

**STUDI SIFAT MEKANIS LAS BRAZING DENGAN
PENYAMBUNGAN LAP JOINT PADA MATERIAL
ALUMINIUM, KUNINGAN DAN TEMBAGA**



**Disusun Sebagai Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata 1 Pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Surakarta**

Oleh :

AZIZ HANAFI

D200130089

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

STUDI SIFAT MEKANIS LAS BRAZING DENGAN PENYAMBUNGAN LAP JOINT PADA MATERIAL ALUMINIUM, KUNINGAN DAN TEMBAGA

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

AZIZ HANAFI

D 200 130 089

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen

Pembimbing



(Joko Sedyono, ST, M.Eng, Ph.D)

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI SIFAT MEKANIS LAS BRAZING DENGAN PENYAMBUNGAN LAP JOINT PADA MATERIAL ALUMINIUM, KUNINGAN DAN TEMBAGA

Oleh :

AZIZ HANAFI

D 200 130 089

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammdiyah Surakarta

Pada hari rabu, 31 oktober 2018

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan penguji :

1. Joko Sedyono, ST, M.Eng, Ph.D

(Ketua Dewan Penguji)

2. Bambang Waluyo F, ST, MT

(Anggota 1 Dewan Penguji)

3. Ir. Sunardi Wiyono, MT

(Anggota 2 Dewan Penguji)


(.....)


(.....)


(.....)



Dekan

(Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak pernah terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan mempertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 8 November 2018

Penulis



AZIZ HANAFI

D200130089

STUDI SIFAT MEKANIS LAS BRAZING DENGAN PENYAMBUNGAN LAP JOINT PADA MATERIAL ALUMINIUM, KUNINGAN DAN TEMBAGA

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis dari material aluminium, kuningan, dan tembaga dengan menggunakan pengelasan brazing dengan menggunakan metode penyambungan lap joint. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk proses pengujian ini adalah uji komposisi kimia, uji foto mikro, dan uji tarik. Material dasar yang digunakan adalah plat aluminium, kuningan, dan tembaga yang kemudian dilakukan pengelasan brazing dengan metode penyambungan lap joint. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis telah mendapatkan hasil pengujian. Pada uji komposisi yang dilakukan material aluminium mengandung beberapa komposisi yang tertinggi yaitu Aluminium (Al) 97.41%, untuk material Kuningan mengandung beberapa komposisi yaitu Tembaga (Cu) 64.2%, Zinc (Zn) 34.8%, sedangkan untuk material tembaga mengandung komposisi tembaga (Cu) 98.3%. Pada pengujian tarik yang dilakukan kekuatan tertinggi yaitu kuningan dengan nilai sebesar 281,335 Mpa, dan untuk kekuatan tarik terendah yaitu Aluminium dengan nilai 70,81 Mpa. Hasil foto mikro yang didapat pada material Aluminium, Kuningan dan Tembaga belum terjadi perubahan struktur mikro dikarenakan pada proses pengetsaan yang belum sempurna maka proses korosi yang terjadi juga belum sempurna, berakibat pada proses uji foto mikro yang tidak terlihat struktur mikronya.

Kata Kunci: Aluminium, Kuningan, Tembaga, Lap Joint, Pengelasan Kuningan, Uji Komposisi, Uji Tarik, Uji Foto Mikro.

Abstract

This research was conducted to know the mechanical properties of aluminum, brass and copper material by using brazing welding by using lap joint method. In this research the method used for this testing process is chemical composition test, micro photo test, and tensile test. The basic material used is aluminum plate, brass, and copper which is then welded brazing by joint lap joint method. Based on the research that has been done, the authors have obtained the test results. In the composition test made aluminum material contains some of the highest composition of Aluminum (Al) 97.41%, for brass material contains some composition that is copper (Cu) 64.2%, Zinc (Zn) 34.8%, while copper containing copper composition (Cu) 98.3%. At the tensile test conducted the highest strength of brass with a value of 281,335 Mpa, The results of micro-photos obtained on Aluminium, Brass and Copper materials have not changed the microstructure because the etching process has not been perfect, resulting in a micro photo test process that does not look at the microstructure.

Keywords: *Aluminum, Brass, Copper, Lap Joint, Brazing Welding, Tensile Test, Composition Test, Micro Photo Test.*

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini teknik pengelasan telah digunakan atau berkembang secara luas dalam penyambungan pada konstruksi bangunan dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi pengelasan ini disebabkan adanya keunggulan – keunggulan pengelasan. Teknik penyambungan menggunakan mesin pengelasan ini menjadikan konstruksi lebih ringan dan proses pembuatannya lebih seerhana sehingga secara keseluruhan biaya yang dikeluarkan menjadi lebih sedikit. Kemudian kerana perkembangan yang semakin pesat dalam mempermudah pekerjaan, maka dalam dunia pengelasan dapat dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat disambung atau dilas dengan mesin pengelasan pada saat ini.

Pengelasan yaitu suatu proses penggabungan atau penyambungan logam dimana logam tersebut menjadi satu yang diakibatkan oleh panas yang akan mencairkan logam tersebut, dengan atau tanpa pengaruh tekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi sebagai bahan untuk menggabungkan logam tersebut. Berdasarkan definisi dari *Deutch Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energy panas (Wiryosumarto,2000).

Penyambungan terdiri dari berbagai macam cara, salah satunya (lap joint), proses pengelasan juga dapat dipergunakan sebagai reparasi, misalnya sebagai pengisi lubang – lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal pada bagian – bagian mesin atau konstruksi bangunan yang sudah aus, dan berbagai macam reparasi lainnya. Prosedur pengelasan terlihat sangat sederhana, namun didalam dunia pengelasan terdapat masalah – masalah yang harus diatasi, dimana pemecahan masalah tersebut memerlukan sebagai macam pengelasan menjadi sangat penting dan membutuhkan penanganan yang serius dalam penggunaannya , karena

kesalahan sedikit dalam proses pengelasan akan mengakibatkan kerugian yang cukup besar.

Brazing adalah penyambungan dua buah material logam atau lebih, baik itu logam sejenis maupun tidak sejenis dengan menggunakan bahan tambah (filler) yang titik luluhnya lebih rendah dibandingkan dengan titik cair logam yang akan disambungkan dengan menggunakan temperatur yang rendah, pada proses brazing ini biasanya menggunakan api yang berasal dari karbid acetylene atau gas propana. Proses brazing mencakup suhu 350°C - 1190°C / 880°F - 2175°F . Proses brazing merupakan teknologi las yang banyak digunakan dalam industri untuk penyambungan material yang berbentuk pipa atau pelat.

Sambungan las dalam konstruksi pada dasarnya berbagai dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang (Wirjosumarto, 2004). Sambungan tumpang atau disebut sambungan (lap joint) ialah berbentuk sambungan dimana kedua bidang yang akan disambungkan bertumpuk satu sama lain, tetapi sebelumnya dilakukan pengerjaan terhadap bidang sambungan tersebut untuk membentuk kampuh las, agar didapatkan hasil sambungan pengelasan yang kuat. Untuk gambar jenis – jenis kampuh sambungan lap joint dapat dilihat pada gambar 2.4.

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang terdapat di kerak bumi. Meski jumlahnya cukup banyak, aluminium tidak pernah ditemukan dalam bentuk aslinya. Aluminium bukan merupakan jenis logam berat, namun merupakan elemen yang berjumlah sekitar 8% dari permukaan bumi. Aluminium merupakan konduktor listrik yang baik, ringan, kuat, tahan korosi dan konduktor panas yang baik. Aluminium dapat ditempa menjadi lembaran, ditarik menjadi kawat dan diekstrusi menjadi batangan dengan bermacam – macam penampang.

Kuningan adalah logam yang merupakan campuran dari unsur tembaga dan seng. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuningan keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Seng lebih banyak mempengaruhi warna kuningan tersebut. Komponen

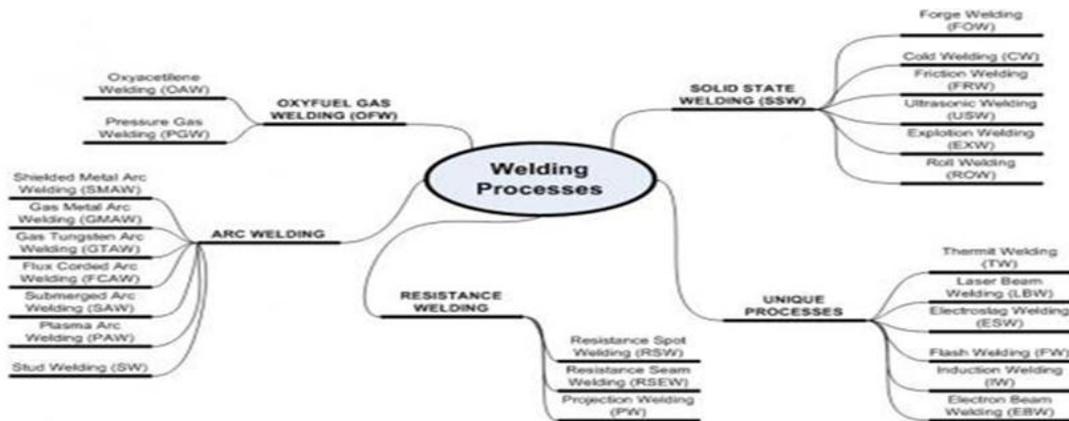
utama dari kuningan adalah tembaga, sehingga kuningan diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Kuningan lebih kuat dan lebih keras dari pada tembaga, tetapi tidak sekuat atau sekeras baja. Kuningan sangat mudah untuk dibentuk ke dalam berbagai bentuk, sebuah konduktor panas yang baik, dan umumnya tahan terhadap korosi dari air garam (Surya,2013).

Tembaga merupakan logam *non ferro* yang banyak digunakan sebagai paduan. Paduan tembaga ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan untuk keperluan konstruksi mesin dan transmisi *building industry* dengan memakai standar dari *The American Institute Of Material* (AIM) di USA. Tembaga mempunyai konduktivitas thermal dan elektrik yang baik, relatif lunak, mudah ditempa, memberikan kilau yang indah bila digosok dan mempunyai laju korosi yang lambat.

Permasalahan yang ada selama ini adalah bahan penelitian dibidang pengelasan baru meliputi penggabungan beda material dengan metode pengelasan Brazing. Tetapi penelitian tersebut hanya membandingkan jenis materialnya. Pada penelitian ini akan dibandingkan kekuatan pengelasan Brazing antara bahan sejenis menggunakan bahan tambah (filler) dengan 3 macam bahan yaitu antara aluminium, kuningan, dan tembaga yang akan dijadikan sebagai spesimen.

2. METODE

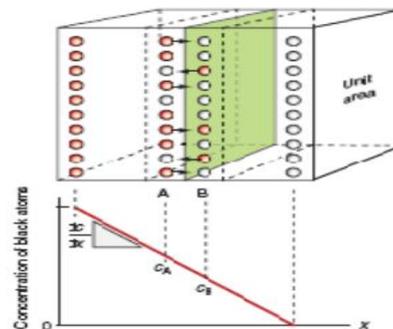
Pengelasan menurut *Deutche Inustrie Normon* (DIN) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Sambungan las merupakan penggabungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energy panas sehingga terjadi ikatan antara atom – atom atau molekul - molekul dari batang logam yang disambung (Wiryosumarto, H. T. Okumoro,2000). Ada beberapa jenis pengelasan , berikut klasifikasi jenis pengelasan.



Gambar 1 Klasifikasi cara pengelasan

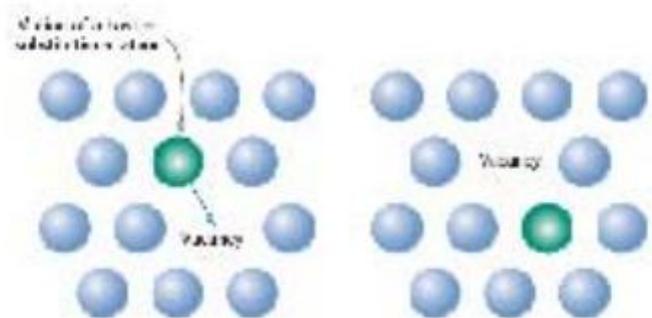
Dasar teori menerangkan tentang pengertian – pengertian dari referensi yang telah dicantumkan dalam pembuatan laporan maupun pada waktu proses praktek tugas akhir dalam pembuatan barang atau bahan yang ada serta menerangkan acuan – acuan lainnya yang mendukung dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.

Difusi merupakan perpindahan atom dari satu tempat ke tempat lainnya. Tipe dari difusi material solid yaitu : *self diffusion* dan *interdiffusion*. *Self diffusion* adalah perpindahan atom pada satu jenis bahan. *Interdiffusion* adalah perpindahan atom antara dua atau lebih jenis bahan yang berbeda.



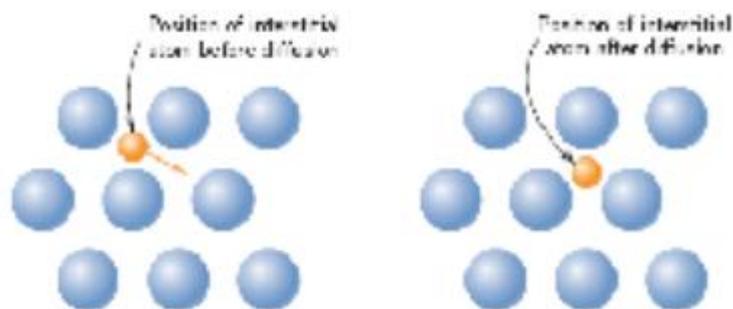
Gambar 2 Mekanisme interdiffusion, (Ashby,2007)

Mekanisme terjadinya difusi terbagi oleh : difusi *vancancy* dan difusi *interstitial*. Difusi *Vacancy* adalah mekanisme perpindahan atom karena ada kekosongan tempat. Kekosongan ini akan diisi oleh atom yang lain, seperti pada Gambar 2.



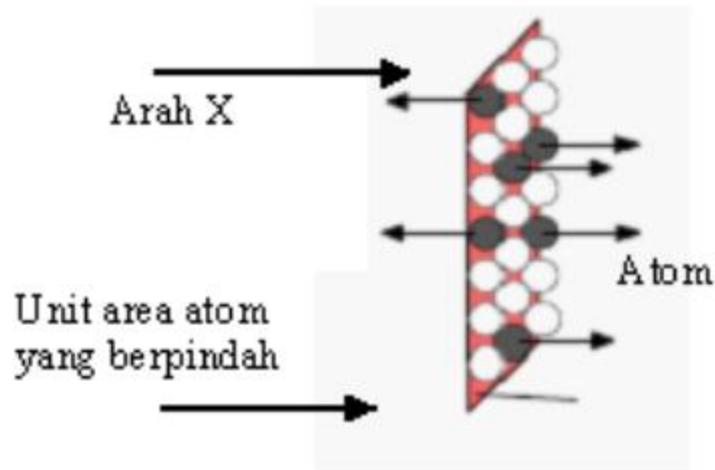
Gambar 3 Mekanisme difusi *vacancy*, (Calister, 2007)

Difusi *interstitial* adalah mekanisme perpindahan atom karena gerkan atom didalam rongga atom, diilustrasikan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4 Mekanisme difusi *interstitial* (Callister,2007)

Pemodelan teori difusi berdasarkan oleh jumlah flux yang berdifusi ke logam lain. Flux dapat dijelaskan pada gambar dibawah ini yaitu perpindahan atom persatuan luas.



Gambar 5 Mekanisme perpindahan atom

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui persentase unsur-unsur kimia yang terkandung dalam material logam. Berikut hasil komposisi kimia material logam yang digunakan dalam penelitian:

3.1.1 Spesimen Aluminium

Hasil uji komposisi kimia pada aluminium dapat diartikan bahwa material tersebut merupakan aluminium paduan. Persentase kandungan unsur yang mendominasi pada paduan aluminium antara lain : Aluminium (Al), Zinc (Zn), Chromium (Cr) sehingga aluminium tersebut merupakan jenis aluminium paduan Al - Zn - Cr. Paduan tersebut mempunyai kadar Aluminium (Al) 97.41%, Zinc (Zn) 1.02%, Chromium (Cr) 0.554% yang memiliki kekuatan tertinggi dari paduan aluminium yang lainnya. Hasil pengujian uji komposisi kimia dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 1 Komposisi Aluminium Seri 6000

UNSUR	SAMPLE UJI	
	18/S15 (%)	Standart Deviasi

Al	97,41	0,0458
Si	0,0975	0,0014
Fe	0,417	0,0757
Cu	0,168	0,0007
Mn	0,164	0,0055
Mg	<0,0500	<0,0000
Cr	*0,554	*0,0261
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	1,02	0,0100
Sn	<0,0500	<0,0000
Ti	<0,0100	<0,0000
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0001	0,0000
Ca	0,0035	0,0001
Sr	<0,0005	<0,0000
V	<0,0100	<0,0000
Zr	<0,0030	<0,0000

3.1.2 Spesimen Kuningan

Hasil uji komposisi kimia pada kuningan pada diartikan bahwa material tersebut merupakan paduan. Antara Cu dan Zn, dimana tembaga (Cu) tersebut memiliki kandungan sebesar 64.2%. Dan untuk paduan Zinc (Zc) memiliki kandungan sebesar 34.8%. Aluminium (Al) pada paduan kuningan sebagai penghalus butir kristal dan memperbaiki ketahanan korosi terhadap air laut. Pada paduan tembaga (kuningan) juga terdapat timbal (Pb) yang larut padat pada kuningan dan mempunyai kelebihan mengendap pada batas butir dan di dalam butir terdispersikan secara halus yang dapat memperbaiki mesin dan membuat permukaan halus. Dan untuk Sn sendiri dapat memperbaiki ketahanan korosi dan sifat – sifat mekaniknya jika ditambahkan alam daerah larutan padat. Hasil dari pengujian komposisi dengan material kuningan dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Komposisi Kuningan (Cu – Zn)

UNSUR	SAMPLE UJI	
	18/13 (%)	Standar Deviasi
Cu	64,2	0,416
Zn	34,8	0,416
Pb	0,0986	0,0050
Sn	0,155	0,0176
Mn	0,0111	0,0016
Fe	0,101	0,0011
Ni	0,0612	0,0099
Si	0,0354	0,0070
Mg	<0,0050	0,0000
Cr	0,0178	0,0004
Al	0,317	0,0052
As	0,0387	0,0034
Be	<0,0020	0,0000
Ag	0,0077	0,0014
Co	0,0125	0,0066
Bi	0,0275	0,0078
Cd	0,0122	0,0020
Zr	0,0037	0,0014

3.1.3 Spesimen Tembaga

Pada hasil uji komposisi tembaga di dapatkan hasil antara lain Tembaga (Cu) 98.3%, Tin (Sn) 1.18%, dan Zinc (Zn) 0.240%. Timbal (Pb) mampu menahan korosi apabila kontak dengan udara maka akan segera terbentuk lapisan oksida yang akan melindungi logam dari proses oksidasi lebih lanjut. Silicon (Si) meningkatkan tegangan serta ketahanan terhadap serangan korosi dan hal ini pula yang menjadikan tembaga mudah untuk dilakukan penyambungan melalui pengelasan, dimana dioksidasi dalam pengelasan proses pencairan akan tercapai karena adanya unsur silicon.

Tabel 3 memperlihatkan hasil uji komposisi dengan bahan material tembaga.

Tabel 3 Komposisi Tembaga (Cu)

UNSUR	SAMPLE UJI	
	18/14%	Standart Deviasi
Cu	98,3	0,186
Zn	0,240	0,0299
Pb	<0,0100	0,0000
Sn	1,18	0,175
Mn	<0,0020	0,0002
Fe	0,0071	0,0094
Ni	0,0247	0,0145
Si	0,0217	0,0268
Mg	<0,0050	0,0000
Cr	0,0129	0,0018
Al	<0,050	0,0000
As	0,0325	0,0030
Be	<0,0020	0,0000
Ag	0,0031	0,0011
Co	0,0317	0,0046
Bi	0,0107	0,0041
Cd	0,0103	0,0020
Zr	<0,0020	0,0000

3.2 Pembahasan

3.2.1 Uji Tegangan Tarik

Pengujian tarik merupakan pengujian untuk mengetahui kekuatan hasil pengelasan sebagai bahan penelitian. Setiap spesimen dilakukan 2 (dua) kali uji tarik , dari 2 kali pengujian tersebut akan diambil hasil rata-rata. Hasil dari pengujian tarik merupakan diagram tegangan-regangan. Diagram tegangan-regangan tersebut apat di lihat pada Gambar 2 aluminium, Gambar 4 kuningan dan Gambar 6 tembaga. Disini luas

penampang yang digunakan adalah luas penampang daerah baes metal dengan rumus dibawah ini.

Luas penampang (A) : T x L

: 2 mm x 20 mm

Tabel 4 Hasil Uji Tarik Aluminium

	Spesimen		Rata-Rata
	Aluminium 1	Aluminium 2	
σ (Mpa)	69,75	71,87	70,81
ϵ	0,0319	0,034	0,03295
σ_y (Mpa)	50	50	50
ϵ_y	0,00265	0,00265	0,00265
E (Pa)	15686,3x10 ⁶	15686,3x10 ⁶	15686,3x10 ⁶

Tabel 5 Hasil Uji Tarik Kuningan

	Spesimen		Rata-Rata
	Kuningan 1	Kuningan 2	
σ (Mpa)	274,5	288,17	281,335
ϵ	0,136	0,174	0,155
σ_y (Mpa)	142	162,5	152,25
ϵ_y	0,0156	0,0225	0,01905
E (Pa)	10312,5x10 ⁶	7439,02x10 ⁶	8,875,76x10 ⁶

Tabel 6 Hasil Uji Tarik Tembaga

	Spesimen		Rata-Rata
	Tembaga 1	Tembaga 2	
σ (MPa)	187,35	193,2	190,275
ϵ	0,234	0,289	0,2615
σ_y (MPa)	106,25	106,25	106,25
ϵ	0,0237	0,0195	0,0216
E (Pa)	4812,5x10 ⁶	4935,9x10 ⁶	4874,2x10 ⁶

3.2.2 Uji Metalografi (Foto Mikro)

Pengujian metalografi dilakukan untuk mengetahui sifat fisik suatu material. Sifat fisik tersebut terbagi atas daerah logam las (Nugget), daerah terpengaruh panas (Heat Efektive Zone), dan daerah logam induk (Base

Metal). Berikut hasil uji metalografi (foto mikro) untuk material aluminium, kuningan, dan tembaga menggunakan bahan pengisi (Filler) dengan menggunakan skala pembesaran 200 kali.

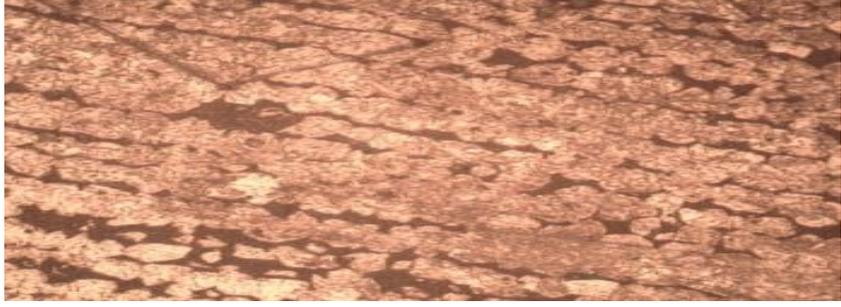
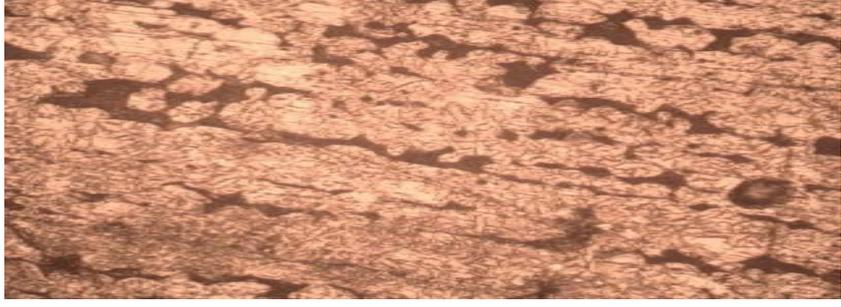
3.2.3 Alumiinium

Bagian	Perbesaran 200x
Logam Las	
HAZ	
Base Metal	

Gambar 6 Foto Mikro Aluminium (pembesaran 200x)

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian dengan skala pembesaran 200 kali pada material Aluminium (Al) belum terjadi perubahan struktur mikro dikarenakan pada proses pengetsaan yang belum sempurna maka proses korosi yang terjadi juga belum sempurna, berakibat pada gagalnya proses uji foto mikro yang tidak terlihat struktur mikronya.

3.2.4 Kuningan

Bagian	Perbesaran 200x
Logam Las	
HAZ	
Base Metal	

Gambar 7 Foto Mikro Kuningan (pembesaran 200x)

Untuk pengujian struktur mikro dengan material kuningan pada daerah Las, HAZ, dan Base metal belum terjadi perubahan struktur mikro dikarenakan pada proses pengetsaan yang belum sempurna maka proses korosi yang terjadi juga belum sempurna, berakibat pada gagalnya proses uji foto mikro yang tidak terlihat struktur mikronya.

3.2.5 Tembaga

Bagian	Perbesaran 200x
Logam Las	
HAZ	
Base Metal	

Gambar 8 Foto Mikro Tembaga (pembesaran 200x)

Pada pengujian metalografi foto mikro material tembaga pada daerah logam las, HAZ dan Base belum terjadi perubahan struktur mikro dikarenakan pada proses pengetsaan yang belum sempurna maka proses korosi yang terjadi juga belum sempurna, berakibat pada gagalnya proses uji foto mikro yang tidak terlihat struktur mikronya.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

- 1) Berdasarkan hasil dari uji komposisi yang dilakukan material aluminium mengandung beberapa komposisi yang tertinggi yaitu Aluminium (Al) 97.41%, Zinc (Zn) 1.02%, Chromium (Cr) 0.554% untuk material Kuningan mengandung beberapa komposisi yaitu Tembaga (Cu) 64.2%, Zinc (Zn) 34.8%, Aluminium (Al) 0.317% sedangkan untuk material tembaga mengandung komposisi tembaga (Cu) 98.3%, Tin (Sn) 1.18%, dan Zinc (Zn) 0.240%.
- 2) Pada pengujian tarik yang dilakukan kekuatan tertinggi yaitu kuningan dengan nilai sebesar 381,335 Mpa. Dan untuk kekuatan tarik terendah yaitu Aluminium dengan nilai 70,81 Mpa.
- 3) Hasil foto mikro yang didapat pada material Aluminium, Kuningan dan Tembaga belum terjadi perubahan struktur mikro dikarenakan pada proses pengetsaan yang belum sempurna maka proses korosi yang terjadi juga belum sempurna, berakibat pada proses uji foto mikro yang tidak terlihat struktur mikronya.

4.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan masih terdapat beberapa kesalahan yang masih mungkin untuk iminimalisir, Untuk itu penulisan menyarankan untuk :

- 1) Proses pemotongan specimen atau material perlu diperhatikan ukuran yang akan dilakukan pengelasan atau penelitian.
- 2) Pada saat proses pengelasan kedua specimen harus diletakkan pada meja kerja yang rata agar dapat menyambung daerah lurus pada saat dilakukan pengelasan.
- 3) Perlu dilakukan penelitian sejenis dengan variasi yang lebih baik lagi pada material yang akan di jadikan penelitian.
- 4) Untuk penelitian yang selanjutnya di sarankan agar lebih teliti lagi dalam melakukan persiapan dan saat pengelasan.

- 5) Untuk penelitian selanjutnya pada proses Uji foto mikro harus diperhatikan pada pengetsaan agar struktur mikronya kelihatan sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM A751-01. 2001. *Standard Test Methods, Pratises, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products*. Bar Harbour. United state.
- ASTM E407-07. 2007. *Test Method for microetching Metals and Alloy*. Bar Harbour. United State.
- ASME IX. 2010. *Welding And Brazing Qualification*, American Society Mechanical Engineering. Three Park Avenue. New York. 10016 USA
- ASM Handbook Vol 6. Pdf, 1993. *Welding Brazing and Solering*, ASM Handbook Commite. United State.
- ASM Handbook Vol 10. Pdf, 1998. *Material Characterization*. ASM Handbook Commite. United State.
- ASTM Handbook Vol 9. Pdf 1998. *Metallography and Microstructures*, ASM Handbook Commite. Unitetd State.
- Baskoro, Ario Sunar. (2015). *Pengaruh panjang Lap Joint Terhadap Beban Tarik pada Sambungan Pipa Kapiler Tak Sejenis Menggunakan Torch Brazing*. Universitas Indonesia.
- Shiue R. K. (2006) di National Taiwan University.
Dari <https://www.researchgate.net/publication/225567781>
- Santoso. Agung. 2017. *Analisa Kekuatan Mekanis Sambungan Tipe Simple Lap Joint antara aluminium Tebal 2mm dengan Baja Galvanis Tebal 2mm dengan Metode brazing*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Surdia, T dan Saito, S. 1991. *Pengetahuan Bahan Teknik*, P.T. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Surya, 2013, *Definisi Dan Jenis Kuningan*, Artikel, Jawa Barat. Diambil dari: <http://www.suryalogam.com/pkuningan/>

Wiryo Sumarto, H. Dan T. Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. cetakan kedelapan pradya pramita. Jakarta.