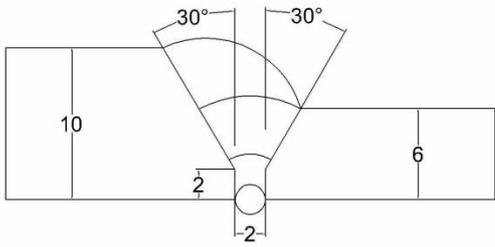


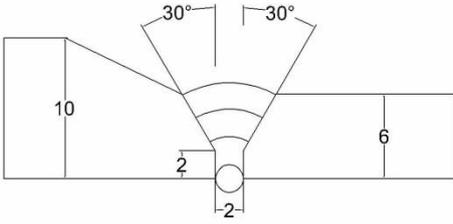
BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan WPS

Hasil pelaksanaan dari *Welding Procedure Specification* (WPS) metode *Non Chamfering dan Chamferig* dalam penelitian ini adalah:

<p><u>Joint Design</u> Type of joint : Butt Joint V Groove Single/Double : Single Backing : None Back Gouging : Yes</p>	<p>Join Detail (mm)</p> 
<p><u>Base Material</u> Spesifikasi : Aluminium 5083 Thickness : 10 mm & 6 mm</p>	
<p><u>Filler Metal</u> Wire type : ER5183 Wire size : 3.2 mm Brand name :</p>	
<p><u>Position</u> Welding Position : 1G</p>	

Gambar 4.1 *Welding Procedure Spesification* (WPS) Metode *Non Chamfering*

<p><u>Joint Design</u> Type of joint : Butt Joint V Groove Single/Double : Single Backing : None Back Gouging : Yes</p>	<p>Join Detail (mm)</p> 
<p><u>Base Material</u> Spesifikasi : Aluminium 5083 Thickness : 10 mm & 6 mm</p>	
<p><u>Filler Metal</u> Wire type : ER5183 Wire size : 3.2 mm Brand name :</p>	
<p><u>Position</u> Welding Position : 1G</p>	

Gambar 4.2 *Welding Procedure Spesification* (WPS) Metode *Chamfering*

Dalam pengujian ini arus yang tercatat data-data pengelasan material uji aluminium 5083 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Pengelasan Material Uji Aluminium 5083

Kode Spesimen	Jenis Pengelasan	Metode	Ampere	Volt	Travel Speed
TP II	GMAW	Chamfer	103 A	19.8 V	150-170 mm/mnt
TP III	GMAW	Non Chamfer	103 A	19.8 V	150-170 mm/mnt

4.2. Analisa Pengujian

Dalam pengujian ini arus yang tercatat data-data pengelasan material uji aluminium 5083 sebagai berikut :

Pengujian bahan (*specimen*) memegang peranan penting dalam sebuah penelitian dalam hal ini khususnya dibidang konstruksi dan kekuatan kapal, terutama pengujian material yang akan digunakan dalam pembangunan kapal. Secara detil penelitian dan pengujian tersebut meliputi persoalan teknik pengelasan dan pemeriksaan hasil pengelasan (DT dan NDT).

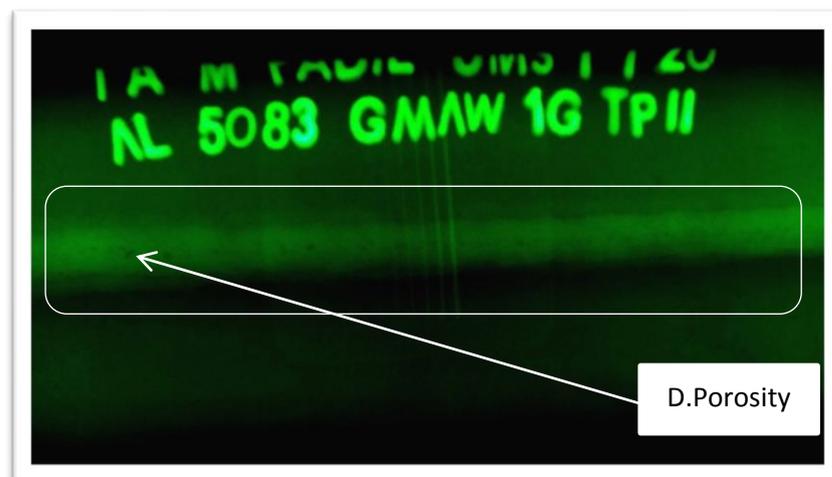
4.2.1 Radiography

Radiography merupakan pengujian NDT yang bertujuan untuk mengetahui kondisi cacat pengelasan setelah dilakukan proses pengelasan ulang, sehingga tercipta standart kerja dan keamanan pada objek yang diuji dapat terpenuhi. Pengujian *radiography* ini mengacu pada AWS D1.1 *Code*.

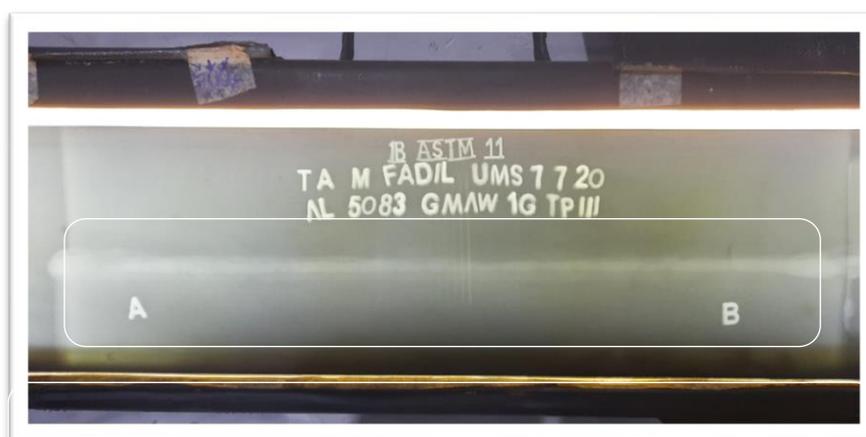
Jika dilihat dari pengujian *radiography test* pada pengelasan pada *test pieces III* (gambar 4.2.) dengan hasil ACC no repair, maka hal ini disebabkan pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) memiliki *shielding gas* atau gas pelindung dengan komposisi hingga 99,95 %. Gas pelindung ini berfungsi untuk melindungi cairan logam las dari udara lingkungan sekitar untuk mencegah terjadinya proses oksidasi antara logam las dengan udara luar. Hal ini bisa dilihat dari hasil pengujian *radiography test* pada pengelasan yang tidak ditemukan *deffect* pada *weld metal*, karena gas murni argon yang berkomposisi 99,95 % mampu melindungi logam dari udara sekitar yang masuk.

Untuk pengujian *radiography test* pada pengelasan *test pieces II* (gambar 4.1.) dengan hasil terdapat *Welding Defect Slag Inclusion*, yang artinya cacat yang terdapat pada daerah dalam hasil lasan. Cacat ini berupa *slag* (*flux* yang mencair) yang berada dalam lasan, yang sering terjadi pada daerah *stop and run* (awal dan berhentinya proses pengelasan). Hal-hal yang bisa menyebabkan adanya *Welding Defect Slag Inclusion* adalah sebagai berikut (jurnal : analisa cacat las pada pengelasan butt joint dengan variasi arus & posisi pengelasan) :

- a. Kekuatan arus saat pengelasan
- b. Proses pembersihan *spatter* dalam proses pengelasan mulai *root* sampai *capping*
- c. Penggabungan yang kurang sempurna antara logam induk dengan logam lasan.



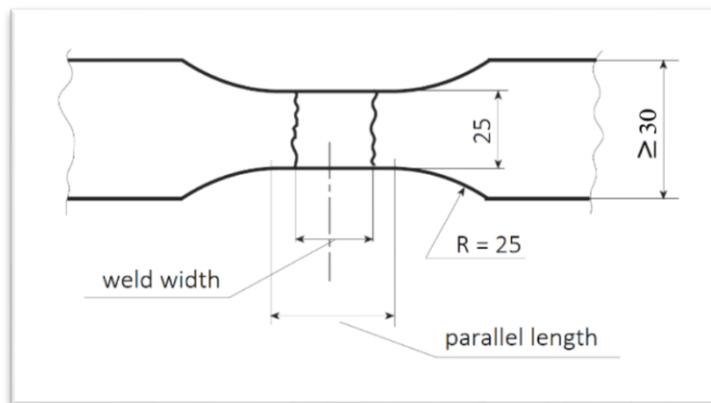
Gambar 4.3. Hasil pengujian *radiography* dengan terdapat *porosity*



Gambar 4.4. Hasil pengujian *radiography ACC*

4.2.2 Uji Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian dilakukan dengan mencekam specimen pada kedua sisinya secara berlawanan sampai *test pieces* patah. Dimensi *test pieces* uji tarik yang dipakai sesuai standard BKI Vol VI *Rules For Welding*, 2020 (section 5 halaman 11) seperti pada gambar 4.7, untuk pembuatan *test pieces* digunakan mesin gergaji dan *mailing machine* (gambar 4.8 dan 4.9). Untuk nilai setiap *test pieces* tidak boleh kurang dari 70% dan nilai rata-rata 2 *test pieces* tidak boleh kurang dari 85%, jika itu tidak terpenuhi harus dilakukan pengulangan.



Gambar 4.5 Sketsa *test pieces* uji tarik sesuai standard BKI Vol VI *Rule For Welding*, 2020



Gambar 4.6 Proses pembuatan *test pieces* uji tarik dengan mesin gergaji

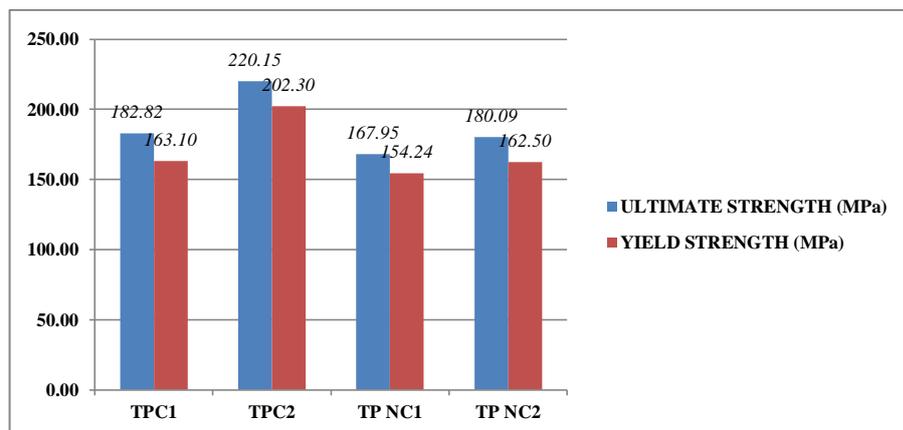


Gambar 4.7 Proses pembentukan *test pieces* uji tarik dengan *mailing machines*

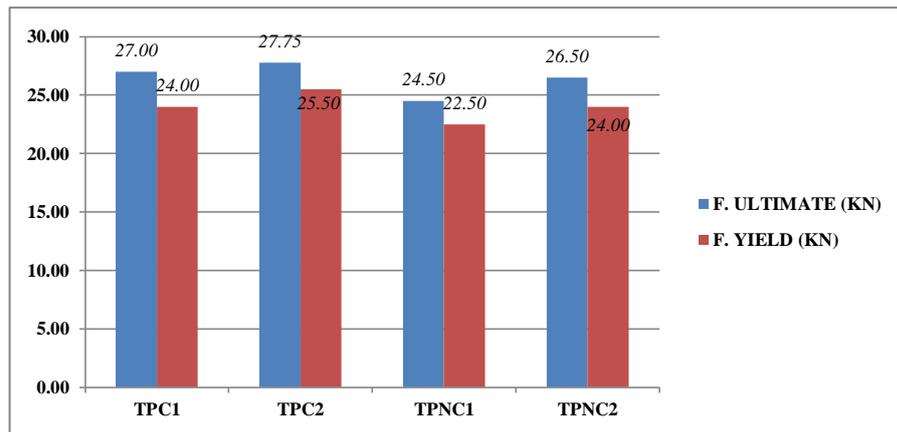
4.2.2.1. Hasil Pegujian Tarik

Tabel 4.2 Tabel hasil pengujian uji tarik

CODE MATERIAL	WIDTH (MM)	THICK (MM)	CSA (MM ²)	YIELD STRENGTH (MPa)	ULTIMATE STRENGTH (MPa)	F. YIELD (KN)	F. ULTIMATE (KN)
TP C1	25.29	5.84	147.69	163.10	182.82	24	27
TP C2	25.26	5.88	148.52	202.30	220.15	25.5	27.75
TP NC1	24.29	5.84	145.88	154.24	167.95	22.5	24.5
TP NC2	25.11	5.86	147.15	162.50	180.09	24	26.5



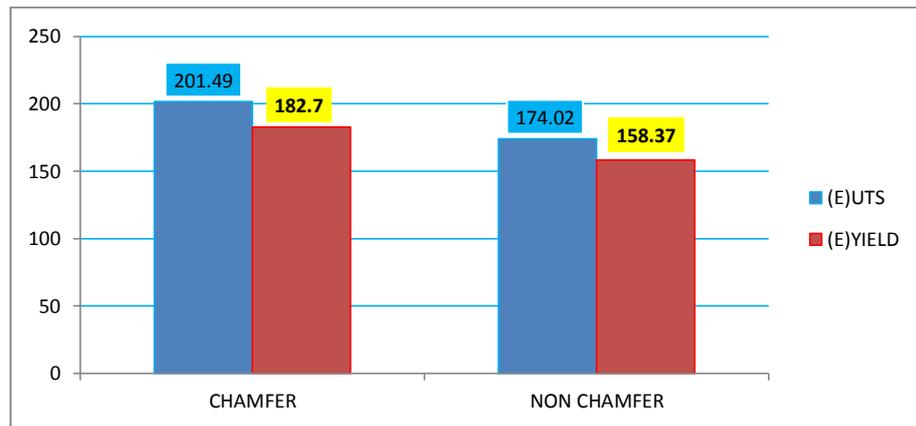
Gambar 4.8. Grafik *Tensile Strength*



Gambar 4.9. Grafik *Tensile Strength*

Tabel 4.3 Tabel hasil rata-rata dari uji tarik

CODE MATERIAL	RATA2 YIELD STRENGTH	RATA2 ULTIMATE STRENGTH
TP C	182.70	201.49
TP NC	158.37	174.02



Gambar 4.10 Grafik Hasil Rata-Rata Uji Tarik terhadap UTS dan *Yield Streght*

4.2.2.2 Analisa Hasil Pengujian

Pada hasil pengujian nilai kuat tarik turun signifikan dari base metal, nilai kekuatan tarik rata-rata terbesar hasil pengelasan GMAW aluminium 5083 dihasilkan oleh perlakuan *chamfer* yaitu **201.49 Mpa** dan nilai rata-rata terkecil dihasilkan oleh perlakuan *non chamfer* yaitu **174.02 Mpa**, dan nilai rata-rata ketegangan luluh terbesar ada pada perlakuan *chamfer* dengan nilai sebesar **182.70 Mpa** dan nilai rata-rata terkecil pada tegangan luluh adalah sebesar **158.37 Mpa**. Dari hasil rata-rata yang ditunjukkan dengan grafik pada gambar 4.7 dapat ditarik kesimpulan bahwa perlakuan *chamfer* mempunyai nilai terbesar terhadap tegangan tarik maksimum (*ultimate yield strength*) dan tegangan

luluh (*yield strength*), hal ini dikarenakan *bavel* yang mempunyai sudut lebih besar mempengaruhi terhadap kekuatan tarik dan tegangan luluh.

Dari kedua metode tersebut patahan terjadi pada daerah yang sama yaitu pada daerah yang mempunyai ketebalan pelat yang lebih tipis (pelat dengan ketebalan 6mm) dan berada di daerah *weld metal*, hal ini terjadi karena sifat aluminium yang menurun kekuatannya akibat panas dari proses pengelasan dan membuktikan bahwa kekuatan las dari kedua metode tersebut lebih besar jika dibandingkan kekuatan *base metal*/logam induknya sendiri.

Daerah perpatahan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.11. Daerah patahan spesimen TP C2 dengan perlakuan *chamfer*



Gambar 4.12. Daerah patahan spesimen TP C1 dengan perlakuan *chamfer*



Gambar 4.13. Daerah patahan spesimen TP NC2 dengan perlakuan *chamfer*



Gambar 4.14. Daerah patahan spesimen TP NC1 dengan perlakuan *chamfer*

4.2.3 Uji Kekerasan (*Hardness Vickers*)

Pengujian kekerasan mempunyai tujuan untuk menentukan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap *indenter* yang ditekan pada permukaan specimen uji. Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan bahan uji berjumlah 2 spesimen setiap metode dimana terdapat 3 lokasi pengujian yaitu : *base metal*, *head affected zone (HAZ)*, *weld metal*. Didunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yaitu

a. Metode *Brinell*

Merupakan uji kekerasan pertama kali dan banyak digunakan yang diajukan oleh J.A Brinell pada tahun 1900 dan digunakan pembakuannya, uji ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam menggunakan indenter. Metode ini mempunyai kelebihan yaitu sangat dianjurkan untuk material-material atau bahan-bahan uji yang bersifat heterogen, dan kekurangan yaitu butuh ketelitian saat mengukur diameter lekukan hasil indentasi.

b. Metode *Rockwell*

Metode yang paling banyak digunakan di Amerika Serikat karena mempunyai sifat-sifat yang cepat dan bebas dari kesalahan manusia, serta mampu membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang diperkeras dan ukuran lekukannya kecil sehingga bagian yang mendapat perlakuan panas yang lengkap dapat diuji kekerasaannya tanpa menimbulkan kerusakan.

c. Metode *Vickers*

Metode pengujian ini dilaksanakan dengan cara menekan benda uji atau spesimen dengan indentor intan yang berbebentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan-permukaan yang berhadapan 136° , penekanan oleh indentor akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan benda uji.

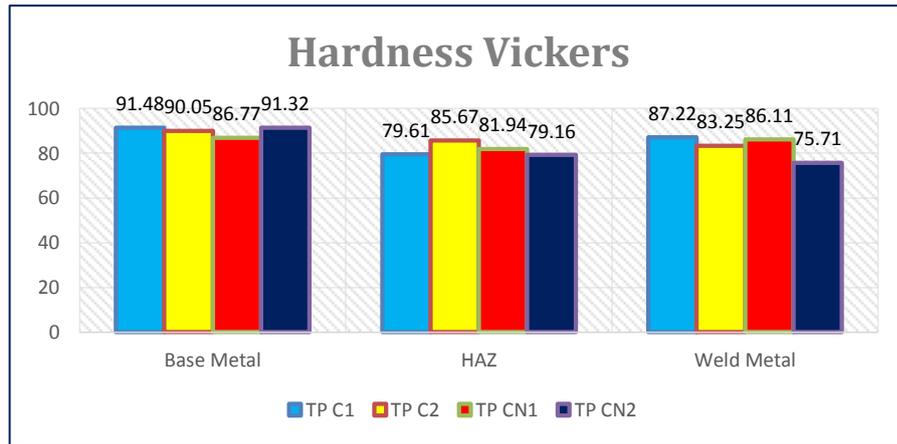
Dari keempat metode yang tersebut diatas, dalam penelitian ini menggunakan metode *Vickers*. Keuntungan menggunakan metode ini adalah :

- a. Menggunakan hanya satu jenis indentor untuk menguji material yang lunak hingga keras
- b. Pembacaan ukuran jejak dapat dilakukan lebih akurat
- c. Jenis pengujian yang relative tidak merusak
- d. Dapat digunakan hamper pada semua logam

Standart pengujian kekerasan *Vickers* secara lengkap diuraikan dalam ASTM E92 Metode Standar Pengujian Kekerasan *Vickers* untuk Bahan Logam dan ASTM E384 Metode Pengujian Standar Kekerasan Mikro Material. Cara penulisan *Vickers* biasanya ditulis dalam bentuk angka yang diikuti dengan huruf HV (*Hardness Vickers*) dan besarnya beban uji.

Tabel 4.4 Data hasil pengujian uji kekerasan

No.	Spesimen	Lokasi Titik	HV
1.	TP C1	Base Metal	90.05
		HAZ	79.16
		Weld Metal	87.22
2.	TP C2	Base Metal	86.77
		HAZ	85.67
		Weld Metal	83.25
3.	TP NC1	Base Metal	91.48
		HAZ	81.94
		Weld Metal	86.11
4.	TP NC2	Base Metal	91.32
		HAZ	79.61
		Weld Metal	75.71



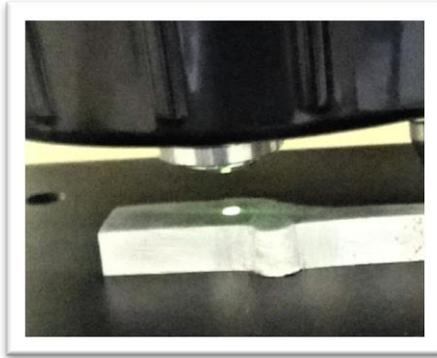
Gambar 4.15. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Setelah dibandingkan nilai kekerasan tiap spesimen seperti pada *chart bar* gambar 4.10. didapatkan distribusi kekerasan tertinggi pada *base metal* dengan kode *test pieces* TP C1 adalah **91.48 HV** dan nilai kekerasan terendah ada pada kode *test pieces* TP C2 adalah **86.77 HV**.

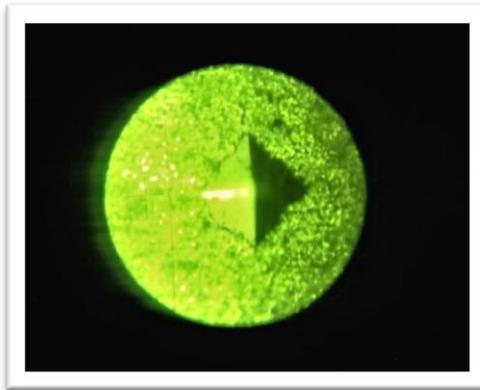
Untuk nilai kekerasan tertinggi pada HAZ dengan kode *test pieces* TP C2 dengan nilai sebesar **85.67 HV** dan nilai terendah ada pada kode *test pieces* TP NC2 dengan nilai sebesar **79.16 HV**.

Untuk nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* ada pada kode *test pieces* TP C1 dengan nilai sebesar **87.22 HV** dan nilai kekerasan terendah ada pada kode *test pieces* TP NC2 dengan nilai sebesar **75.71 HV**

Hal ini menunjukkan bahwa penyambungan las dengan jenis *butt joint* yang berbeda ketebalan dengan perlakuan *chamfer* mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang mendapatkan perlakuan *non chamfer*.



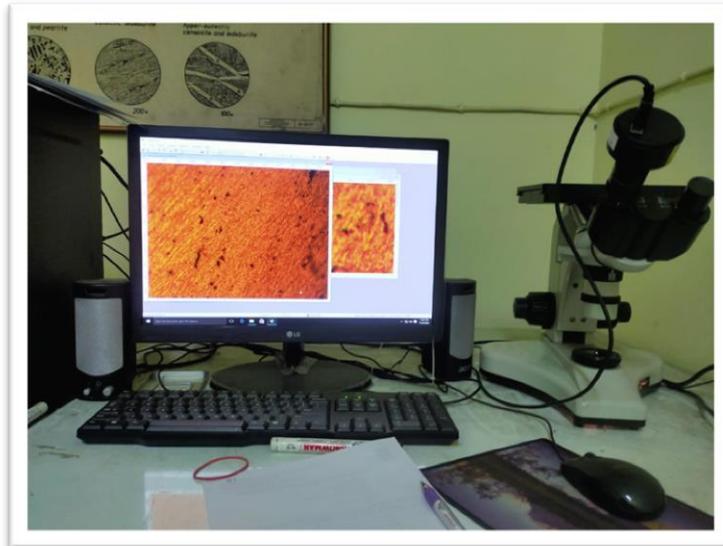
Gambar 4.16. Proses *Hardness Vickers*



Gambar 4.17. Hasil setelah *test pieces* di beri indentor



Gambar 4.18. Hasil *microhardness*



Gambar 4.19. Alat uji struktur mikro

4.2.4 UJI STRUKTUR MAKRO

Proses makro pengelasan makro dilakukan pada sambungan las untuk memperlihatkan hasil las serta daerah di sekitarnya. Penampang melintang dari sambungan las diambil, kemudian dihaluskan permukaannya dengan mesin polish dengan menggunakan berbagai jenis grade kertas gosok sampai permukaannya mengkilap. Permukaan itu kemudian dietsa dengan larutan kimia untuk memperlihatkan bentuk daerah yang terjadi akibat proses las tersebut. dari uji makro akan memperlihatkan :

- a. Jumlah run yang digunakan untuk menyelesaikan sambungan
- b. *Head Affected Zone (HAZ)*
- c. Cacat-cacat las
- d. Tingkat penetrasi dan daerah fusi

Kriteria uji makro adalah hasil pemeriksaan secara visual pada penampang logam lasan dan daerah terpengaruh *Head Affected Zone (HAZ)* harus menunjukkan fusion yang sempurna dan bebas retakan. Perbedaan panjang kaki-kai lasan fillet tidak boleh lebih dari 3.2 mm.

Dari pengamatan struktur makro diketahui bahwa daerah *Head Affected Zone* (HAZ) yang terbentuk setelah pengelasan sangat kecil, dengan ukuran lebar 1-2 mm pada tiap spesimen.

4.2.5 UJI STRUKTUR MIKRO

Pada pemeriksaan mikro dilakukan pada daerah *weld metal*, HAZ dan *base metal*, specimen yang akan di uji mikro terlebih dahulu di etsa menggunakan cairan kimia *keller's reagent*. Hal ini dilakukan untuk mengikis permukaan *test pieces* yang akan di uji supaya mendapatkan gambar permukaan yang jelas.

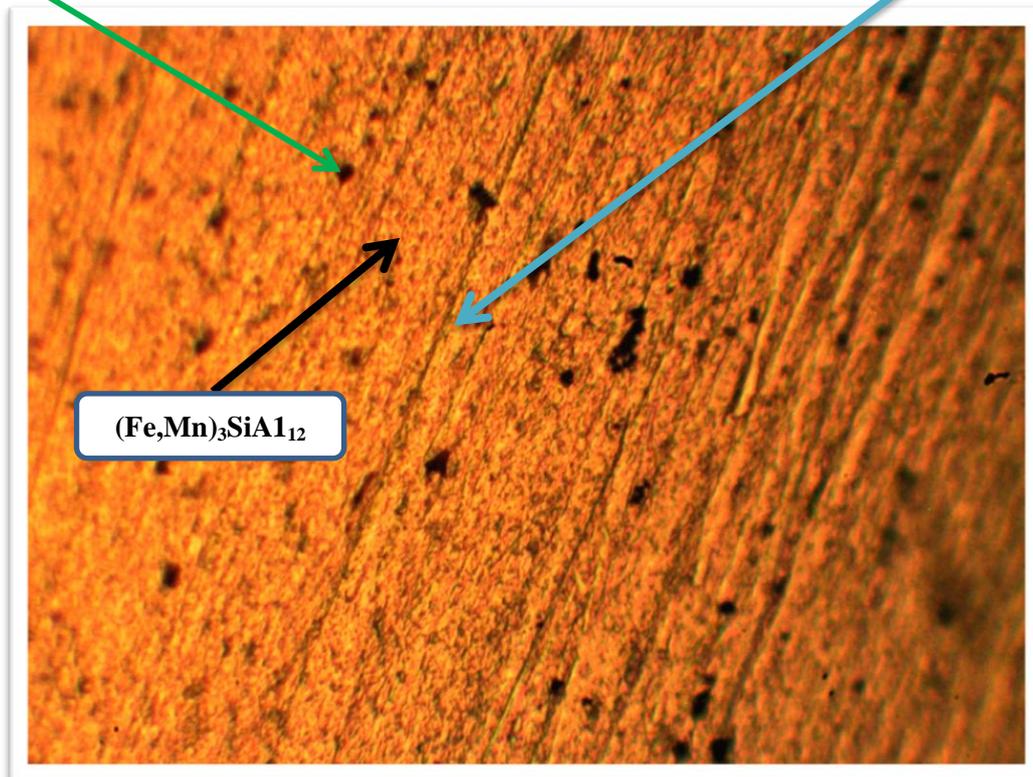
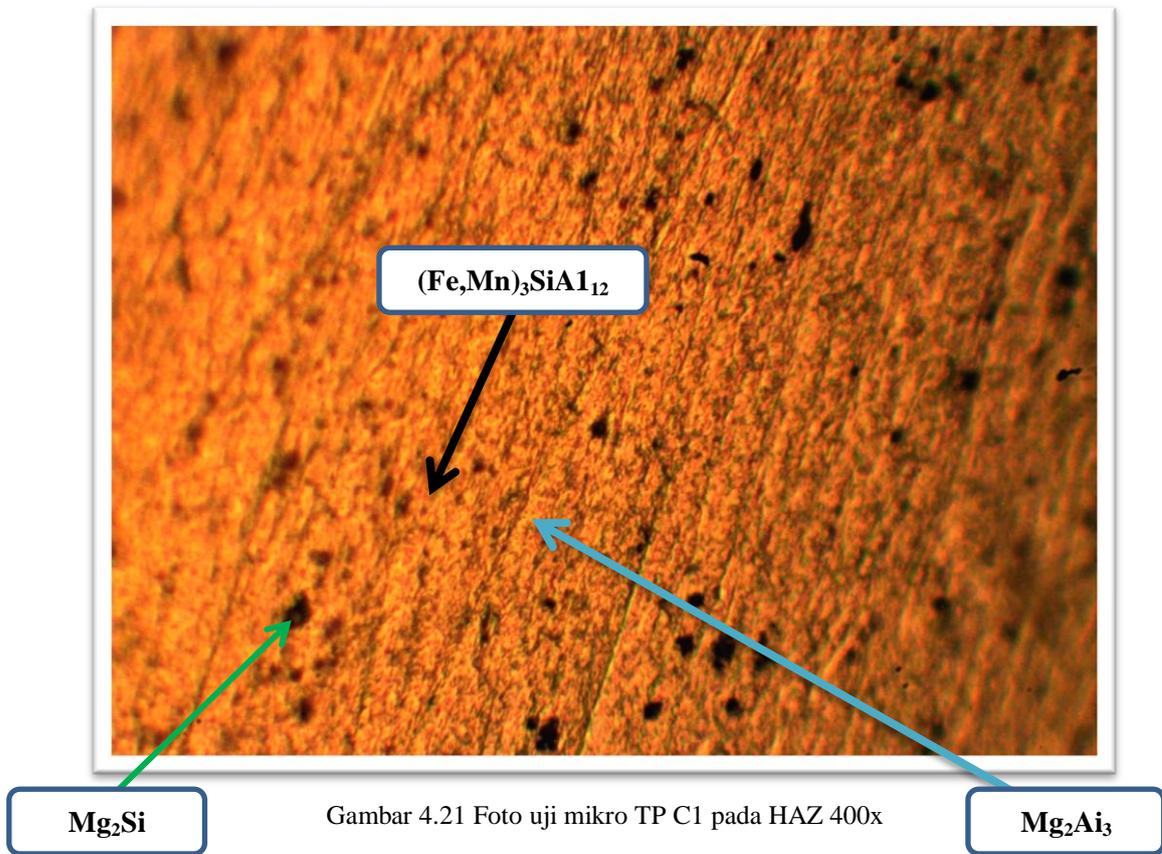
Menurut ASTM International volume 9, 1990 partikel hitam yang terpisah merata pada matrik aluminium adalah Mg_2Si , partikel yang berwarna abu-abu adalah $(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$ dan partikel yang berwarna kebiru-biruan adalah Mg_2Al_3 . Partikel Mg_2Si cenderung membuat material semakin ulet atau tangguh, partikel $(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$ cenderung membuat material menjadi *brittle*, dan partikel Mg_2Al_3 berpengaruh terhadap ketangguhan material.

Pengujian mikro sendiri dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk struktur mikro (*microstructure*) pada posisi *base metal*, *weld metal* dan HAZ, dengan pembesaran 400x.

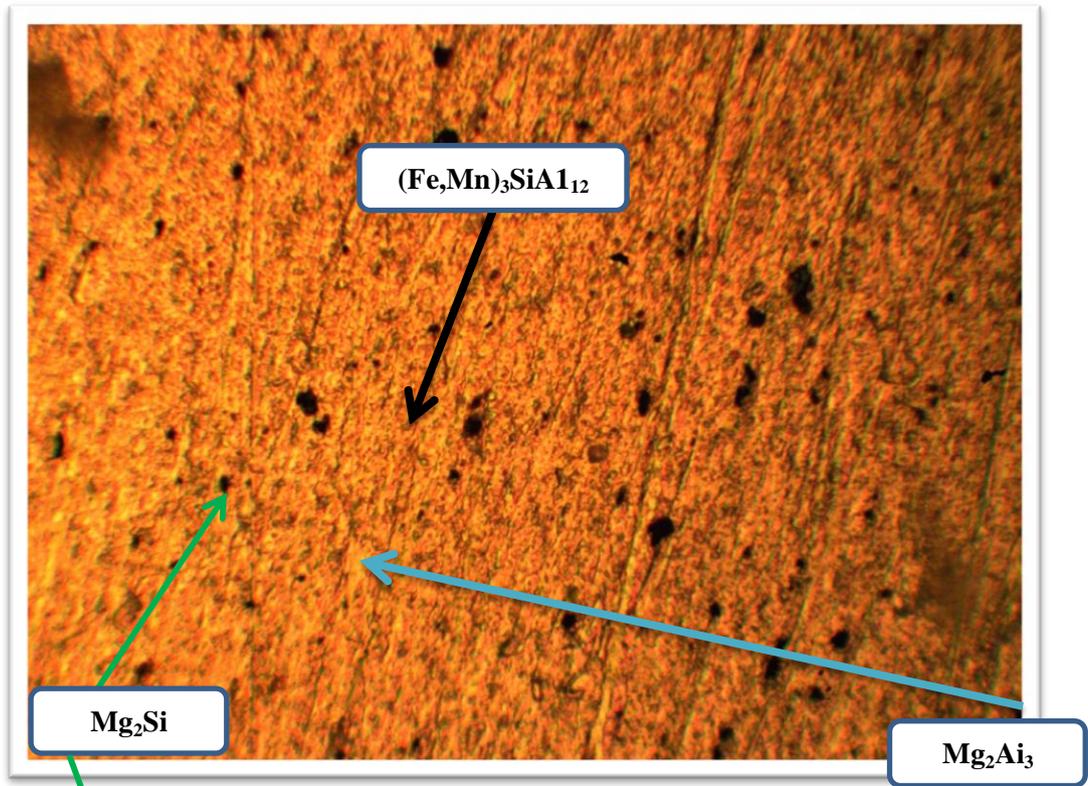


Gambar 4.20. *Test Pieces* uji mikro yang telah di etsa

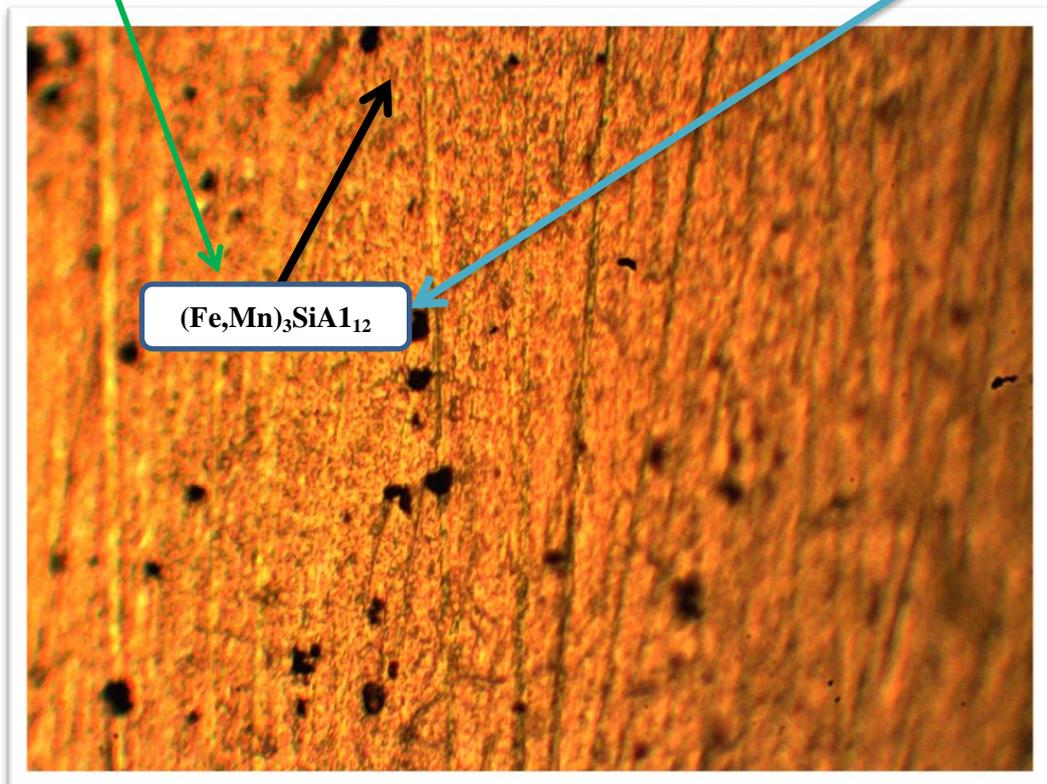
Berikut foto hasil pengujian struktur mikro pengelasan aluminium 5083 pada daerah HAZ, *weld metal* dan *base metal* :



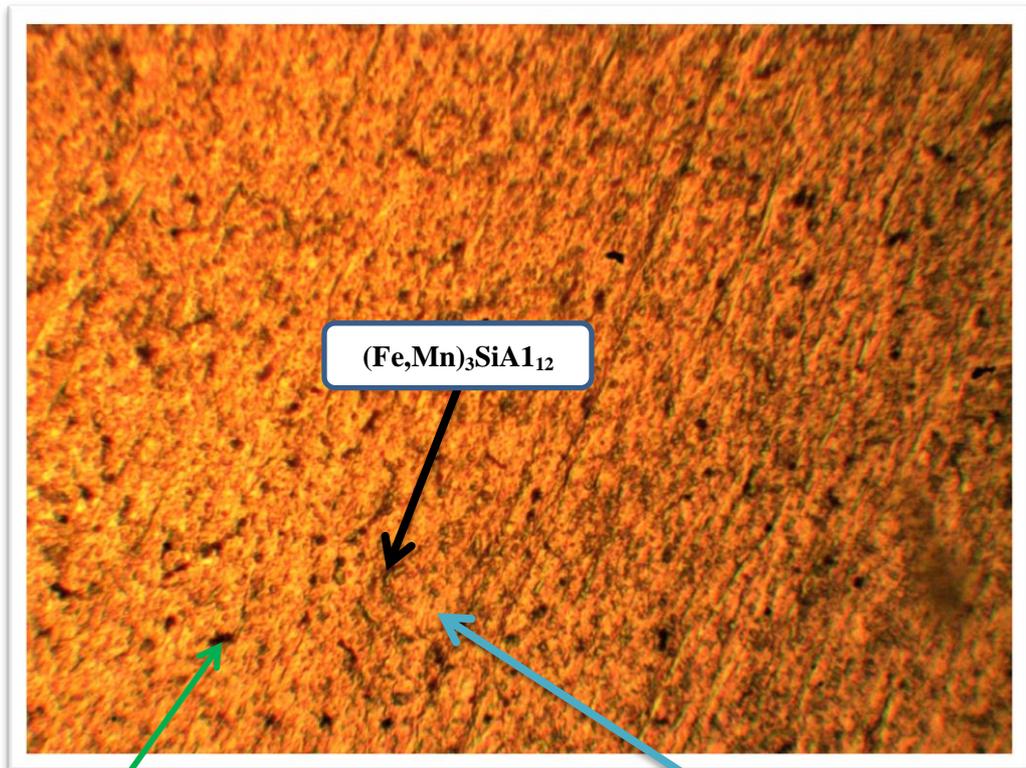
Gambar 4.22 Foto uji mikro TP NC1 pada HAZ dengan perbesaran 400x



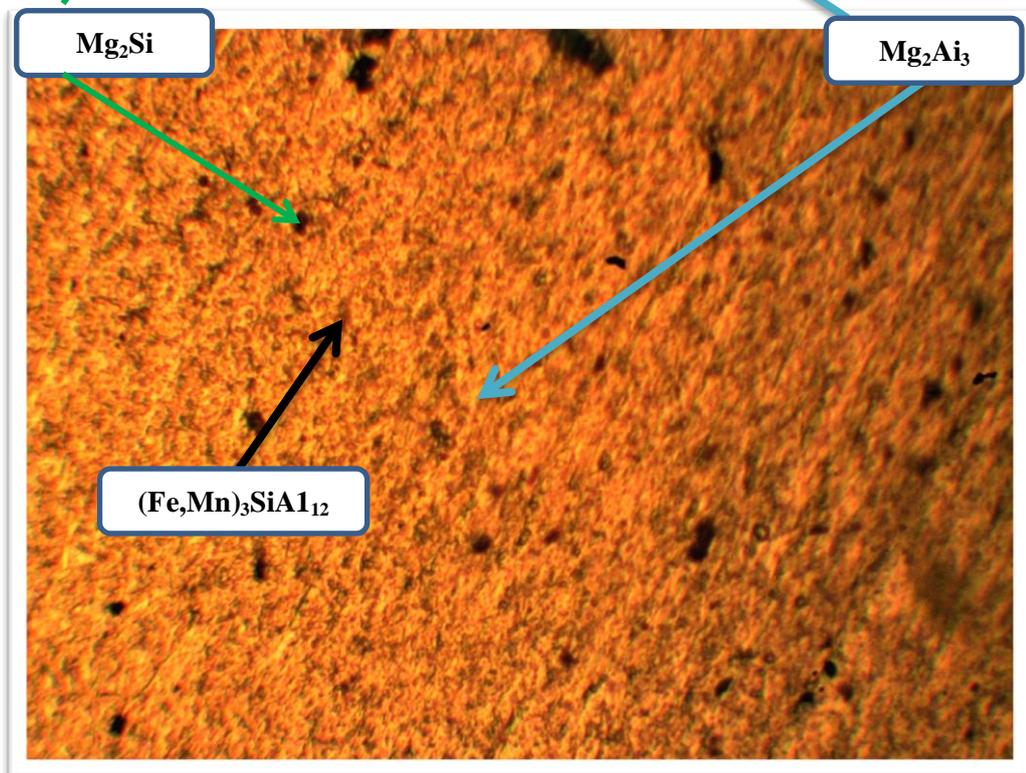
Gambar 4.23 Foto uji mikro TP C1 pada *base metal* dengan perbesaran 400x



Gambar 4.24. Foto uji mikro TP NC1 pada *base metal* dengan perbesaran 400x



Gambar 4.25. Foto uji mikro TP C1 pada *weld metal* dengan perbesaran 400x



Gambar 4.26. Foto uji mikro TP NC1 pada *weld metal* dengan perbesaran 400x

Sifat mekanik yang berubah tidak lepas dari perubahan struktur mikro yang terjadi selama pengelasan. Perubahan struktur mikro terjadi pada daerah *Head Affected Zone* (HAZ) yang merupakan percampuran dari *weld metal* dan *base metal*. Struktur mikro awal dari aluminium 5083 adalah Mg_2Al_3 . Adanya pemanasan dari pengelasan membuat Mg larut dalam Kristal Al yang FCC. Setelah temperatur menurun, batas kelarutan Mg dalam Al sendiri menurun dan sebagian Mg akan keluar dari Kristal. Mg yang keluar ini akan berikatan dengan Si yang merupakan unsur terbesar dari filler dan membentuk partikel Mg_2Si .

Oleh karena itu pada daerah *Head Affected Zone* (HAZ) butiran hitam tampak lebih besar dan kasar dibandingkan butiran hitam yang sama pada daerah *base metal* dan *weld metal*. Semakin banyak butir hitam (Mg_2Si) akan mengakibatkan kekerasan meningkat dan menurunkan keuletan, sejalan dengan bertambahnya Mg_2Si , maka partikel $(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$ ditunjukkan pada warna keabu-abuan, yang menyatu dengan matrik aluminium juga semakin menurun, meskipun tidak drastis.

Begitu juga dengan Mg_2Al_3 (ditunjukkan yang berwarna agak putih) akan menurun sebagai akibat naiknya masukan panas pada logam las, serta Mg yang berikatan dengan Si membentuk Mg_2Si . Menurunnya kedua partikel ini menyebabkan kekuatan dan ketangguhan dari lasan menurun. Hasil uji struktur mikro ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Aryo Cahyo T., Budi K, ST. M.Sc., Ir. Rochman Rochiem, M.Sc, 2008.