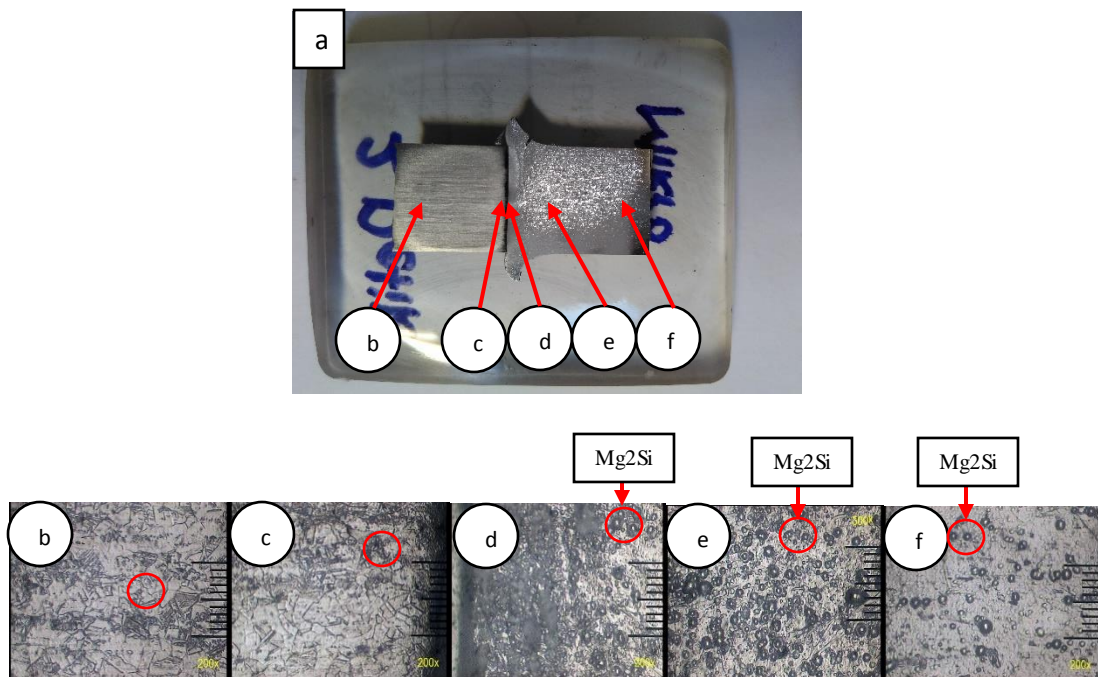
Pengamatan struktur mikro dalam penelitian ini dilakukan menggunakan mikroskop optik pada beberapa titik untuk mengetahui perubahan pada daerah sambungan las, HAZ, dan logam induk yang terjadi pada material *AISI 304* dan *AL 6061 T6* yang sudah dilakukan penyambungan dengan menggunakan metode *friction welding*. Setelah mengetahui daerah sambungan las, HAZ, dan logam induk bertujuan mengetahui daerah yang akan dilakukan proses uji kekerasan *Vickers*.



**Gambar 4.10** Spesimen Uji Mikro

#### 4.6.1 Hasil Pengamatan Struktur Mikro dan Makro

1. Hasil penyambungan *Friction Welding* dengan parameter waktu gesek 2 detik, tekanan gesek 25 MPa, tekanan tempa 50 MPa, dan waktu tempa 2 detik dapat dilihat pada gambar 4.11.

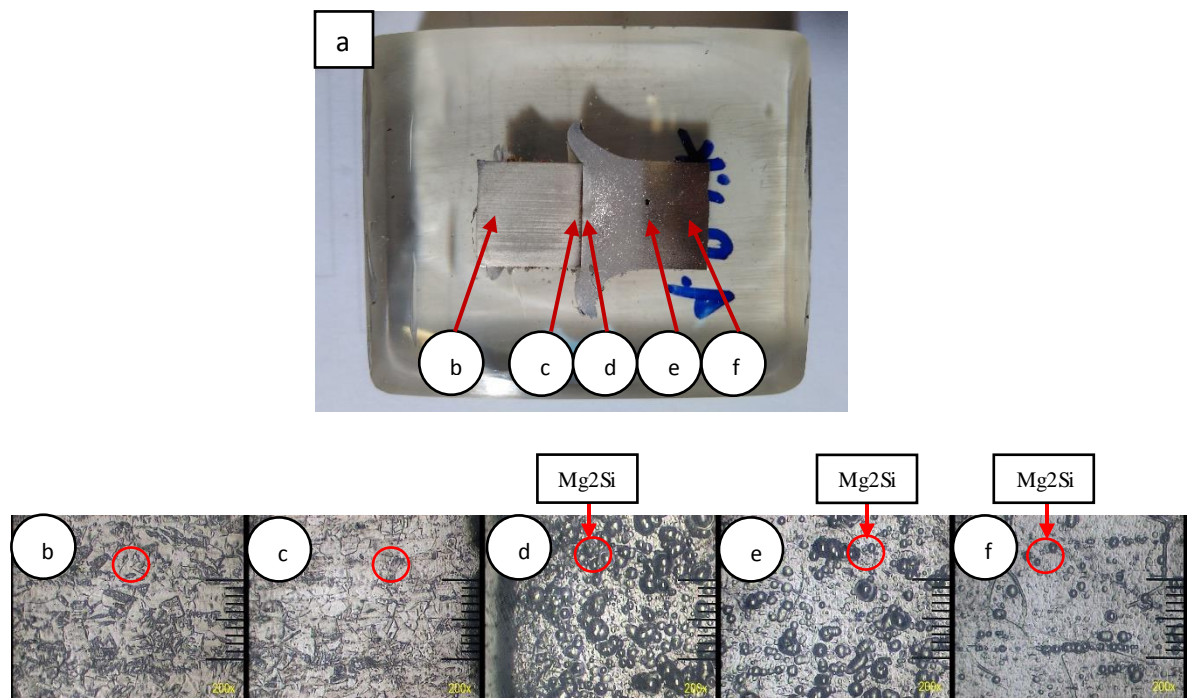


**Gambar 4.11** (a) Benda Uji variasi 2 Detik (b) AISI 304 Logam Induk (c) AISI 304 Daerah Sambungan (d) AL 6061 T6 Daerah Sambungan (e) AL 6061 T6 HAZ (f) AL 6061 T6 logam induk

Gambar 4.11 (a) merupakan benda uji pengelasan gesek dengan variasi waktu gesek 2 detik yang akan dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optik. Gambar 4.11 (b) merupakan daerah *base metal* dari AISI 304 yang dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat butiran besar menumpuk beraturan. Gambar 4.11 (c) adalah daerah sambungan pengelasan gesek dari AISI 304 yang dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami sedikit perubahan dimana butiran besar sedikit menumpuk beraturan. Dan untuk HAZ pada AISI 304 tidak teramati. Gambar 4.11 (d) merupakan daerah sambungan dari AL 6061 T6 yang dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami perubahan paling jelas dimana butiran-butiran Mg<sub>2</sub>Si saling menempel dan menyatu sangat rapat. Gambar 4.11 (e) adalah daerah HAZ dari AL 6061 T6 yang dilakukan proses

pengujian struktur mikro dan terlihat dimana butiran-butiran  $Mg_2Si$  saling menyatu satu sama lainnya. Gambar 4.11 (f) merupakan daerah *base metal* dari AL 6061 T6 yang dilakukan proses pengujian struktur mikro dan terlihat dimana butiran-butiran  $Mg_2Si$  memiliki jarak yang cukup jauh.

2. Hasil penyambungan *Friction Welding* dengan parameter waktu gesek 4 detik, tekanan gesek 25 MPa, tekanan tempa 50 MPa, dan waktu tempa 2 detik dapat dilihat pada gambar 4.12.

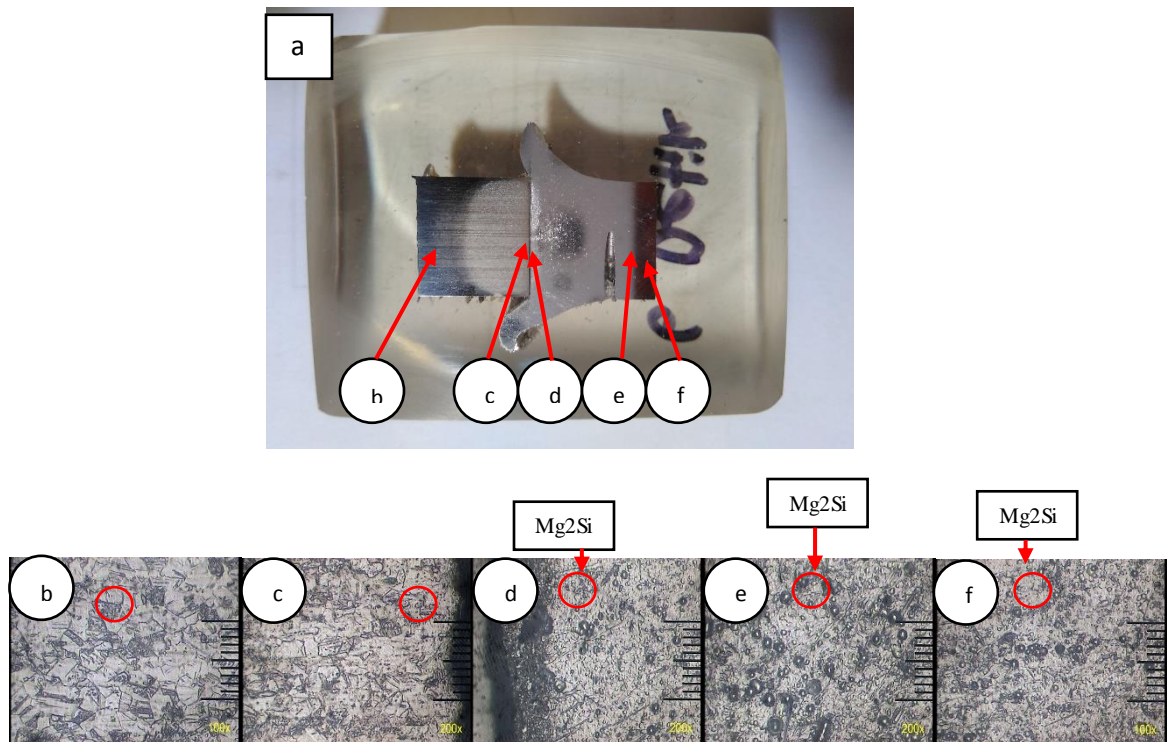


**Gambar 4.12** (a) Benda Uji variasi 4 Detik (b) AISI 304 Logam Induk (c) AISI 304 Daerah Sambungan (d) AL 6061 T6 Daerah Sambungan (e) AL 6061 T6 HAZ (f) AL 6061 T6 logam induk

Gambar 4.12 (a) merupakan benda uji pengelasan gesek dengan variasi waktu gesek 4 detik yang akan dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optik. Gambar 4.12 (b) merupakan daerah *base metal* dari AISI 304 yang dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat butiran besar menumpuk beraturan. Gambar 4.12 (c) adalah daerah sambungan pengelasan gesek dari AISI 304 yang dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami sedikit perubahan dimana butiran besar sedikit menumpuk beraturan. Dan untuk HAZ pada AISI 304

tidak teramati. Gambar 4.12 (d) merupakan daerah sambungan dari AL 6061 T6 yang dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami perubahan paling jelas dimana butiran-butiran Mg<sub>2</sub>Si saling menempel dan menyatu sangat rapat. Gambar 4.12 (e) adalah daerah HAZ dari AL 6061 T6 yang dilakukan proses pengujian struktur mikro dan terlihat dimana butiran-butiran Mg<sub>2</sub>Si saling menyatu satu sama lainnya. Gambar 4.12 (f) merupakan daerah *base metal* dari AL 6061 T6 yang dilakukan proses pengujian struktur mikro dan terlihat dimana butiran-butiran Mg<sub>2</sub>Si memiliki jarak yang cukup jauh. Dan butiran-butiran tersebut semakin berdekatan untuk variasi 4 detik.

3. Hasil penyambungan *Friction Welding* dengan parameter waktu gesek 6 detik, tekanan gesek 25 MPa, tekanan tempa 50 MPa, dan waktu tempa 2 detik dapat dilihat pada gambar 4.13.



**Gambar 4.13** (a) Benda Uji variasi 6 Detik (b) AISI 304 Logam Induk (c) AISI 304 Daerah Sambungan (d) AL 6061 T6 Daerah Sambungan (e) AL 6061 T6 HAZ (f) AL 6061 T6 logam induk

Gambar 4.13 (a) merupakan benda uji pengelasan gesek dengan variasi waktu gesek 2 detik yang akan dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optik. Gambar 4.13 (b) merupakan daerah *base metal* dari AISI 304 yang dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat butiran besar menumpuk beraturan. Gambar 4.13 (c) adalah daerah sambungan pengelasan gesek dari AISI 304 yang dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami sedikit perubahan dimana butiran besar sedikit menumpuk beraturan. Dan untuk HAZ pada AISI 304 tidak teramati. Gambar 4.13 (d) merupakan daerah sambungan dari AISI 6061 T6

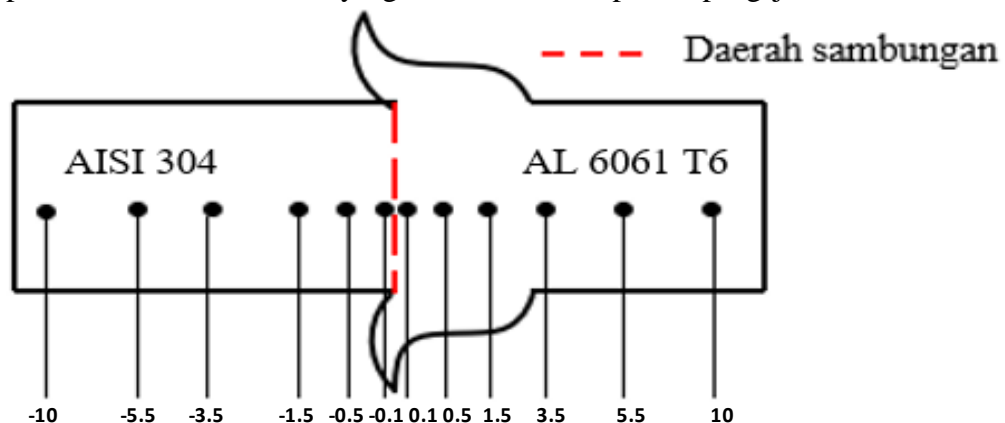
yang dilakukan pengujian struktur mikro dan terlihat mengalami perubahan paling jelas dimana butiran-butiran Mg<sub>2</sub>Si saling menempel dan menyatu sangat rapat. Gambar 4.13 (e) adalah daerah HAZ dari AL 6061 T6 yang dilakukan proses pengujian struktur mikro dan terlihat dimana butiran-butiran Mg<sub>2</sub>Si saling menyatu satu sama lainnya. Gambar 4.13 (f) merupakan daerah *base metal* dari AL 6061 T6 yang dilakukan proses pengujian struktur mikro dan terlihat dimana butiran-butiran Mg<sub>2</sub>Si memiliki jarak yang cukup jauh. Untuk butiran-butiran di variasi 6 detik ini semakin menyatu dibandingkan dengan variasi 2 detik dan 4 detik.

(Mulyanti, J, 2013) Dari pengamatan uji mikroskop optik pada sampel hasil proses aging pada komposit logam Al-SiC/p, sebelum dilakukan proses aging terlihat bahwa fasa yang terbentuk didalam paduan matrik adalah Mg<sub>2</sub>Si atau bitnik-bintik hitam.

Untuk hasil struktur mikro variasi 2,4, dan 6 detik yang didapatkan tidak terjadi perbedaan pada setiap variasinya dan diasumsikan hasil struktur mikro untuk variasi 2,4, dan 6 adalah sama.

#### 4.7 Pengujian Kekerasan

Dilihat dari hasil pengujian struktur mikro, dapat diketahui letak daerah *base metal*, HAZ, dan sambungan dan setelah mengetahui daerah tersebut baru dapat menentukan titik-titik yang akan dilakukan proses pengujian kekerasan.



Gambar 4.14 titik pengujian kekerasan

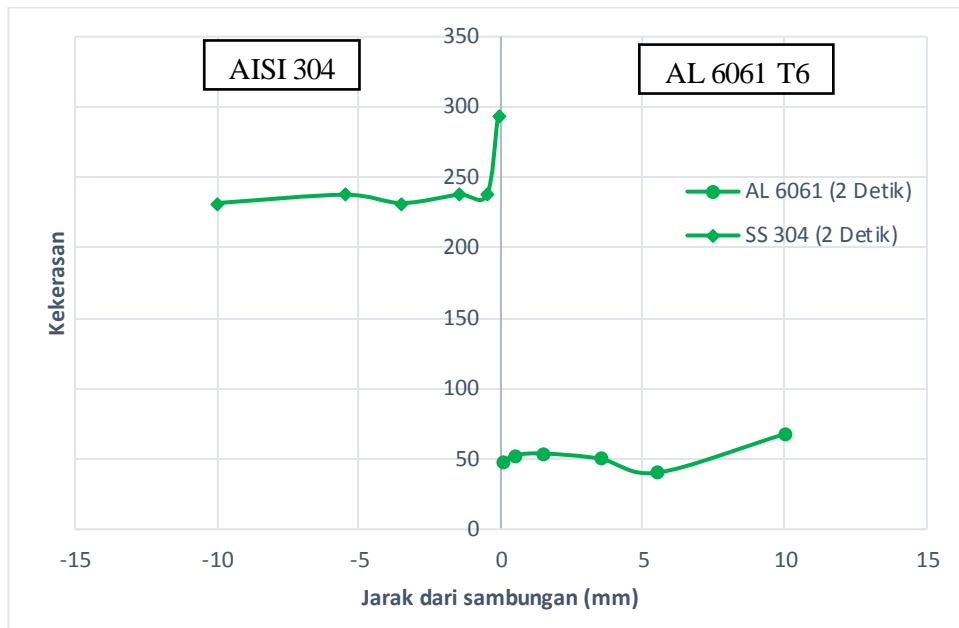
Gambar 4.14 adalah penentuan titik yang berjumlah 12 titik dalam pengujian kekerasan. Dalam penentuan jarak titik kekerasan ini dimulai dari jarak 0 atau pada bagian tengah hasil penyambungan pada bagian AISI 304 mulai -0.1, -0.5, -1.5, -3.5, -5.5, -10 (mm) yang dimulai dari sambungan. Dan pada AL 6061 T6 juga dimulai dari sambungan yaitu 0.1, 0.5, 1.5, 3.5, 5.5, 10 (mm).

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Kekerasan

Jarak		2 Detik (VHN)	4 Detik (VHN)	6 Detik (VHN)
AISI 304	-10.0 mm	231.8	231.8	231.8
	-5.5 mm	237.7	231.8	231.8
	-3.5 mm	231.8	237.7	243.8
	-1.5 mm	237.7	237.7	231.8
	-0.5 mm	237.7	237.7	243.8
	-0.1 mm	294.3	302.8	294.3
AL 6061 T6	0.1 mm	47.9	55.2	54.5
	0.5 mm	52.6	53.8	55.2
	1.5 mm	53.8	51.9	53.2
	3.5 mm	50.1	49.0	52.6
	5.5 mm	40.2	49.6	50.1
	10.0 mm	67.7	49.0	45.8

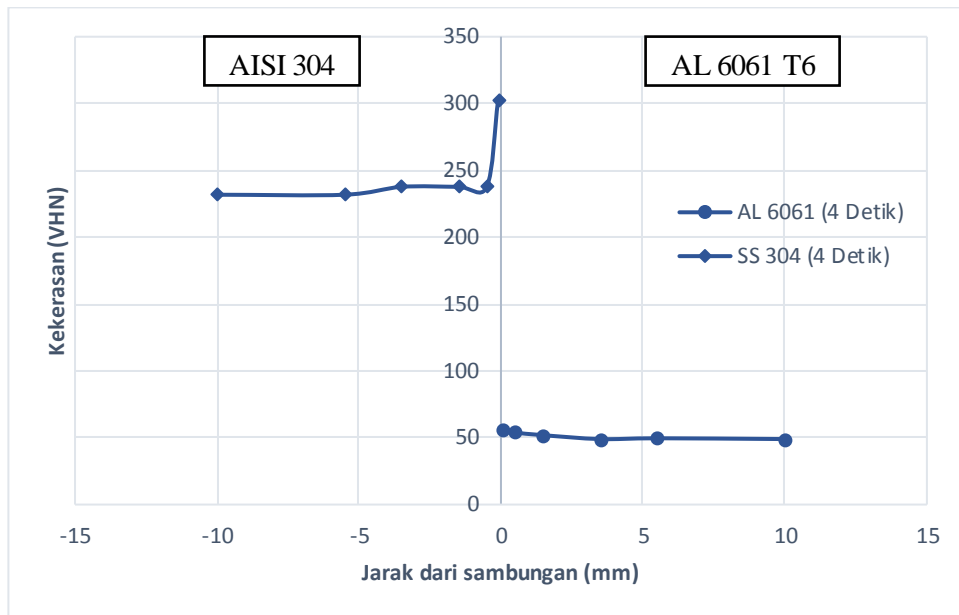
Pada Tabel 4.2 merupakan hasil pengujian kekerasan dengan titik pengujian yang sudah ditentukan berdasarkan dari hasil pengamatan struktur mikro. Pada nilai kekerasan Stainless Steel 304 menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada daerah sambungan dibandingkan dengan logam induk dikarenakan adanya *intermetallic* yang ditandai dengan adanya warna hitam di daerah sambungan. Titik yang diuji pada AISI 304 -0.1, -0.5, -1.5, -3.5, -5.5, -10 (mm) yang dimulai dari sambungan sedangkan pada AL 6061 T6 juga dimulai dari sambungan yaitu 0.1, 0.5, 1.5, 3.5, 5.5, 10 (mm) dengan beban 200 gf dan waktu 5 detik menggunakan alat uji kekerasan *vickers*.





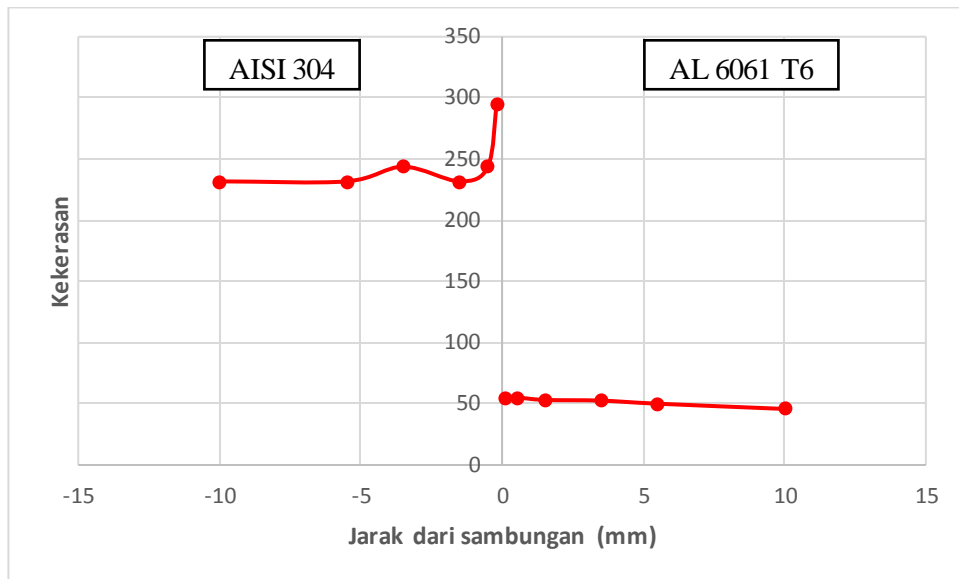
**Gambar 4.15** Grafik Distribusi Kekerasan Waktu Gesek 2 Detik

Pada grafik yang diamati di atas dapat dijelaskan bahwa pada variasi waktu gesek 2 detik nilai kekerasan yang terdapat pada sambungan *stainless steel* adalah 294.3 VHN dan pada titik berikutnya yaitu pada 10 mm hanya mengalami sedikit perubahan pada nilai kekerasan drngan logam induknya, maka dapat diasumsikan bahwa nilai kekerasannya sama dengan logam induknya yaitu 231.8 VHN. Dan untuk aluminium nilai kekerasan yang didapat pada sambungan adalah 47.9 VHN, nilai terrendah terdapat pada daerah HAZ yaitu 40.2 VHN. Diasumsukan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah sambungan yaitu 294.3 VHN.



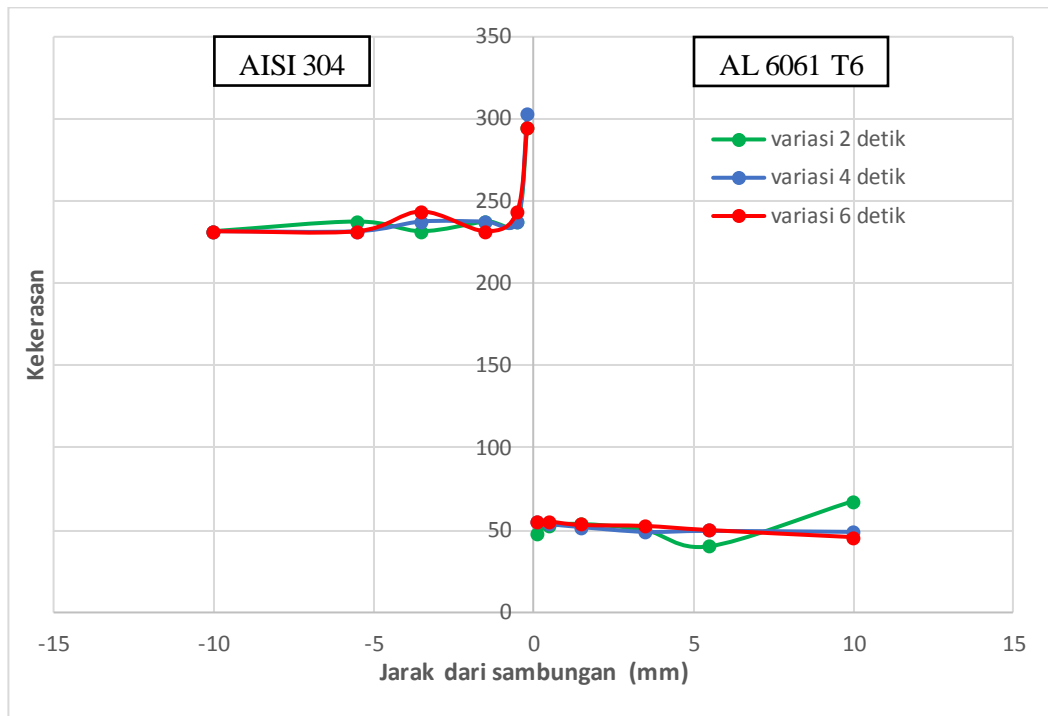
**Gambar 4.16** Grafik Distribusi Kekerasan Waktu Gesek 4 Detik

Pada pengamatan grafik di atas dapat dijelaskan bahwa pada variasi waktu gesek 4 detik nilai kekerasan yang didapat pada sambungan *stainless steel* adalah 302.8 VHN dan nilai tersebut adalah nilai kekerasan tertinggi. Sedangkan logam induk mendapatkan nilai kekerasan 231.8 VHN dan dapat di asumsikan bahwa pada daerah sambungan *stainless steel* adalah daerah yang paling keras. Dan pada aluminium nilai kekerasan pada daerah sambungan adalah 55.2 VHN dan nilai tersebut adalah nilai tertinggi pada aluminium. Nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah HAZ yaitu 49.0 VHN. Dan nilai kekerasan pada daerah logam induk yaitu 49.6 VHN. Diasumsikan pada sambungan variasi waktu gesek 4 detik adalah daerah yang memiliki nilai kekerasan tertinggi.



**Gambar 4.17** Grafik Distribusi Kekerasan Waktu Gesek 6 Detik

Pada pengamatan diatas dapat dijelaskan bahwa pada variasi waktu gesek 6 detik nilai kekerasan yang terdapat pada daerah sambungan *stainless steel* adalah 294.3 VHN dan nilai daerah sambungan ini adalah nilai kekerasan tertinggi. Sedangkan pada daerah logam induk memiliki nilai kekerasan 231.8 VHN. Pada aluminium nilai kekerasan pada daerah sambungan adalah 54.5 VHN dan nilai tersebut adalah nilai tertinggi pada aluminium. Nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah HAZ yaitu 50.1 VHN. Dan nilai kekerasan pada daerah logam induk yaitu 45.8 VHN. Dan dapat diasumsikan pada sambungan variasi waktu gesek 6 detik adalah daerah yang memiliki nilai kekerasan tertinggi.



**Gambar 4.18** Grafik perbandingan Distribusi Kekerasan

Dari ketiga grafik diatas dapat disimpulkan bahwa parameter pengelasan gesek dengan variasi waktu gesek nilai kekerasan tertinggi didapat pada daerah sambungan *stainless steel* variasi waktu gesek 4 detik dengan nilai kekerasan 302.8 VHN dan disusul dengan nilai kekerasan yang sama yaitu variasi waktu gesek 2 dan 6 detik dengan nilai kekerasan 294.3 VHN pada daerah sambungannya. Sedangkan pada aluminium nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah sambungan pada jarak 0.5 mm dan terjadi pada variasi waktu gesek 6 detik. Dan dapat diasumsikan bahwa pada variasi waktu gesek 4 dan 6 detik daerah sambungan adalah daerah yang paling keras dibandingkan dengan HAZ dan logam induk. Dari grafik perbandingan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi waktu gesek yang diberikan maka akan semakin bagus hasil kekerasan yang di dapat. Dan dapat dilihat pada variasi waktu gesek 2 detik memiliki kekerasan rendah, dilanjut variasi waktu gesek 4 detik yang mengalami peningkatan kekerasan dan pada variasi waktu gesek 6 detik adalah variasi yang memiliki kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan variasi 2 dan 4 detik.

Nilai kekerasan *AISI 304* pada daerah sambungan berkisar antara 225-250 HV, menurut sathiya nilai kekerasan *AISI 304* pada daerah *bond line* sekitar 260 HV dan pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah 200- 250 HV. (sahin, 2010).