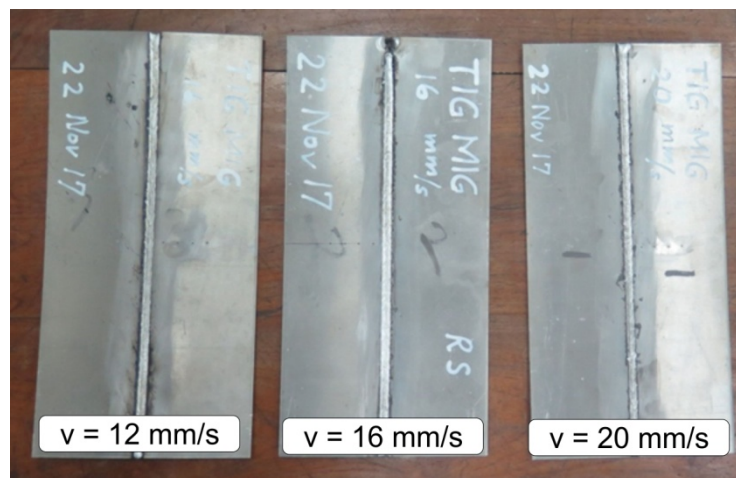


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengelasan

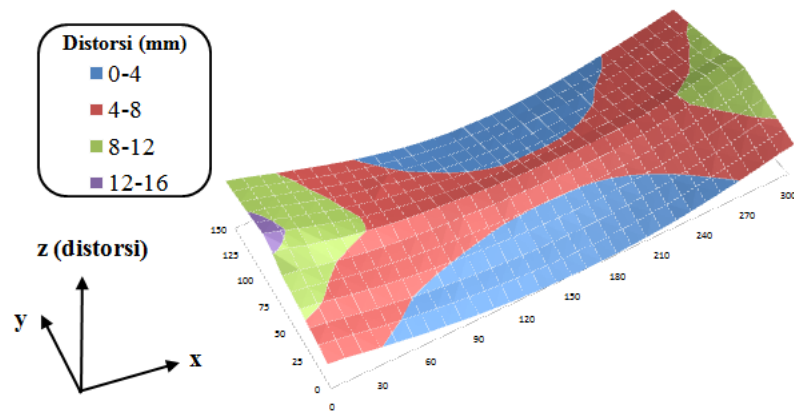
Berdasarkan pengamatan visual, hasil pengelasan memiliki bentuk sambungan las yang baik. Namun untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi kecepatan las terhadap distorsi, sifat mekanis, dan sifat fisis sambungan las diperlukan pengujian-pengujian dan pengukuran yang telah dijelaskan dalam metodologi penelitian. Proses pembuatan spesimen uji dan pengujian dilakukan di Laboratorium Fabrikasi Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik UMY dan Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM.



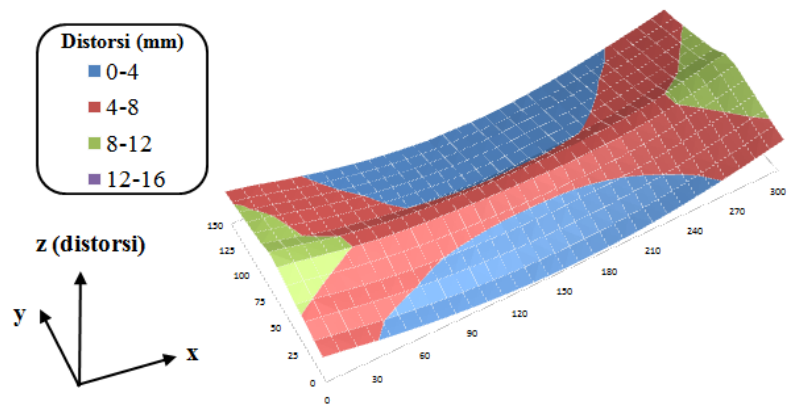
Gambar 4.1 Hasil las Tandem TIG MIG AA5083H16

#### 4.2 Hasil Pengukuran Distorsi

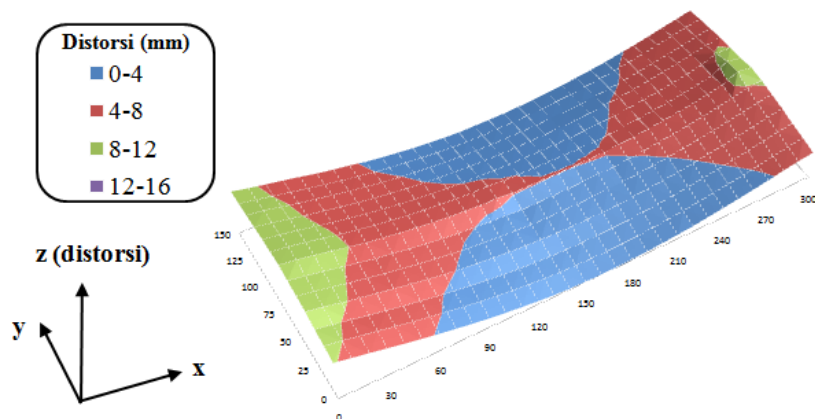
Pengukuran distorsi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana deformasi yang terjadi pada logam las dan bentuk akhir logam las. Deformasi yang terjadi lalu dibandingkan pada tiap variasi pengelasan. Hasil dari pengukuran distorsi ditunjukkan oleh Gambar 4.2 – 4.5.



Gambar 4.2 Distorsi pada spesimen dengan  $v = 12$  mm/s



Gambar 4.3 Distorsi pada spesimen dengan  $v = 16$  mm/s



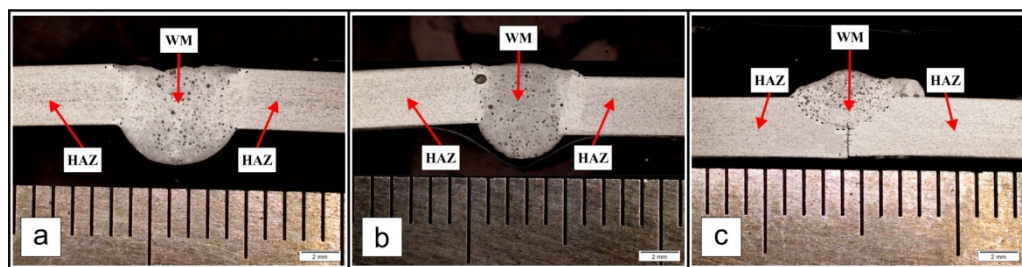
Gambar 4.4 Distorsi pada spesimen dengan  $v = 20$  mm/s

Berdasarkan Gambar 4.2 – 4.4 distorsi paling kecil terjadi pada spesimen dengan  $v = 20$  mm/s, lalu spesimen dengan  $v = 16$  mm/s, dan yang paling besar terjadi pada spesimen dengan  $v = 12$  mm/s. Analisa ini didapatkan dari pengamatan luas area berwarna biru dari grafik yang ditampilkan. Area berwarna biru dalam grafik merupakan deformasi sebesar 0-4 mm. Semakin luas area berwarna biru maka semakin kecil deformasi yang terjadi.

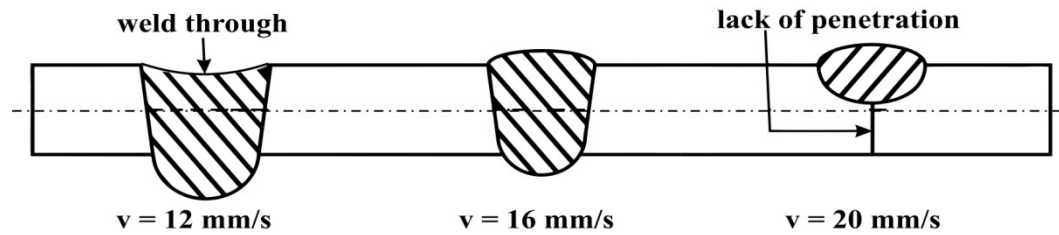
Distorsi pengelasan disebabkan antara lain karena masukan panas dan penanggeman spesimen pada saat proses pengelasan. Semakin besar masukan panas maka semakin besar pula distorsinya (Wiryo Sumarto, 2000). Hal ini berarti bahwa pada arus dan tegangan tetap, semakin tinggi kecepatan las maka semakin kecil masukan panas sehingga distorsi yang terjadi semakin kecil.

### 4.3 Hasil Pengamatan Struktur Makro dan Mikro

Pengamatan struktur makro dan mikro dilakukan untuk mengetahui pengaruh kecepatan las terhadap sifat fisis sambungan las Tandem TIG MIG. Sebelum mengamati struktur mikro pada sambungan las diperlukan pengamatan makro pada sambungan las tersebut untuk mengetahui cacat lasan yang terjadi. Cacat las yang terjadi pada hasil pengelasan Tandem TIG MIG bahan AA5083H1116 berdasarkan foto makro antara lain *porosity*, *weld through* dan *lack of penetration* (Gambar 4.6)



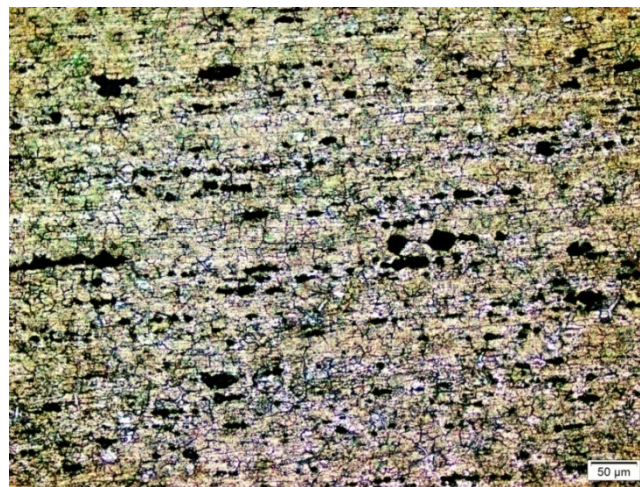
4.5 Hasil Foto Makro Sambungan Las Tandem TIG-MIG



Gambar 4.6 Ilustrasi *Weld Bead* hasil las Tandem TIG-MIG

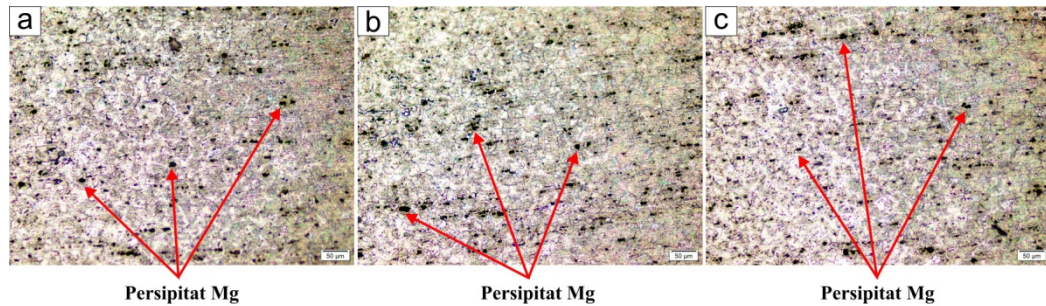
*Porosity* yang terjadi dapat disebabkan oleh terjebaknya gas hydrogen, nitrogen, atau oksigen dari udara sekitar pada saat pengelasan karena aliran gas pelindung yang kurang atau justru terlalu berlebih. Aliran gas pelindung yang terlalu besar dapat menyebabkan udara di sekitar gas pelindung teraspirasi ke dalam aliran gas pelindung. *Weld through* disebabkan oleh kecepatan las yang terlalu rendah sehingga masukkan panas yang terjadi terlalu besar dan mengakibatkan penetrasi elektroda cair terlalu dalam. *Lack of penetration* disebabkan oleh kecepatan las yang terlalu tinggi sehingga masukkan panas yang terjadi kurang dan mengakibatkan penetrasi elektroda cair tidak dapat menembus logam las.

Gambar 4.7. memperlihatkan struktur mikro daerah *base material* (BM) bentuk butir cenderung pipih dan batas butir yang halus. Hal ini terjadi akibat proses *roll* saat proses pembuatan material. Sifat mekanis dari *base material* tidak terpengaruh oleh panas yang ditimbulkan oleh proses pengelasan.



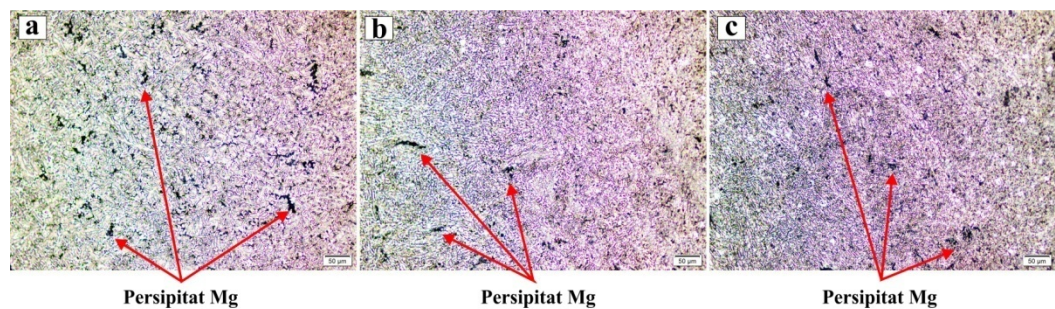
Gambar 4.7 Foto struktur mikro pada daerah *base material* (BM)

Jika dibandingkan dengan daerah *base metal*, butir pada daerah HAZ mengalami perubahan bentuk dan ukuran menjadi lebih besar. Pada daerah HAZ juga banyak terjadi presipitasi. Hal ini ditandai dengan adanya bagian-bagian berwarna gelap. Ukuran butir pada daerah HAZ relatif sama pada ketiga spesimen yang diamati.



Gambar 4.8 Foto struktur mikro daerah HAZ pada spesimen dengan kecepatan las: (a) 12 mm/s, (b) 16 mm/s, (c) 20 mm/s

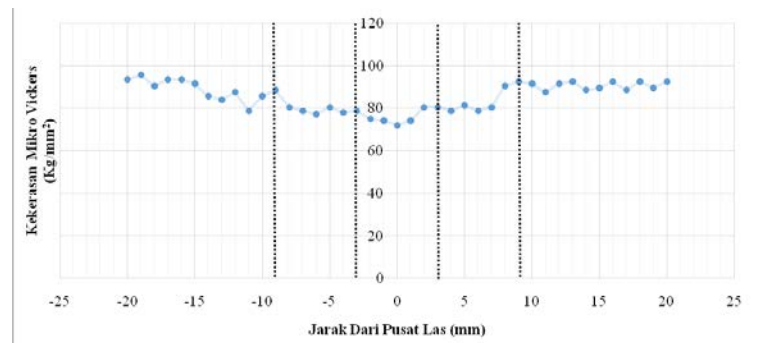
Daerah *weld metal* setelah proses pengelasan akan mengalami pembekuan dan menghasilkan struktur mikro berupa butiran-butiran kecil berbentuk cema yang sering disebut struktur dendrit. Hal ini terjadi karena adanya rekristalisasi pada suhu tinggi. Ukuran butir yang dihasilkan pada daerah *weld metal* spesimen dengan  $v = 20$  mm/s paling halus dan kecil dibandingkan dengan spesimen lain. Sedangkan spesimen dengan  $v = 12$  mm/s memiliki ukuran butir terbesar.



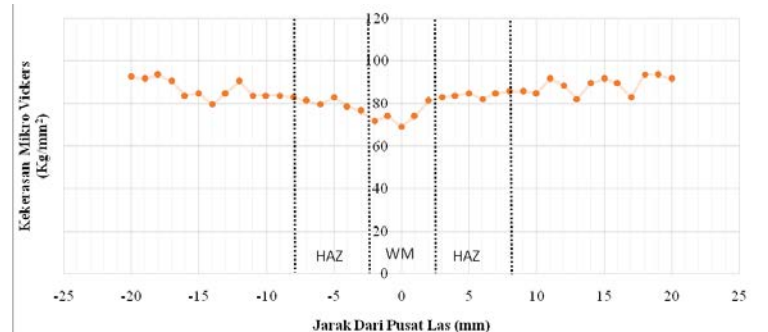
Gambar 4.9 Foto struktur mikro daerah *weld metal* (WM) pada spesimen dengan kecepatan las: (a) 12 mm/s, (b) 16 mm/s, (c) 20 mm/s

#### 4.5 Hasil Uji Kekerasan Mikro *Vickers*

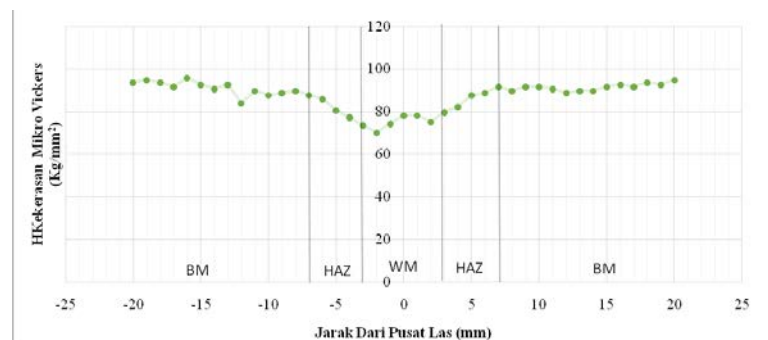
Uji kekerasan untuk material aluminium AA5083H116 hasil las Tandem TIG-MIG menggunakan *micro hardness Vickers* dan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan jarak tiap penetrasi indenter terhadap pusat las dengan besarnya *Vickers hardness number* (VHN). Jarak antar titik penetrasi indenter besarnya adalah 1000 mikron atau 1 mm. Hasil plot grafik uji kekerasan ditampilkan pada Gambar 4.10 – 4.13 dan Tabel 5.2.



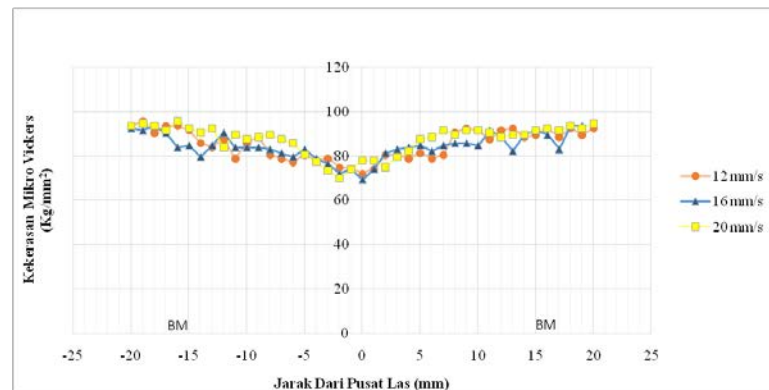
Gambar 4.10 Nilai kekerasan *Vickers* spesimen dengan  $v = 12$  mm/s



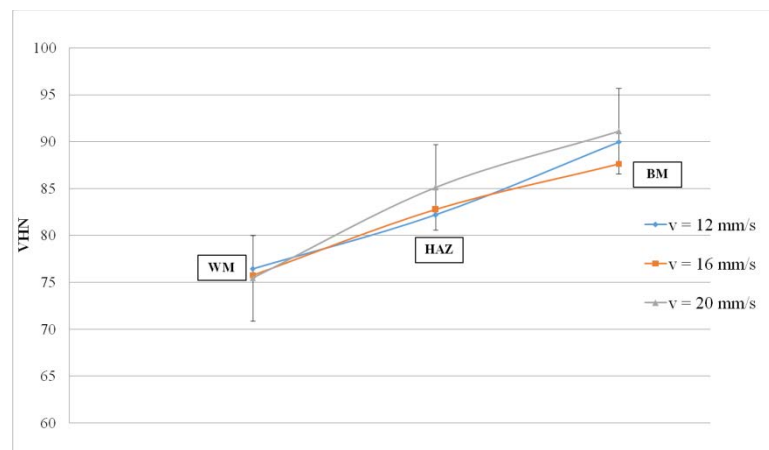
Gambar 4.11 Nilai kekerasan *Vickers* spesimen dengan  $v = 16$  mm/s



Gambar 4.12 Nilai kekerasan *Vickers* spesimen dengan  $v = 20$  mm



Gambar 4.13 Perbandingan nilai kekerasan *Vickers*



Gambar 4.14 Perbandingan VHN rata-rata pada daerah *weld metal* (WM), *heat affected zone* (HAZ) dan *base metal* (BM)

Tabel 4.1 Nilai kekerasan *Vickers* rata-rata

Spesimen	Nilai kekerasan <i>Vickers</i> rata-rata (VHN)			
	WM	HAZ	BM	Semua bagian
v = 12 mm/s	76,42 ± 3,43	82,18 ± 5,26	89,96 ± 3,78	82,85 ± 6,79
v = 16 mm/s	75,76 ± 4,94	82,74 ± 2,28	87,63 ± 4,21	82,04 ± 5,96
v = 20 mm/s	75,44 ± 3,35	85,12 ± 4,77	91,10 ± 2,56	83,89 ± 7,9

Berdasarkan gambar diatas, kita dapat mengetahui bahwa pada bagian *weld metal* nilai kekerasan yang diperoleh dari pengujian menunjukkan nilai yang hampir sama pada ketiga spesimen. Pada bagian HAZ nilai kekerasan ketiga spesimen lebih rendah daripada nilai kekerasan bagian *base metal*. Hal ini terjadi

karena terbentuknya presipitat dan ukuran butir yang berubah. Spesimen dengan nilai kekerasan rata-rata pada bagian HAZ tertinggi adalah spesimen dengan  $v = 20$  mm/s yaitu 85,12 VHN. Spesimen dengan  $v = 12$  mm/s memiliki nilai kekerasan pada bagian HAZ sebesar 82,18 VHN, sedangkan spesimen dengan  $v = 16$  mm/s memiliki nilai kekerasan pada bagian HAZ yaitu 82,74 VHN. Hal ini terjadi karena presipitat yang mengandung senyawa Mg yang terdapat pada bagian HAZ paling banyak diantara yang lainnya sehingga kekerasannya lebih rendah dari spesimen lain (BM).

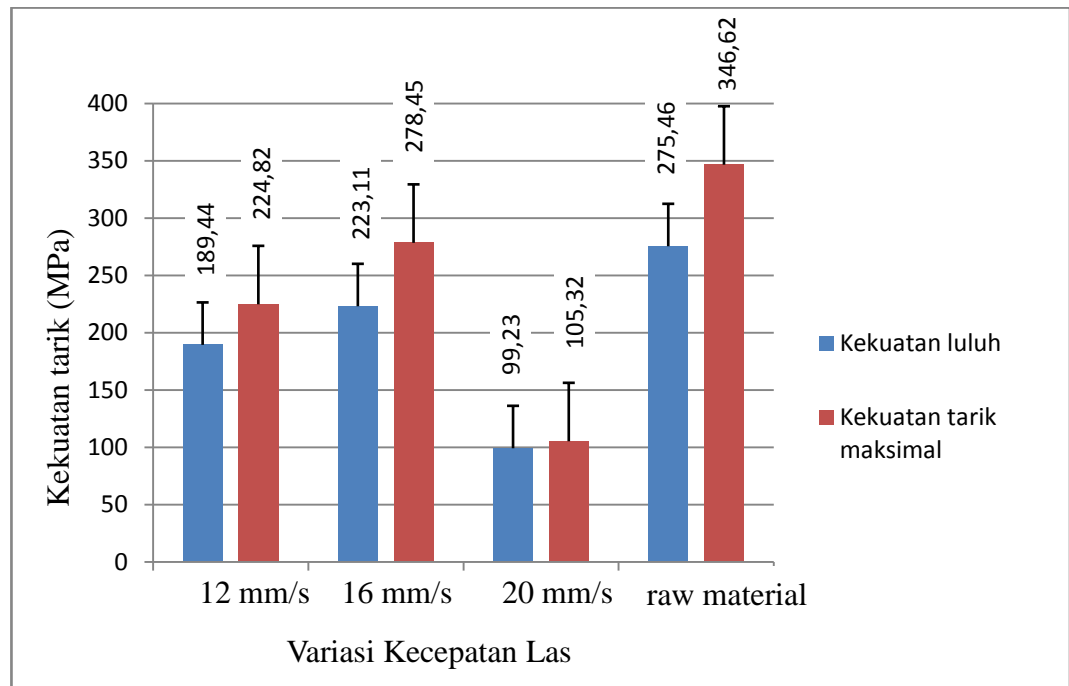
Pada bagian *base metal* nilai kekerasan pada ketiga spesimen tidak terlalu jauh berbeda. Spesimen dengan  $v = 20$  mm/s memiliki nilai kekerasan rata-rata tertinggi yaitu 91,10 VHN, kemudian diikuti spesimen dengan  $v = 12$  mm/s sebesar 89,96 VHN, dan spesimen dengan  $v = 16$  mm/s memiliki nilai terendah yaitu 87,63 VHN.

Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa kurva nilai kekerasan Vickers terhadap jarak ke pusat las pada tiap variasi pengelasan memiliki tren yang sama. Nilai kekerasan paling rendah berada pada bagian *weld metal* (WM), kemudian nilai kekerasan mengalami kenaikan pada bagian HAZ, dan nilai kekerasan paling tinggi berada pada bagian *base metal* (BM). Sedangkan untuk nilai kekerasan rata-rata total, spesimen dengan  $v = 20$  mm/s memiliki nilai tertinggi yaitu 83,89 VHN, spesimen dengan  $v = 12$  mm/s sebesar 82,85 VHN, dan spesimen dengan  $v = 16$  mm/s memiliki nilai terendah yaitu 82,04 VHN.

#### **4.6 Hasil Uji Tarik**

Hasil pengujian tarik menunjukkan nilai kekuatan tarik maksimal dan kekuatan luluh dari spesimen yang diuji. Hasil pengujian tarik ditampilkan pada Gambar 4.15.





Gambar 4.15 Grafik hasil uji tarik

Nilai kekuatan pada *raw material* adalah sebesar 275,46 MPa untuk kekuatan luluh dan 346,62 MPa untuk kekuatan tarik maksimal (Mudjjiana dkk, 2017). Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil uji tarik, spesimen dengan  $v = 16$  mm/s memiliki kekuatan luluh dan kekuatan tarik maksimal yang terbesar, yaitu 223,11 MPa dan 278,45 MPa. Spesimen dengan  $v = 12$  mm/s memiliki kekuatan luluh dan kekuatan tarik maksimal sebesar 189,44 MPa dan 224,82 MPa. Sedangkan spesimen dengan  $v = 20$  mm/s memiliki kekuatan luluh sebesar 99,23 MPa dan kekuatan tarik maksimal 105,32 MPa, yang merupakan nilai terendah dibanding dengan spesimen lain.

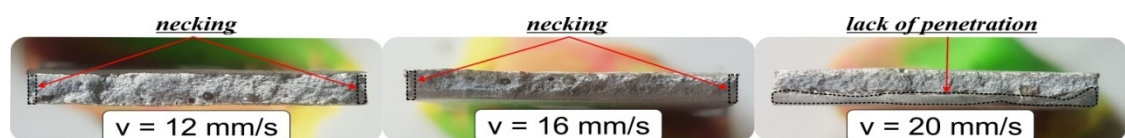
Pengelasan Tandem TIG-MIG dengan variasi kecepatan ( $v$ ) sebesar 12 mm/s dan 16 mm/s menghasilkan sambungan las yang bersifat ulet yang ditandai dengan adanya *necking* pada bekas patahan ujinya (Gambar 4.17). Sedangkan spesimen dengan variasi kecepatan las 20 mm/s menghasilkan sambungan yang bersifat getas karena patahan yang terjadi tegak lurus terhadap arah tegangan tarik dengan permukaan patahan yang mengkilat. Hal ini disebabkan karena patah terjadi pada permukaan kristal. Di samping itu pada permukaan tampak adanya

garis-garis halus yang dapat menunjukkan dengan mudah sumber dari patahan seperti pada Gambar 4.17 (c).

Patahan yang terjadi pada spesimen dengan variasi kecepatan las 12 mm/s dan 16 mm/s berada pada daerah HAZ. Daerah HAZ merupakan daerah yang paling rawan mengalami patah uji tarik karena pada daerah ini mengalami pemanasan dan pendinginan dengan cepat sehingga batas butir pada daerah ini semakin besar. Semakin besar perubahan batas butir maka semakin banyak jumlah persipitat yang terbentuk. Karena bertambahnya jumlah persipitat inilah yang mengakibatkan kekuatan daerah HAZ menjadi yang paling lemah dibanding WM dan BM. Sedangkan pada variasi kecepatan las 20 mm/s berada pada daerah WM. Hal ini terjadi karena *weld bead* pada variasi kecepatan las 20 mm/s terdapat cacat las *lack of penetration* yang diketahui dari foto makro pada sambungan las Tandem TIG-MIG. Variasi kecepatan las 16 mm/s memiliki hasil uji tarik tertinggi karena memiliki bentuk *weld bead* yang paling sempurna diantara variasi kecepatan las yang lain.



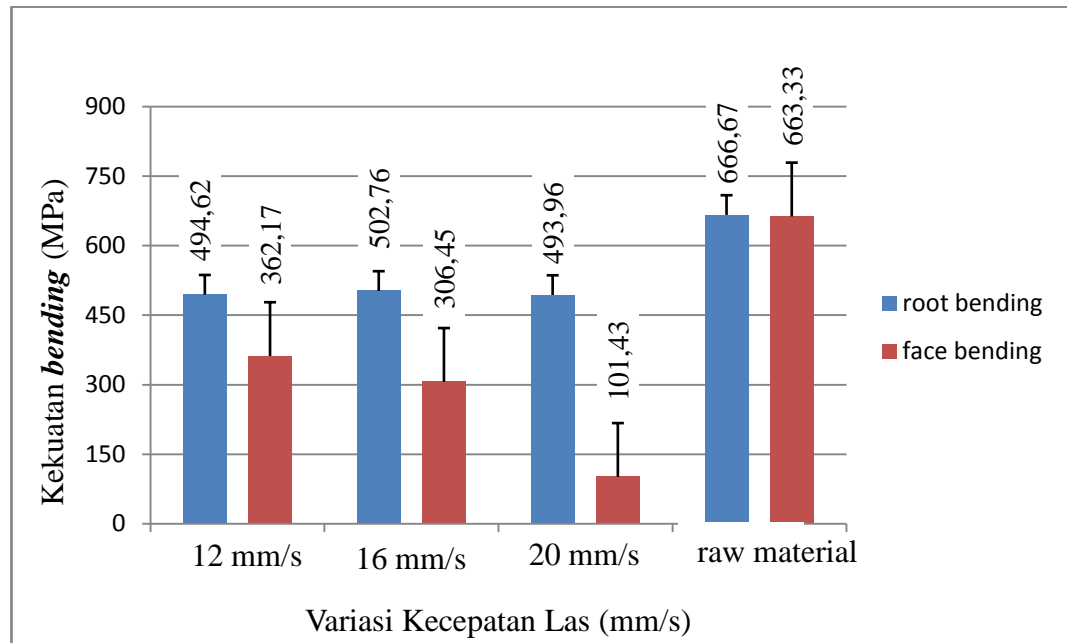
Gambar 4.16 Spesimen setelah diuji tarik



Gambar 4.17 Foto Makro spesimen patahan uji tarik

#### 4.7 Hasil Uji *Bending*

Hasil pengujian *bending* menunjukkan nilai kekuatan *bending* maksimal yang dapat diterima dari spesimen yang diuji. Pengujian *bending* dilakukan dengan 2 macam pengujian yaitu uji *face bending* dan uji *root bending*. Hasil dari pengujian *bending* ditampilkan pada Gambar 4.18.

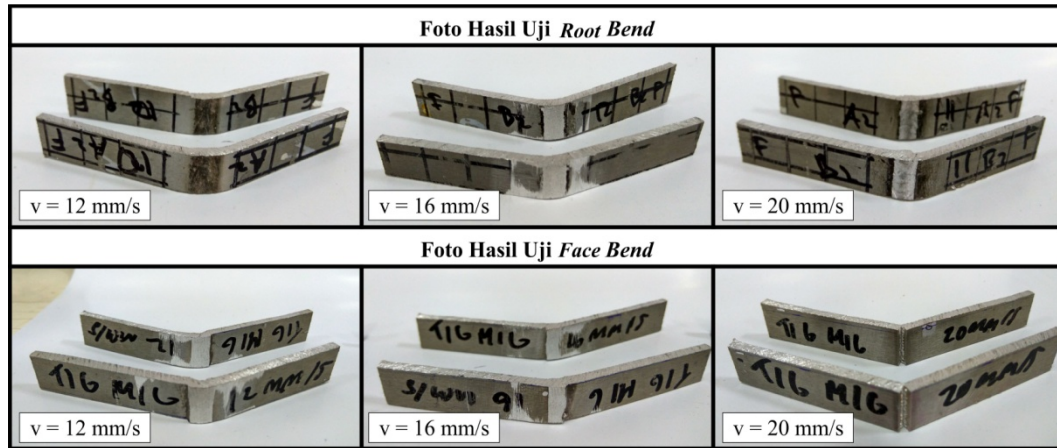


Gambar 4.18 Grafik hasil uji *bending*

Dari pembacaan grafik pada Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa pada pengujian metode *Face Bend*, kekuatan *bending* tertinggi didapatkan pada spesimen dengan  $v = 16$  mm/s sebesar 502,75 MPa, sedangkan nilai kekuatan *bending* yang paling rendah terjadi pada spesimen dengan  $v = 20$  mm/s sebesar 493,95 MPa. Dari hasil pengujian metode *Root Bend*, kekuatan *bending* tertinggi dihasilkan pada spesimen dengan  $v = 12$  mm/s sebesar 362,16 MPa, sedangkan nilai paling rendah terjadi pada spesimen dengan  $v = 20$  mm/s sebesar 101,42 MPa.

Dari gambar grafik dapat diketahui bahwa kekuatan *bending* dengan metode *Face Bend* cenderung lebih besar daripada kekuatan *bending* dengan metode *Root Bend*. Standar deviasi yang sangat tinggi pada spesimen dengan  $v = 20$  mm/s saat pengujian metode *Root Bend* mengindikasikan adanya cacat pada

spesimen uji. Gambar spesimen setelah uji bending ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Foto spesimen hasil uji *bending*