PENGARUH KOMPOSISI *BACKING* GAS ARGON (99%) DAN GAS H_2N_2 (20%-80%) PADA PROSES PENGELASAN GTAW DENGAN MATERIAL *STAINLESS STEEL* SA 312 TP 304 TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN NILAI KEKERASAN

Nugroho Waluyo Utomo
S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: nugroho.16050754091@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Dapat kita ketahui tingkat kekerasan sambungan las GTAW dapat dipengaruhi beberapa faktor, antara lain adalah penggunaan *backing* gas dan penggunaan kawat pengisi (*filler rod*). Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa *stainless steel* SA 312 TP 304 yang dilas GTAW kemudian di uji struktur mikro dan uji kekerasan pada daerah logam induk dan logam las sebanyak tiga tempat pada setiap daerah uji dan diambil nilai rata-ratanya. Hasil penelitian menunjukkan uji struktur mikro pada daerah logam induk (*base metal*) spesimen A1 A2 dan spesimen B1 B2 didominasi struktur kristal fasa austenite. Sedangkan pada daerah logam las (*weld metal*) spesimen A1 A2 dan spesimen B1 B2 terjadi perubahan pada fasa struktur kristalnya yaitu fasa ferrite dan bainit. Pada uji kekerasan daerah BM (*Base Metal*) nilai tertinggi diperoleh dengan nilai 53,9 Kg pada *backing* gas nitrogen (H_2N_2) (20%-80%), Pada uji kekerasan daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) nilai tertinggi diperoleh dengan nilai 53,9 Kg pada *backing* gas argon (Ar) (99%), Pada uji kekerasan daerah WM (*Weld Metal*) nilai tertinggi diperoleh dengan nilai 56,2 Kg pada *backing* gas argon (Ar) (99%). Hal ini diperkuat berdasarkan hasil analisis normalitas dan homogenitas dengan hasil > 0,05 yang berarti data normal-homogen dan pada uji t, terlihat bahwa *backing* gas mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan karena nilai sig (2-*tailed*) < 0,05 dan t hitung > t tabel, maka H_o ditolak dan H_a diterima.

Kata kunci : *Backing* Gas, *Stainless Steel* SA 312 TP 304, Struktur mikro, dan Nilai kekerasan.

Abstract

We can know the hardness of GTAW welded joints can be influenced by several factors, including the use of gas backing and the use of filler rods. The specimens used in this study were SA 312 TP 304 stainless steel pipe welded GTAW then tested the microstructure and hardness test in the base metal and weld metal area as much as three in each test area and the average value was taken. The results showed that the microstructure test in the base metal area of the A1 A2 specimen and B1 B2 specimen was dominated by the austenite phase crystal structure. Whereas in the weld metal area, specimens A1 A2 and B1 B2 specimens change in the phase of the crystal structure, ferrite and bainite phases. In the BM (Base Metal) regional hardness test the highest value was obtained with a value of 53.9 Kg on the backing of gas nitrogen (H2N2) (20% -80%). In the HAZ (Heat Affected Zone) hardness test the highest value was obtained with a value of 53, 9 Kg in argon gas backing (Ar) (99%), In the WM (Weld Metal) hardness test the highest value was obtained with a value of 56.2 Kg in argon (Ar) gas backing (99%). This is reinforced based on the results of analysis of normality and homogeneity with results > 0.05 which means normal-homogeneous data and in the t test, it can be seen that gas backing has a significant effect on the value of violence because the sig (2-tailed) value < 0.05 and t count > t table, then Ho is rejected and Ha is accepted.

Keywords: Backing Gas, SA 312 TP 304 Stainless Steel, Micro structure, and Hardness Value.

PENDAHULUAN

Perkembangan pada sektor industri dibidang konstruksi, khususnya yang menggunakan material *stainless steel* sekarang ini secara langsung menuntut agar adanya sebuah inovasi yang terus berkembang, perkembangan teknologi tersebut tidak terlepas dari sambungan-sambungan logam yang dapat dilakukan dengan proses pengelasan. Karena itu konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak menggunakan proses pengelasan, khususnya bidang rancang bangun. Karena sambungan las merupakan salah satu bentuk dari konstruksi yang secara teknis mempunyai kekuatan yang tinggi dan praktis. Penerapan penggunaan teknik pengelasan dalam bidang kontruksi sangat luas meliputi sektor industri, arsitektur, transportasi, minyak atau gas, medis, maupun makanan dan minuman.

Sebagai contoh yaitu perusahaan yang bergerak dalam bidang arsitektur yang menggunakan *scaffolding* (perancah) sebagai suatu struktur sementara yang digunakan untuk menyangga manusia dan material,

dalam konstruksi atau perbaikan gedung dan bangunan-bangunan, yang mempunyai beragam variasi jenis materialnya diantaranya yaitu kayu, bambu, aluminium, *carbon steel*, maupun *stainless steel*. Karena dapat menggunakan material *stainless steel* sebagai salah satu pilihan material yang digunakan, maka peneliti memilih membahas mengenai *stainless steel* yang dapat diaplikasikan pada produk yaitu *scaffolding (perancah).* Karena *scaffolding* (perancah) pada umumnya berbentuk sistem modular dari pipa atau tabung logam, maka material yang digunakan untuk membuat *scaffolding* (perancah) adalah *stainless steel* dengan tipe SA 312 TP 304 berbentuk pipa. Selanjutnya karena dipasaran dijual dalam bentuk pipa lonjoran panjang, maka dalam pembuatannya perlu dipotong dan disambung sesuai ukuran dan kebutuhan. Dengan demikian secara otomatis sebuah metode penyambungan logam yaitu menggunakan teknologi pengelasan diperlukan dalam proses pembuatan *scaffolding* (perancah).

Pengelasan pipa *stainless steel* dengan tipe SA 312 TP 304 ini menggunakan proses pengelasan GTAW. Pengelasan GTAW merupakan salah satu pengelasan busur (*arc welding*) yang merupakan metode penyambungan dengan menggunakan prinsip pelelehan antara logam induk (*base metal*) dan logam pengisi (*filler metal*) walaupun dapat dilakukan tanpa menggunakan logam pengisi (*filler metal*). Dalam prosesnya pengelasan GTAW menggunakan gas mulia (*inert* gas) sebagai gas pelindung (*shielding gas*) yang dapat disebut juga *backing* gas dan tungsten (*wolfram*) sebagai elektroda. Tetapi pada proses pengelasannya tungsten (*wolfram*) sebagai elektroda tidak ikut mencair dan hanya berfungsi sebagai penghasil nyala busur listrik saat bersentuhan dengan benda kerja. Sedangkan untuk logam pengisi (*filler metal*) adalah kawat pengisi (*filler rod).*

Pada proses pengelasan GTAW dengan menggunakan material pipa *stainless steel* tipe SA 312 TP 304 memerlukan *backing* gas. *Backing* gas sangat di perlukan sebagai pelindung dari ketdak murnian (*impurity*) (carbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, dan phospor). *Backing* gas dalam penggunaannya terbagi menjadi 3 jenis yaitu menggunakan gas argon (Ar), gas helium (He), dan gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2). *Backing* gas yang digunakan pada pengelasan material pipa *stainless steel* SA 312 TP 304 ini, peneliti memilih menggunakan *backing* gas argon (Ar) (99%) dan gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%), dimana *backing* gas dapat mempengaruhi struktur mikro maupun tingkat kekerasan dari hasil pengelasan berdasarkan referensi dan jurnal penelitian yang peneliti dapat.

Berdasarkan referensi maupun jurnal yang peneliti dapat, maka penulis mencoba mencari tahu mengenai pengelasan GTAW menggunakan *backing* gas, gas argon (Ar) (99%) dan gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) pada material pipa *stainless steel* SA 312 TP 304 dengan melihat hasil susunan struktur mikro serta nilai kekerasannya. Dengan menggunakan data yang diperoleh setelah proses pengujian diharapkan dapat diaplikasikan pada *scaffolding* (perancah) untuk menghasilkan produk *scaffolding* (perancah) yang berkualitas.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan dari penelitian ini adalah:

- Bagaimana pengaruh komposisi *backing* gas argon (Ar) (99%) dan gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) pada pengelasan material *stainless steel* SA 312 TP 304 terhadap struktur mikro?
- Bagaimana pengaruh komposisi *backing* gas argon (Ar) (99%) dan gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) pada pengelasan material *stainless steel* SA 312 TP 304 terhadap nilai kekerasan?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui pengaruh komposisi *backing* gas argon (Ar) (99%) dan gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) pada pengelasan material *stainless steel* SA 312 TP 304 terhadap struktur mikro.
- Untuk mengetahui pengaruh komposisi *backing* gas argon (Ar) (99%) dan gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) pada pengelasan material *stainless steel* SA 312 TP 304 terhadap nilai kekerasan.

Penggunaan *Backing* Gas Argon (Ar) (99%) dan Gas Hidrogen-Nitrogen (H_2N_2) (20%-80%)

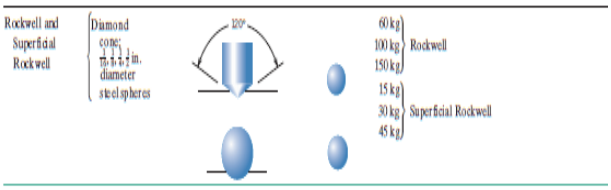
Didalam prosesnya gas pelindung (*shielding gas*) mempunyai beberapa jenis yaitu: gas argon (Ar), gas helium (He), gas karbon dioksida (CO_2) dan gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) yang dapat dimaksimalkan fungsinya yaitu dengan cara di campur, dimana dalam hal ini penulis memilih menggunakan gas argon (Ar) murni (99,9%) tanpa di campur dan yang di campur adalah gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) dengan komposisi (20%-80%) yang dicampur dalam satu aliran gas. Dalam prakteknya maupun isitilahnya, *forming gas* atau *purging gas* atau *backing gas* adalah istilah dengan arti yang sama yaitu pencampuran, penjelasan ini bertujuan menghindari kesalah pahaman pengertian dan memberikan edukasi bagi pembaca.

- Gas Argon (Ar) (99%)

Gas argon bertindak sebagai gas mulia (*inert gas)* untuk perlindungan akar (*root)*, sedangkan dalam penelitian ini yang digunakan merupakan gas argon murni dengan tingkat kemurnian tinggi (*high purity grade)* yaitu (99,99%) berdasarkan sertifikat analisis gas dari perusahaan penyedia gas.

- Gas Hidrogen-Nitrogen (H_2N_2) (20%-80%)

Gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) juga bertindak sebagai gas mulia (*inert gas)* untuk perlindungan akar (*root)*, dengan komposisi gas hidrogen (20%) dan gas nitrogen (80%). Gas hidrogen merupakan pendukung gas nitrogen, yang dimana gas hidrogen memiliki dua sifat penting yaitu mengurangi oksigen (O_2) yang berarti bahwa hidrogen (H_2) mampu mengikat oksigen (O_2) yang masih ada serta dapat mempengaruhi tegangan permukaan pada akar las.



Gambar 1: Visualisasi Tapak Tekan Pengujian *Rockwell*

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu cara untuk mencari suatu hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh. Desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *true experimental* (eksperimen murni) dengan pola *posttest-only control design*, karena dalam desain ini, peneliti dapat mengontrol semua variabel luar yang mempengaruhi jalannya eksperimen (Sugiyono, 2016:75).

Waktu dan Tempat Peneltitian

- Waktu Penelitian

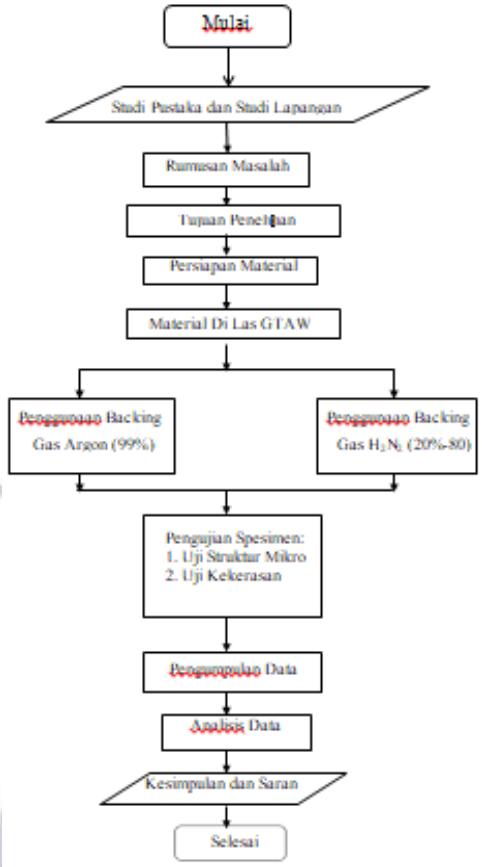
Penulisan dan kegiatan pengerjaan "Pengaruh Komposisi *Backing Gas* Argon (99%) Dan Gas H_2N_2 (20%-80%) Pada Proses Pengelasan GTAW Dengan Material *Stainlees Steel* SA 312 TP 304 Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan" dilaksanakan mulai Maret sampai dengan Juni 2019.

- Tempat Penelitian

Tempat kegiatan "Pengaruh Komposisi *Backing Gas* Argon (99%) Dan Gas H_2N_2 (20%-80%) Pada Proses Pengelasan GTAW Dengan Material *Stainlees Steel* SA 312 TP 304 Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan" dilaksanakan di bengkel las Guntner Indonesia di Kota Pasuruan dan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya setelah proses pengelasan dilakukan.

Rancangan Penelitian

Pada proses penelitian "Pengaruh Komposisi *Backing* Gas Argon (Ar) (99%) Dan Gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) Pada Proses Pengelasan GTAW Dengan Material *Stainlees Steel* SA 312 TP 304 Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan" ini, dapat dilihat pada diagram alir (*flow chart)* yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2: *Flowchart* Proses Penelititan

Teknik Pengumpulan Data

- Metode Eksperimen

Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini karena dapat memberikan data yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan. Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen pengelasan dengan variasi komposisi *backing* gas yang berbeda.

- Metode Literatur

Metode literatur merupakan suatu pedoman acuan dalam melaksanakan penelitian agar sesuai dengan dasar teori yang melatar belakanginya dan tidak menyimpang dari asas yang telah ada. Dalam metode literatur ini dilakukan pengumpulan data berupa teori, gambar dan tabel dari buku-buku dan jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini.

Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini, yaitu:

- Menggunakan statistik deskriptif, yaitu mengolah dan menganalisa data yang sudah diperoleh dengan cara mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap obyek yang diteliti melalui data sampel atau populasi sebagaimana adanya (Sugiyono, 2010:29).
- Uji normalitas dan homogenitas merupakan syarat sebelum melakukan uji-t. Rumus Uji normalitas dan homogenitas adalah sebagai berikut:
  - Untuk uji normalitas jika nilai signifikansi > 0,05 maka data berdistribusi normal. Jika nilai signifikansi < 0,05 maka data berdistribusi tidak normal. Apabila data tidak berdistribusi normal,

maka solusinya bisa dengan metode statistik non parametrik.

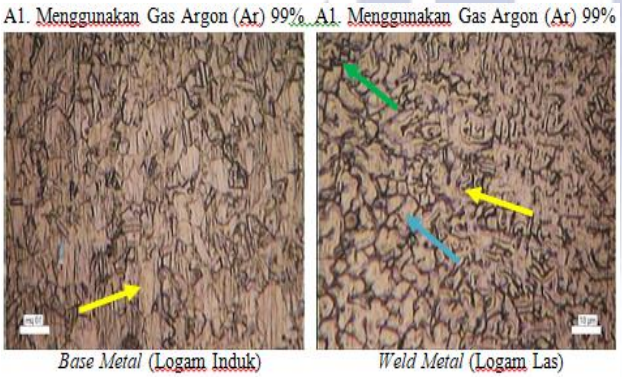
- Untuk uji homogenitas jika nilai signifikansi > 0,05 maka data homogen, jika nilai signifikansi < 0,05 maka data tidak homogen.
- Uji-t digunakan untuk membuktikan hipotesis. Uji ini digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata antara dua kelompok sampel yang tidak berhubungan dan mengetahui kelompok manakah yang lebih tinggi dengan rumus analisis statistik *independent t-test* Ho diterima, Ha ditolak apabila t hitung < t tabel dengan nilai signifikansi > 0,05 dan Ho ditolak, Ha diterima apabila t hitung > t tabel dengan nilai signifikansi < 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

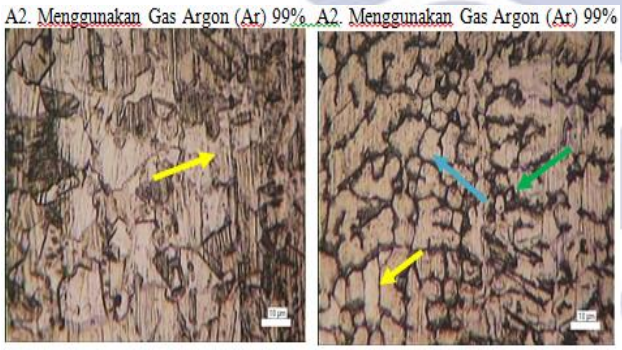
Hasil

- **Hasil Pengujian Struktur Mikro**

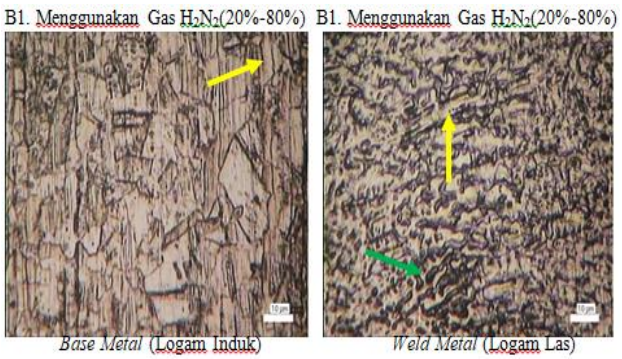
Proses uji struktur mikro dapat dilakukan dengan pembesaran 400 X sehingga dapat terlihat batas-batas butirnya. Berikut hasil pengujian struktur mikronya:



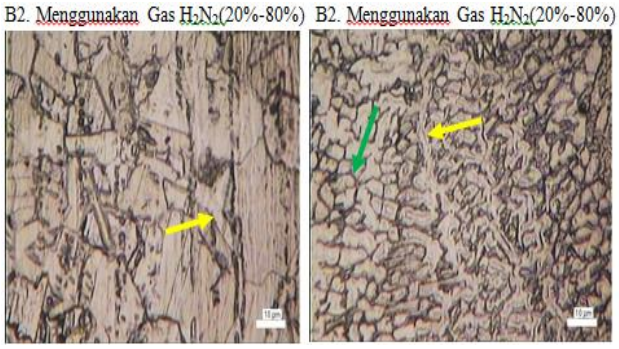
Gambar 3: Struktur Mikro *Backing* Gas Argon (Ar) 99%



Gambar 4: Struktur Mikro *Backing* Gas Argon (Ar) 99%



Gambar 5: Struktur Mikro *Backing* Gas H_2N_2 (20%-80%)



Gambar 6: Struktur Mikro *Backing* Gas H_2N_2 (20%-80%)

- **Hasil Pengujian Kekerasan**

Hasil pengujian kekerasan setelah dilakukan pengelasan terhadap material dengan alat uji *Hardness Tester* Model 574 T, menggunakan tipe pengujian HRC (*Hardness Rockwell* C) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1: Hasil Uji Kekerasan

No	Spesimen	Daerah	Titik Pengujian			Nilai Rata-Rata	Keterangan
			1	2	3		
1	(A1) Backing Gas Argon (99%)	BM (Base Metal)	36,9	48,3	48,7	44,6	Uji *Hardness Rockwell* Tipe C, Pembebanan 100 Kg, Indentor *Diamond Cone*
		HAZ (Heat Affected Zone)	51,9	52,4	55,0	53,1	
		WM (Weld Metal)	47,0	49,8	50,6	46,2	
2	(A2) Backing Gas Argon (99%)	BM (Base Metal)	45,8	46,7	51,2	47,9	
		HAZ (Heat Affected Zone)	45,2	58,0	58,7	53,9	
		WM (Weld Metal)	45,3	56,2	67,3	56,2	
3	B1 Backing Gas H_2N_2 (20%-80%)	BM (Base Metal)	50,7	51,6	55,2	52,5	
		HAZ (Heat Affected Zone)	50,3	51,9	53,5	51,9	
		WM (Weld Metal)	46,2	57,5	57,9	53,8	
4	B2 Backing Gas H_2N_2 (20%-80%)	BM (Base Metal)	53,8	53,9	54,0	53,9	
		HAZ (Heat Affected Zone)	51,3	51,4	54,7	51,1	
		WM (Weld Metal)	51,4	55,0	55,2	53,8	

Pembahasan

- **Struktur Mikro**
- Struktur mikro spesimen A1 menggunakan *backing* gas argon (99%) pada daerah logam induk (*base metal*) dan daerah logam las (*weld metal*):

Hasil foto mikro pengelasan spesimen A1 yaitu daerah logam induk (*base metal*) panah warna kuning adalah fasa autenite, yang berbentuk garis putih. Struktur kristal fasa austenite yang ditunjukkan panah warna kuning diperkuat tentang klasifikasi austenite *stainless steel* 304. Hasil foto mikro pengelasan spesimen A1 yaitu daerah logam las (*weld metal*) panah warna kuning adalah fasa autenite, yang terbentuk pada temperatur 1500℃ pada pengelasan GTAW berbentuk garis putih, menggunakan *backing* gas argon (99%). Struktur kristal fasa austenite yang ditunjukkan panah warna kuning diperkuatdengan tentang klasifikasi austenite *stainless steel* 304.

Selanjutnya pada panah warna biru dapat kita lihat struktur kristalnya yaitu fasa bainit yang ditunjukkan oleh lingkaran-lingkaran hitam pada foto mikro, yang terjadi karena pengaruh temperature pada temperature 700℃ pada pengelasan GTAW.

Sedangkan pada panah warna hijau yang menunjukkan struktur kristal fasa ferrite yang ditunjukkan oleh garis-garis warna hitam pada foto mikro, yang terjadi karena pengaruh temperatur pada temperatur 1500℃ pada pengelasan GTAW.

- Struktur mikro spesimen A2 menggunakan *backing* gas argon (99%) pada daerah logam induk (*base metal*) dan logam las (*weld metal*):

Hasil foto mikro pengelasan spesimen A2 yaitu daerah logam induk (*base metal*) panah warna kuning adalah fasa autenite, yang berbentuk garis putih. Struktur kristal fasa austenite yang ditunjukkan panah warna kuning diperkuat tentang klasifikasi austenite *stainless steel* 304.

Hasil foto mikro pengelasan spesimen A2 yaitu daerah logam las (*weld metal*) panah warna kuning adalah fasa autenite, yang terbentuk pada temperatur 1500℃ pada pengelasan GTAW berbentuk garis putih, menggunakan *backing* gas argon (99%). Struktur kristal fasa austenite yang ditunjukkan panah warna kuning diperkuat pada tentang klasifikasi austenite *stainless steel* 304.

Selanjutnya pada panah warna biru dapat kita lihat struktur kristalnya yaitu fasa bainit yang ditunjukkan oleh lingkaran-lingkaran hitam pada foto mikro, yang terjadi karena pengaruh temperature pada temperature 700℃ pada pengelasan GTAW.

Sedangkan pada panah warna hijau yang menunjukkan struktur kristal fasa ferrite yang ditunjukkan oleh garis-garis warna hitam pada foto mikro, yang terjadi karena pengaruh temperatur pada temperatur 1500℃ pada pengelasan GTAW, serta pengaruh *heat input* yang membuat nilai kekerasan meningkat sesuai parameter pengelasan.

- Struktur mikro spesimen B1 menggunakan *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) pada daerah logam induk (*base metal*) dan logam las (*weld metal*):

Hasil foto mikro pengelasan spesimen B1 yaitu daerah logam induk (*base metal*) panah warna kuning adalah fasa autenite, yang berbentuk garis putih. Struktur kristal fasa austenite yang ditunjukkan panah warna kuning diperkuat tentang klasifikasi austenite *stainless steel* 304.

Hasil foto mikro pengelasan spesimen B1 yaitu daerah logam las (*weld metal*) panah warna kuning adalah fasa autenite, yang terbentuk pada temperatur 1500℃ pada pengelasan GTAW berbentuk garis putih, menggunakan *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%). Struktur kristal fasa austenite yang ditunjukkan panah warna kuning diperkuat tentang klasifikasi austenite *stainless steel* 304.

Sedangkan pada panah warna hijau yang menunjukkan struktur kristal fasa ferrite yang ditunjukkan oleh garis-garis warna hitam pada foto mikro, yang terjadi karena pengaruh temperatur pada temperatur 1500℃ pada pengelasan GTAW.

Pada penggunaan *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) tidak terbentuk fasa bainit karena terjadi reaksi 2 ferrite yang menghilangkan fasa bainit seperti yang ditunjukkan pada diagram fasa Nickel (Ni) Chromium (Cr) pengelasan GTAW.

- Struktur mikro spesimen B2 menggunakan *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) pada daerah logam induk (*base metal*) dan logam las (*weld metal*).

Hasil foto mikro pengelasan spesimen B2 yaitu daerah logam induk (*base metal*) panah warna kuning adalah fasa autenite, yang berbentuk garis putih. Struktur kristal fasa austenite yang ditunjukkan panah warna kuning diperkuat tentang klasifikasi austenite *stainless steel* 304.

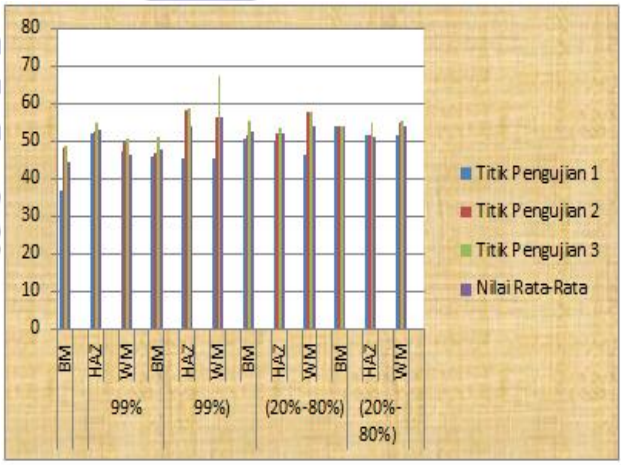
Hasil foto mikro pengelasan spesimen B2 yaitu daerah logam las (*weld metal*) panah warna kuning adalah fasa autenite, yang terbentuk pada temperatur 1500℃ pada pengelasan GTAW berbentuk garis putih, menggunakan *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%). Struktur kristal fasa austenite yang ditunjukkan panah warna kuning diperkuat pada klasifikasi austenite *stainless steel* 304.

Selanjutnya pada panah warna hijau yang menunjukkan struktur kristal fasa ferrite yang ditunjukkan oleh garis-garis warna hitam pada foto mikro, yang terjadi karena pengaruh temperatur pada temperatur 1500°C pada pengelasan GTAW, serta pengaruh *heat input* yang membuat nilai kekerasan meningkat sesuai parameter pengelasan.

Sedangkan pada penggunaan *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%) tidak terbentuk fasa bainit karena terjadi reaksi 2 ferrite yang menghilangkan fasa bainit seperti yang ditunjukkan pada diagram fasa Nickel (Ni) Chromium (Cr) pengelasan GTAW.

Uji Kekerasan (*Hardness Test*)

Dari hasil uji kekerasan yang diperoleh seperti pada tabel 1 selanjutnya diolah menjadi grafik seperti gambar 7 berikut:



Gambar 7: Grafik Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan terhadap material dengan pengelasan GTAW pada spesimen pipa *stainless steel* SA 312 TP 304 dapat dilihat pada grafik gambar 7 menunjukkan bahwa:

- Nilai rata-rata spesimen A1 daerah BM (*Base Metal*) gas argon (99%) sebesar 44,6 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen A1 daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) gas argon (99%) sebesar 53,1 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen A1 daerah WM (*Weld Metal*) gas argon (99%) sebesar 46,2 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen A2 daerah BM (*Base Metal*) gas argon (99%) sebesar 47,9 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen A2 daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) gas argon (99%) sebesar 53,9 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen A2 daerah WM (*Weld Metal*) gas argon (99%) sebesar 56,2 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen B1 daerah BM (*Base Metal*) gas H_2N_2 (20%-80%) sebesar 52,5 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen B1 daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) gas H_2N_2 (20%-80%) sebesar 51,9 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen B1 daerah WM (*Weld Metal*) gas H_2N_2 (20%-80%) sebesar 53,8 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen B2 daerah BM (*Base Metal*) gas H_2N_2 (20%-80%) sebesar 53,9 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen B2 daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) gas H_2N_2 (20%-80%) sebesar 51,1 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.
- Nilai rata-rata spesimen B2 daerah WM (*Weld Metal*) gas H_2N_2 (20%-80%) sebesar 53,8 Kg (HRC) *Hardness Rockwell* C.

Dari diagram gambar 7 diatas dapat diketahui ada pengaruh tingkat kekerasan pada pengelasan GTAW terhadap spesimen *stainless steel* SA 312 TP 304. Nilai kekerasan pada spesimen A2 gas argon (99%) lebih tinggi dibandingkan nilai kekerasan pada spesimen A1 gas argon (99%).

Selanjutnya dapat kita lihat nilai kekerasan gas H_2N_2 (20%-80%) pada daerah BM (*Base Metal*) spesimen B2 lebih tinggi nilai kekerasannya disbanding spesimen B1, sedangkan pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) spesimen B1 lebih tinggi nilai kekerasannya dibanding spsesimen B2, dan pada daerah WM (*Weld Metal*) spesimen B1 dan B2 nilai kekerasannya sama. Kemudian dapat kita bandingkan nilai kekerasan dari spesimen A1 A2 dengan spesimen B1 B2 dan hasilnya nilai kekerasan yang lebih tinggi adalah spesimen B1 dan B2.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan meningkat berbanding lurus dengan hasil penghitungan *travel speed* dan *heat input* nya. Dimana material A1 *travel speed* nya tinggi maka *heat input* nya rendah dan berdampak pada nilai kekerasan spesimen A1 yang kecil dibanding nilai kekerasan spesimen A2, yang dimana nilai *travel speed* material A2 rendah dan nilai *heat input* nya tinggi.

Selanjutnya material B1 *travel speed* nya tinggi maka *heat input* nya rendah dan berdampak pada nilai kekerasan spesimen B1 yang kecil dibanding nilai kekerasan spesimen B2, yang dimana nilai *travel speed* material B2 rendah dan nilai *heat input* nya tinggi.

Analisis Data Statistik Uji Kekerasan

Perhitungan analisis pada penelitian ini menggunakan bantuan program IBM SPSS Statistics versi 20. Untuk mengetahui adanya pengaruh komposisi *backing* gas pada pengelasan GTAW terhadap nilai kekerasan *stainless steel* SA 312 TP 304, maka diuji dengan analisa uji t (*independent t-test*). Sebelum melakukan pengujian uji t dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas.

Uji Normalitas

Uji normalitas berfungsi sebagai acuan apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Dasar pengambilan keputusan dalam uji normalitas, yaitu:

- Jika nilai Sig. > 0,05, maka data berdistribusi normal.
- Jika nilai Sig. < 0,05, maka data tidak berdistribusi normal.

Tabel 2: Uji Normalitas

Tests of Normality

	Kelompok	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Base Metal	Argon 99%	.296	6	.110	.841	6	.132
	H2N2 20%-80%	.305	6	.084	.894	6	.341
HAZ	Argon 99%	.239	6	.200	.939	6	.652
	H2N2 20%-80%	.202	6	.200	.915	6	.470
Weld Metal	Argon 99%	.247	6	.200	.859	6	.185
	H2N2 20%-80%	.268	6	.200	.879	6	.265

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan *output test of normality*, diperoleh nilai signifikansi Base Metal, HAZ, Weld Metal gas argon (99%) dan gas H2N2 (20%-80%) lebih besar > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal.

Uji Homogenitas

Uji homogenitas berfungsi sebagai acuan apakah suatu varians data dari dua atau lebih kelompok homogen atau heterogen. Uji homogenitas digunakan sebagai syarat dalam uji perbedaan rata-rata seperti uji t. Dasar pengambilan keputusan dalam uji homogenitas, yaitu:

- Jika nilai signifikansi (Sig) *Based on Mean* > 0,05 maka varians data adalah homogen.
- Jika nilai signifikansi (Sig) *Based on Mean* < 0,05 maka varians data adalah tidak homogen.

Tabel 3: Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Base Metal	Based on Mean	1.791	1	10	.210
	Based on Median	1.425	1	10	.260
	Based on Median and with adjusted df	1.425	1	6.175	.276
	Based on trimmed mean	1.563	1	10	.240
HAZ	Based on Mean	4.061	1	10	.072
	Based on Median	4.076	1	10	.071
	Based on Median and with adjusted df	4.076	1	6.550	.086
	Based on trimmed mean	4.065	1	10	.071
Weld Metal	Based on Mean	1.555	1	10	.241
	Based on Median	.667	1	10	.433
	Based on Median and with adjusted df	.667	1	7.541	.439
	Based on trimmed mean	1.346	1	10	.273

Berdasarkan *output test of homogeneity* di atas diketahui nilai signigikansi (Sig) *based on mean* BM (*Base Metal*) adalah sebesar 0,210 > 0,05, HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah sebesar 0,072 > 0,05, dan WM (*Weld Metal*) adalah sebesar 0,241 > 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa varians kelompok adalah sama atau homogen.

Uji t (*Independent Sample T-Test*)

Uji t merupakan analisis statistik yang bertujuan untuk membandingkan dua sampel yang tidak saling berpasangan. Pada penelitian ini diajukan beberapa hipotesis minor yang bisa dibuktikan dengan melakukan uji t. Dasar pengambilan keputusan dalam uji t adalah sebagai berikut:

- Jika nilai sig (2-*tailed*) < 0,05 maka H_o ditolak dan H_a diterima yang berarti ada perbedaan yang signifikan.
- Jika nilai sig (2-*tailed*) > 0,05 maka H_o diterima dan H_a ditolak yang berarti tidak ada perbedaan yang signifikan.

Jika membandingkan t hitung dengan t tabel dalam uji t, maka dasar pengambilan keputusannya sebagai berikut:

- Jika t hitung > t tabel, maka H_o ditolak dan H_a diterima yang berarti ada perbedaan yang signifikan.
- Jika t hitung < t tabel, maka H_o diterima dan H_a ditolak yang berarti tidak ada perbedaan yang signifikan.

Uji Hipotesis *backing* Gas Argon (99%) Dan Gas H_2N_2 (20%-80%)

Hipotesis penelitiannya adalah sebagai berikut:

- Tidak ada perbedaan yang signifikan pada hasil pengujian kekerasan *stainless steel* SA 312 TP 304 menggunakan pengelasan GTAW dengan komposisi *backing* gas argon (Ar) (99%) dan komposisi *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%).
- Ada perbedaan yang signifikan pada hasil pengujian kekerasan *stainless steel* SA 312 TP 304 menggunakan pengelasan GTAW dengan komposisi *backing* gas argon (Ar) (99%) dan komposisi *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%).

Tabel 4: Uji-T

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Base Metal	Equal variances assumed	1.791	.210	.246	10	1.009	-6.9333	2.1357	-11.6919	-2.1748
	Equal variances not assumed			.246	6.151	.017	-6.9333	2.1357	-12.1281	-1.7385
HAZ	Equal variances assumed	4.061	.072	2.636	10	.039	1.3500	2.1235	-3.3815	6.0815
	Equal variances not assumed			2.636	6.059	.548	1.3500	2.1235	-3.8339	6.5339
Weld Metal	Equal variances assumed	1.555	.241	2.311	10	.002	-1.1667	3.7544	-9.5321	7.1987
	Equal variances not assumed			2.311	7.746	.764	-1.1667	3.7544	-9.8740	7.5407

Berikut penjelasan hasil uji t diatas:

- Berdasarkan hasil uji t diatas didapatkan nilai sig (2-*tailed*) pada daerah Base Metal 1,009 > 0,05. Sedangkan nilai t hitung 0,246 < 2,228 t tabel. Maka, H_o ditolak dan H_a diterima. Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan pada hasil pengujian kekerasan *stainless steel* SA 312 TP 304 menggunakan pengelasan GTAW dengan komposisi *backing* gas argon (Ar) (99%) dan komposisi *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%).
- Berdasarkan hasil uji t diatas didapatkan nilai sig (2-*tailed*) pada daerah HAZ 0,039 < 0,05. Sedangkan nilai t hitung 2,636 > 2,228 t tabel. Maka, H_o diterima dan H_a ditolak. Artinya ada perbedaan yang signifikan pada hasil pengujian kekerasan *stainless steel* SA 312 TP 304 menggunakan pengelasan GTAW dengan komposisi *backing* gas argon (Ar) (99%) dan komposisi *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%).
- Berdasarkan hasil uji t diatas didapatkan nilai sig (2-*tailed*) pada daerah Weld Metal 0,002 < 0,05. Sedangkan nilai t hitung 2,311 > 2,228 t tabel. Maka, H_o diterima dan H_a ditolak. Artinya ada perbedaan yang signifikan pada hasil pengujian kekerasan *stainless steel* SA 312 TP 304 menggunakan pengelasan GTAW dengan komposisi *backing* gas argon (Ar) (99%) dan komposisi *backing* gas hidrogen-nitrogen (H_2N_2) (20%-80%).

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data didapat simpulan sebagai berikut:

- Uji struktur mikro pada daerah logam induk (*base metal*) spesimen A1 A2 dan spesimen B1 B2 didominasi struktur kristal fasa austenite. Sedangkan pada daerah logam las (*weld metal*) spesimen A1 A2 dan spesimen B1 B2 terjadi perubahan pada fasa struktur kristalnya yaitu fasa ferrite dan bainit.
- Pada uji kekerasan daerah BM (*Base Metal*) nilai tertinggi yaitu 53,9 Kg pada *backing* gas nitrogen (H_2N_2) (20%-80%), Pada uji kekerasan daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) nilai tertinggi yaitu 53,9 Kg pada *backing* gas argon (Ar) (99%), Pada uji kekerasan daerah WM (*Weld Metal*) nilai tertinggi yaitu 56,2 Kg pada *backing* gas gas argon (Ar) (99%). Hal ini juga diperkuat berdasarkan hasil analisis uji parametrik normalitas dan homogenitas dengan hasil > 0,05 yang berarti data normal dan homogen. Selanjutnya pada uji-t terlihat bahwa *backing* gas mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan karena nilai sig (2-*tailed*) < 0,05 dan t hitung > t tabel, maka H_o ditolak dan H_a diterima.

SARAN

Saran yang ingin penulis sampaikan sehubungan dengan penelitian ini adalah:

- Perlu dilakukan pengembangan variasi penggunaan *backing* gas pada pengelasan GTAW dan variasi penggunaan kawat pengisi (*filler rod*), sehingga bisa dibuat referensi sebagai dasar penelitian lebih lanjut.
- Perlu adanya penambahan variabel-variabel untuk mendapatkan hasil yang lebih signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Atlas Specialty Metals International, 2000. *Chapter 1 "Introduction To Stainless Steel", Page 1. Ohio: Materials Park. USA.*

Atlas Specialty Metals International, 2008. Chapter 6 "*Austenitic Stainless Steel", Page 1. Ohio: Materials Park. USA.*

B.P. Nibras 2017. "*Analisa Backing Gas H_2N_2 Pada Pengelasan Sambungan Material Stainless Steel SA 312 TP 304 Dengan Proses GTAW Terhadap Struktur Mikro, Nilai Kekerasan Dan Pitting Corrosion Di PT.GI*". Program Studi Teknik Pengelasan Jurusan Teknik Bangunan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

E. Taban, E. Kaluc, and T. S. Aykan 2014. "*Effect Of The Purging Gas On Properties Of 304H GTAW Welds". Experiments Measured The Effects Of Various Purging Gases On The Microstructural, Corrosion, Tensile, Bend, And Impact Toughness Properties Of Stainless Steel Weld Metal*.

Jeffus Larry dan Bower Lawrence 2009 "*Welding Skill, Process, and Practices for Entry-Level Welders*", *Book* 3.

J. R. Davis 1994, ASM *specialty handbook: "Stainless steels" Page* 19, USA: ASM International.

Kamus Besar Bahasa Indonesia 1994. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta: Balai Pustaka.

Kurt İbrahim[1] Halil, Samur Ramazan[2] 2013. *Study on Microstructure, Tensile Test and Hardness 304 Stainless Steel Jointed by* TIG *Welding. International Journal of Science and Technology* Volume 2 No. 2.

Laboratorium Pengujian Bahan. 2016. *Buku Petunjuk Praktikum Uji Material*. Malang: Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

M. C. Balmforth AND J. C. Lippold 2000, *Welding Research: A New Ferritic Martensitic Stainless Steel Constitution Diagram. Sponsored by the American Welding Society and the Welding Research Council.*

O. Balancin, W.A.M. Hoffmann, and J.J. Jonas 2000, "*Influence of Microstructure on the Flow Behavior of Duplex Stainless Steels at High Temperatures*". *Metallurgical And Materials Transactions A Volume* 31A.

Seitovirta Mika 2013, "*Handbook Of Stainless Steel*". Sweden: Outokumpu *High Performance Stainless Steel.*

Sugiyono. 2010. "*Statistika Untuk Penelitian"*. Bandung: Alfabeta.

Sugiyono. 2016. "*Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D"*. Bandung: Alfabeta.

The Metallography Examination Of Archaelogical 2003, *MIT Summer Institute In Materials Science And Material Culture.*

Tim Penyusun Buku Pedoman Penulisan Skripsi. 2014. "*Pedoman Penulisan Skripsi"*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya University Press.

Widartho Sri 2002 "Inspeksi Tenik Buku 3". Jakarta : Pradnya Paramita.

William D. Callister, Jr. 2007, "*Material Science And Engineering An Introduction", Seventh Edition. Pages* 97-100. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, Toshie. 2000. "*Teknologi Pengelasan Logam"*. Jakarta: Pradnya Paramita.

UNESA Universitas Negeri Surabaya