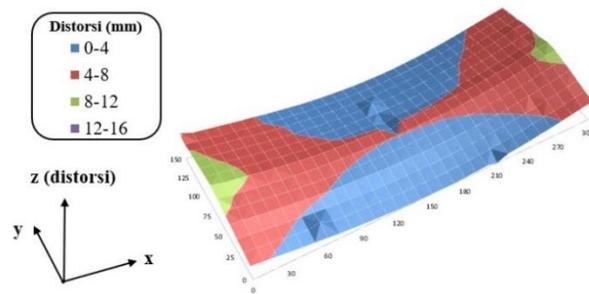


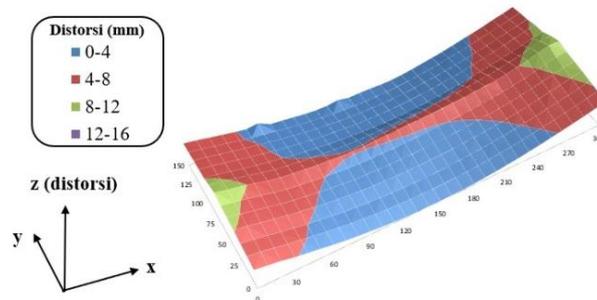
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengukuran Distorsi Pengelasan

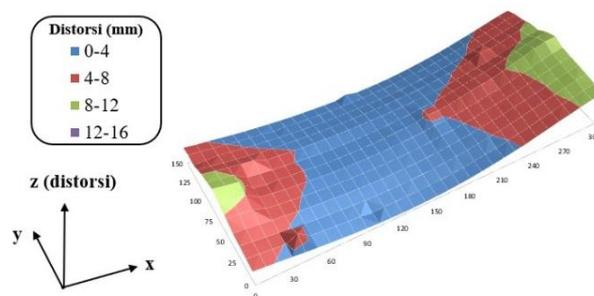
Pada pengukuran distorsi plat setelah mengalami proses pengelasan, hal ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan pada tiap-tiap spesimen yang berbeda variasi pengelasannya. berikut hasil pengukuran distorsi terlihat pada (Gambar 4.1 sampai 4.3)



Gambar 4.1 Distorsi las pada spesimen variasi kecepatan 8 mm/s



Gambar 4.2 Distorsi las pada spesimen variasi kecepatan 10 mm/s



Gambar 4.3 Distorsi las pada spesimen variasi kecepatan 12 mm/s

Analisis berdasarkan pada hasil Gambar 4.1 sampai 4.3 distorsi di atas, bahwa spesimen yang mengalami distorsi terbesar adalah spesimen pengelasan dengan variasi kecepatan 12 mm/s dibandingkan dengan variasi kecepatan 10 mm/s dan 8 mm/s dengan bentuk distorsi yang hampir semua simetris.

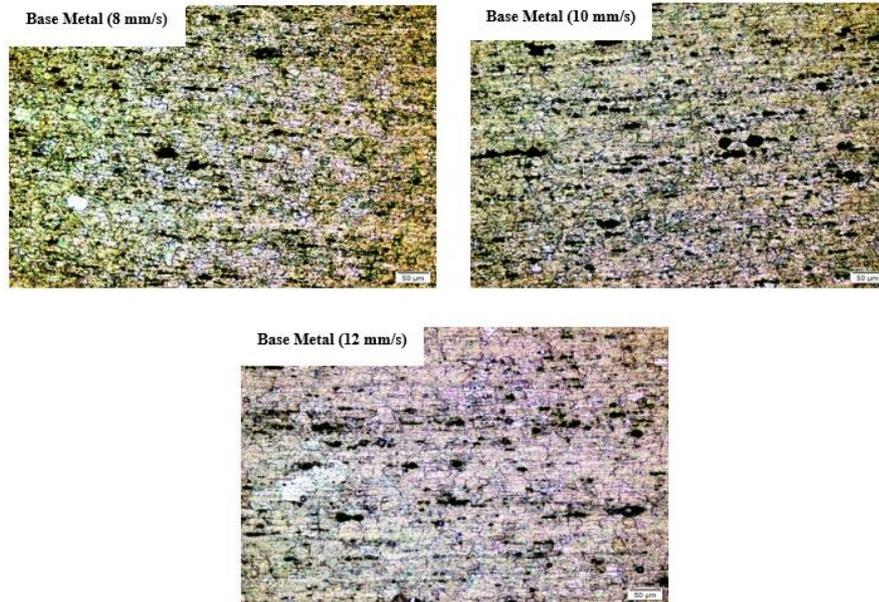
Distorsi yang terjadi pada spesimen pengelasan tersebut disebabkan antara lain pengaruh kecepatan terhadap masukan panas kedalam spesimen pengelasan. semakin lama waktu laju pengelasan, maka semakin besar spesimen menerima panas yang di hasilkan dari las tersebut. hal ini terjadi pada speimen dengan variasi kecepatan 12 mm/s, dimana laju kecepatan las lebih cepat dari variasi lainnya, sehingga panas yang di terima lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan 8mm/s dan 10 mm/s. namun pendinginan yang cepat dapat juga memicu terjadinya distorsi yang cukup besar.

#### **4.2 Pengamatan Hasil Struktur Mikro**

Pada proses ini pengamatan dilakukan dengan alat mesin mikroskop optik dengan perbesaran 200x. Untuk pengambilan gambar struktur mikro pada spesimen uji meliputi 3 daerah yang berbeda yaitu *weld metal* (WM), *heat affected zone* (HAZ), dan *base metal* (BM).

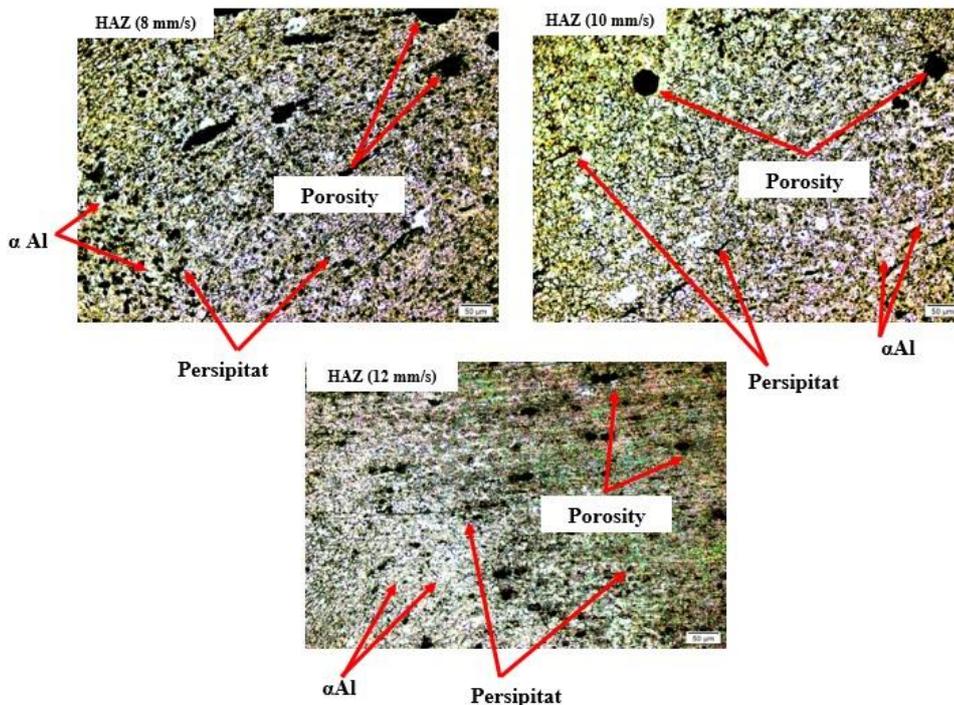
Pengambilan gambar struktur mikro hasil pengelasan, dibagi menjadi tiga daerah antara lain *base metal* (BM), *heat affected zone* (HAZ) dan, *weld metal* (WM). Hal tersebut hampir sama dengan struktur makro. Pengamat hasil struktur mikro dapat dilihat pada (Gambar 4.4 hingga 4.6) berikut.

Base metal pada Gambar 4.4 memperlihatkan bentuk butiran dan batas butir memanjang yang hampir sama dengan tiap-tiap spesimen. struktur yang terjadi pada daerah ini tidak terpengaruh panas yang ditimbulkan oleh proses pengelasan.



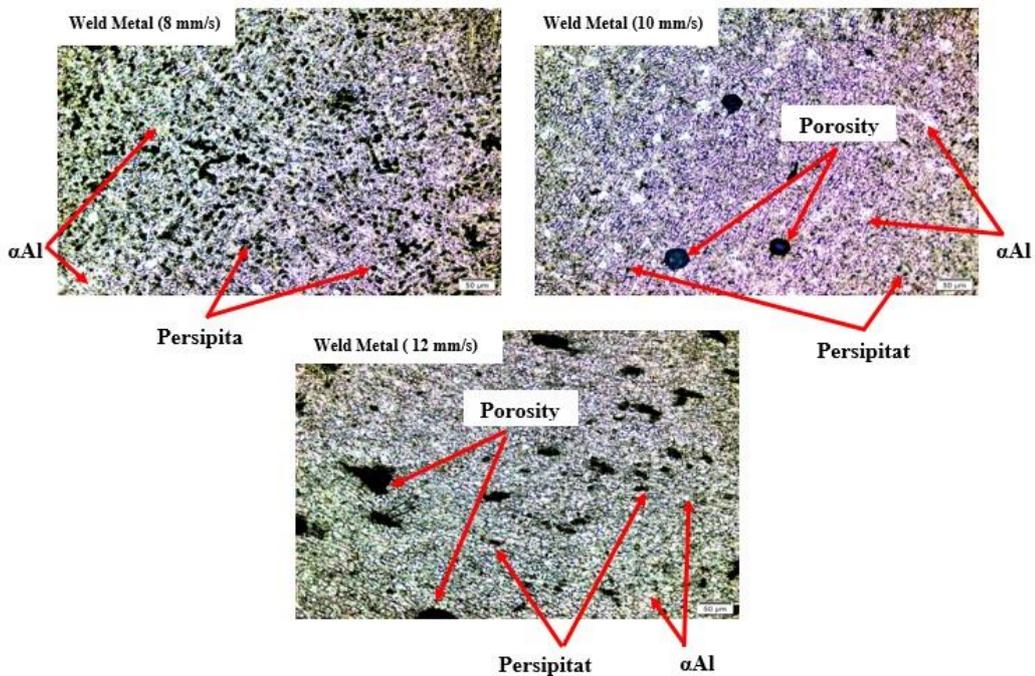
Gambar 4. 4 Struktur mikro daerah base metal las MIG double layer tack weld

Pada Gambar 4.5 memperlihatkan struktur mikro daerah HAZ, bila di bandingkan dengan daerah base metal, daerah HAZ memiliki batas butir yang lebih kecil. dapat terlihat pada spesimen dengan kecepatan 12 mm/s bahwa bentuk batas butir lebih banyak dan terlihat merata.



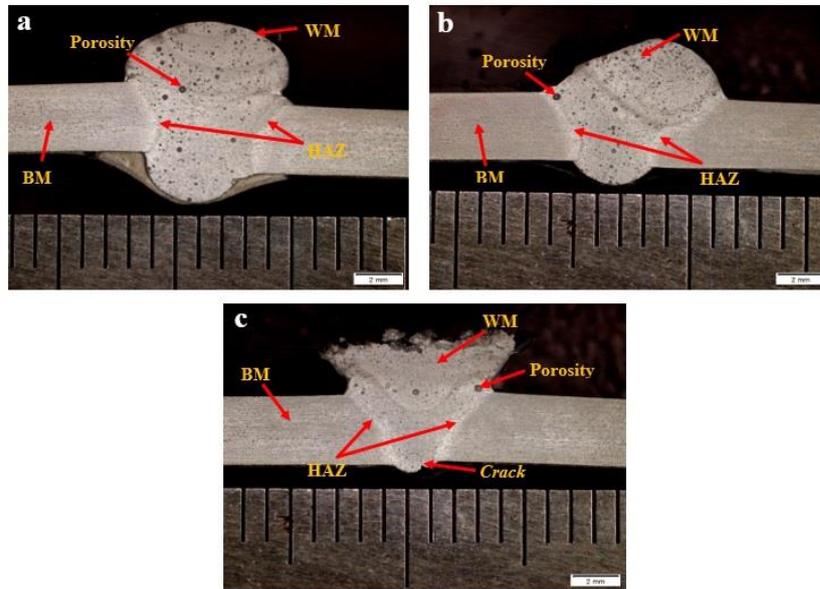
Gambar 4. 5 Struktur mikro daerah HAZ las MIG *double layer tack weld*

Untuk hasil pengamatan struktur mikro pada Gambar 4.6 memperlihatkan daerah inti las atau weld metal. Tampak terlihat berbeda dengan daerah HAZ dan base metal, dimana batas butir terlihat lebih kecil dan lembut. Pada daerah ini terjadi pencampuran antara *raw material* dengan *filler* atau logam pengisi, setelah proses pengelasan mengalami proses pembekuan dan menghasilkan struktur mikro berupa butiran-butiran kecil. Panas pengelasan pada paduan logam akan menyebabkan terjadinya lelehan atau pencairan sebagian, rekristalisasi, dan pengendapan (Wiryo Sumarto, 2000).



Gambar 4. 6 Struktur mikro daerah weld metal las MIG *double layer tack weld*

Untuk acuan dari pengujian struktur mikro diatas, adapun penjelasan lain berupa hasil pengamatan struktur makro, berikut hasil uji sruktur makro disajikan pada (Gambar 4.7).



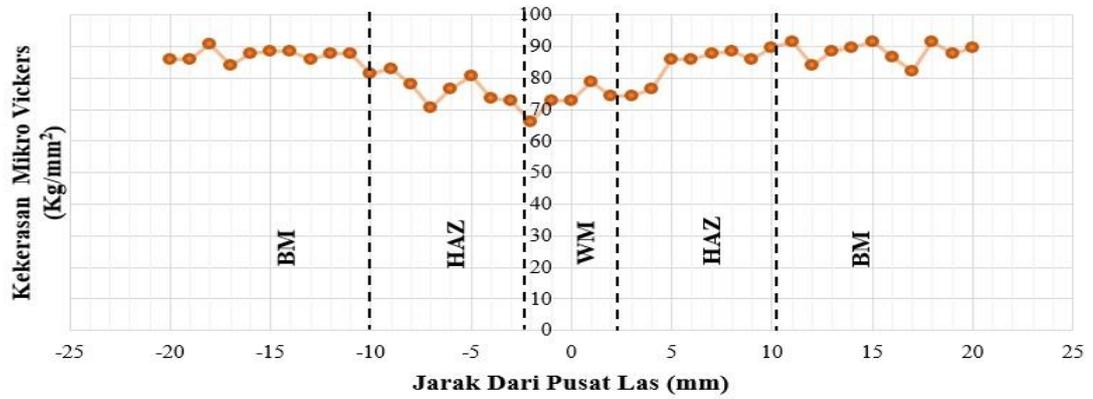
Gambar 4. 7 Struktur makro sambungan las MIG double layer tack weld (a) kecepatan 8 mm/s, (b) kecepatan 10 mm/s, dan (c) kecepatan 12 mm/s

Pada Gambar 4.4 dapat terlihat perbedaan daerah pengelasan antara *base metal* (BM), *heat affected zone* (HAZ) dan, *weld metal* (WM). Terjadinya porositas banyak ditemui pada bagian weld metal. Porositas adalah cacat las yang terjadi karena hidrogen yang larut saat proses pengelasan teperangkap dalam weld metal (Singh, 2012). adapun spesimen pada pengelasan dengan kecepatan 12 mm/s terdapat *crack*. Selain itu juga spesimen mengalami *lack of penetration*. pada hasil lasan. hal tersebut terjadi bisa akibatkan juga karena arus pengelasan yang rendah dimana kecepatan las bergerak cepat, sudut *torch*, dan jarak *torch* yang tidak sesuai (Singh, 2012).

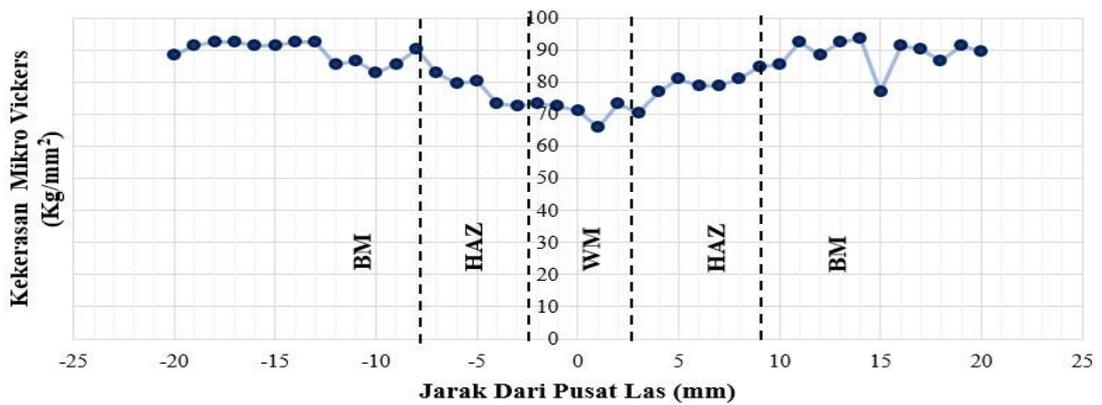
### 4.3 Hasil Uji Kekerasan

Untuk uji kekerasan pada aluminium 5083, dimana pegujian hasil las MIG *double layer teck weld* menggunakan *micro hardness vickers*. Beban indentasi yang digukan sebesar 100 gram dengan waktu tunggu 10 detik. Perbedaan nilai hasil uji kekerasan dapat dilihat dalam bentuk grafik hubungan jarak tiap pijakan indenter terhadap pusat alur las dengan besarnya *Vickers Hardness Number* (VHN). Nilai jarak antar penetrasi pijakan indenter sebesar 1000 mikron atau sama dengan 1 mm.

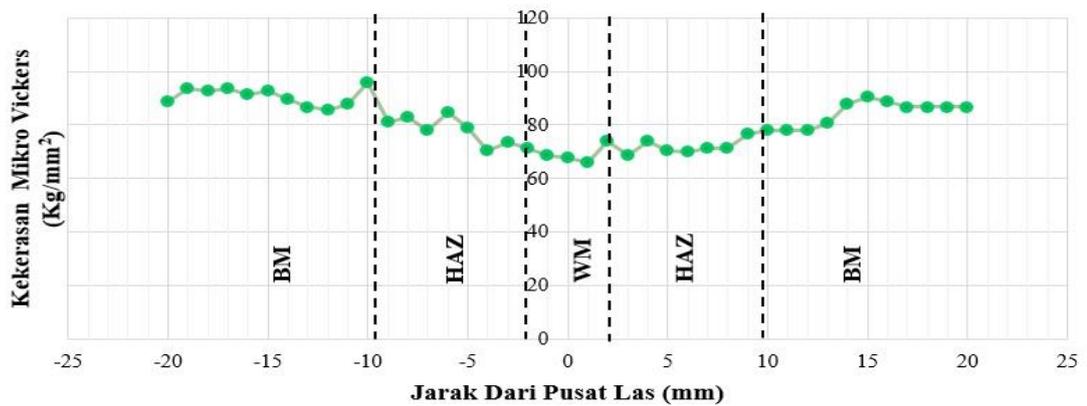
Berikut *trend* grafik hasil uji kekerasan dapat ditunjukkan pada (Gambar 4.8 sampai 4. 11).



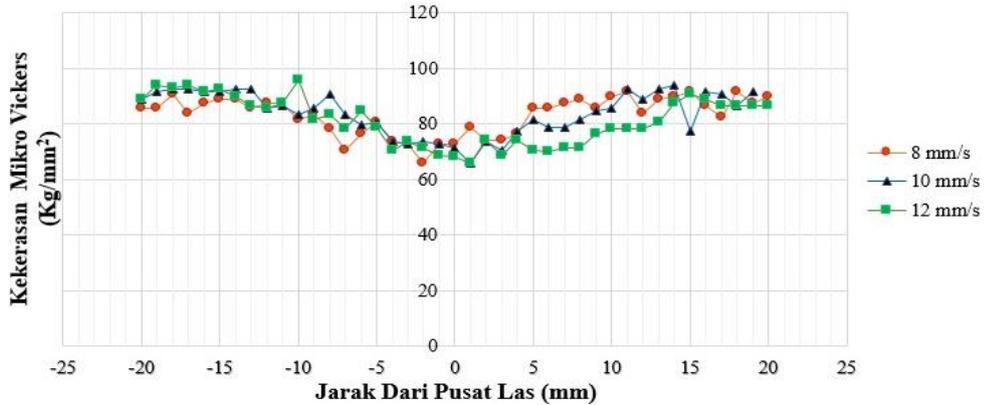
Gambar 4. 8 Nilai kekerasan spesimen kecepatan 8 mm/s



Gambar 4. 9 Nilai kekerasan spesimen kecepatan 10 mm/s

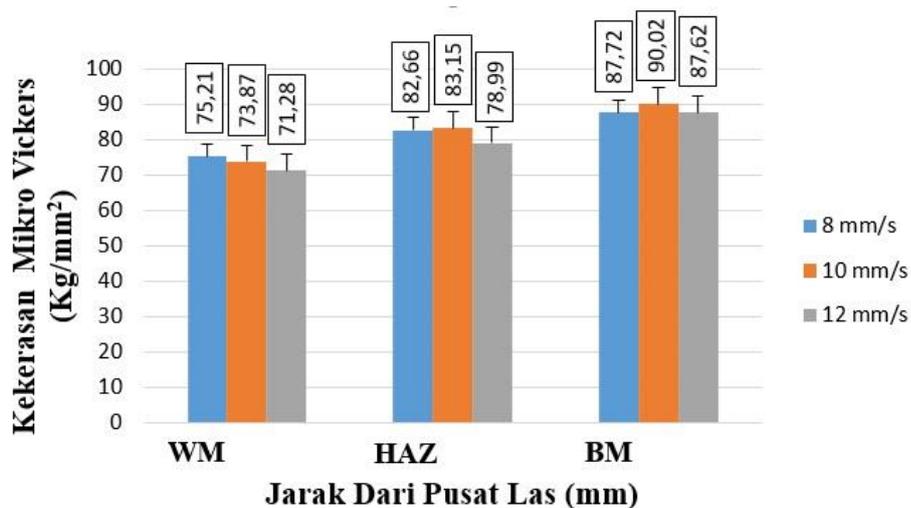


Gambar 4. 10 Nilai kekerasan spesimen kecepatan 12 mm/s



Gambar 4. 11 Grafik perbandingan nilai kekerasan spesimen kecepatan 8,10,12 mm/s

Berdasarkan pada Gambar 4.11 atau grafik perbandingan, bahwa nilai dari pengujian kekerasan pada spesimen kecepatan 8 mm/s, 10 mm/s, dan 12 mm/s menunjukkan nilai yang tidak berbeda jauh. Pada gambar nilai kekerasan daerah dari ketiga spesimen tersebut bahwa nilai kekerasan HAZ lebih rendah dibandingkan dengan daerah *base metal* (BM). Hal ini bisa terjadi karena perubahan struktur butir pada spesimen oleh pengaruh panas di saat proses pengelasan berlangsung. Pada bagian *weld metal* (WM), nilai kekerasan ketiga spesimen tidak jauh berbeda pula, namun dari ketiga daerah tersebut pada daerah *weld metal* cenderung lebih rendah karena pada daerah tersebut pembentukan panas dan banyaknya persipitat terbesar.



Gambar 4.12 Perbandingan nilai kekerasan rata-rata

Tabel 4.1 Nilai kekerasan rata-rata

Variasi Pengelasan	WM	HAZ	BM
Kecepatan 8 mm/s	75,21 ± 3,646	82,66 ± 7,797	87,72 ± 4,573
Kecepatan 10 mm/s	73,87 ± 5,121	83,15 ± 6,094	90,02 ± 2,650
Kecepatan 12 mm/s	71,28 ± 4,392	78,99 ± 3,716	87,62 ± 3,793

Berdasarkan Gambar 4.12 yang diperoleh dari Tabel 4.1 didapat nilai rata-rata dari uji kekerasan dan standar deviasi. Spesimen dengan kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* terdapat pada spesimen variasi kecepatan 8 mm/s, sedangkan nilai terendah terdapat pada variasi kecepatan 12 mm/s. Dimana pengaruh kecepatan yang semakin rendah membuat penetrasi logam las semakin baik, sehingga nilai kekerasan akan semakin meningkat akibat laju pendinginan yang seimbang dengan lama panas yang di terima spesimen. Pada daerah HAZ dari ketiga spesimen tersebut untuk nilai kekerasan tertinggi terdapat pada kecepatan 10 mm/s dan terendah 12 mm/s. Begitu juga pada daerah *base metal* nilai kekerasan tertinggi pada kecepatan 10 mm/s dan terendah pada kecepatan 12 mm/s.

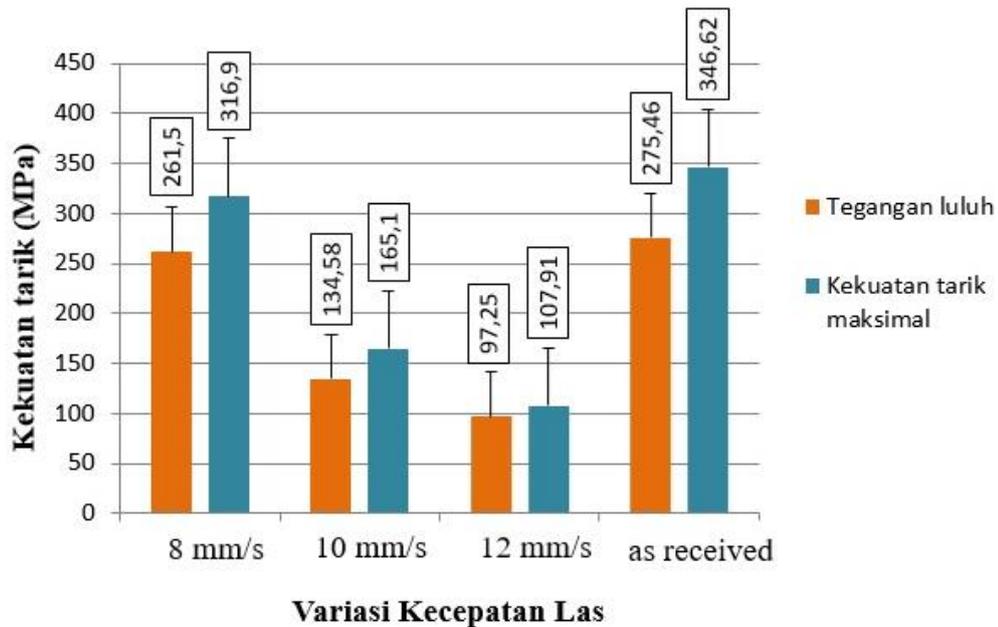
#### 4.4 Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dengan acuan referensi ASTM E8-09 ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan luluh dan tarik dari hasil pengelasan dengan berbagai variasi kecepatan yang ditentukan. Hasil dari pengujian tarik ini menghasilkan grafik yang menunjukkan kekuatan tarik maksimal dari spesimen yang dilambangkan ( $\sigma_{max}$ ) dan nilai kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ).

Berdasarkan (Gambar 4.13) bahwa hasil pengujian tarik pada spesimen, dimana patahan yang dihasilkan pada las MIG *double layer tack weld* terjadi dibagian antara HAZ dan *weld metal*. hal tersebut terjadi karena terdapat porositas pada bagian sambungan las tersebut.



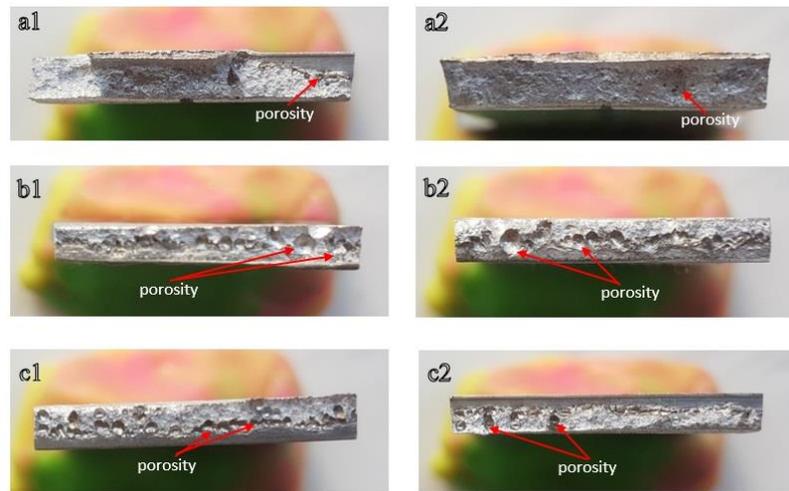
Gambar 4. 13 Spesimen uji tarik



Gambar 4.14 Grafik hasil uji tarik

Dari proses pengujian tarik pada spesimen yang terlihat pada (Gambar 4.13) diatas pengujian tersebut menghasilkan grafik nilai kekuatan tarik dan luluh seperti pada (Gambar 4.14.) Dari data grafik tersebut nilai kekutan tarik maksimal dan kekuatan luluh *raw material* sebesar 346, 62 MPa dan 275,46 MPa. Selanjutnya mengenai hasil uji tarik pada spesimen las MIG *double layer tack weld* kecepatan las 8 mm/s yaitu nilai kekuatan tarik maksimal sebesar 316,9 MPa dan kekuatan luluh 261,5 MPa. Spesimen dengan kecepatan 10 mm/s memiliki kekuatan tarik maksimal 165,1 MPa dan kekuatan luluh 134,58 MPa, dan pada spesimen dengan

kecepatan 12 mm/s memiliki kekuatan tarik sebesar 107,91 MPa dan kekuatan luluh 97,25 MPa. Spesimen dengan kecepatan 12 mm/s tersebut merupakan spesimen dengan hasil nilai terendah dibandingkan spesimen dengan kecepatan 8mm/s dan 10 mm/s.



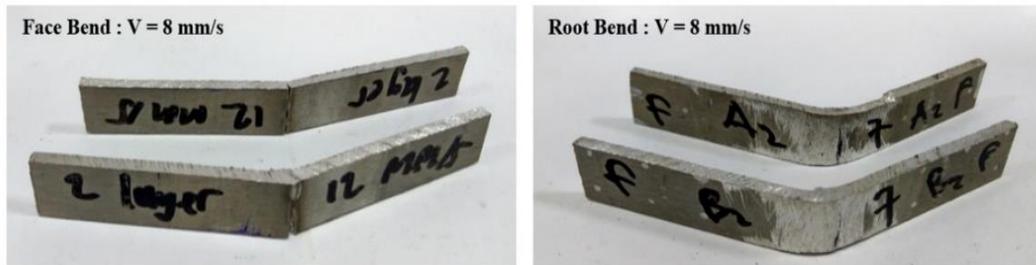
Gambar 4.15 Hasil uji makro, kecepatan 8 mm/s (a1,a2), kecepatan 10 mm/s (b1,b2), dan kecepatan 12 mm/s (c1,c2)

Berdasarkan hasil pengamatan makro pada Spesimen (Gambar 4.15) setelah mengalami proses proses pengujian tarik. Spesimen dengan variasi kecepatan 8 mm/s tersebut memiliki kekuatan tarik yang paling tinggi seperti yang disajikan pada (Gambar 4.14), hal ini dapat terjadi dimna hasil pengamatan struktur makro yang terlihat bahwa pada kecepatan 8 mm/s tidak banyak terdapat porositas dari hasil patahan tersebut dibandingkan dengan variasi kecepatan lainnya. Selain itu, pada spesimen dengan kecepatan 12 mm/s yang memiliki nilai kekuatan tarik terendah, bahwa hal tersebut disebabkan karena penetrasi logam las yang tidak sempurna begitu juga terdapat porositas memanjang pada hasil patahan tersebut.

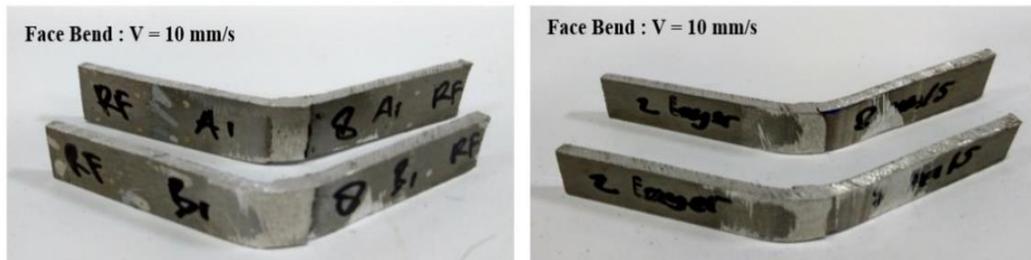
#### 4.5 Hasil Uji *Bending*

Pengujian beding dilakukan ununtuk mengetagui nilaki kekuatan bending yang dapat di terima oleh spesimen uji. Pengujian *bending* dibuat berdasarkan ketentuan standar ASTM D790 dengan dimensi ukuran panjang = 100, lebar = 12,7 mm, Tebal = 3mm dengan jarak tumpuan 50 mm. Pengujian bending dilakukan

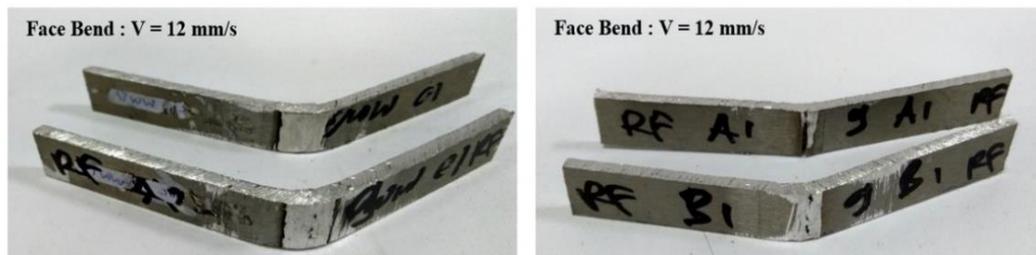
dengan 2 macam proses pengujian yaitu uji posisi *face bending* dan uji posisi *root bending*. berikut hasil dari pengujian bending yang disajikan pada (Gambar 4.16 sampai 4.18).



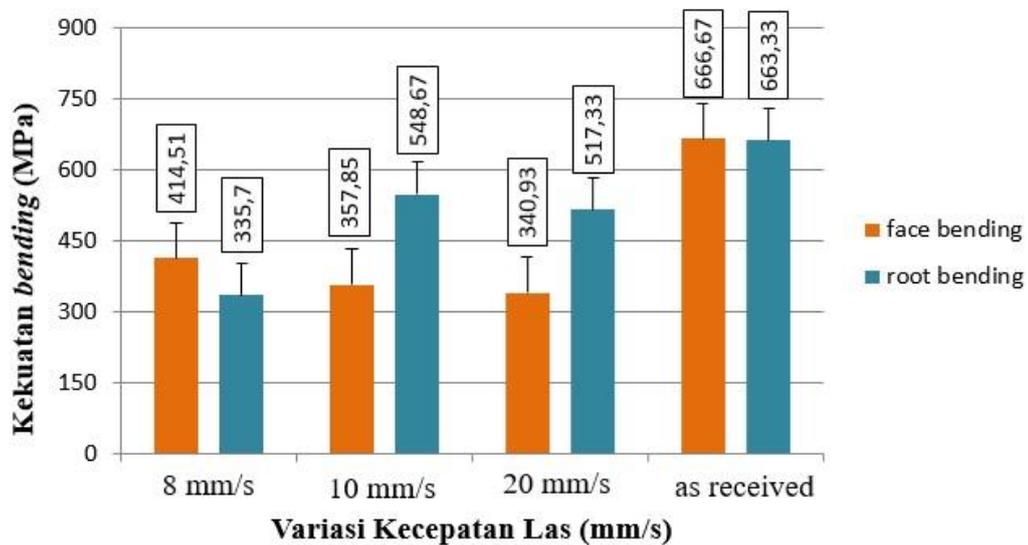
Gambar 4. 16 Spesimen kecepatan 8 mm/s setelah uji bending



Gambar 4. 17 Spesimen kecepatan 10 mm/s setelah uji bending



Gambar 4. 18 Spesimen kecepatan 12 mm/s setelah uji bending



Gambar 4. 19 Grafik hasil uji bending *face bending* dan *root bending*

Berdasar hasil nilai pengujian *bending* yang dapat terlihat oleh grafik di atas, nilai *raw material* uji bending pada *face bending* sebesar 666,67 MPa. Sedangkan perbandingan dengan spesimen yang sudah mengalami pengelasan di atas bahwa spesimen tersebut mengalami penurunan nilai kekuatan *bending* kurang lebih sekitar 55 %. selanjutnya mengenai perbandingan dari spesimen yang sudah mengalami proses pengelasan, bahwa nilai kekuatan *bending* metode *face bending* tertinggi terdapat pada spesimen pengelasan dengan kecepatan 8 mm/s sebesar 414,51 MPa dan nilai terendah sebesar 340,93 MPa pada spesimen kecepatan las 12 mm/s. Sedangkan hasil nilai kekuatan *bending* dengan metode *root bending*, dimana berdasarkan grafik yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai kekuatan *bending* tertinggi terdapat pada spesimen dengan kecepatan 10 mm/s. Hal ini di dikarenakan hasil pegelasan pada kecepatan 10 mm/s mengalami penumpukan logam las tidak simetris seperti yang terlihat pada foto hasil makro (Gambar 4.4) dan menyebabkan penambahan ukuran las yang terdapat pada bagian *base metal* lebih luas. Sehingga hasil kekuatan uji bending dengan metode *root bending* pada kecepatan 10 mm/s lebih besar.