

**Pembuatan *Austenitic Stainless Steel* AISI 316L Menggunakan
Material *Ferronickel* Lokal**

*(Manufacture of Austenitic Stainless Steel AISI 316L Using Local
Ferronickel Material)*

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Ricki Hidayatulloh

NPM: 193030014



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2023**

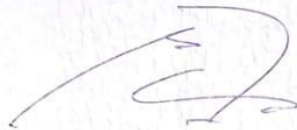
LEMBAR PENGESAHAN

**Pembuatan *Austenitic Stainless Steel* AISI 316L
Menggunakan Material *Ferronickel* lokal**



**Nama: Ricki Hidayatulloh
NPM: 193030014**

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Muki Satya Permana, M.T.

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Djoko Hadi Prajitno, MSME.

ABSTRAK

Austenitic Stainless Steel AISI 316L merupakan material bentuk penyempurnaan dari AISI 304 dengan menambahkan *Molybdenum* untuk memperlambat sifat laju korosi untuk umur yang lebih lama. Baja AISI 316L banyak digunakan untuk bahan pembuatan untuk menampung bahan kimia korosif, pipa pembuangan air atau limbah dan tabung rebusan makanan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat paduan material AISI 316L yang sesuai dengan standar. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian struktur mikro, pengujian komposisi (*Optical Emission Spectrometer*), pengujian kekerasan *Vickers*. Pengujian struktur mikro menunjukkan adanya struktur *dendrite* hasil dari peleburan pada permukaan spesimen paduan. Pengujian (*Optical Emission Spectrometer*) menunjukkan hasil rancangan paduan spesimen yang sudah mendekati dengan standar, namun terjadinya penurunan unsur seperti *Chromium* (Cr) dan *Molybdenum* (Mo). Hal ini dapat disebabkan oleh area penguapan pada pengujian komposisi kurang menyeluruh. Pada pengujian kekerasan *Vickers* menunjukkan bahwa spesimen paduan Cr 15,07%-Ni 10,81%-Mo 2,048% memiliki kekerasan dengan rata-rata 192,7 HV spesimen paduan Cr 12,72 %- Ni 11,46 %- Mo 1,377% memiliki kekerasan rata-rata 166,2 HV. Hal ini menunjukkan bahwa spesimen Cr 15,07%-Ni 10,81%-Mo 2,048% memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan Cr 12,72 %- Ni 11,46 %- Mo 1,377% yang dapat diakibatkan oleh *Chromium* (Cr) dan *Molybdenum* (Mo) pada spesimen paduan Cr 15,07%-Ni 10,81%-Mo 2,048% lebih tinggi dan dapat meningkatkan nilai kekerasan pada paduan.

Kata kunci: *Austenitic Stainless steel*, pembuatan paduan AISI 316L, *Molybdenum*, *Chromium Carbide*, *ferro-nickel-chrome*.

ABSTRACT

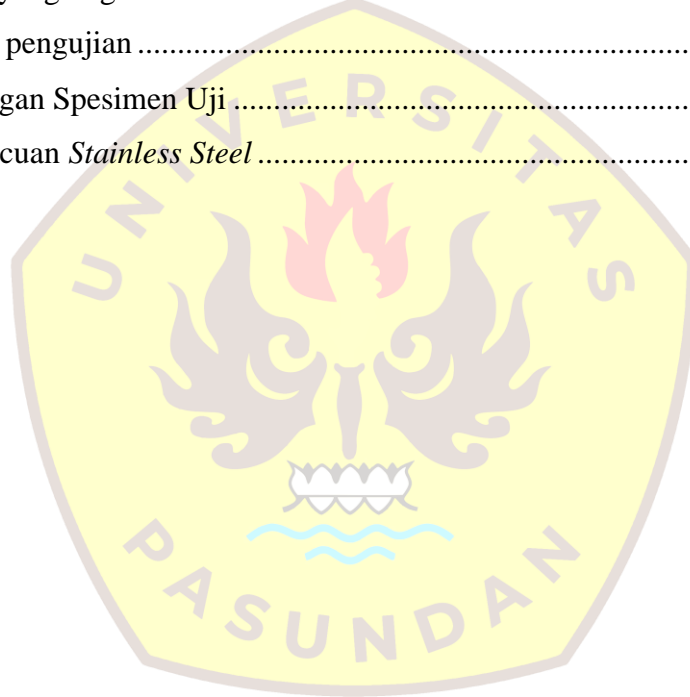
AISI 316L Austenitic Stainless Steel is an improved form of material from AISI 304 by adding Molybdenum to slow down the corrosion rate properties to make it more durable. AISI 316L steel is widely used for the manufacture of materials to hold corrosive chemicals, water or waste disposal pipes and food stew tubes. This research aims to design and manufacture AISI 316L alloy materials that comply with the standard. The test methods used in this research are microstructure testing, composition testing (Optical Emission Spectrometer), Vickers hardness testing. Microstructure testing shows the presence of dendrite structures resulting from melting on the surface of alloy specimens. (Optical Emission Spectrometer) testing shows the design results of alloy specimens are close to the standard, but there is a decrease in elements such as Chromium (Cr) and Molybdenum (Mo). This can be caused by the evaporation area in the composition test that is less thorough. The Vickers hardness test results show that the 15.07% Cr-Ni 10.81%-Mo 2.048% alloy specimen has an average hardness of 192.7 HV, while the 12.72% Cr-Ni 11.46%-Mo 1.377% alloy specimen has an average hardness of 166.2 HV. This shows that the Cr 15.07%-Ni 10.81%-Mo 2.048% specimen has a higher hardness compared to Cr 12.72%-Ni 11.46%-Mo 1.377% which can be caused because the Chromium (Cr) and Molybdenum (Mo) in the Cr 15.07%-Ni 10.81%-Mo 2.048% alloy specimen is higher and can increase the hardness value of the alloy.

Keywords: Austenitic Stainless Steel, AISI 316L Alloy Fabrication, Molybdenum, Chromium Carbide, Ferro-Nickel-Chrome.

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	1
3. Tujuan	1
4. Batasan Masalah	2
5. Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR	3
1. <i>Stainless Steel</i>	3
2. <i>Austenitic Stainless Steel</i>	3
3. <i>Stainless Steel AISI 316L</i>	6
4. Proses Solidifikasi	8
5. <i>Ferronickel</i>	9
6. <i>Electric Arc Furnace</i>	10
7. Uji Metalografi	11
8. Uji <i>Optical Emission Spectroscopy</i>	13
9. Uji Keras <i>Vickers</i>	13
10. PREN (<i>Pitting Resistance Equivalent Number</i>)	15
BAB III METODE PENELITIAN	16
1. Tahapan Penelitian	16
2. Tempat Penelitian	18
3. <i>Material Balance</i>	18
4. <i>Set up</i> Pengujian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30

1. Hasil Pengujian dan Pembahasan.....	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
1. Kesimpulan.....	41
2. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	45
1. Unsur material yang dilebur.....	45
2. Ingot Hasil Peleburan.....	47
3. Spesimen yang telah dipreparasi	48
4. Data Hasil Pengujian.....	49
5. Peralatan yang Digunakan.....	55
6. Foto hasil pengujian	58
7. Penimbangan Spesimen Uji	59
8. Standar Acuan <i>Stainless Steel</i>	60



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Austenitic stainless steel AISI 316L merupakan material primadona di kalangan industri terutama di industri kimia, industri konstruksi dan industri makanan. Hal ini dikarenakan AISI 316L mempunyai keunggulan yaitu mampu las yang baik (*Weldability*), mampu bentuk yang baik (*Formability*) dan memiliki sifat ketahanan *pitting corrosion* dibandingkan dengan jenis material yang lain tanpa unsur *Molybdenum* [1]. *Austenitic Stainless Steel* AISI 316L banyak digunakan untuk menampung bahan kimia korosif, pipa pembuangan air atau limbah dan tabung rebusan makanan.

Perkembangan teknologi di bidang industri sangat berkembang pesat, hampir setiap industri membutuhkan material *Austenitic Stainless Steel*.

Dalam penelitian ini diperlukan eksperimen untuk membuat paduan *Stainless Steel* AISI 316L yang sesuai dengan standar. Eksperimen ini memiliki material utama yang digunakan yaitu *ferronickel*, dan metode peleburan yang digunakan yaitu metode *Electric Arc Furnace*. Oleh karena itu, salah satu cara untuk pembuatan *Stainless Steel* AISI 316L sesuai dengan standar menggunakan material lokal *ferronickel*.

2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana membuat paduan *stainless steel* AISI 316L menggunakan material lokal *ferronickel* sehingga dapat sesuai dengan standar.

3. Tujuan

Merujuk pada rumusan masalah maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a. Melakukan perancangan dan membuat paduan.
- b. Melakukan pengamatan Metalografi.
- c. Pengujian komposisi kimia.
- d. Pengujian kekerasan *Vickers*.

4. Batasan Masalah

Berdasarkan masalah penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- a. Material yang dibuat yaitu paduan *Stainless Steel* AISI 316L.
- b. Metode peleburan dengan menggunakan metode *Electric Arc Furnace*.

- c. Material lokal yang digunakan untuk paduan *Stainless Steel* adalah *ferronickel*.
- d. Pengujian yang dilakukan menggunakan pengujian Metalografi, Pengujian komposisi kimia, Uji keras *Vickers*.
- e. Pada penelitian ini hanya sebatas membuat paduan *stainless steel AISI 316L* tidak berupa produk yang siap digunakan.

5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi terdiri atas beberapa bab, yaitu:

Bab 1 pendahuluan, menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

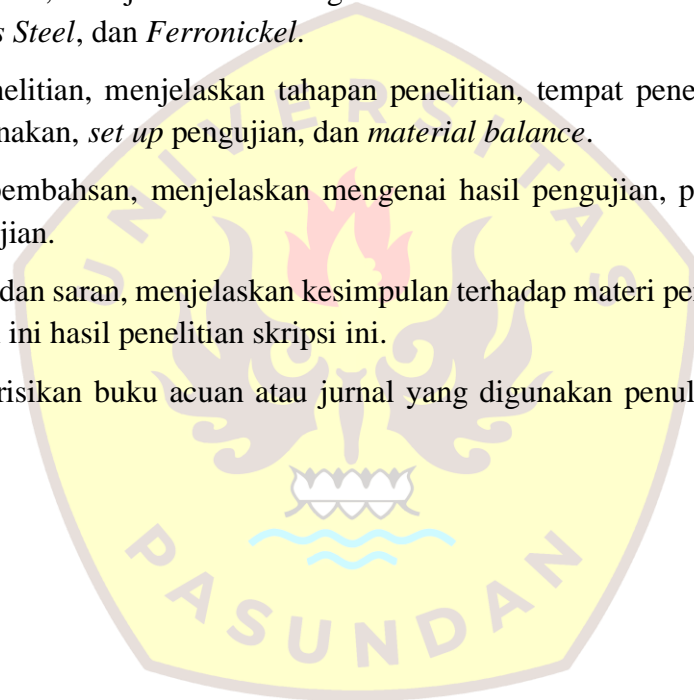
Bab 2 Studi literatur, menjelaskan tentang literatur mendasar tentang baja AISI 316L, *Austenitic Stainless Steel*, dan *Ferronickel*.

Bab 3 Metode penelitian, menjelaskan tahapan penelitian, tempat penelitian, peralatan dan material yang digunakan, *set up* pengujian, dan *material balance*.

Bab 4 Hasil dan pembahasan, menjelaskan mengenai hasil pengujian, pengolahan data, dan pembahasan pengujian.

Bab 5 Kesimpulan dan saran, menjelaskan kesimpulan terhadap materi penelitian yang penulis tulis dalam laporan ini hasil penelitian skripsi ini.

Daftar Pustaka Berisikan buku acuan atau jurnal yang digunakan penulis dalam pembuatan skripsi.



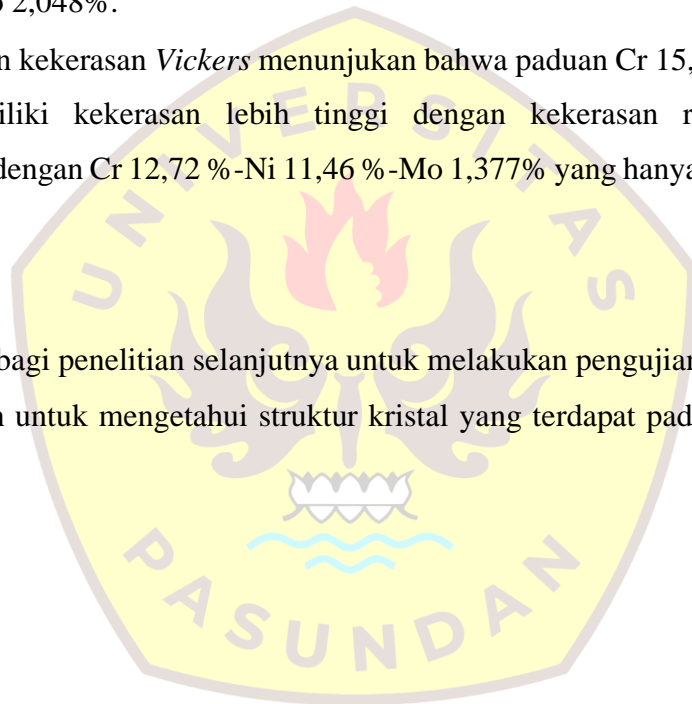
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- Pembuatan paduan *Austenitic Stainless Steel* AISI 316L dengan menggunakan material *ferronickel* lokal telah berhasil dilakukan, dari hasil uji *Optical Emission Spectroscopy* diperoleh komposisi hasil rancangan sesuai dengan komposisi standar AISI 316L.
- Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan pada spesimen uji yang telah dibuat pada penelitian ini sudah sesuai dengan standar yaitu memiliki struktur *Dendritic*. Paduan yang telah dibuat memiliki sifat non magnetik dengan komposisi kimia pada spesimen 1 adalah Cr 12,72 %-Ni 11,46 %-Mo 1,377% dan spesimen 2 memiliki komposisi kimia Cr 15,07%-Ni 10,81%-Mo 2,048%.
- Hasil pengujian kekerasan *Vickers* menunjukkan bahwa paduan Cr 15,07%-Ni 10,81%-Mo 2,048% memiliki kekerasan lebih tinggi dengan kekerasan rata-rata 192,7 HV dibandingkan dengan Cr 12,72 %-Ni 11,46 %-Mo 1,377% yang hanya memiliki kekerasan 166,2 HV.

2. Saran

Adapun saran bagi penelitian selanjutnya untuk melakukan pengujian *X-Ray Diffraction* yang bertujuan untuk mengetahui struktur kristal yang terdapat pada paduan yang telah dibuat.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Kadir, G. D. Haryadi, S. Nugroho, and K. Joen, "Mekanik, pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan GMAW Baja Tahan Karat Austenitik AISI 316L Terhadap Struktur Mikro dan Sifat," School of Mechanical and Automotive Engineering. [Online]. Available: https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/Prosiding_SNST_FT/article/view/1003/1116
- [2] T. Elga, "Stainless steel technical handbook," pp. 1–34, 1938, [Online]. Available: https://www.lgtechniek.be/fileman/Uploads/Documents/Elga/Elga_StainlessSteel.pdf
- [3] V. Setyowati and Suheni, "Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Makro," *J. IPTEK*, vol. 20, no. 2, pp. 29–36, 2016.
- [4] C. Wiratama, "Diagram Fase Besi-Besi Karbida (Fe-Fe₃C)," *Enfold WordPress Theme*, 2023. <https://www.aeroengineering.co.id/2022/04/diagram-fase-besi-besi-karbida-fe-fe3c/>
- [5] A. Budianto, K. Purwantini, and T. Sujitno, "Pengamatan Struktur Mikro Pada korosi Antar Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan," *Jfn*, vol. 3, no. 2, pp. 107–130, 2009.
- [6] Fakhriza, S. Huzni, Murtadhahadi, and A. Dabet, "Jurnal Polimesin Volume 19, Nomor 2, Agustus 2021 194 Studi perbandingan perilaku lelah AISI 316L dengan menggunakan metode eksperimen dan simulasi," Jul. 2021. https://www.researchgate.net/publication/354836510_Studi_perbandingan_perilaku_lelah_AISI_316L_dengan_menggunakan_metode_eksperimen_dan_simulasi (accessed Nov. 01, 2022).
- [7] T. D. Widodo and R. Raharjo, "Pengaruh Ball Peening Terhadap Kekerasan Baja Tahan Karat AISI 316L," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 3, pp. 151–155, 2016.
- [8] J. Yeakle, "Ternary Phase Diagrams." https://sv.rkriz.net/classes/MSE2094_NoteBook/96ClassProj/experimental/ternary2.html
- [9] S. Hidayat and D. Guntur, "Karakteristik Logam Paduan FeNiCr Hasil Peleburan

- Menggunakan Tungku Busur Listrik Pada Berbagai Komposisi Paduan,” *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, vol. IV, no. 01. pp. 1–19, 2003.
- [10] I. ketut G. Sugita, R. Soekrisno, I. made Miasa, and Suyitno, “Efek Dendrite Arm Spacing terhadap Sifat Mekanis Paduan Perunggu Cu-20%Sn,” *J. Ilm. Tek. Mesin CakraM*, vol. 4, no. 2, pp. 189–193, 2010.
- [11] Y. S. Irawan, “Proses Pembekuan Logam (Solidifikasi Of Metals)”.
- [12] C. M. Purnama, “Perusahaan VDNI dan OSS Catatkan Ekspor Feronikel Signifikan,” *MediaIndonesia*, Nov. 05, 2022.
- [13] M. K. Hady, “Proses Peleburan Baja dalam Electric Arc Furnace (EAF).”
- [14] S. A. Samudra, “Peleburan Baja dalam Electric Arc Furnace,” Nov. 19, 2017.
- [15] P. G. Isro’uf, “Studi Pengaruh Variasi Holding Pada Proses Peleburan Direct Reduced Iron (DRI) Terhadap Kandungan Fe Total Dan Recovery Fe Dalam Proses Pembuatan PIG Iron Dengan Metode Electric Arc furnace,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2018. [Online]. Available: https://repository.its.ac.id/49289/1/02511440000015-Undergraduate_Thesis.pdf
- [16] K. El-Akruti, T. Zhang, and R. Dwight, “Developing an optimum maintenance policy by life cycle cost analysis – a case study,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 54, no. 19, pp. 5946–5962, 2016, doi: 10.1080/00207543.2016.1193244.
- [17] W. Luki, “Analisis Pengaruh Variasi Arus Electric Arc furnace Pada Proses Peleburan Direct Reduced Iron Terhadap Kandungan Fe Total dan Recovery Fe Dalam Proses Pembuatan Pig Iron,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [18] Y. Tiandho, A. Tiandho, and F. Afriani, *Analisis Kuantitatif Metalografi Berdasarkan Pengolahan Citra Menggunakan Wolfram Mathematica*.
- [19] W. Dan and D. Setiawan, “Optimasi Balancing Putaran Pada Mesin Poles Piringan Ganda Untuk Pengujian Metalografi,” 2018.
- [20] A. Biz, “Pengujian Pengamatan Metalografi,” 2023. <https://ardra.biz/sain-teknologi/metalurgi/besi-baja-iron-steel/pengujian-pengamatan-metalografi/>
- [21] R. H. S. Putra, “Karakteristik Pada Logam Baja Paduan dengan Menggunakan Metoda X-Ray Fluoresence (XRF) dan Optical Emission Spectroscopy (OES),” *Univ. Negeri Yogyakarta*, p. 134, 2018.

- [22] Evisa, "Thermo ARL - ARL 3460 Optical Emission Spectrometer," *European Virtual Institute for Speciation Analysis (EVISA)*.
- [23] Z. Roell, "Metode pengujian kekerasan dan pengujian kekerasan," *Zwickroell*.
<https://www.zwickroell.com/id/industri/pengujian-material/pengujian-kekerasan/>
- [24] H. Jamie, "The Pitting Corrosion Of Stainless Steel-Pren Values," 2019.
<https://www.anzor.com.au/blog/what-is-pren-in-stainless-steel>
- [25] M. Toledo, "AL204 Analytical Balance." https://www.mt.com/id/id/home/phased_out_products/Laboratory_Weighing_Solutions/Analytical/AL/AL204.html
- [26] K. George, "The Principles of Metallographic Laboratory Practice."
- [27] M. Monroe, "Used Thermo Scientific ARL Model: ARL 3460 60 Channel Arc/Spark Optical Emission Spectrometry (OES) analyzer Metal Analytic Spectrometer," *diecastmachinery*, 2022.
https://www.diecastmachinery.com/id_4156_Thermo+Scientific+ARL_60_Channel_Spectrometer
- [28] S. Diego, "Zwick 3212 Hardness Tester," *American laboratory trading*.
<https://americanlaboratorytrading.com/lab-equipment-products/zwick-3212-hardness-tester-16329>
- [29] B. Tarigan, G. Santoso, M. S. Permana, Sugiharto, and T. Supriyono, *Panduan Praktikum Material Teknik*. Bandung: Program Studi Teknik Mesin FT Unpas, 2023.
- [30] L. Susita, S. Tjipto, Darsono, S. Sulamdari, and Supardjono, "Karakterisasi struktur mikro stainless-steel hasil implant asi ion nitrogen," *Pros. Pertem. dan Present. Ilmiah*, no. ISSN 0216-3128, pp. 50–56, 1996.
- [31] L. Shijiazhuang, "Ternary Diagram for Wrought Austenitic Stainless Steels," 2021.
<http://www.pipingpipeline.com/ternary-diagram-for-wr-aus-ss.html>