

# Pengaruh Variasi Ketebalan (*Thickness*) Terhadap Sifat Mekanik Material Dasar dan Daerah *Nugget* Pada Hasil Pengelasan Titik (*Spot Welding*) Baja Lembaran

I Putu Agustina, I N. Budiarsa, I G.N. Nitya S.

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Kekuatan hasil sambungan dan karakteristik pengelasan titik (*spot welding*) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ketebalan sheet, besarnya diameter tape (*tape size*), waktu pengelasan, besarnya arus pengelasan dan tekanan yang diberikan pada saat pengelasan. Sambungan las titik terkait ketebalan serta besarnya diameter tape dalam menghasilkan *nugget* sangat penting dalam penyambungan plat dalam perakitan body mobil sebagai bagian yang menentukan kelayakan dan keamanan alat transportasi sehingga perlu dilakukan penelitian kekuatan sambungan. Secara umum penelitian tentang las titik telah banyak dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui parameter yang dapat mempengaruhi hasil las. Metode pada penelitian kekuatan sambungan pelat stainless steel menggunakan teknik sambungan Las titik (*Spot Welding*), melalui uji tarik dan uji kekerasan untuk pengaruh variasi ketebalan terhadap sifat mekanis dan daerah *nugget* pada pengelasan titik dua lembaran (*double sheet*). Hasil pada pengujian tarik pada pelat 1,2 mm base metal dengan tegangan 340 Mpa – regangan 0,533 dan pelat 1,2 mm weld joint dengan nilai tegangan maksimum 151 Mpa – regangan 0,016. Hasil pengujian kekerasan vickers yaitu nilai kekerasan yang paling tinggi terdapat pada pelat 0,8 mm dengan nilai kekerasan pada daerah las yaitu HVN rata-rata 420,41 Kg/mm<sup>2</sup>. Hasil ukuran *nugget* pada ketebalan benda uji berbeda yaitu ukuran *nugget* yang paling besar pada pelat 0,8 mm dengan ukuran diameter 7,42 mm.

Kata kunci: yield stress ( $\sigma_y$ ), koefisien pengerasan regang ( $n$ ), HVN, Spot welding joint

## Abstract

The strength of the weld joint and the characteristics of spot welding are influenced by several factors such as sheet thickness, tape size, welding time, welding current and pressure applied during welding. Welding joints for Spot welding related to the thickness and size of the tape diameter in producing nuggets is very important in welding the plate in the assembly of the car body as a part that determines the feasibility and safety of the means of transportation so it is necessary to research the strength of the weld joint. The method in the study of the strength of stainless steel plate joints using Spot Welding technique, through tensile test and hardness test for the influence of thickness variation on mechanical properties and nugget area in double sheet welding. The results of tensile testing on 1.2 mm base metal plates with a stress of 340 Mpa - strain 0.533 and 1.2 mm plate weld joint with a maximum stress value of 151 Mpa - strain 0.016. Vickers hardness testing results in the highest hardness value found on 0.8 mm plate with a hardness value in the weld area that is HVN on average 420.41 Kg/mm<sup>2</sup>. The results of the nugget size on the thickness of the test specimen is different, namely the size of the nugget which is the largest on the 0.8 mm plate with a diameter of 7.42 mm.

Keywords: Yield stress ( $\sigma_y$ ), coefficient work hardening ( $n$ ), HVN, Spot welding joint

## 1. Pendahuluan

Kualitas (mutu) dan kekuatan hasil sambungan serta karakteristik dari hasil pengelasan titik (*spot welding*) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ketebalan sheet, besarnya diameter tape (*tape size*), waktu pengelasan, besarnya arus pengelasan dan tekanan yang diberikan pada saat pengelasan. Kualitas dan kekuatan hasil sambungan las titik terkait ketebalan lembaran (*sheet*) serta besarnya diameter tape dalam menghasilkan *nugget* sangat penting dalam penyambungan plat dalam perakitan *body* mobil sebagai bagian yang mengetahui kelayakan dan keamanan alat transportasi sehingga perlu dilakukan

penelitian lebih mendalam. Secara luas penelitian tentang las titik telah banyak dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui beberapa parameter yang dapat mempengaruhi hasil las. [1].

Parameter las titik sangat mempengaruhi sifat fisik dan mekaniknya yang mempunyai kemampuan menahan beban tarik geser, kekerasan, dan perubahan strukturmikro. Parameter yang sangat mempengaruhi hasil pengelasan titik berdasarkan hasil bermacam penelitian adalah kuat arus listrik yang dipakai, lama waktu tekan pada pengelasan, jenis bahan/material, dan variasi ketebalan plat. Jenis bahan dan variasi ketebalan

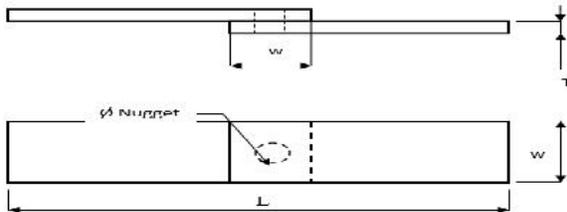
plat merupakan parameter yang paling banyak diteliti oleh para ilmuwan.[2]

Permasalahan yang sering terjadi pada *Las Titik (resistance spot welding)* adalah kegagalan pada hasil las ketika melakukan pengelasan dengan menyambungkan 2 logam atau lebih yang memiliki ketebalan berbeda pada bahan yang sama, bahan tidak sejenis dengan ketebalan sama, atau kombinasi dari keduanya. Kegagalan pada hasil pengelasan titik dibagi menjadi 2 yaitu *Interfacial failure (IF)* dan *Pull out failure (PF)*. [3]

Dimana *heat input* yang dipilih mungkin terlalu besar untuk material yang tipis atau mungkin terlalu kecil untuk bahan yang tebal. Kondisi ini menyebabkan sambungan las titik mempunyai kekuatan terlalu rendah sehingga terjadi kegagalan antar muka (*interfacial fracture/IF*). *Interfacial failure* merupakan kegagalan dalam pengelasan dimana terjadi kerusakan pada bagian zona fusi. [3].

## 2. Material dan Eksperimental

Eksperimental dilakukan menggunakan tiga spesimen dengan ketebalan yang berbeda, material yang dipergunakan adalah pelat *Stainlis Steel 304* dengan ketebalan 0.8 mm, 1 mm, 1.2 mm. Seperti diketahui jenis logam ini memiliki nilai kekerasan, dan tegangan luluh yang sama. Spesimen uji akan dipotong sesuai dimensi kemudian akan dilas dengan mesin las titik.

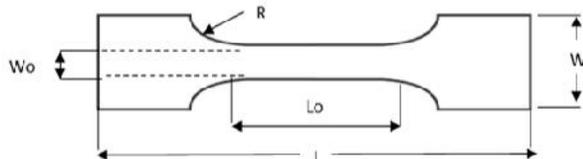


Gambar 1. Tipikal Uji Tarik Geser *Weld Joint* [4]

Dimana :

- L = Panjang spesimen (600 mm)
- W = Lebar benda uji (25 mm)
- Ø = Diameter nugget (6 mm)
- T = Tebal spesimen (0.8mm, 1mm, 1.2 mm)

Bentuk Spesimen uji tarik



Gambar 2. Tipikal Uji Tarik Logam Induk [5]

Dimana :

- Lo = Panjang daerah uji ( 400 mm)
- W = Lebar benda uji (25 mm)

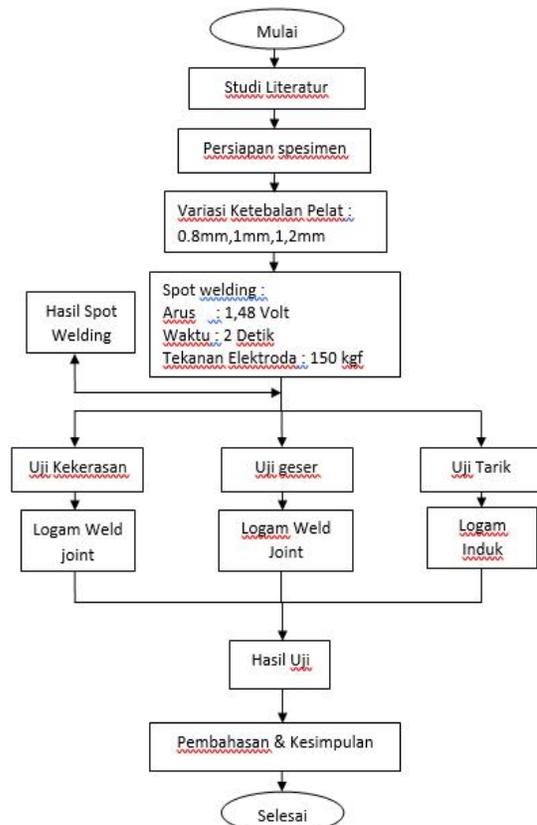
Wo = Lebar daerah uji (20 mm)

L = Panjang benda uji (600 mm)

R = Radius (> 15)

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai regangan, tegangan, kekuatan tarik elastis. Adapun tahapan yang harus dilakukan adalah penambahan gaya pada skala indikator untuk setiap penambahan panjang 2 mm. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan spesimen. Adapun tahapan yang harus dilakukan: Atur *Brightness* dari lampu dengan menggunakan *control transformer* dan arus yang digunakan sebesar 0,6A, Atur jarak indenter dengan permukaan benda uji sekitar 3-4 mm. Kalau ujung indenter tidak terlihat karena tertutup oleh pelindung indenter maka jarak ini adalah 0,5 - 1 mm antara indenter dengan permukaan benda. Usahakan ujung indenter terlihat agar indentasi maksimal. Setelah arm mencapai posisi putar sepenuhnya berikan penahanan untuk mengeliminasi *creep behavior* dari spesimen, waktu penahanan 1,5 - 2 detik.

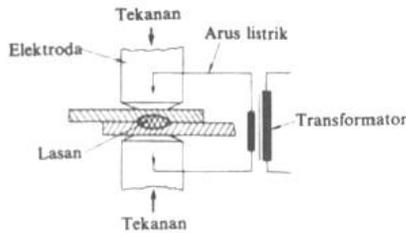
Metodologi penelitian dilakukan dengan tiga metode yaitu pengujian tarik, geser dan kekerasan. seperti ditunjukkan dalam Gbr 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

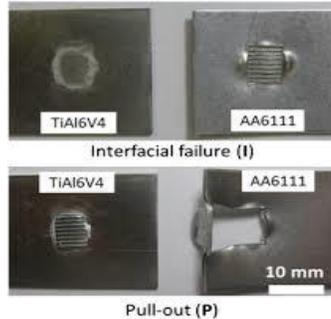
### 3. Spot Welding

Spot welding merupakan cara pengelasan resistansi listrik dimana dua atau lebih lembaran logam dijepit di antara elektroda logam.[6], [7] Pada Gambar 4



Gambar 4. Bagian Mesin Las Resistensi Titik [1]

Kegagalan pada hasil las titik dibagi menjadi 2 tipe yaitu Interfacial failure (IF) dan Pull out failure (PF). Dimana *heat input* yang dipilih mungkin terlalu besar untuk material yang tipis atau mungkin terlalu kecil untuk material yang tebal. Kondisi ini menyebabkan sambungan las titik mempunyai kekuatan terlalu rendah sehingga terjadi kegagalan antarmuka (interfacial fracture/IF). Interfacial failure merupakan kegagalan dalam pengelasan titik dimana terjadi kerusakan atau keretakan pada bagian zona fusi. [3]. Seperti pada Gambar 5.



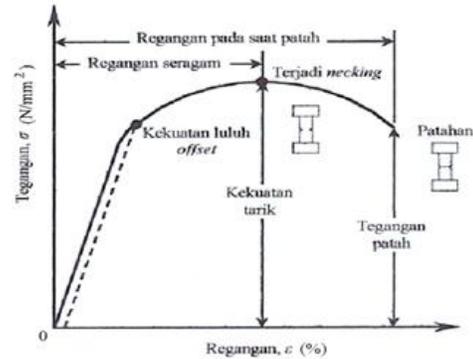
Gambar 5. Nugget Pullout dan Interfacial Fracture [3]

Stainless steel bisa bertahan dari pengaruh oksidasi karena mengandung unsur *chromium* lebih dari 10,5%, unsur *chromium* ini yang melindungi bagian baja dalam *stainless steel* terhadap gejala yang disebabkan kondisi lingkungan. Stainless steel dibagi menjadi beberapa kelompok utama sesuai dengan jenis dan persentase bahan sebagai pembuatannya.[7]

### 4. Identifikasi Sifat Mekanik Material melalui Uji Tarik Dan Uji Vickers

Uji tarik adalah pemberian beban (F) atau tegangan tarik kepada bahan uji dengan maksud untuk mengetahui kekuatan dari suatu bahan [12]. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan dengan regangan yang terjadi selama proses

pengujian tarik yang dilakukan.[8],[10],[11] Seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva Tegangan-Regangan Teknis [8]

Hubungan tegangan-regangan sejati dan tegangan-regangan teknis, yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma^r = \sigma (1 + \epsilon), N/mm^2$$

$$\epsilon^r = \ln(1 + \epsilon), (\%)$$

Dimana:

$$\sigma^r = \text{Tegangan sejati (N/mm}^2\text{)}$$

$$\epsilon^r = \text{Regangan sejati (\%)}$$

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) adalah nilai yang paling sering dituliskan sebagai hasil suatu uji tarik, tetapi pada kenyataannya nilai tersebut kurang bersifat mendasar dalam kaitannya dengan kekuatan material. Untuk logam ulet, kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum. [8]

Kekuatan tarik adalah besarnya beban maksimum dibagi dengan luas penampang lintang awal benda uji.

$$\sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_0}, (N/mm^2)$$

pengujian kekerasan dengan metode *vickers* mula-mula permukaan logam yang akan diuji ditekan dengan indenter berbentuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Pengujian kekerasan menggunakan mikro *vickers* dengan beban 1 kg dan dilakukan berdasarkan standar. [9]

Angka kekerasan *Vickers* dihitung dengan :

$$HV_N = \frac{2 \times P \times \sin(\frac{135^\circ}{2})}{d^2}$$

$$HV_N = 1,854 \frac{P}{d^2} (kg/mm^2)$$

Dimana :

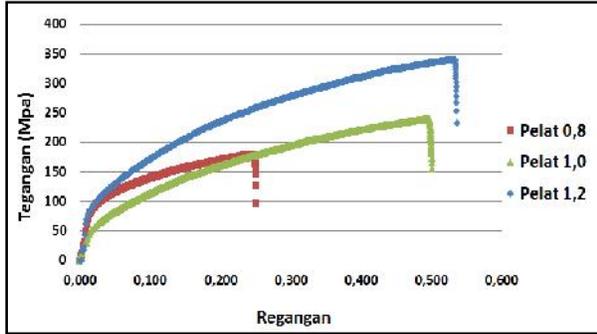
HVN : Angka kekerasan *vickers* ( kg / mm<sup>2</sup>)

P : Beban tekan (kg)

D : Diagonal tapak rata-rata ( mm ) = ( d1 + d2)/2

**5. Hasil dan Pembahasan**

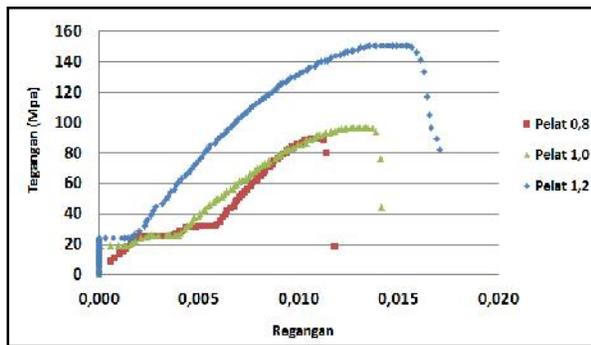
Hasil pengujian tarik pada logam induk akan didapatkan sifat-sifat mekanik logam dari spesimen atau bahan yang di uji tersebut. Hasil dari pengujian tarik pada logam induk dengan ukuran benda uji 0.8 mm, 1.0 mm dan 1.2 mm dapat dilihat pada grafik dibawah ini



Gambar 7. Hasil Uji Tarik Logam Induk Dengan Variasi Ketebalan 0,8mm 1,0 mm dan 1,2 mm

Hasil uji tarik pelat stainless steel 0,8 mm dengan nilai tegangan maksimum 180 Mpa – regangan 0,249, hasil uji tarik stainless steel 1,0 mm dengan nilai tegangan maksimum 239 Mpa – regangan 0,497, sedangkan dengan menggunakan pelat 1,2 mm nilai tegangan 340 Mpa – regangan 0,533. Jadi kekuatan tarik yang paling tinggi adalah pada pelat 1,2 mm.

Kekuatan tarik material baja *stainless steel* 304 dengan proses pengelasan menggunakan mesin las bermerk Krisbow DN-5, arus pengelasan yang digunakan konstan 1.48 volt, Waktu penekanan selama 2 detik dan diameter elektroda/*tape* yang digunakan 6 mm. Seperti pada Gambar 8.

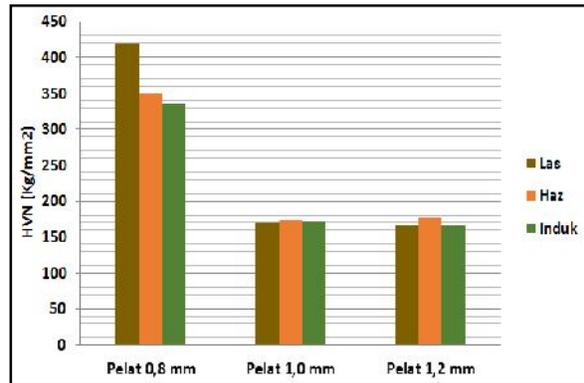


Gambar 8. Hasil Uji Tarik *Weld Joint* Dengan Variasi Ketebalan 0,8 mm 1,0 mm dan 1,2 mm

hasil uji tarik pelat stainless steel *weld joint*. Pada pelat stainless steel 0,8 mm dengan nilai tegangan maksimum 90 Mpa – regangan 0,011, dengan hasil uji tarik pelat stainless steel 1,0 mm dengan nilai tegangan maksimum

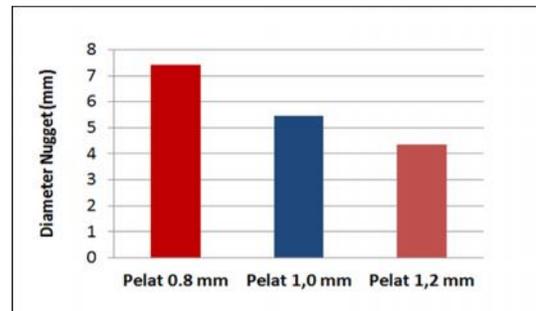
97 Mpa – regangan 0,014, sedangkan dengan menggunakan pelat 1,2 mm nilai tegangan maksimum 151 Mpa – regangan 0,016. Jadi kekuatan tarik yang paling tinggi adalah pada pelat 1,2 mm.

Pengujian *vickers* yang dilakukan akan diperoleh data kekerasan yang nantinya akan diolah dalam bentuk tabel dan grafik disertai dengan pembahasan teoritis yang berkenaan dengan permasalahan yang diteliti. Pada pengujian kekerasan *vickers* yang diteliti spesimen yang diuji berjumlah 9 buah yaitu terdiri dari tiga spesimen tebal 0.8 mm, tiga spesimen tebal 1.0 mm dan tiga spesimen tebal 1.2 mm. Setiap spesimen akan dikenai 5 titik injakan, Seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil nilai kekerasan *vickers* dengan variasi ketebalan 0,8 mm 1,0 mm dan 1,2 mm

Pada gambar 9 menunjukkan hasil eksperimen pengujian kekerasan diperoleh perbandingan nilai rata-rata kekerasan yang didapatkan pada benda uji 0.8 mm nilai kekerasan yang paling tinggi pada daerah las yaitu dengan VHN rata-rata 420,411 Kg/mm2 kemudian pada benda uji 1.0 mm nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah haz yaitu dengan nilai VHN rata-rata 173,387 Kg/mm dan pada pelat 1.2 mm nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah haz juga yaitu dengan VHN rata-rata 177,488 Kg/mm2.



Gambar 10 Hasil investigasi bentuk fisik *nugget* pada sambungan similar.

Berdasarkan hasil investigasi bentuk fisik nugget pada sambungan similar dapat dilihat pada gambar 10. Pada gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran diameter *nugget* dari hasil pengelasan titik yang membandingkan ukuran *nugget* pada ketebalan benda uji berbeda jadi pada benda uji 0,8 mm ukuran diameter *nugget* 7,42 mm kemudian pada benda uji 1,0 mm ukuran diameter *nugget* 5,45 mm dan pada benda uji 1,2 mm ukuran diameter *nugget* 4,36 mm, maka dari hasil dan grafik yang diperoleh menunjukkan diameter *nugget* paling besar yaitu pada benda uji 0,8 mm diikuti benda uji 1,0 mm dan ukuran diameter *nugget* terkecil yang didapatkan pada benda uji 1,2 mm.

## 6. Simpulan

Pengelasan pada pelat *stainless steel* tipe 304 akan mengakibatkan bahan menjadi lebih getas dan keras. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa bahan yang telah mengalami pengelasan akan mempunyai kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan yang tidak mengalami pengelasan, hasilnya dapat dilihat pada pengujian tarik pada pelat 1,2 mm *base metal* dengan tegangan 340 Mpa – regangan 0,533 dan pelat 1,2 mm *weld joint* dengan nilai tegangan maksimum 151 Mpa – regangan 0,016. Hal ini sejalan pada pengujian kekerasan *vickers* yaitu nilai kekerasan yang paling tinggi terdapat pada pelat 0,8 mm dengan nilai kekerasan pada daerah las yaitu HVN rata-rata 420,41 Kg/mm<sup>2</sup>. Maka semakin tipis pelat yang digunakan semakin besar nilai kekerasan *vickers* yang didapatkan.

Hasil pengukuran diameter *nugget* dari hasil pengelasan titik yang membandingkan ukuran *nugget* pada ketebalan benda uji berbeda yaitu ukuran *nugget* yang paling besar pada pelat 0,8 mm dengan ukuran diameter 7,42 mm. Maka pada hasil pengelasan titik (*spot welding*) menggunakan variasi ukuran tebal benda kerja dengan arus dan waktu tekan yang sama maka ukuran diameter *nugget* yang dihasilkan yaitu semakin tebal benda kerja diameter *nugget*nya semakin kecil dan semakin tipis benda kerja diameter *nugget* yang dihasilkan semakin besar.

## Daftar Pustaka

- [1] Wiryosumarto, H., Prof, Dr, Ir, Okumura, T., 2004, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT.Pradaya Paramita, Jakarta.
- [2] Wahyu PR, Dodi Ariawan, 2005, *Pengaruh Welding Time Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan, Sambungan Lap Baja Tahan Karat Feritik Aisi 430 Dengan Metode Resistance Spot Welding*, Mekanika, volume 3 nomer 3.

- [3] C.Q.Zhang, 2014, *Microstructural characterization and mechanical properties of high power ultrasonic spot welded aluminium alloy AA6111 - TiAl6V4 dissimilar joints*, Materials characterization, 97, 83-91.
- [4] ASTM E8, *Standart tes methods for Tension testing of metallic material*, ASTM Internasional 2013.
- [5] Japanese Internasional Standar, 1996 *Method of Macro test for section of spot welded joint*, JIS Z 3139.
- [6] Annual Book of ASME IX Standart, 2001 . *Qualification Standart for Welding and Brazing Prosedures, Welder, Bresers, Welding and Brazing Operation*, p. 166-168. The America Society of Mechanical Engineers. New York
- [7] Diyatmoko, H., 2004, *Penelitian tentang pengaruh waktu dan penekanan pengelasan titik pada baja tahan karat AISI 430 terhadap Struktur mikro, nilai kekerasan dan nilai kekuatan gesernya*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- [8] Singer, F. L., dan Andrew pytel, 1995, *Ilmu Kekuatan Bahan (Teori Kokoh (Strength of Material))*, alih bahasa Darwin Sebayang, edisi II, Erlangga, Jakarta.
- [9] ASTM E92, *Standard Test Methods for Vickers Hardness of Metallic Material*, ASTM, 2003.
- [10] Amsted, B.H., (1995), *Teknologi Mekanik*, Edisi Ke7 jilid 1, PT. Erlangga, Jakarta.
- [11] Tata Surdia, Shinrokku Saito. 1992 *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Kedelapan. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- [12] Timoshenko dan Goodier, 1986, *Teori Elastisitas*, Edisi ke III, Erlangga, Jakarta.



I Putu Agustina dilahirkan di Bali pada tanggal 5 Agustus 1991, saat ini sedang menempuh studi di Universitas Udayana Jimbaran, Bali dalam bidang teknologi manufaktur saat ini melakukan riset tentang *spot welding*.