



Analisa pengaruh variasi kampuh terhadap hasil pengelasan SMAW pada *stainless steel* 304 menggunakan pengujian *ultrasonic* dan kekuatan tarik

Arif Rahman Hakim, Imran*
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis
Bengkalis, Riau, 28711, Indonesia
email : *Imran@polbeng.ac.id, arahim3107@gmail.com

Manuscript Received: July 21, 2019; Accepted: February 11, 2020

Abstrak

Kekuatan hasil sambungan las dipengaruhi oleh berbagai faktor yang sangat beragam. Salah satunya karena perubahan struktur akibat dari proses pemanasan. Agar sambungan antara dua bagian logam memiliki mutu yang baik diperlukan suatu pengelasan yang tepat dan sambungan serta bentuk kampuh las yang sesuai dengan kegunaan dari hasil lasan tersebut. Parameter pada pengelasan SMAW meliputi kuat arus, tegangan listrik, polaritas listrik, dan sudut kampuh yang digunakan. Parameter inilah yang menjadikan dasar pemilihan yang tepat guna mendapatkan kualitas atau mutu sambungan yang baik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi kampuh terhadap uji *ultrasonic* dan uji kekuatan tarik hasil sambungan proses las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) pada material *stainless steel* 304. Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan elektroda tipe NSN 312 AWS A5.4 E312-16 dengan menggunakan arus 100 A pada posisi pengelasan 1 G, pengelasan dilakukan pada material dengan menggunakan sudut kampuh V, I dan *double V* sebanyak 1 spesimen setiap kampuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat pada hasil pengelasan dengan menggunakan sudut kampuh V lebih sedikit dibandingkan dengan pengelasan menggunakan sudut kampuh I dan *double V*. Selain itu, hasil pengujian tarik material *stainless steel* 304 menunjukkan nilai tegangan tertinggi terjadi pada kampuh V yaitu sebesar 610,11 N/mm² yang membuat material *stainless steel* 304 mengalami deformasi plastis. Hal tersebut membuktikan bahwa material *stainless steel* 304 yang dilas dengan menggunakan sudut kampuh V memiliki tegangan luluh lebih tinggi dibandingkan pengelasan dengan menggunakan sudut kampuh I dan *double V*.

Kata Kunci : SMAW, ultrasonic Test, uji Tarik, elektroda, kampuh

Effect of butt weld groove variations on stainless steel 304 by the SMAW welding using ultrasonic testing and tensile strength

Abstract

The strength of the weld joint is influenced by various factors that are very diverse, one of which is due to structural changes due to the heating process. In order for the connection between two metal parts to have good quality, precise welding is required and the connection and shape of the weld seam are in accordance with the use of the welded product. The parameters in SMAW welding include current strength, electric voltage, electric polarity, and groove used. These parameters make the basis for choosing the right one to get a good quality connection. The purpose of this study was to determine the effect of seam variations on the ultrasonic test and tensile strength test results of the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) welding process on stainless steel 304 material. The welding process was carried out using NSN 312 AWS A5.4 E312-16 type electrodes using the current of 100 A at 1 G welding position, welding is carried out on the material using a groove V, I and double V for 1 specimen each seam. The results showed that the defects in the results of welding by using the angle of seam V is less than the welding using the angle of seam I and double V. In addition, the results of tensile testing of stainless steel material 304 showed the highest value of stress occurs in seam V that is equal to 610.11 N/mm² which makes stainless steel 304 material undergo plastic deformation. This proves that 304 stainless steel material welded using groove V has higher yield stress than welding by using groove I and double V.

Keywords: SMAW, ultrasonic test, tensile Test, electrodes, groove

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting

dalam rekayasa dan reparasi logam. Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan mencairkan sebagian logam induk dan elektroda dengan atau tanpa tekanan dan dengan

atau tanpa logam penambah untuk memperoleh sambungan yang kontinyu. Guna memperoleh hasil yang maksimal diperlukan pengetahuan yang mendalam baik pengetahuan tentang material maupun pengetahuan tentang proses pengelasan. Secara umum, ruang lingkup dalam proses pengelasan tidak hanya dalam industri pemesinan atau pengelasan saja tetapi penggunaan pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa, saluran, dan lain sebagainya [1].

Kekuatan hasil sambungan las dipengaruhi oleh berbagai faktor yang sangat beragam. Salah satunya karena perubahan struktur mikro material akibat dari proses pemanasan. Logam yang mengalami pengaruh pemanasan akibat pemanasan nantinya akan mengalami perubahan struktur mikro disekitar daerah lasan. Bentuk struktur mikro bergantung pada temperatur tertinggi yang dicapai selama proses pengelasan, kecepatan pengelasan, dan laju pendinginan daerah 2 lasan. Daerah logam yang mengalami perubahan struktur akibat pemanasan ini disebut daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone* (HAZ).

Kenaikan temperatur ruang pada semua jenis logam pada umumnya mampu menaikkan keuletan dan tidak selalu mengakibatkan hilangnya tegangan serta kekakuan material logam. Fase atau struktur dari logam akan berubah dengan kenaikan temperatur yang dengan sendirinya mempunyai konsekuensi terhadap sifat mekanisnya seperti: tarik, tekan, geser, puntir, lengkung, dan tekuk [2].

Jenis kampuh las juga merupakan salah satu penyebab yang mempengaruhi kekuatan dari sambungan las. Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang nantinya akan diisi oleh deposit las atau logam las (*weld metal*). Kampuh las awalnya adalah berupa gabungan las (*weld pool*) yang kemudian diisi dengan logam las. Pada dasarnya dalam memilih bentuk kampuh harus menuju kepada penurunan logam las sampai kepada harga logam terendah dan tidak menurunkan mutu sambungan. Untuk kampuh-kampuh las pada saat pembakarannya dapat mengisi pada seluruh tebalnya plat. Sebelum pengelasan dilaksanakan kampuh las harus melalui proses pengerjaan awal, karat, minyak, cat harus dihilangkan untuk memperoleh pembakaran yang baik, pada kampuh V dipakai elektroda dengan diameter yang kecil atau sesuai dengan besar sudut kampuh dan tebal plat yang akan dilas. Jenis-jenis kampuh las adalah sebagai berikut[3]:

1. Las I kampuh terbuka, pada kampuh las ini terdapat celah antara plat yang akan dilas. Lebar celah tergantung pada ketebalan plat. Kampuh ini kurang kuat dibandingkan kampuh tertutup.
2. Kampuh V tunggal, kampuh ini lebih kuat dari pada kampuh persegi dan dapat dipakai untuk

menerima gaya tekan yang besar, serta lebih tahan terhadap kondisi beban statis.

3. Kampuh V ganda, kampuh ini lebih kuat dari pada kampuh V tunggal, sangat baik untuk kondisi beban statis maupun dinamis serta dapat menjaga perubahan bentuk kelengkungan sekecil mungkin.
4. Kampuh V miring tunggal dan ganda, kampuh ini dipergunakan untuk beban tekan yang besar. Kampuh ini lebih baik dari pada las persegi, tetapi tidak lebih baik dari sambungan V.
5. Kampuh U tunggal, kampuh U tunggal dapat dibuat tertutup dan terbuka. Kampuh ini lebih kuat menerima beban statis dan diperlukan untuk sambungan berkualitas tinggi.
6. Kampuh U ganda, kampuh U ganda juga dibuat tertutup dan terbuka. Kampuh ini lebih kuat menerima beban statis dan dinamis
7. Kampuh tumpang (*overlap*), kampuh ini sangat sederhana dan mudah, kampuh ini diperlukan untuk menahan tekanan berat, maka pengelasan harus dikerjakan pada kedua sisi permukaan.
8. Kampuh T, kampuh las T terdiri atas 5 jenis yaitu:
 - a. Kampuh las T dengan las siku. Kampuh T dengan las siku dapat digunakan dengan tebal plat >12 mm.
 - b. Kampuh T dengan alur V miring tunggal lebih kuat terhadap beban tekan yang besar dibandingkan sambungan T dengan las rusuk.
 - c. Kampuh T dengan alur V miring ganda. Kampuh ini lebih kuat dari pada sambungan T dengan alur V miring tunggal.
 - d. Kampuh las T dengan alur J tunggal. Kampuh ini dipakai untuk beban tekan yang lebih besar dari pada las rusuk, tetapi tidak untuk mengganti sambungan dengan las T dengan alur V miring ganda.
 - e. Kampuh las T dengan alur J ganda. Dipakai untuk menahan beban kejutan dengan ketebalan plat >30 mm.
9. Kampuh sudut, kampuh sudut dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:
 - a. Kampuh sudut rapat. Kampuh ini banyak dijumpai pada konstruksi-konstruksi dengan bahan plat tipis kurang lebih 3 mm.
 - b. Kampuh sudut setengah terbuka. Kampuh ini lebih tahan dibandingkan ikatan rapat, tetapi tidak disarankan untuk menerima gaya *bending*.
 - c. Kampuh sudut terbuka. Ketebalan plat 6-25 mm memungkinkan dengan cara seperti ini. Perembesan bahan pengisian pada plat-plat yang disambung juga mudah dicapai.
10. Kampuh las tepi kampuh ini hanya cocok untuk tebal kurang dari 3 mm. Perembesan yang sempurna tidak mungkin dapat dicapai.

Kampuh ini hanya digunakan untuk menahan beban kecil dan tidak digunakan untuk tegangan yang besar.

Setyowati dan Suheni (2016) [4] meneliti variasi arus dan sudut pengelasan pada material *austenitic stainless steel* 304 terhadap kekuatan tarik dan struktur micro. Kekuatan tarik maksimal terjadi pada sampel dengan parameter pengelasan 85A dan sudut kampuh pengelasan 45° yaitu sebesar 518 N/mm². Pengamatan makro pada sampel dengan variasi arus pengelasan 75A, 85A, dan 95A menghasilkan bentuk *weld pool* yang berbeda. Semakin besar arus maka *weld* pada bagian bawah kampuh semakin terlihat.

Oleh karena itu, untuk menanggulangi permasalahan tersebut diperlukan suatu perlakuan terhadap variasi kampuh guna untuk mengetahui variasi kampuh manakah yang tepat guna mengatasi masalah.

Berdasarkan penelitian tersebut, akan dikaji lebih lanjut mengenai pengaruh pengelasan SMAW terhadap *stainless steel* 304 pada variasi kampuh dengan uji *ultrasonic* dan uji tarik.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan

Adapun bahan - bahan yang digunakan sebagai pendukung dalam penelitian ini adalah pelat *Stainless steel* 304 dengan elektroda tipe NSN 312 AWS A5.4 E312-16

2.2 Alat

Adapun alat – alat yang digunakan sebagai pendukung dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin las SMAW *miller gold star* 402
2. Mesin uji *ultrasonic Flaw Detector* TUD 310

Ultrasonic Flaw Detector adalah yang tertua dan yang paling umum. Sejak tahun 1940-an, hukum-hukum fisika yang mengatur propagasi gelombang suara melalui bahan padat telah digunakan untuk mendeteksi retakan tersembunyi, void, porositas, dan diskontinuitas internal lainnya dalam logam, komposit, plastik, dan keramik.

Adapun gambar dari alat Uji *Ultrasonic Test* yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat *Ultrasonic Test* dengan type *Flaw Detector* TUD 310 dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Alat uji *ultrasonic Flaw Detector* TUD 310

3. Mesin Uji Tarik Type *Gotech-7001-LC30*

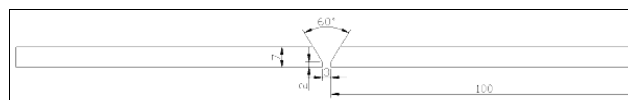
Uji tarik berfungsi untuk mengetahui kekuatan tarik material terhadap beban tarik yang diberikan. Berdasarkan hasil pengujian ini akan didapat grafik beban dan perpanjangan yang kemudian dikonversikan menjadi grafik tegangan dan regangan. Berdasarkan grafik dapat ditentukan batas beban deformasi elastis dan plastis [6].

2.3 Tahapan Penelitian

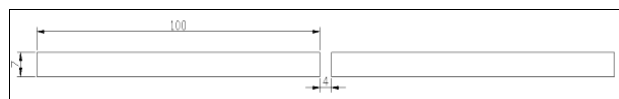
Adapun tahapan- tahapan penelitian ini yang digunakan dalam melakukan pengukuran material yang digunakan sebagai objek penelitian sebagai berikut:

1. Persiapan material yang akan dilakukan pada penelitian sebelum dilakukannya proses pengelasan adalah persiapan sudut kampuh, sebelum dilakukannya proses pengelasan pembuatan sudut kampuh diperlukan agar benda kerja yang dilakukan pengelasan mampu mengikat lebih kuat. Adapun sudut kampuh yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sudut kampuh I, V, dan *Double V*.

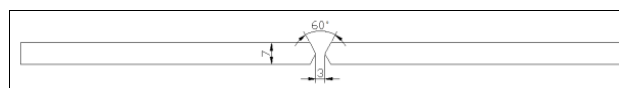
Adapun gambar sudut kampuh yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. kampuh V 60°



Gambar 3. kampuh I



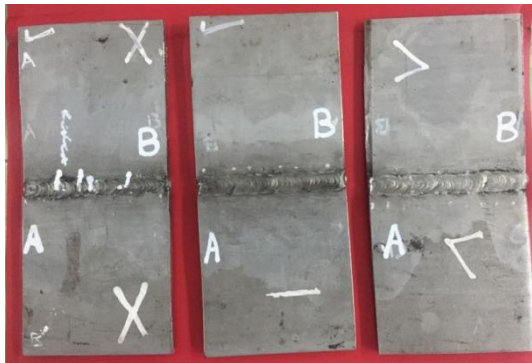
Gambar 4. kampuh *double V* 60°

Pengerjaan pembuatan sudut kampuh tersebut dilakukan dengan menggunakan mesin gerinda tangan dan penggaris sudut untuk melihat kesejajaran dari sudut yang diinginkan.

2. Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan elektroda tipe NSN 312 AWS

A5.4 E312-16 dengan menggunakan arus 100 A pada posisi pengelasan 1 G, pengelasan dilakukan pada material dengan menggunakan sudut kampuh V sebanyak 1 spesimen, sudut kampuh I sebanyak 1 spesimen, dan pada sudut kampuh *Double V* sebanyak 1 spesimen.

Adapun hasil pengelasan yang dilakukan pada material Stainless Steel 304 dengan posisi pengelasan 1G pada arus 100 A dan menggunakan elektroda dengan tipe NSN 312 AWS A5.4 E312-16 dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 5. Spesimen hasil pengelasan

3. Selanjutnya, untuk mengetahui nilai cacat material pada material yang dilakukan pengelasan, digunakan alat uji *Ultrasonic Test*. Adapun prosedur yang digunakan dalam menggunakan uji *ultrasonic test* yaitu:

a. Skema Uji *Ultrasonic Test*

Ada 3 jenis *probe* sudut yang sering digunakan dalam inspeksi, yaitu sudut 45° , 60° , 70° .

b. Prosedur Uji *Ultrasonic*

1. Menetapkan referensi kalibrasi untuk *Back wall Echo 1* & *Back wall Echo 2*.
Ref. 1 ~ 50 mm (sebagai *Backwall Echo 1*)
Ref. 2 ~ 100 mm (sebagai *Backwall Echo 2*)
2. Setting *angle beam* 60° pada *Anyscan* (menu) dan Range 100 serta *Thickness* 100 mm kemudian arahkan *angle beam* ke arah Radius 100 pada blok kalibrasi IIW-V1.
3. Untuk mendapatkan nilai *index/exit point* adalah dengan meletakkan *probe* menghadap arah radius 100 mm pada blok kalibrasi IIW-V1
4. Letakan *probe* menghadap arah *lucite* pada blok kalibrasi V1 maka nilai jarak *scanning* (Pa) adalah jarak dari *index point* hingga ujung tepi arah *lucite*. Letakan *probe* sudut di atas blok kalibrasi V1 pada ketebalan 100 mm, di

sekitar *notch*. Dapatkan pulsa tertinggi dan atur *pulse/grafik backwall Echo 1* menjadi 80% dari Range.

5. Proses pengambilan data uji *ultrasonic test*

Adapun gambar pengambilan data uji ultrasonik mengunakan las SMAW dengan arus pengelasan yang digunakan 100 A, dengan sudut kampuh yang digunakan 60° dapat dilihat pada gambar berikut:

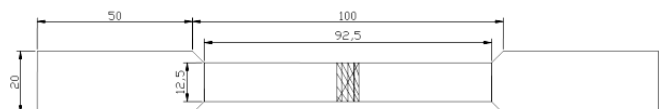


Gambar 6. Spesimen uji *ultrasonic test* kampuh V

4. Selanjutnya, untuk mengetahui kekuatan material pada material yang dilakukan pengelasan, digunakan pengujian tarik. Adapun prosedur yang digunakan dalam menggunakan uji tarik yaitu:

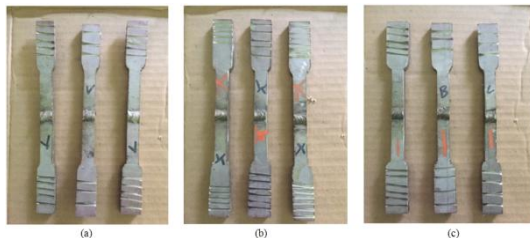
a. Skema Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan pada spesimen hasil pengelasan. Spesimen yang digunakan untuk pengujian tarik dibuat sesuai standar ASTM E8 (*American Standard Test and Material*). Skema pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 7. Bentuk spesimen menurut ASTM E8

Adapun gambar spesimen yang telah dibentuk sesuai dengan standar ASTM E8 (*American Standard Test and Material*) pada pengelasan dengan kampuh v menggunakan arus 100 A dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 8. Bentuk spesimen menurut ASTM E8. (a) Sudut Kampuh V (b) Sudut Kampuh *Double V* (c) Sudut kampuh I

b. Prosedur Uji Tarik

Adapun prosedur yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

1. Diukur dimensi (dimensi rata-rata) dari benda uji dengan menggunakan *capilerr* atau mikrometer. Kemudian dibuat sketsa dari benda uji dan masukkan hasil pengukuran dimensi tersebut pada selembar data. Ditandai panjang ukur (*gauge length*) berupa jarak antara dua titik pada benda uji dengan menggunakan penggores (*cutter*) atau sepidol permanen. Dibuat panjang ukur simetris dengan panjang uji keseluruhan dengan mengacu pada standar ASTM atau JIS.
2. Benda uji dipasang dengan hati-hati pada *grip* mesin uji tarik. Pada tahap ini akan didampingi oleh Teknisi Lab. Kemudian dicatat setiap langkah operasional *setting* pengujian dengan seksama.



Gambar 9. Proses pengujian tarik

3. Dimulai penarikan dan diperhatikan dengan baik mekanisme deformasi yang terjadi pada benda uji serta tampilan grafik beban perpanjangan yang terlihat pada *recorder* diteruskan pengamatan hingga terjadinya beban maksimum dan dilanjutkan dengan *necking* lalu perputahan.
4. Ditandai pada grafik beban perpanjangan titik-titik terjadinya beban maksimum dan perputahan.
5. Lepaskan benda uji dari *grip* mesin uji, disatukan kembali patahan benda uji dan ukurlah panjang akhir (*L_f*) antara

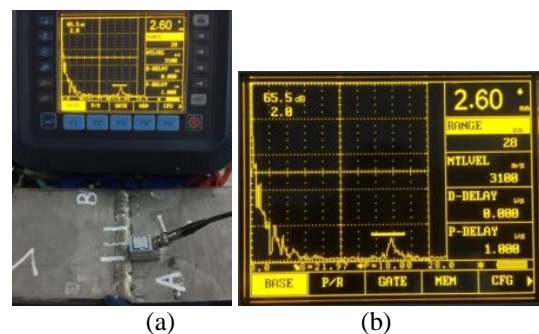
dua titik (*gauge marks*). Diukur diameter akhir dari bagian benda uji yang mengalami *necking*.

6. Pengujian tarik dilakukan sebanyak 3 kali pada tiap hasil lasan sudut kampuh yang telah dipotong menjadi 3 bagian.

3. Hasil dan Pembahasan

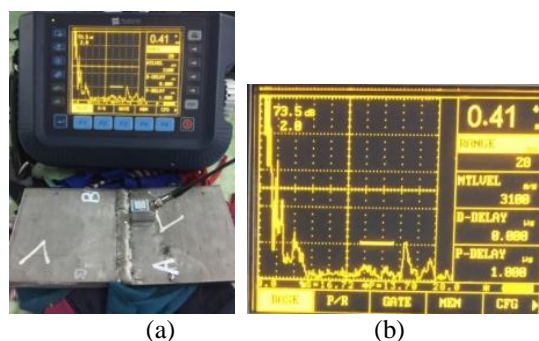
3.1 Hasil pengujian ultrasonic kampuh V

Pengujian *ultrasonic test* pada kampuh V menggunakan probe sudut 60° dan *range* yang digunakan 28, saat pengujian pada kampuh V ditemukan beberapa cacat dapat dilihat pada gambar 10 dan gambar 11. berikut:



Gambar 10. Pengujian kampuh V 1. (a) pengujian spesimen (b) tampilan grafik pulse porosity (*volumetric defect*)

Berdasarkan gambar 10. pada grafik (b) dari hasil pengujian *ultrasonic test* ditemukan indikasi *discontinuity* dengan panjang cacat 10 mm.



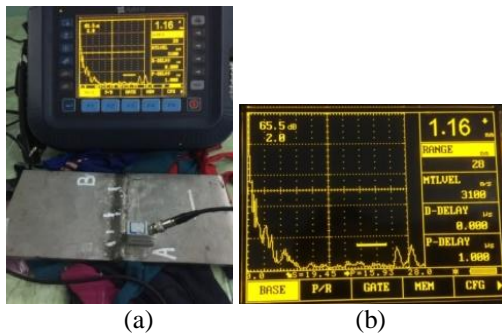
Gambar 11. Pengujian kampuh V 2. (a) spesimen pengujian (b) tampilan grafik pulse porosity (*volumetric defect*)

Berdasarkan gambar 11. pada grafik (b) dari hasil pengujian *ultrasonic test* ditemukan indikasi *discontinuity* dengan panjang cacat 10 mm.

3.2 Hasil pengujian ultrasonic test spesimen kampuh I

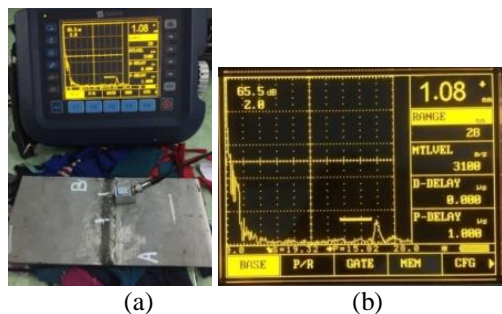
Pengujian *ultrasonic test* pada kampuh I menggunakan probe sudut 60° dan *range* yang digunakan 28, saat pengujian pada kampuh I

ditemukan beberapa cacat dapat dilihat pada gambar 12. dan gambar 13. sebagai berikut:



Gambar 12. Pengujian kampuh I 1. (a) spesimen pengujian (b) tampilan grafik pulse porosity (*volumetric defect*)

Berdasarkan gambar 12. pada dari tampilan grafik (b) merupakan hasil pengujian *ultrasonic test* terdapat indikasi *discontinuity* dengan panjang cacat 10 mm.

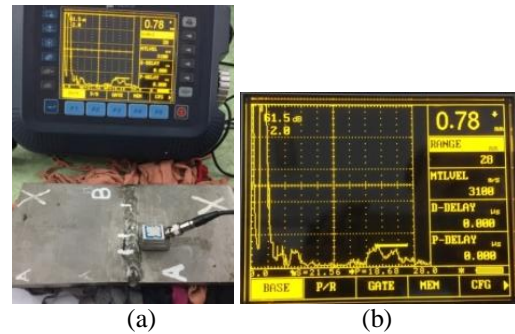


Gambar 13. Pengujian kampuh I 2. (a) pengujian spesimen (b) tampilan grafik *pulse porosity* (*planar defect*)

Berdasarkan gambar 13. pada dari tampilan grafik (b) merupakan hasil pengujian *ultrasonic test* terdapat indikasi *discontinuity* dengan panjang cacat 32 mm.

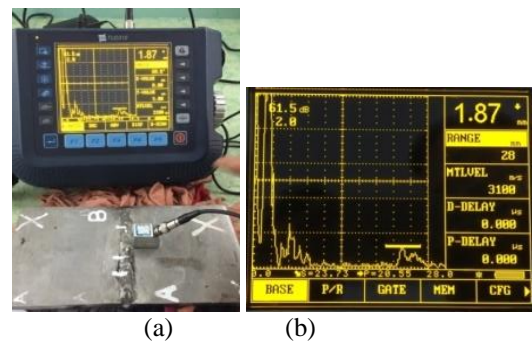
3.3 Hasil pengujian *ultrasonic test* spesimen kampuh *double V*

Pengujian *ultrasonic test* pada kampuh *double V* mengunakan probe sudut 60° dan *range* yang digunakan 28, saat pengujian pada kampuh *double V* ditemukan beberapa cacat dapat dilihat pada gambar 14. dan gambar 15.



Gambar 14. Pengujian kampuh *Double V* 1 (a) Spesimen pengujian (b) Tampilan grafik pulse porosity (*volumetric defect*)

Berdasarkan gambar 14. dari tampilan grafik (b) yang merupakan hasil pengujian *ultrasonic test* terdapat indikasi *discontinuity* dengan panjang cacat 15 mm.



Gambar 15. Pengujian kampuh *Double V* 2. (a)Spesimen pengujian (b) Tampilan grafik *pulse porosity* (*volumetric defect*)

Berdasarkan gambar 15. dari tampilan grafik (b) yang merupakan hasil pengujian *ultrasonic test* terdapat indikasi *discontinuity* dengan panjang cacat 27 mm.

3.4 Hasil Uji Tarik kampuh V

Pengujian Tarik pada kampuh V didapat beberapa keterangan kekuatan regangan dan tegangan yang dapat dilihat pada tabel 1. berikut:

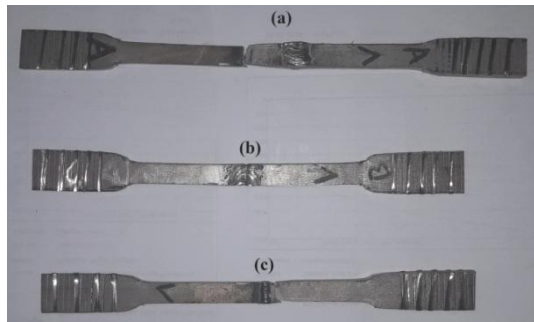
Tabel 1. Hasil Pengujian tarik Pada Kampuh V

No	L ₀	L ₁	Area A ₀ (mm ²)	Maks Beban (N)	Kekuatan Yield (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Elongation (%)	Elastisitas Modulus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)
1	92,5	145,9	87,5	63973,12	657,27	1305,57	57,68	1267,64	731,12
2	92,5	125,4	87,5	54705,22	562,95	1116,43	35,57	1757,79	625,20
3	92,5	146,4	87,5	62906,52	643,37	1283,81	58,27	1233,79	718,93
Rata-Rata	139,22	87,5	60528,29	610,11	1235,27	50,50	1419,74	691,75	

Dari tabel 1. hasil pengujian tarik pada hasil pengelasan didapat nilai rata-rata ΔL 139,22 mm, rata-rata beban maksimal 60528,29 N, rata-rata kekuatan yield (*Yield Strength*) 610,11 N/mm², rata-rata kekuatan tarik (*Tensile Strength*) 1235,27 MPa

dengan nilai rata- rata modulus elastisitas 1419,74 N/mm².

Adapun gambar spesimen hasil pengujian tarik pada pengelasan menggunakan sudut kampuh V dapat dilihat pada gambar 16. berikut:



Gambar 16. Hasil pengujian tarik pada Sudut kampuh V . (a) Spesimen 1 (b) Spesimen 2 (c) Spesimen 3

3.5 Hasil Uji Tarik kampuh I

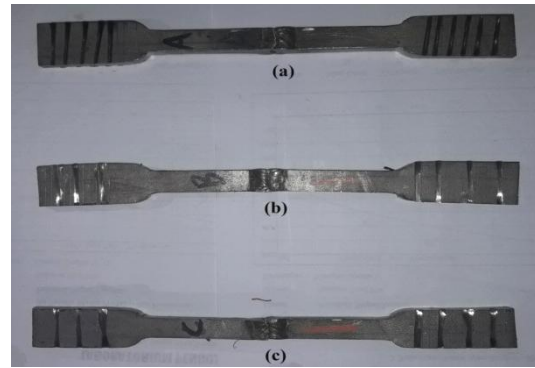
Pengujian Tarik pada kampuh I didapat beberapa keterangan kekuatan regangan dan tegangan yang dapat dilihat pada tabel 2. berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian tarik Pada Kampuh I

No	L ₀	L ₁	Area A ₀ (mm ²)	Maks. Beban (N)	Kekuatan Yield (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Elongation (%)	Elastisitas Modulus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)
1	92,5	114,5	87,5	49683,01	526,57	1013,94	23,78	2387,37	567,81
2	92,5	117	87,5	50975,09	547,33	1040,31	26,49	2199,51	582,57
3	92,5	114,5	87,5	46479,29	491,71	948,56	23,78	2233,42	531,19
Rata-Rata	115,33	87,5	49045,80	536,95	1000,94	24,68	2273,43	560,52	

Dari tabel 2. Dari hasil pengujian tarik pada hasil pengelasan didapat nilai rata-rata ΔL 115,33mm, rata- rata beban maksimal 49045,80 N, rata- rata kekuatan yield (*Yield Strength*) 536,95 N/mm², rata- rata kekuatan tarik (*Tensile Strength*) 1000,94 MPa dengan nilai rata- rata modulus elastisitas 2273,43 N/mm².

Adapun gambar spesimen hasil pengujian tarik pada pengelasan menggunakan sudut kampuh I dapat dilihat pada gambar 17. berikut:



Gambar 17. Hasil pengujian tarik pada Sudut kampuh I. (a) Spesimen 1 (b) Spesimen 2 (c) Spesimen 3

3.6 Hasil Uji Tarik kampuh Double V

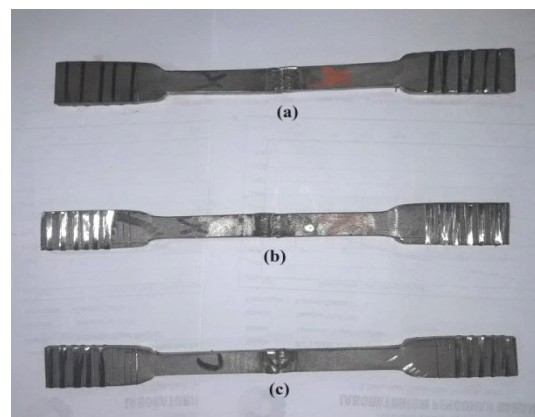
Pengujian Tarik pada kampuh *Double V* didapat beberapa keterangan kekuatan regangan dan tegangan yang dapat dilihat pada tabel 3. berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian tarik Pada Kampuh *Double V*

No	L ₀	L ₁	Area A ₀ (mm ²)	Maks. Beban (N)	Kekuatan Yield (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Elongation (%)	Elastisitas Modulus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)
1	92,5	123,3	87,5	58456,47	603,78	1192,99	33,30	2006,39	668,07
2	92,5	125,4	87,5	60048,84	615,59	1225,49	35,57	1929,49	686,27
3	92,5	126,8	87,5	57873,02	595,77	1181,08	37,08	1783,67	661,41
Rata-Rata	125,17	87,5	58792,78	605,05	1199,85	35,32	1906,52	671,92	

Dari tabel 3. Dari hasil pengujian tarik pada hasil pengelasan didapat nilai rata-rata ΔL 125,17 mm, rata- rata beban maksimal 58792,78 N, rata- rata kekuatan yield (*Yield Strength*) 610,11 N/mm², rata- rata kekuatan tarik (*Tensile Strength*) 1199,85 MPa dengan nilai rata- rata modulus elastisitas 1906,52 N/mm².

Adapun gambar spesimen hasil pengujian tarik pada pengelasan menggunakan sudut kampuh I dapat dilihat pada gambar 18. berikut:



Gambar 18. Hasil pengujian tarik pada Sudut kampuh *Double V*. (a) Spesimen 1 (b) Spesimen 2 (c) Spesimen 3

3.7 Pembahasan Hasil Pengujian *Ultrasonic Test* dan Pengujian Tarik

Pengujian *Ultrasonic Test*

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode *Ultrasonic Test* pada hasil pengelasan dengan menggunakan variasi sudut kampuh V, I dan *Double V* pada proses pengelasan dengan arus 100 A, didapat bahwa kerusakan yang terjadi berupa *volumetric defect* dan *planar defect*.

Adapun cacat- cacat proses pengelasan dengan variasi sudut kampuh V, I dan *Double V* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Hasil uji *ultrasonic test*

No.	Identification	Discontinuity				Anyscan data
		Type	Lokasi	Titik Cacat	Lenght	
1	Kampuh V	<i>volumetric defect</i>	All	20-40 mm	10 mm	Foto
		<i>planar defect</i>	-	-	-	
		<i>volumetric defect</i>	All	40-50 mm	10 mm	Foto
		<i>planar defect</i>	-	-	-	
2	Kampuh I	<i>volumetric defect</i>	-	-	-	
		<i>planar defect</i>	All	15-25 mm	10 mm	Foto
		<i>volumetric defect</i>	All	43-75 mm	32 mm	Foto
		<i>planar defect</i>	-	-	-	
3	Kampuh <i>double V</i>	<i>volumetric defect</i>	All	22-37 mm	15 mm	Foto
		<i>planar defect</i>	-	-	-	
		<i>volumetric defect</i>	All	44-71 mm	27 mm	Foto
		<i>planar defect</i>	-	-	-	

Pada pengujian spesimen pertama kampuh V pada sepanjang titik A-B terdapat dua buah *discontinuity* pada titik tengah pengelasan. Secara umum lokasi cacat terdapat pada root lasan. Tipe cacat yang ada pada kampuh V yaitu cacat memanjang dengan satu ukuran *volumetric defect*.

Pada pengujian spesimen kedua kampuh I pada sepanjang titik A-B terdapat dua buah *discontinuity*, Tipe cacat yang ada ada kampuh V yaitu cacat memanjang dengan satu ukuran *planar defect* dan *volumetric defect*.

Pada pengujian spesimen ketiga kampuh *double V* pada sepanjang titik A-B terdapat dua buah *discontinuity* dengan titik tengah pengelasan. Secara umum lokasi cacat terdapat pada root lasan. Tipe cacat yang ada ada kampuh *doubele V* yaitu cacat memanjang dengan satu ukuran *volumetric defect*.

Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa cacat pada hasil pengelasan dengan menggunakan sudut kampuh V lebih memiliki sedikit cacat dari pada hasil pengelasan dengan menggunakan sudut kampuh I dan *Double V*. Hal ini membuktikan bahwa hasil pengelasan dengan menggunakan sudut kampuh V lebih baik dari pada menggunakan Sudut kampuh I dan *Double V* pada pengelasan material

Stainless Steel 304 dengan besar arus pengelasan 100 A pada posisi pengelasan I G.

Pengujian Tarik

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode Uji tarik pada hasil pengelasan dengan menggunakan variasi sudut kampuh V, I dan *Double V* pada proses pengelasan dengan arus 100 A, didapat beban maksimal yang mampu diterima oleh material.

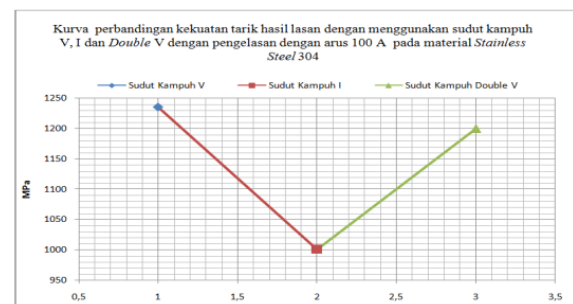
Hasil dari pengujian tarik digunakan untuk membandingkan kekuatan pada hasil lasan yang lebih baik pada prosesnya.

Adapun tabel rata- rata hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan pengujian tarik dapat dilihat pada table 4.5. berikut:

Tabel 5. Hasil uji Tarik

No	L ₁	Area A ₀ (mm ²)	Maks. Beban (N)	Kekuatan Yield (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Elongation (%)	Elastisitas Modulus (N/mm ²)	Tegangan (N/mm ²)
1	139,22	87,5	60528,3	610,11	1235,27	50,5	1419,74	691,75
2	115,33	87,5	49045,8	536,95	1000,94	24,68	2273,43	560,52
3	125,17	87,5	58792,8	605,05	1199,85	35,32	1906,52	671,92

Adapun kurva dari perbandingan kekuatan tarik dari pengujian pada material *Stainless Steel 304* dengan variasi sudut kampuh V, I, dan *Double V* dapat dilihat pada gambar 19. berikut:



Gambar 19. Perbandingan Kekuatan Tarik dari hasil pengujian

Pada gambar 19. di atas merupakan kurva hasil rata- rata dari kekuatan tarik kampuh V, I dan, *double V*. Kampuh V memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dari kampuh lainnya, hal tersebut disebabkan oleh pada saat pembuatan root terjadi secara maksimal sehingga material lasan menyatu dengan baik. Adapun cacat yang terdapat pada kampuh V terjadi pada sambungan las yang kurang baik sehingga terjadi cacat. Pada kampuh *double V* memiliki kekuatan tarik yang kurang maksimal dikarenakan saat proses pengelasan root terjadi kurang maksimal sehingga pada pengelasan *capping* tidak terisi secara merata pada bagian root. Kampuh I memiliki kekuatan tarik yang sangat rendah dikarenakan pada saat pengelasan root, root tidak tembus hingga bawah lasan, dikarenakan kampuh I sulit untuk terjadi lehan hasil root sehingga terdapat lubang yang terjadi pada kampuh V.

Adapun kurva dari perbandingan Tegangan Luluh dari pengujian pada material *Stainless Steel* 304 dengan variasi sudut kampuh V, I, dan *Double V* dapat dilihat pada gambar 20. berikut:



Gambar 20. Perbandingan Tegangan luluh dari hasil pengujian

Pada material *stainless steel* 304 saat pengujian tarik tegangan tertinggi terdapat pada kampuh V dengan nilai 610,11 N/mm² yang membuat material *stainless steel* 304 mengalami deformasi plastis. Hal tersebut membuktikan bahwa material *stainless steel* 304 mengunakan sudut kampuh V dengan proses pengelasan menggunakan arus 100 A pada posisi pengelasan 1 G dengan jenis pengelasan SMAW memiliki tegangan luluh lebih tinggi dibandingkan pengelasan dengan sudut kampuh I maupun *double V*.

4. Kesimpulan

Cacat pada hasil pengelasan dengan menggunakan sudut kampuh V lebih sedikit terjadinya cacat dari pada hasil pengelasan dengan menggunakan sudut kampuh I dan *Double V* yang dilakukan dengan menguji dengan menggunakan metode *Ultrasonic Test*. Hal ini membuktikan bahwa hasil pengelasan dengan menggunakan sudut kampuh V lebih baik dari pada menggunakan Sudut kampuh I dan *Double V* pada pengelasan material *Stainless Steel* 304 dengan besar arus pengelasan 100 A pada posisi pengelasan 1 G.

Pada material *stainless steel* 304 saat pengujian tarik tegangan tertinggi terjadi pada kampuh V dengan nilai 610,11 N/mm² yang membuat material *stainless steel* 304 mengalami

deformasi plastis. Hal tersebut membuktikan bahwa material *stainless steel* 304 menggunakan sudut kampuh V dengan proses pengelasan menggunakan arus 100 A pada posisi pengelasan 1 G dengan jenis pengelasan SMAW memiliki tegangan luluh lebih tinggi dibandingkan pengelasan dengan sudut kampuh I maupun *double V*.

Referensi

- [1] Wiryosumarto, Hdan Harsono. *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradnya Paramitha: Jakarta. 1994
- [2] M. Z. Prawira and S. J. Sisworo, "Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Kekuatan Impact Aluminium 5083 Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 3, 2015.
- [4] Sukaini, T.F. *Teknik Las SMAW*. Malang: Kementrian dan Kebudayaan. 2013
- [3] V. A. Setyowati and S. Suheni, "Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Strukturmakro," *J. IPTEK*, vol. 20, no. 2, p. 29, Dec. 2016.
- [5] Suhardiman. *Modul Panduan Pratikum Uji Bahan*. Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis. 2014
- [6] Sastranegara, A. *Mengenal Uji Tarik Dan Sifat-Sifat Mekanik Logam*. 2009