

Analisa Hasil Pengelasan Mahasiswa Program Studi Alat Berat Poliban dalam Pembelajaran Basic Welding Technic Sebagai Kontrol Kualitas

Ahmad Hendrawan^{1*}, Noor Rahman², dan Muhammad Hasbi³

^{1,2}Program Studi Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin, Indonesia

³Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin, Indonesia

Article Info

Article history:

Received :
October 21th, 2022

Revised :
November 15th, 2022

Accepted
December 23th, 2022

ABSTRAK

Salah satu Program Studi yang terdapat di Jurusan Teknik Mesin Poliban adalah Program Studi Alat Berat. Salah satu matakuliah yang terdapat dalam Kurikulum Program Studi Alat Berat adalah *Basic Welding* yang ditempuh pada semester IV dengan bobot 2 SKS. Untuk mengetahui apakah mahasiswa benar-benar menguasai bidangnya diperlukan suatu alat evaluasi yang handal, karena alat evaluasi tersebut harus benar-benar dapat mengungkap apakah hasil praktek mahasiswa sudah memenuhi kriteria atau belum. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas las pada hasil praktek mahasiswa semester IV Jurusan Teknik Mesin Program Studi Alat Berat dengan menggunakan pengujian tarik dan makro. Dengan demikian diharapkan sasaran perkuliahan mahasiswa dapat tercapai. Penelitian ini dengan mengambil Populasi Mahasiswa Program Studi Alat Berat Semester IV Poliban. Sedangkan sample penelitian ini diambil 18 Mahasiswa yang melaksanakan praktek las. Berdasarkan tegangan *yield* yang didapatkan terdapat 2 specimen atau setara dengan 11,11% yang berada dibawah standar dari *Yield Strength* baja ST-37 atau setara dengan AISI 1045 yaitu sebesar $\geq 310 \text{ N/mm}^2$, sehingga persentase hasil pengelasan mahasiswa yang dapat diterima sebesar 88,88%. Berdasarkan hasil visual inspection terdapat empat spesimen yang putus pada daerah las atau setara dengan 22,22% dari hasil uji, sehingga persentase hasil pengelesan mahasiswa yang dapat diterima berdasarkan hasil visual inspection sebesar 77,78%

Kata kunci: pengelasan, pengujian tarik, pengujian visual, tegangan yield, kontrol kualitas

ABSTRACT

One of the Study Programs in the Poliban Mechanical Engineering Department is the Heavy Equipment Study Program. One of the courses contained in the Heavy Equipment Study Program Curriculum is Basic Welding which is taken in semester IV with a weight of 2 credits. To find out whether students really master their field, a reliable evaluation tool is needed, because this evaluation tool must really be able to reveal whether the results of student practice have met the criteria or not. The purpose of this study was to determine the quality of the welds on the practical results of semester IV students of the Mechanical Engineering Department, Heavy Equipment Study Program, using tensile and macro testing. It is hoped that the target of student lectures can be achieved. This research took the population of the Poliban Heavy Equipment Study Program Semester IV. While the research sample was taken 18 students who carry out welding practice. Based on the yield stress obtained, there are 2 specimens or the equivalent of 11.11%, which is below the standard of the Yield Strength of ST-37 steel or the equivalent of AISI 1045, which is $\geq 310 \text{ N/mm}^2$, so the percentage of acceptable student welding results is 88.88%. Based on the results of the visual inspection, there were four specimens that broke off in the weld area or equivalent to 22.22% of the test results, so that the percentage of acceptable student welding results based on the visual inspection results was 77.78%.

Keywords: welding, tensile testing, visual testing, yield strength, quality control

Copyright © 2022 Jurnal Teknologi MEDIA PERSPEKTIF
All rights reserved

Corresponding Author:

Ahmad Hendrawan,
Department of Mechanical Engineering
Politeknik Negeri Banjarmasin,
Jl. Brigjen H. Hasan Basry Komplek ULM Banjarmasin 70123, Indonesia
Email: ahendrawan@poliban.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pendidikan profesional merupakan pendidikan tinggi yang diarahkan pada kesiapan penerapan keahlian tertentu. Salah satu Program Studi yang terdapat di Jurusan Teknik Mesin Poliban adalah Program Studi Alat Berat. Salah satu matakuliah yang terdapat dalam Kurikulum Program Studi Alat Berat adalah *Basic Welding* yang ditempuh pada semester IV dengan bobot 2 SKS. Mata kuliah ini diujikan baik program diploma III maupun Profesi.

Untuk mengetahui apakah mahasiswa benar-benar menguasai bidangnya diperlukan suatu alat evaluasi yang handal, karena alat evaluasi tersebut harus benar-benar dapat mengungkap apakah hasil praktek mahasiswa sudah memenuhi kriteria atau belum. Dalam melakukan evaluasi yang baik, pihak perguruan tinggi khususnya Program Studi Alat Berat cukup kesulitan dalam hal evaluasi yang digunakan untuk mengevaluasi hasil praktek pengelasan. Biasanya selama ini evaluasi hasil praktek las mahasiswa hanya dilakukan pengamatan secara visual. Hal ini dilakukan karena metode penilaian tersebut paling murah dan praktis. Namun metode penilaian ini belum menjamin baik tidaknya kualitas hasil pengelasan yang sebenarnya. Untuk mengetahui kualitas hasil pengelasan harus dilakukan dengan pengujian, yaitu dengan menggunakan metode peralatan yang telah di persyaratkan.

Sehubungan dengan hal tersebut, perlu diadakan penelitian untuk mengungkap kualitas hasil praktek las mahasiswa Program Studi Alat Berat dengan menggunakan prosedur yang benar yang telah dipersyaratkan. Sehingga diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan masukan pada Program Studi Alat Berat agar ketrampilan las mahasiswanya dapat ditingkatkan dan hasilnya memenuhi standar pengelasan.

Beberapa penelitian yang terkait dengan pengujian pengelasan diantaranya penelitian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat kerusakan *V Groove* hasil las siswa dalam praktek *Shielded Metal Arc Welding 3G (Vertical Up)* berdasarkan standar *American Welding Society* [1], dimana penelitian menggunakan *checklist* penilaian visual dan hasilnya menunjukkan secara keseluruhan tingkat kelulusan dalam pengelasan masih minim. Dalam penelitian lain *Welding Training Program Development with Shield Metal Arc Welding (SMAW) Process* [2], melakukan pengujian penggunaan modul dimana didapatkan hasil tes untuk siswa yang menggunakan modul menghasilkan skor rata-rata 89,22 % sedangkan untuk siswa yang tidak menggunakan modul menghasilkan skor rata-rata 81,32%. Dalam penelitian lain yang mengkaji dampak praktikum las secara berurut terhadap kemampuan siswa melakukan las 1F (*flat position-fillet lap joint*) pada baja karbon rendah dimana menggunakan las GMAW dan SMAW [3] sebanyak 70,3% dari 104 orang dapat menyelesaikan dengan baik, memenuhi kriteria standar. Sementara pada penelitian yang memiliki tujuan untuk mengetahui bagaimana sifat mekanik dan struktur mikro dengan melakukan variasi kuat arus dengan menggunakan elektroda E6027 menunjukkan hasil kekuatan tarik bahan las 36,711 kgf/mm², nilai tensile strength dengan kuat arus 100 Ampere menurun sebesar 31,863 kgf/mm², sedangkan dengan kuat arus 125 Ampere naik menjadi 40,827 kgf/mm² dan pada 150 Ampere menjadi 48, 503 kgf/mm². Hasil uji struktur mikro pun terjadi perubahan pada setiap perlakuannya [4]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sigit Santosa [5] dalam penelitiannya Evaluasi Kualitas Hasil Praktek Las Busur Guna Menunjang Kerja di Kapal, sebanyak 40% (8 buah) specimen yang belum memenuhi syarat dari 20 specimen yang ada, sedangkan yang memenuhi persyaratan kelulusan sebanyak 60% (12 buah).

Pengelasan

Teknologi las telah banyak digunakan dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi komponen-komponen mesin. Menggunakan sambungan las menjadi lebih ringan dan proses pembuatannya sederhana, sehingga biaya keseluruhan menjadilebih murah. Proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada permukaan perkakas, *rebuild* bagian-bagian yang aus dan reparasi komponen-komponen mesin lainnya [6]. *Shield Metal Arc Welding*(SMAW) adalah proses pengelasan dimana panas dari busur listrik dihasilkan antara elektroda terumpan yang dibungkus oleh fluks dengan benda kerja [7]. Panas yang timbul pada busur listrik mencairkan ujung elektroda dan specimen setempat, kemudian terjadi fusi dan membeku mejadi logam lasan (*weld metal*). Selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair di tempat sambungan dan bekerja sebagai pelindung terhadap pengaruh udara luar.

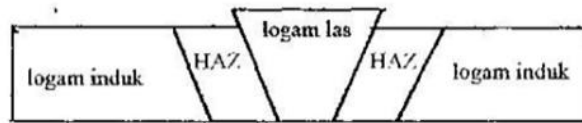
Metalurgi Las

Pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dapat dijabarkan lebih lanjut las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas [8].

Metalurgi dalam pengelasan, dalam arti yang sempit dapat dibatasi hanya pada logam las dan daerah yang dipengaruhi panas atau HAZ (*Heat Affected Zone*). Untuk alasan ini secara singkat dan umum, latar belakang prinsip-prinsip metalurgi juga diperlukan sebelum membicarakan sifa-sifat las dan HAZ yang berdekatan. Karena dengan mengetahui metalurgi las, memungkinkan meramalkan sifat-sifat dari logam las. Aspek-aspek yang timbul selama dan sesudah pengelasan harus benar-benar diperhitungkan sebelumnya, karena perencanaan yang kurang tepat dapat mengakibatkan kualitas hasil las yang kurang baik. Dengan demikian pengetahuan metalurgi las dan

ditambah dengan keahlian dalam operasi pengelasan dapat ditentukan prosedur pengelasan yang baik untuk menjamin hasil las-lasan yang baik.

Pada setiap penyambungan dengan las, selalu dijumpai daerah-daerah atau bagian-bagian dari sambungan las seperti yang terlihat pada Gambar berikut:



Gambar 1. Daerah Las

Daerah lasan terdiri dari empat bagian yaitu [9] :

- Logam lasan (*weld metal*), adalah daerah endapan las (*weld deposit*) dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Endapan las (*weld deposit*) berasal dari logam pengisi (*filler metal*).
- Garis gabungan (*fusion line*), adalah garis gabungan antara logam lasan dan HAZ, dapat dilihat dengan mengetsa penampang las. Daerah ini adalah batas bagian cair dan padat dari sambungan las.
- HAZ (*Heat Affected Zone*), adalah daerah pengaruh panas atau daerah dimana logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama pengelasan mengalami siklus termal atau pemanasan dan pendinginan dengan cepat. Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh temperatur panas dari logam cair dan kecepatan dari pengelasan. Pada batas HAZ dan logam cair temperatur naik sangat cepat sampai batas pencairan logam dan temperatur turun sangat cepat juga setelah proses pengelasan selesai. Hal ini dapat disebut juga sebagai efek *quenching*. Pada daerah ini biasanya terjadi transformasi struktur mikro. Struktur mikro menjadi austenit ketika temperatur naik (panas) dan menjadi martensit ketika temperatur turun (dingin). Daerah yang terletak dekat garis fusi ukuran butirnya akan cenderung besar yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi, menyebabkan austenit mempunyai kesempatan besar untuk menjadi homogen. Karena dengan keadaan homogen menyebabkan ukuran butir menjadi lebih besar. Sedangkan daerah yang semakin menjauhi garis fusi ukuran butirnya semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang tidak begitu tinggi menyebabkan austenit tidak mempunyai waktu yang banyak untuk menjadi lebih homogen. Transformasi struktur mikro yang terjadi akibat perubahan temperatur menyebabkan daerah HAZ sangat berpotensi terjadinya retak (*crack*) dan hal ini sangat penting untuk diperhatikan untuk mendapatkan hasil lasan yang baik.
- Logam induk (*parent metal*), adalah bagian logam yang tidak terpengaruh oleh pemanasan karena proses pengelasan dan temperatur yang disebabkan selama proses pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat-sifat dari logam induk. Hal ini disebabkan karena temperatur atau suhu yang terjadi di logam induk belum mencapai temperatur kritis.

Jenis-Jenis Cacat dalam Pengelasan

Jenis-jenis cacat yang biasanya dijumpai didalam hasil pengelasan adalah sebagai berikut [6] :

- Kurangnya Fusi atau Penetrasi Kurangnya fusi, merupakan cacat akibat "*discontinuity*" yaitu ada bagian yang tidak menyatu antara logam induk dengan logam pengisi. Disamping itu cacat jenis ini dapat pula terjadi pada pengelasan berlapis (*multipass welding*) yaitu terjadi antara lapisan las satu dengan yang lainnya. Kurangnya penetrasi, cacat ini terjadi karena logam las tidak menembus sampai ke dasar sambungan. Penetrasi kampuh yang tidak memadai ialah keadaan dimana kedalaman las kurang dari tinggi alur yang ditetapkan. Cacat ini disebabkan karena perencanaan alur yang tidak sesuai dengan proses pengelasan yang dipilih, elektroda yang terlalu besar, arus listrik yang tidak memadai, atau laju pengelasan yang terlalu cepat.
- Retak (*Cracking*) Jenis cacat ini dapat terjadi baik pada logam las (*weld metal*) daerah pengaruh panas (HAZ) atau pada daerah logam dasar (*parent metal*). Retak adalah pecah-pecah pada logam las, baik searah maupun transversal terhadap garis las, yang ditimbulkan oleh tegangan internal. Retak pada logam las dapat mencapai logam dasar, atau retak seluruhnya terjadi pada logam dasar disekitar las. Retak merupakan cacat las yang berbahaya jika memiliki daerah yang luas, namun jika retak halus yang disebut retak mikro umumnya tidak berbahaya. Retak kadang terbentuk ketika las mulai memadat dan umumnya diakibatkan oleh unsur-unsur yang getas (baik besi ataupun elemen paduan) yang terbentuk sepanjang serat perbatasan. Pemanasan yang lebih merata dan pendinginan yang lebih lambat akan mencegah timbulnya retak "panas". Cacat retak dibagi menjadi dua, yaitu: a. Retak panas: umumnya terjadi pada suhu tinggi ketika proses pembekuan berlangsung. b. Retak dingin: umumnya terjadi dibawah suhu 200 C.
- Cacat Inklusi Cacat inklusi ini disebabkan oleh pengotor (inklusi) baik berupa produk karena reaksi gas atau berupa unsur-unsur dari luar seperti: terak, oksida, logam wolfram, atau lainnya. Cacat ini biasanya terjadi pada daerah bagian logam las (*weld metal*).
- Bentuk yang tidak Sempurna Peleburan yang tidak sempurna terjadi karena logam dasar dan logam las yang berdekatan tidak melebur bersama secara menyeluruh. Ini dapat terjadi jika permukaan yang akan disambung

- tidak akan tidak dibersihkan dengan baik, dan dilapisi kotoran, terak, oksida, atau bahan lainnya. Penyebablain dari cacat ini adalah pemakaian peralatan las yang arus listriknya tidak memadai, sehingga logam dasar tidak mencapai titik lebur. Laju pengelasan yang terlalu cepat juga dapat menimbulkan pengaruh yang sama. Jenis cacat ini memberikan geometri sambungan las yang tidak baik (tidak sempurna).
- e. *Voids* (Porositas) Porositas merupakan cacat las berupa lubang halus atau pori-pori yang biasanya terbentuk didalam logam las akibat terperangkapnya gas/oksigen yang terjadi ketika proses pengelasan. Disamping itu, porositas dapat pula terbentuk akibat kekurangan logam cair karena penyusutan ketika logam membeku. Porositas seperti ini disebut *shrinkage porosity*. Cacat las ini ditimbulkan oleh arus listrik yang terlalu tinggi atau busur nyala yang terlalu panjang. Porositas dapat terjadi secara merata tersebar dalam las, atau dapat merupakan rongga yang besar terpusat didasar las sudut atau dasar dekat las pelindung pad alas tumpul. Yang terakhir diakibatkan oleh prosedur pengelasan yang buruk dan pemakaian plat pelindung yang ceroboh.
 - f. Peleburan yang berlebihan. Arti peleburan berlebihan (*undercutting*) adalah terjadinya alur pada bahan dasar didekat ujung kaki las yang tidak terisi dengan logam las. Arus listrik dan panjang busur nyala yang berlebihan dapat membakar atau menimbulkan alur pada logam dasar. Cacat ini mudah terlihat dan dapat diperbaiki dengan memberi las tambahan.
 - g. Pembentukan Terak Terak terbentuk selama proses pengelasan akibat reaksi kimia lapisan elektroda yang mencair, serta terdiri dari oksida logam dari senyawa lain. Karena kerapatan terak lebih kecil dari logam las yang mencair. Terak biasanya berada pada permukaan dan dapat dihilangkan dengan mudah setelah dingin. Namun, pendinginan sambungan yang terlalu cepat dapat menjerat terak seblum naik ke permukaan. Bila beberapa lintasan las dibutuhkan untuk memperoleh ukuran las yang dikehendaki, pembuat las harus membersihkan terak yang ada sebelum memulai lintasan yang baru. Kelalaian terhadap hal ini merupakan penyebab utama masuknya terak.

Pengertian Kualitas

Definisi kualitas yang digunakan oleh *American Society for Quality* (ASQ) adalah “keseluruhan fitur dan karakteristik sebuah produk atau jasa yang mengandalkan pada kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang dijanjikan dan tersirat” [10].

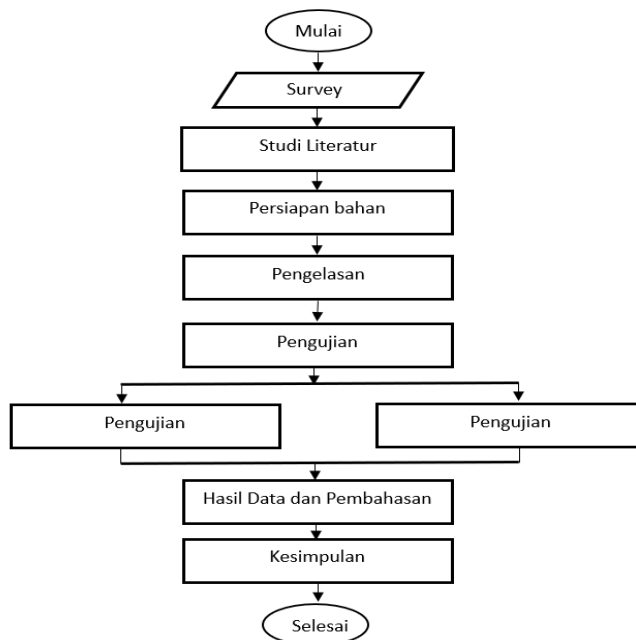
2. METODOLOGI

Populasi dan Sampel

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil populasi mahasiswa Program Studi Alat Berat Semester IV Poliban. Sedangkan untuk sample penelitian ini diambil 18 mahasiswa yang melakukan praktek las.

Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat dari diagram alir penelitian berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Metode Pengambilan Data

Pengambilan Data untuk Uji Tarik dan Uji Makro

Pengujian Tarik menggunakan *Universal Tasting Machine* Galdabin. Data yang didapat dalam pengujian tarik berupa gaya tarik dan luas penampangnya. Kedua data tersebut kemudian ditabulasikan dengan membagi gaya tarik dengan luas penampang terkecil pada benda uji, akan didapatkan tegangan tarik minimum benda uji tersebut. Data kelulusan benda uji terhadap syarat-syarat uji tarik didapatkan dengan membandingkan tegangan tarik minimum benda uji dengan tegangan tarik minimum bahan dasar dan elektroda las busur.

Dalam pengujian makro, data yang diambil hanya menunjukkan ada tidaknya cacat-cacat sambungan las, jadi belum sampai pada tingkat kecacatannya. Data dicatat dengan memberi tanda pada daftar cacat las sesuai kondisi masing-masing benda uji. Data kelulusan benda uji dicari dengan melihat ada tidaknya cacat pada benda uji tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

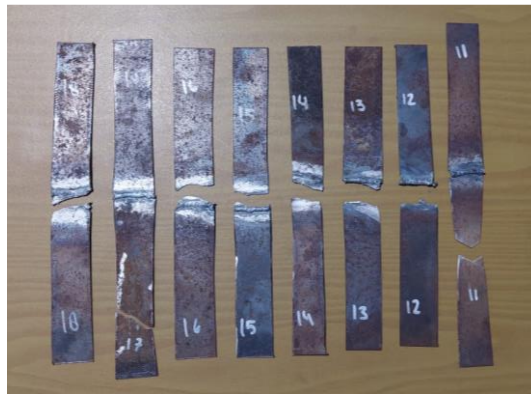
Setelah melakukan pengujian terhadap hasil praktek las mahasiswa dengan melakukan pengujian tarik bahan dan visual didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik

Speciment	Bahan	Las	Lo	Lt	Delta L	Fy	Fmaks
1	ST 37	Las Asiteline	220	243	23	407	440
2	ST 37	Las Asiteline	220	255	25	361	437
3	ST 37	Las Asiteline	220	247	5	336	377
4	ST 37	Las Asiteline	220	288	44	370	451
5	ST 37	Las Asiteline	220	283	38	320	443
6	ST 37	Las Asiteline	220	255	10	342	416
7	ST 37	Las Asiteline	220	280	32	331	394
8	ST 37	Las Asiteline	220	247	9	357	454
9	ST 37	Las Asiteline	220	279	38	344	460
10	ST 37	Las Asiteline	220	271	22	357	464
11	ST 37	Las Asiteline	220	285	40	360	436
12	ST 37	Las Asiteline	220	246	2	224	226
13	ST 37	Las Asiteline	220	247	3	365	387
14	ST 37	Las Asiteline	220	253	10	348	406
15	ST 37	Las Asiteline	220	255	10	339	426
16	ST 37	Las Asiteline	220	255	20	355	419
17	ST 37	Las Asiteline	220	285	37	385	495
18	ST 37	Las Asiteline	220	264	18	408	474



Gambar 3. Speciment 1 – 10 Setelah Dilakukan Pengujian Tarik



Gambar 4. Speciment 11 – 18 Setelah Dilakukan Pengujian Tarik



Gambar 5. Proses Pengujian Tarik dan Pendataan Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian selanjutnya dilakukan proses perhitungan untuk mendapatkan besar tegangan yield.

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A}$$

Tegangan yield yang didapatkan seperti terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. Tegangan Yield Specimen

	Specimen								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
σ_y (N/mm ²)	407	361	226	370	320	342	331	357	344

	Specimen								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
σ_y (N/mm ²)	357	360	224	365	348	339	355	385	408

Berdasarkan tegangan yield yang didapatkan terdapat 2 specimen atau setara dengan 11,11% yang berada dibawah standar dari Yield Strength baja ST-37 atau setara dengan AISI 1045 yaitu sebesar $\geq 310 \text{ N/mm}^2$.

Berdasarkan hasil visual inspection terdapat empat spesimen yang putus pada daerah las atau setara dengan 22,22% dari hasil uji.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tegangan yield yang didapatkan terdapat 2 specimen atau setara dengan 11,11% yang berada dibawah standar dari *Yield Strength* baja ST-37 atau setara dengan AISI 1045 yaitu sebesar $\geq 310 \text{ N/mm}^2$, sehingga persentase hasil pengelasan mahasiswa yang dapat diterima sebesar 88,88%.

Berdasarkan hasil *visual inspection* terdapat empat spesimen yang putus pada daerah las atau setara dengan 22,22% dari hasil uji, sehingga persentase hasil pengelesan mahasiswa yang dapat diterima berdasarkan hasil visual inspection sebesar 77,78%

Dalam rangka menyiapkan sumber daya yang berkualitas, kontrol kualitas hasil praktek mahasiswa sangat diperlukan dilakukan sehingga unjuk kerja mahasiswa sesuai dengan yang diharapkan industri.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik Negeri Banjarmasin.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P Hargiyarto, K Syauqi, S Sugiyono, A ardian, S Sianipar and LA Nadjib, "*Analysis of Quality Student Practice Results in Shielded Metal Arc Welding*", Journal of Physics Conference Series 1700 012010, 2020
- [2] Firman Edi, Ambiyar, Waskito, Danyl Mallisza, "*Welding Training Program Development with Shield Metal Arc Welding (SMAW) Process*", Italienisch, Vol 12 , No.2, 2022, pp 958-964
- [3] Malcolm Rose, Michael L. Pete, Rebecca G. Lawver, Brian K Warnick and Xin Dai, "*Assessing the Impact of Sequencing Practicums for Welding in Agricultural Mechanics*", Journal of Agricultural Education, Volume 56, Issue 1, pp 92-102, 2015
- [4] Irza Sukmana, Ade Sustiono, "Pengaruh Kecepatan Putar Indentor Las Gesek Puntir (Friction Stir Welding) Terhadap Kualitas Hasil Pengelasan Aluminium1100-H18, Jurnal Mechanical, Volume 7, Nomor 02, Oktober 2016
- [5] Prasetya Sigit Santoso, "Evaluasi Kualitas Hasil Praktek Las Busur Guna Menunjang Kerja di Kapal", Majalah Ilmiah Bahari Jogja (MIBJ), Volume 17, No. 1, Februari 2019, h 8-19
- [6] Wiryosumarno, H, Okumura, T, "Teknologi Pengelasan Logam", Cetakan 5, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [7] ASM Handbook, "*Welding, Brazing, and Soldering*", Vol 6, ASM International USA, 1995
- [8] Team DT-NDT Pengelasan Inspeksi, "Penguujian DTNDT (Materi Pelatihan Upgrading Personil Quality Control), PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, 2009
- [9] Weman, K, "*Welding Processes Handbook*", 2nd edition, Woodhead Publishing Limited, p. 191, 2012
- [10] Heizer, J. dan Render, B, "Manajemen Operasi", Edisi 7, Salemba Empat, Jakarta, 2006