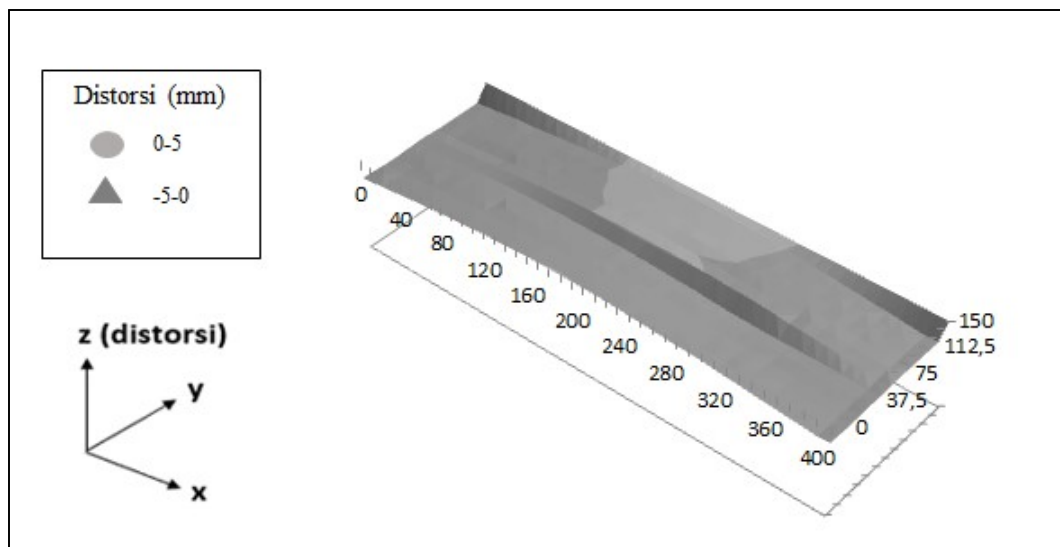


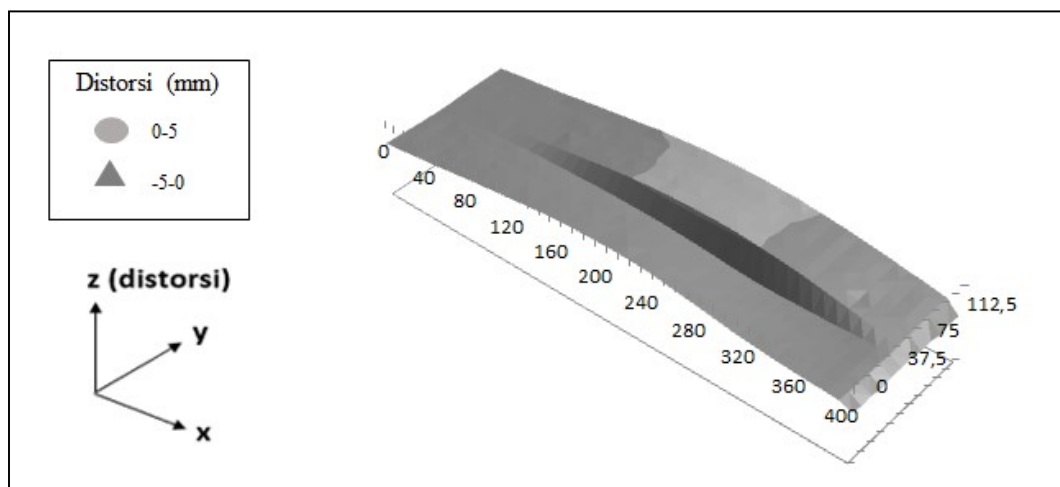
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Distorsi

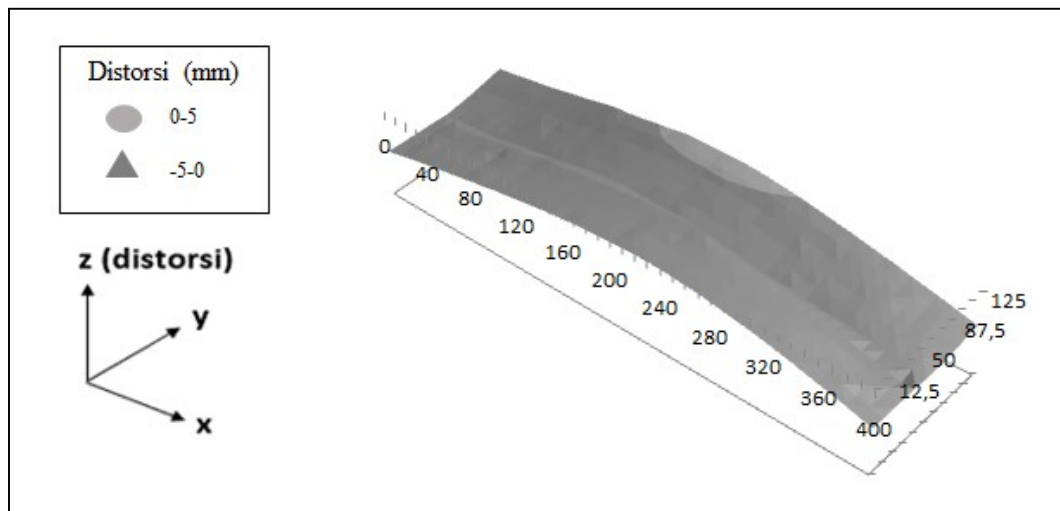
Pengukuran distorsi pada spesimen las MIG 2-layer tandem bahan AA5052 pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bertujuan untuk membandingkan distorsi pengelasan dari setiap spesimen yang telah dilas. Gambar 4.1-4.4 adalah hasil dari pengukuran distorsi longitudinal (arah z) las MIG 2-layer tandem bahan AA5052 pada jarak elektroda 18,27, 36 mm.



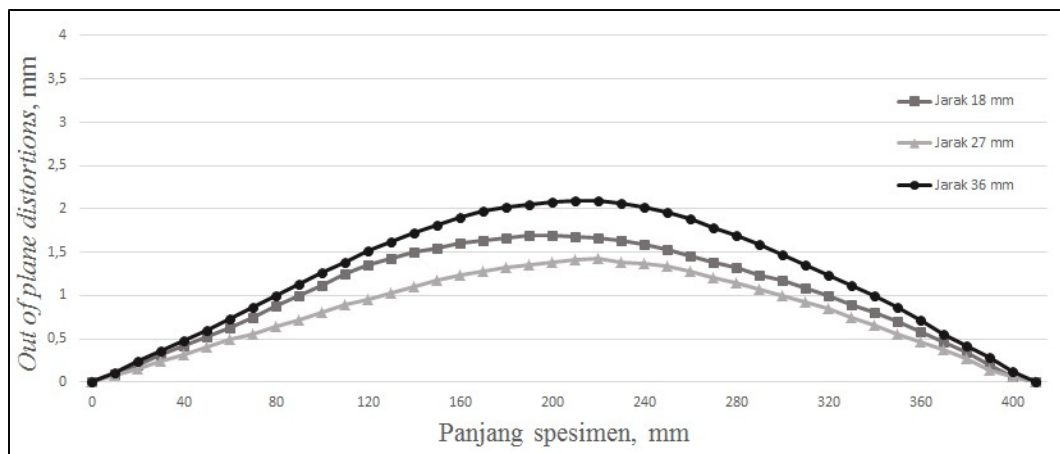
Gambar 4.1 Distorsi las MIG 2-layer tandem jarak elektroda 18 mm



Gambar 4.2 Distorsi las MIG 2-layer tandem jarak elektroda 27 mm



Gambar 4.3 Distorsi las MIG 2-layer tandem jarak elektroda 36 mm



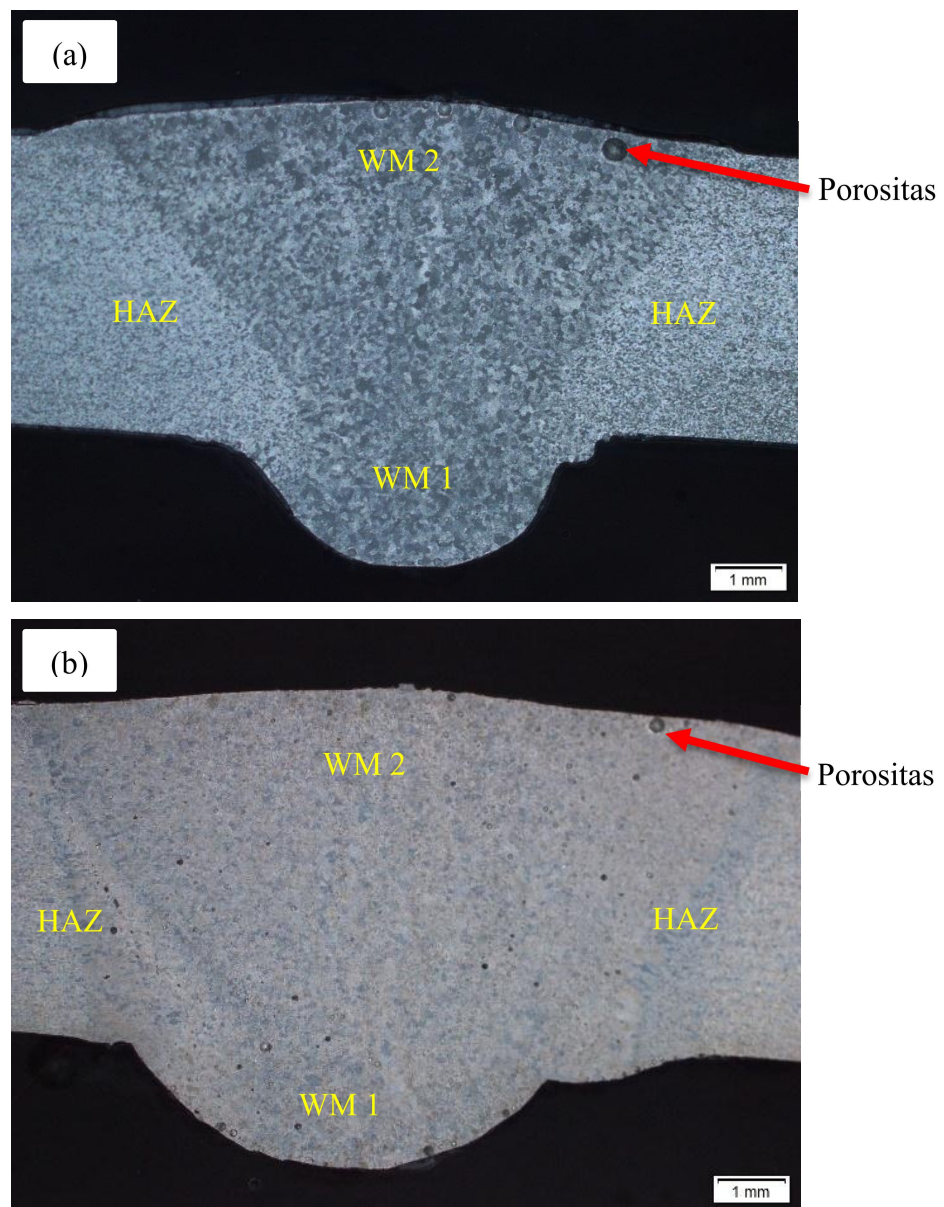
Gambar 4.4 Grafik perbandingan distorsi las MIG 2-layer tandem

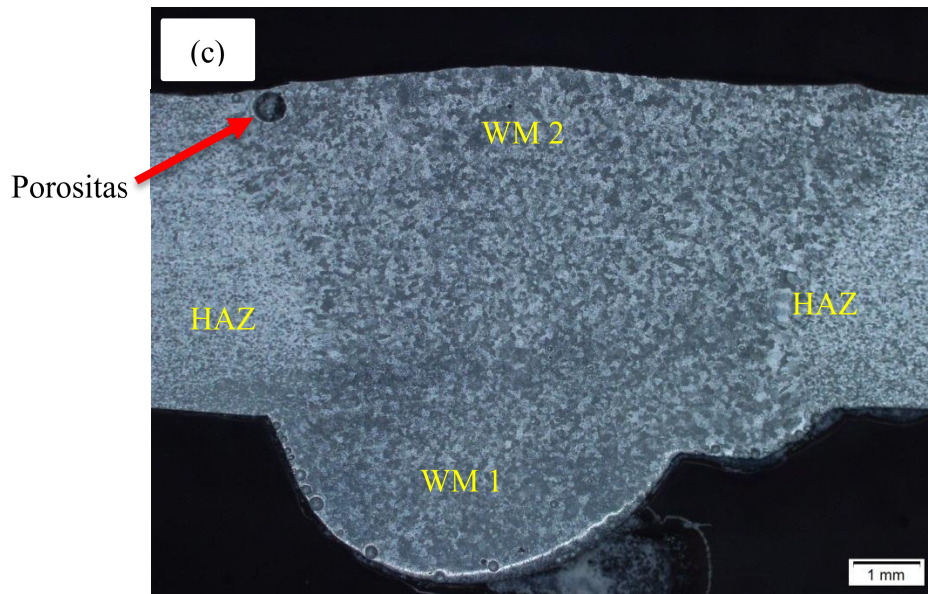
Pada pengelasan MIG 2-layer tandem dengan jarak 18, 27, 36 mm bahan AA5052 ini temperatur paling panas terjadi pada spesimen dengan jarak elektroda 18 mm, karena pengelasan MIG 2-layer tandem ini menggunakan 2 *torch* maka semakin dekat jarak elektroda maka panas akan lebih terkonsentrasi. Distorsi pada pengelasan disebabkan karena masukan panas dan penahan spesimen pada saat proses pengelasan berlangsung (Wirjosumarto, 2000). Semakin besar masukan panas maka semakin besar pula distorsi yang ditimbulkan. Dari pengujian distorsi menunjukkan distorsi terbesar terjadi pada spesimen dengan jarak elektroda 36 mm, distorsi terkecil terjadi pada spesimen 27 mm. Seharusnya distorsi terbesar akan dialami oleh spesimen dengan jarak elektroda 18 mm. Dari pengujian mikro porositas didapatkan hasil spesimen dengan jarak elektroda 36 mm terdapat cacat

porositas dengan jumlah paling banyak yaitu $6,75 \text{ porositas/mm}^2$, hal itu menyebabkan distorsi yang ditimbulkan lebih besar dibandingkan spesimen dengan jarak elektroda 18 dan 27 mm yang jumlah cacat porositasnya lebih sedikit.

4.2 Pengamatan Struktur Makro dan Mikro

Pengamatan struktur makro spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 12x seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

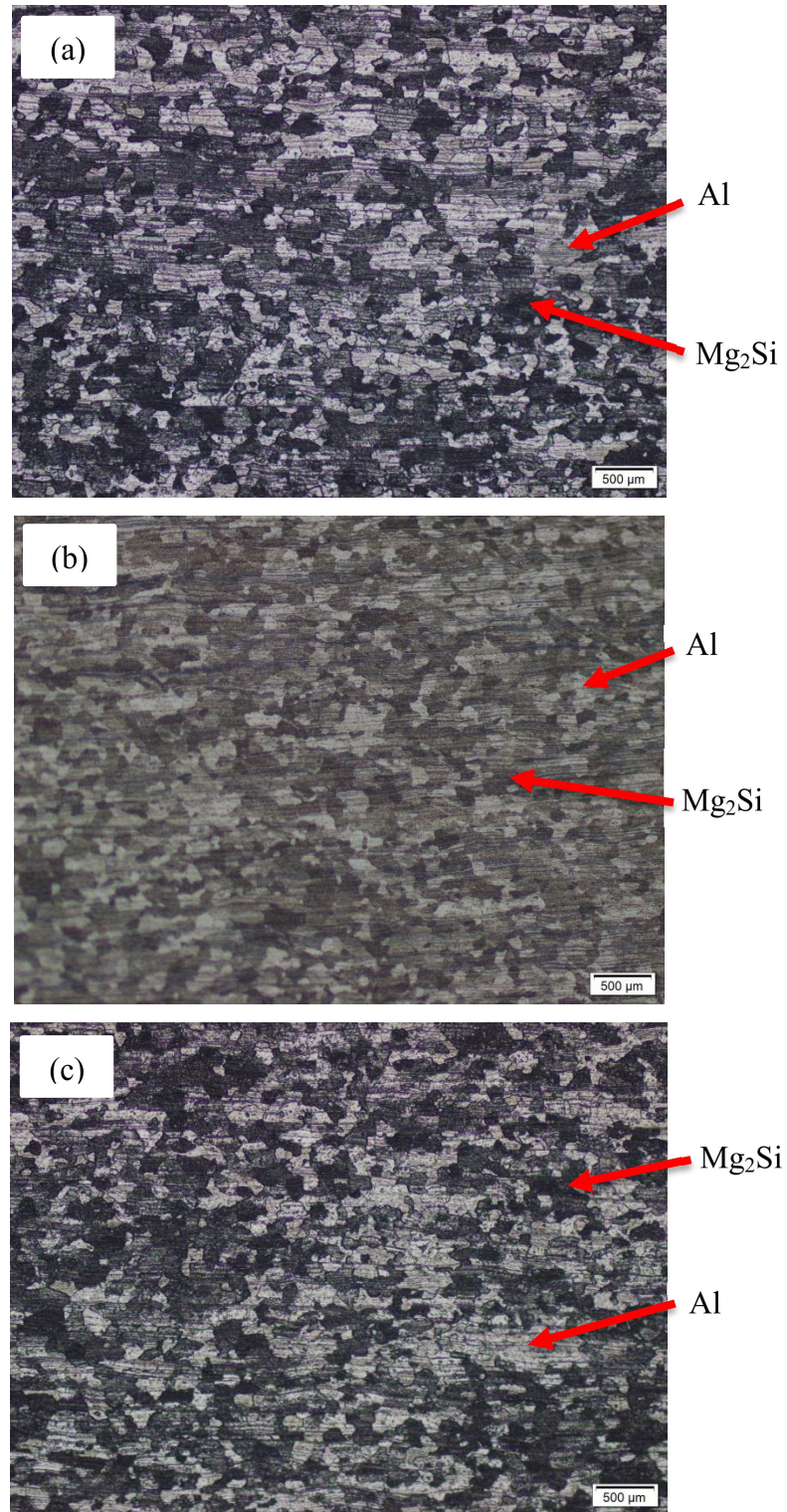




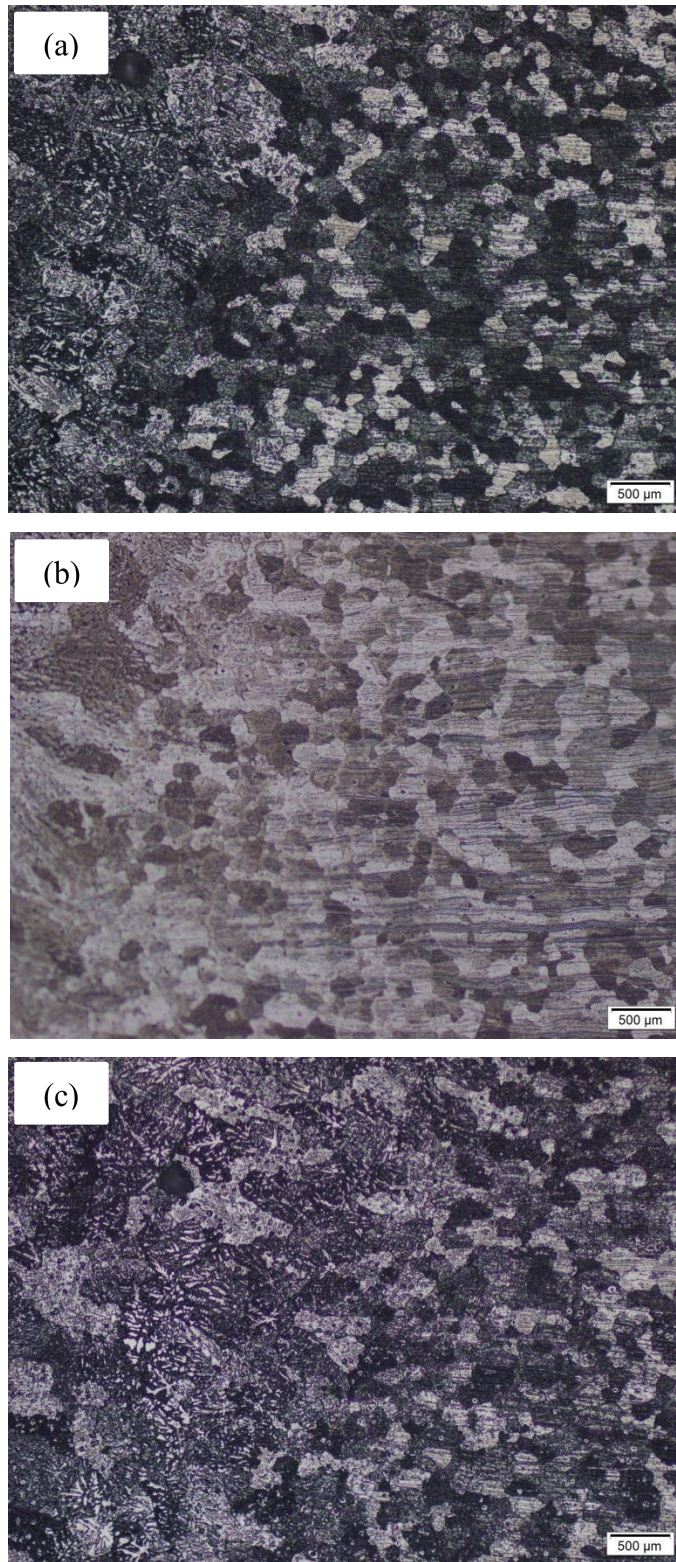
Gambar 4.5 Struktur makro las MIG 2-layer tandem jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm dan (c) 36 mm.

Hasil pengamatan struktur makro las MIG 2-layer tandem pada jarak 18, 27 dan 36 mm menunjukkan bahwa batas las antara WM1 dan WM2 tidak terlalu terlihat dikarenakan pengelasan layer 1 dan layer 2 dilakukan secara bersamaan. Cacat porositas juga terdapat pada jarak elektroda 18, 27 dan 36 mm. Cacat porositas merupakan cacat las yang disebabkan karena gas yang terjebak selama proses pendinginan (Suryaningsih dan Rasyid, 2017). Kondisi las paling baik ditunjukkan pada jarak elektroda 27 mm dikarenakan cacat porositas yang terjadi paling sedikit.

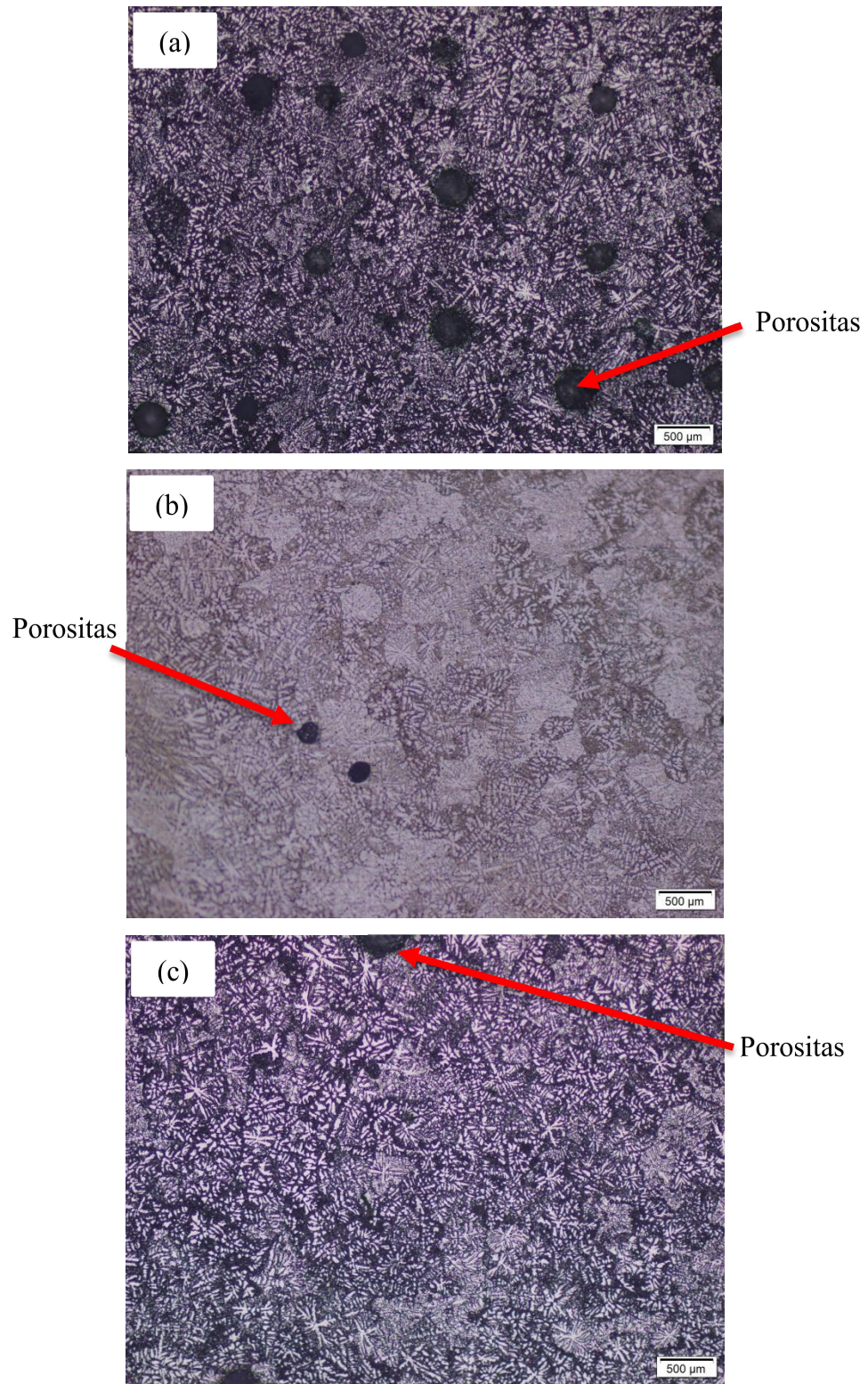
Pengamatan struktur mikro spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6-4.8. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada 3 daerah yaitu *weld metal* (WM), *heat affected zone* (HAZ) dan *base metal* (BM).



Gambar 4.6 Struktur mikro las MIG 2-layer tandem pada *base metal* (BM) jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm dan (c) 36 mm.



Gambar 4.7 Struktur mikro las MIG 2-layer tandem pada *heat affected zone* (HAZ) jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm dan (c) 36 mm.

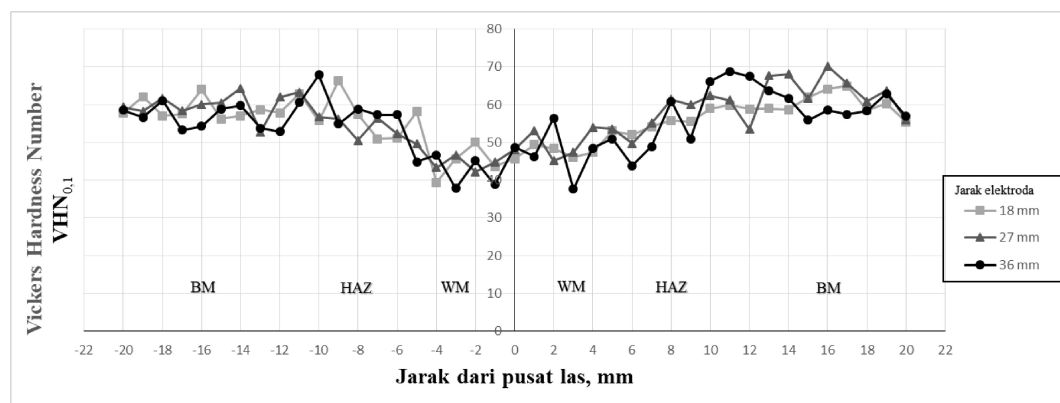


Gambar 4.8 Struktur mikro las MIG 2-layer tandem pada *weld metal* (WM) jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm dan (c) 36 mm.

Struktur mikro pada daerah base metal (BM) menunjukkan ukuran butir yang mirip pada ketiga variabel jarak pengelasan, dikarenakan pada daerah *base metal* (BM) tidak terlalu terpengaruh oleh panas secara langsung. Paduan aluminium 5052 terdiri dari $(Fe,Cr)_3SiAl_{12}$ ditandai dengan warna putih dan Mg_2Si ditandai dengan warna kehitaman (Hatch, 1984). Pada daerah *heat affected zone* (HAZ) menunjukkan ukuran butir yang lebih besar dari *base metal* (BM) dikarenakan oleh pengaruh panas. Ukuran butir yang lebih besar menandakan kekuatan pada daerah HAZ juga menurun. Di bagian *weld metal* (WM) menunjukkan adanya struktur dendrit yang ditunjukkan dengan butiran halus dan porositas pada ketiga variabel jarak pengelasan. Struktur dendrit terjadi karena rekristalisasi logam las pada suhu tinggi dan butir-butir kehilangan orientasi kristal. Ukuran butir pada daerah WM terlihat lebih besar daripada daerah BM dan HAZ, hal ini menunjukkan bahwa kekuatan pada daerah WM lebih rendah dari daerah BM dan HAZ.

4.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 menggunakan *micro hardness Vickers*. Grafik hasil uji kekerasan las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 ditunjukkan pada Gambar 4.9 dan nilai rata-rata kekerasan mikro Vickers ($VHN_{0.1}$) ditunjukkan pada Tabel 4.1



Gambar 4.9 Nilai kekerasan mikro Vickers las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052.

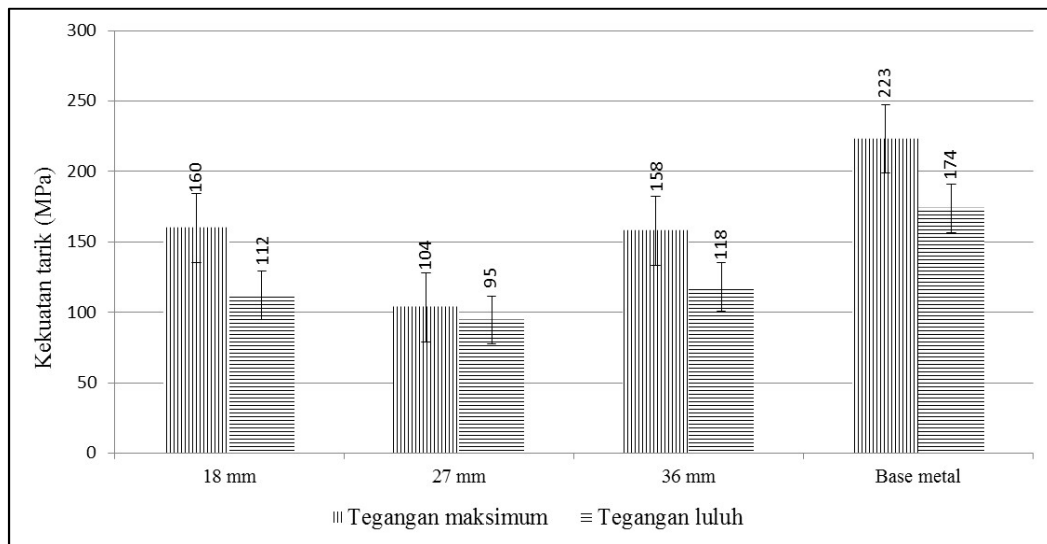
Tabel 4.1 Nilai VHN_{0,1} rata-rata las MIG 2-layer tandem

Kecepatan las	RATA RATA NILAI KEKERASAN TANDEM			
	Jarak elektroda	Kekerasan mikro Vickers, VHN _{0,1}		
		BM	WM	HAZ
7 mm/s	18 mm	55,56	48,48	52,51
	27 mm	56,53	48,46	52,75
	36 mm	54,89	46,39	52,09
	Rata-rata	55,66	47,78	52,45

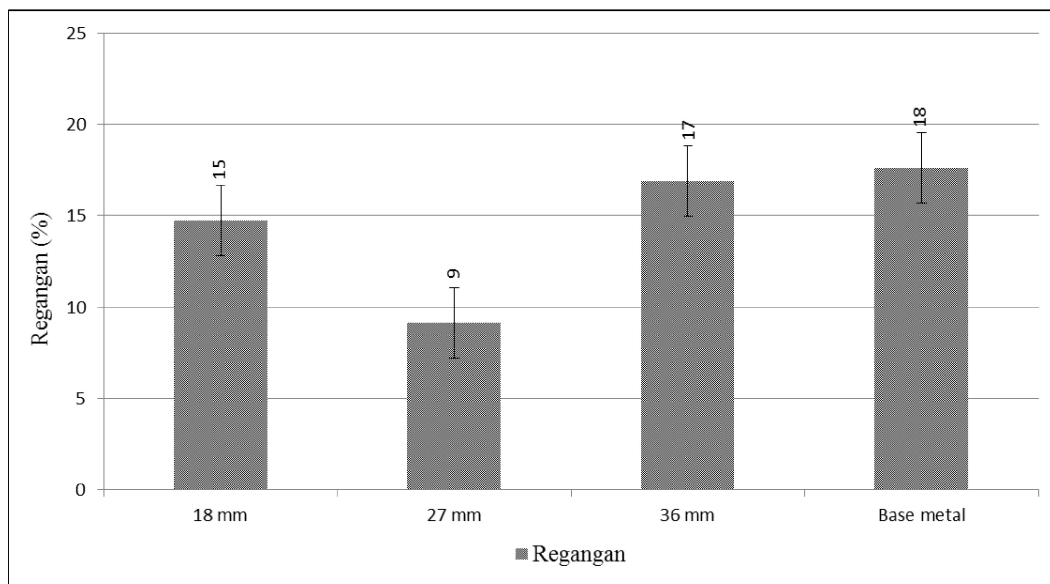
Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai VHN_{0,1} rata-rata tertinggi pada BM, pada HAZ nilai kekerasan mulai menurun dan terendah pada WM. Daerah BM memiliki nilai kekerasan paling tinggi dengan nilai kekerasan rata-rata yaitu 55,66 VHN_{0,1} disebabkan pada daerah itu tidak terlalu terpengaruh oleh panas secara langsung dan pada uji mikro menunjukkan ukuran butir yang kecil-kecil. Daerah HAZ nilai kekerasan mulai menurun yaitu dengan nilai kekerasan rata-rata 52,45 VHN_{0,1}, pada uji mikro juga menunjukkan ukuran butir pada HAZ membesar. Daerah WM merupakan daerah dengan nilai kekerasan paling rendah yaitu dengan nilai kekerasan rata-rata 47,78 VHN_{0,1}. Hasil paling baik ditunjukkan pada spesimen dengan jarak elektroda 27 mm dengan nilai kekerasan pada BM = 56,53 VHN_{0,1}, HAZ = 52,75 VHN_{0,1} dan WM = 48,46 VHN_{0,1}.

4.4 Pengujian Tarik

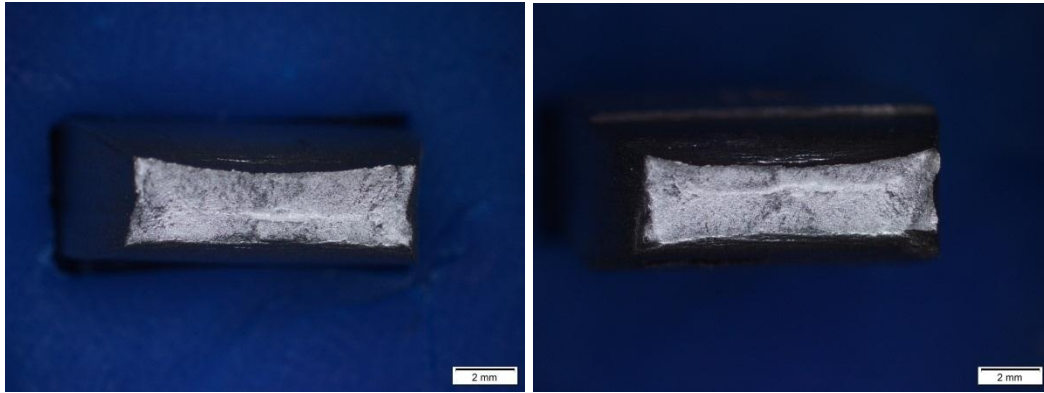
Pengujian tarik pada spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan luluh (*yield strength*) dan nilai kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*). Pengujian ini menggunakan ASTM E8-09 sebagai referensi. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.10-4.11 dan foto patahan spesimen hasil uji tarik ditunjukkan pada Gambar 4.12-4.14.



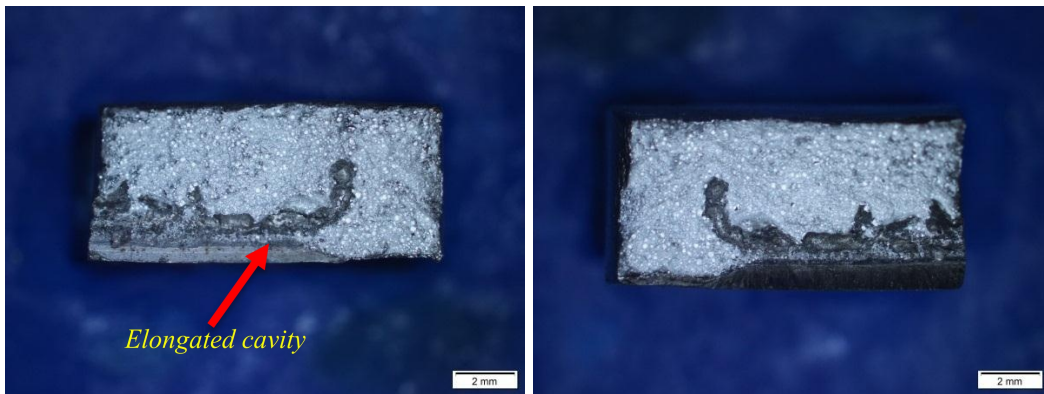
Gambar 4.10 Grafik tegangan maksimum dan tegangan luluh las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm



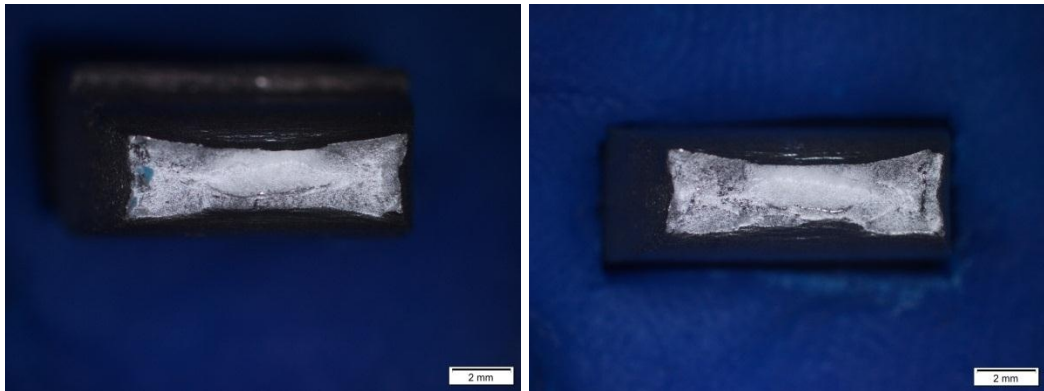
Gambar 4.11 Grafik regangan las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm



Gambar 4.12 Foto makro patahan hasil uji tarik las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18 mm bahan AA5052



Gambar 4.13 Foto makro patahan hasil uji tarik las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 27 mm bahan AA5052



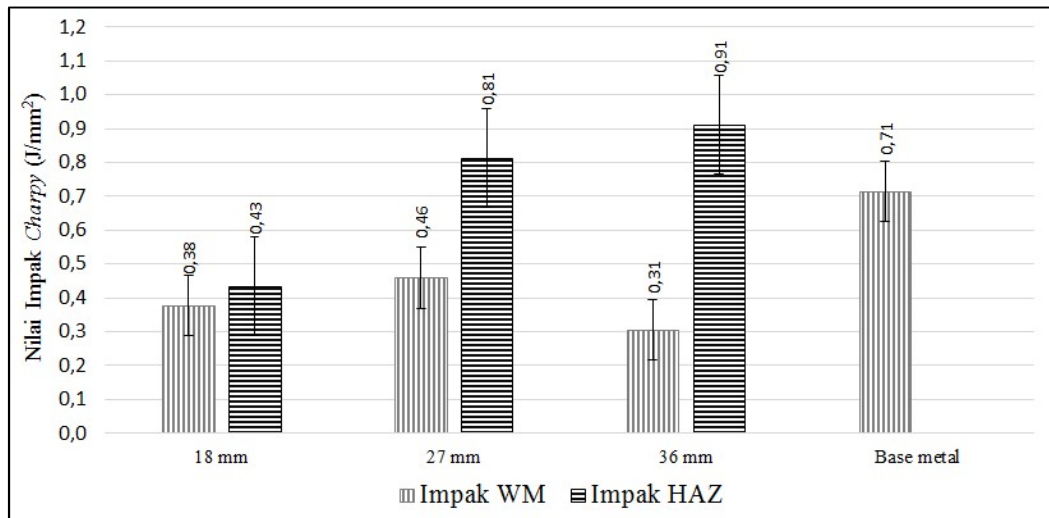
Gambar 4.14 Foto makro patahan hasil uji tarik las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 36 mm bahan AA5052

Berdasarkan hasil pengujian tarik didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu pada spesimen dengan jarak elektroda 18 mm dengan nilai kekuatan tarik sebesar 160 Mpa dan nilai kekuatan luluh sebesar 112 MPa. Nilai kekuatan tarik

terendah yaitu pada spesimen dengan jarak elektroda 27 mm dengan nilai kekuatan tarik sebesar 104 MPa dan nilai kekuatan luluh sebesar 95 MPa. Pada foto makro patahan uji tarik spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18 dan 36 mm terlihat adanya *necking* yang menandakan bahan bersifat ulet. Pada foto makro patahan spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 27 mm terlihat adanya cacat porositas *elongated cavity* yang menyebabkan patahan menjadi getas dan kekuatan tarik spesimen rendah.

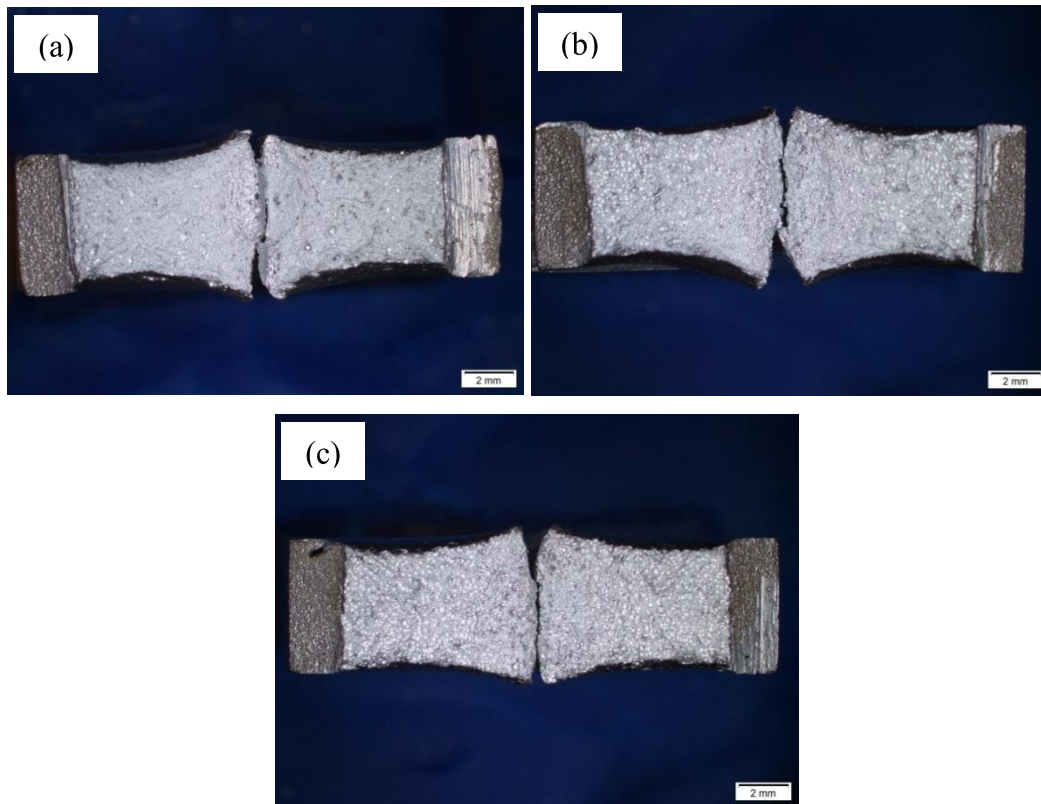
4.5 Pengujian Impak

Pengujian impak Charpy pada spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 dilakukan untuk mengetahui nilai ketangguhan material dengan jumlah energi yang diserap. Hasil pengujian impak pada bagian WM dan HAZ spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 ditunjukkan pada Gambar 4.15 dan foto makro patahan spesimen ditunjukkan pada Gambar 4.16-4.17.

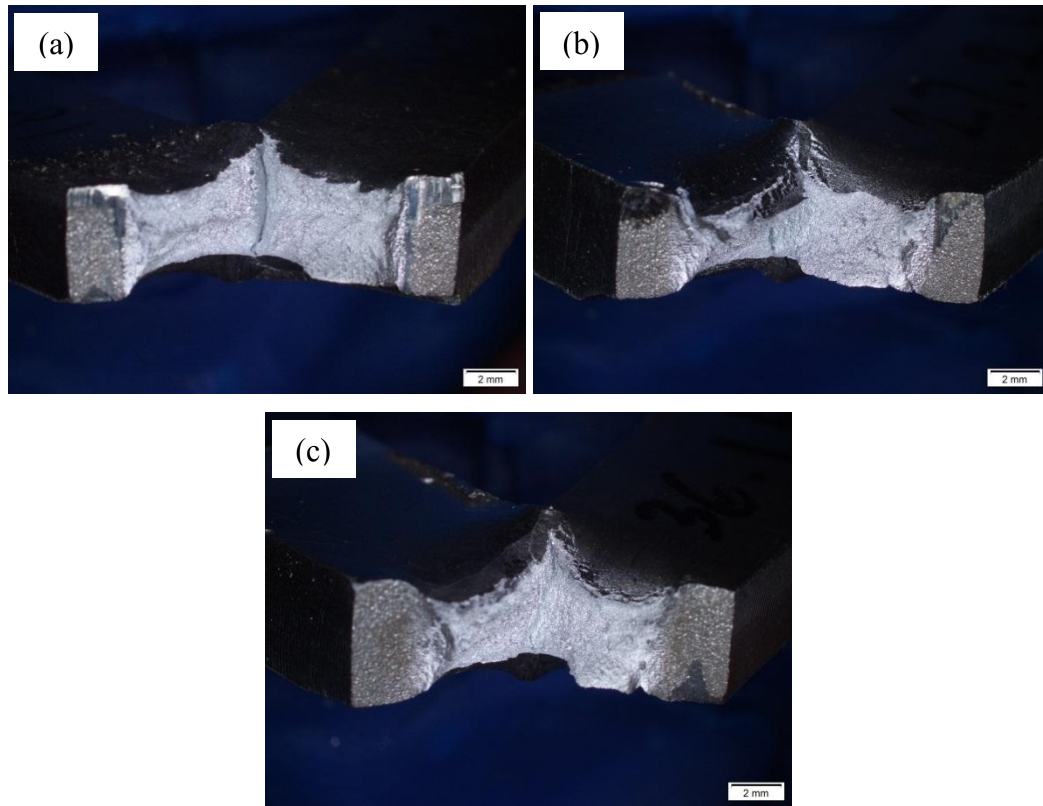


Gambar 4.15 Nilai impak Charpy pada bagian WM dan HAZ las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052.

Nilai impak WM tertinggi pada spesimen dengan jarak elektroda 27 mm sebesar $0,46 \text{ J/mm}^2$ sedangkan nilai impak WM terendah terdapat pada spesimen dengan jarak elektroda 36 mm sebesar $0,31 \text{ J/mm}^2$. Pada bagian HAZ nilai impak tertinggi didapat pada spesimen dengan jarak elektroda 36 mm sebesar $0,91 \text{ J/mm}^2$ sedangkan nilai impak HAZ terendah didapat pada spesimen dengan jarak elektroda 18 mm sebesar $0,38 \text{ J/mm}^2$.



Gambar 4.16 Foto makro patahan hasil uji impak pada bagian WM las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm, (c) 36 mm bahan AA5052.



Gambar 4.17 Foto makro patahan hasil uji impak pada bagian HAZ las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm, (c) 36 mm bahan AA5052.

Hasil pengujian impak menunjukkan pada daerah WM nilai impaknya lebih rendah daripada daerah HAZ. Hal ini dikarenakan pada daerah WM banyak terjadi porositas sehingga menyebabkan nilai keuletan material menurun. Hasil makro patahan pada bagian HAZ menandakan material bersifat ulet dan mempunyai nilai ketangguhan yang tinggi karena hasil patahan tidak sampai putus.