

# Evaluasi Kekuatan *Resistance Spot Welding* Pada Proses *Tailor Welded Blanks* Menggunakan *Mill-Steel* Beda Ketebalan

**Khoirudin, Dicky Dimiyati, Apang Djafar Ashiedieque, Sukarman S, Fathan Mubina Dewadi, Nana Rahdiana, Istianto Budhi Rahardja, Anwar Ilmar Ramadhan, Heri Suropto**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Magelang, Magelang, Indonesia

\*Corresponding author: [khoirudin@ubpkarawang.ac.id](mailto:khoirudin@ubpkarawang.ac.id)

<https://doi.org/10.31603/benr.4916>

## Abstract

*This study presents the testing of cup drawing and tensile strength of tailor welded blanks (TWB). Resistance point welding joints and different parameter variations were used in the study. The study was conducted using SPCC-SD (JIS 3141) material with a thickness of 1.0 mm and 1.2 mm. The research is focused on getting the highest shear stress and how it affects the cup drawing test results. The method applied is experimental with six test samples. Welding parameters used include welding current, welding time and squeeze time. The results obtained from this experiment show that the material produces the highest shear stress value of 5.09 kN and the lowest 4.15 kN achieved in the 5th and 1st samples, respectively. The results of the cup drawing test using the RSW parameter on the 5th and 6th samples showed no TWB failure was found in the welded area. Further research will be carried out by optimizing Taguchi using RSW and TWB parameters.*

**Keywords:** *Cup drawing, Experimental research, Resistance spot welding, Tailor welded blanks, Tensile-shear strength*

## Abstrak

Penelitian ini menyajikan tentang pengujian *cup drawing* dan kemampuan tarik *Tailor Welded Blank* (TWB). Sambungan pengelasan titik resistensi dan variasi parameter yang berbeda digunakan dalam penelitian. Studi yang dilakukan menggunakan material SPCC-SD (JIS 3141) dengan ketebalan material 1,0 mm dan 1,2 mm. Penelitian difokuskan untuk mendapatkan tegangan geser tertinggi dan bagaimana pengaruhnya terhadap hasil pengujian *cup drawing*. Metode yang diterapkan berupa eksperimental dengan enam *sample* pengujian. Parameter pengelasan yang digunakan diantaranya *welding current*, *welding time* dan *squeeze time*. Hasil yang diperoleh dari eksperimen ini menunjukkan bahwa material menghasilkan nilai tegangan geser tertinggi 5,09 kN dan terendah 4,15 kN yang dicapai pada masing-masing *sample* ke-5 dan ke-1. Hasil uji *cup drawing* menggunakan parameter RSW pada *sample* ke-5 dan ke-6 menunjukkan tidak ditemukannya kegagalan TWB pada area *welded*. Penelitian lanjutan akan dilakukan dengan melakukan optimasi Taguchi dengan menggunakan parameter RSW dan TWB pada proses *cup drawing*.

**Kata Kunci:** *Cup drawing; Penelitian experimental; Resistance spot welding; Tensile-shear strength, Tailor welded blanks*



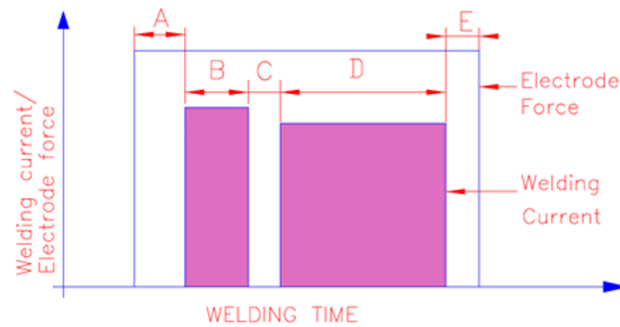
This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

---

## 1. Pendahuluan

*Tailor welded blanks* (TWBs) merupakan salah satu proses yang mulai digunakan dalam industri otomotif dan kedirgantaraan. Di beberapa industri (misalnya industri otomotif dan kedirgantaraan), kebutuhan akan produk yang ringan dan hemat biaya dengan kinerja luar biasa sangat penting untuk kesuksesan. *Tailor Welded Blanks* (TWBs) menawarkan cara yang sangat baik untuk memenuhi tuntutan yang bersaing dan tampaknya kontradiktif (Kinsey & Wu, 2011). *Tungsten Inert Gas* (TIG), *Metal Inert Gas* (MIG), *electron beam*, dan proses pengelasan laser telah digunakan untuk membuat TWBs. Namun, proses pengelasan sinar laser dan *electron* lebih banyak digunakan karena zona pengaruh panas yang kecil (HAZ) dan zona fusi. Kondisi ini memberikan keuntungan karena menghasilkan dampak yang lebih kecil pada properti material dibandingkan yang lain (Parente *et al.*, 2016). Pengelasan laser telah menjadi proses yang paling sering digunakan untuk menghasilkan TWB karena biaya yang lebih rendah dan fleksibilitas yang lebih besar dibandingkan dengan pengelasan *electron beam*. Pada penelitian ini memperkenalkan TWB dengan menggunakan *Resistance Spot Welding* (RSW). Hal ini karena metode penggabungan dengan RSW sudah banyak digunakan dalam industri otomotif. Penerapan RSW dalam industri otomotif memberikan indikasi data bahwa setiap mobil rata-rata menggunakan metode RSW pada kisaran 5.000 pengelasan titik (Oliveira *et al.*, 2019) (Sukarman *et al.*, 2020).

RSW merupakan salah satu metode penggabungan logam yang banyak digunakan di industri (RSW) (Ertas & Sonmez, 2011). Beberapa keunggulan teknik penggabungan RSW diantaranya, tidak memerlukan *filler*, sambungan lebih kuat, mudah diterapkan, murah, dan efisien (Shafee *et al.* 2015); (Abdulah *et al.*, 2020). Pada industri otomotif, proses penggabungan logam banyak menggunakan metode RSW karena memiliki kecepatan lebih tinggi, mekanisme yang mudah, dan penerapan otomatisasi industri (Pasaribu *et al.* 2019). Pengelasan RSW terjadi selama waktu siklus tertentu dengan menggunakan parameter proses yang paling signifikan yaitu arus pengelasan, waktu pengelasan, dan gaya penekan elektroda (Gunawan *et al.* 2019) (Oliveira *et al.*, 2019). RSW adalah salah satu teknik proses penggabungan lembaran logam pada satu titik atau lebih melalui sumber panas yang dihasilkan dari munculnya hambatan aliran arus listrik (*resistance*) pada benda kerja yang jepit bawah gaya penekan pada ujung elektroda (Abdulah *et al.* 2020). Titik pada permukaan kontak di area *nugget*, dipanaskan karena adanya *pulse* dalam waktu pendek dan pada tegangan rendah (Wirjosumarto & Okumura, 2000). Tingginya arus listrik akan membentuk *nugget* agar menyatukan sambungan logam las. Teknik RSW dilakukan dengan memberikan tahanan listrik sebagai sumber panas pada dua atau lebih permukaan logam sehingga membentuk fusi di area pengelasan (Mubiayi *et al.* 2019). Pencairan logam pada di area *nugget* terbentuk akibat panas yang dihasilkan sebagai akibat munculnya hambatan kontak dari arus listrik (Muthu, 2019). Ketika aliran arus mencapai siklus *off* (berhenti), gaya penekan pada ujung elektroda tetap dipertahankan (siklus *holding time*) sampai logam las mendingin dan mengeras (Olson *et al.* 1990). Secara umum penggabungan baja menggunakan metode RSW didapatkan dari 3 faktor utama yaitu kombinasi panas, gaya elektroda, dan waktu pengelasan (Podržaj *et al.* 2008). Tahapan siklus pengelasan yang digunakan dalam penelitian tersaji pada Gambar 1 (Lin & Chang, 1996) (Sukarman & Abdulah, 2021a).



Gambar 1. Siklus pengelasan resistansi titik (RSW).

Gambar 1 menjelaskan bahwa A adalah *holding time* sebelum penerapan proses RSW, B adalah *pre-heat time*, C adalah *holding time* tanpa adanya arus listrik, D adalah *welding time*, E merupakan siklus *holding* dan *cooling time*. Beberapa penelitian terkait dengan penggabungan baja lembaran dengan menggunakan metode RSW tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian RSW pada penggabungan baja lembaran.

Referensi	Metode	Material	Hasil
(Thakur & Nandedkar, 2014)	Optimasi Taguchi dengan 5-parameter: <i>preheating current</i> (kA), <i>squeeze time</i> (cycle), <i>welding current</i> (kA), <i>weld time</i> (cycle), <i>hold time</i> (cycle) dan <i>pressure</i> (MPa).	Menggunakan material <i>galvanize</i> (Ketebalan lapisan <i>zinc</i> yang belum teridentifikasi	Hasil eksperimen menunjukkan bahwa parameter yang signifikan mempengaruhi kekuatan hasil sambungan adalah <i>welding current</i> dan <i>welding time</i> , sementara itu parameter <i>squeeze time</i> dan <i>hold time</i> memberikan dampak kurang signifikan.
(Wan <i>et al.</i> 2016)	Optimasi Taguchi menggunakan tiga <i>variable</i> ( <i>electrode force</i> , <i>welding current</i> dan <i>welding time</i> ) dan empat tingkat percobaan.	Baja paduan titanium	Kondisi optimum didapatkan pada saat <i>electrode force</i> sebesar 209,1 N, <i>welding current</i> sebesar 1,83 kA dan <i>welding time</i> sebesar 11.4 ms.

Terusan Tabel 1.

Referensi	Metode	Material	Hasil
(Vignesh <i>et al.</i> 2017)	Metode optimasi menggunakan metode Taguchi dengan tiga variabel ( <i>electrode tip diameter</i> (mm), <i>welding current</i> (kA), dan <i>heating cycle</i> ) dan tiga tingkat eksperimen.	Material 316L <i>austenitic stainless steel</i> dan 2205 <i>duplex stainless steel</i>	Hasil pengujian dari optimasi parameter proses RSW dianalisis menggunakan ANOVA dan didapatkan bahwa <i>welding current</i> merupakan parameter yang paling mempengaruhi <i>tensile shear strength</i> diikuti dengan <i>heating cycle</i> dan <i>electrode tip diameter</i> .
(Muthu, 2019)	Metode optimasi Taguchi menggunakan tiga variabel ( <i>electrode tip diameter</i> (mm), <i>welding current</i> (kA), dan <i>heating time</i> (ms)) dan tiga tingkat eksperimen.	Material 316L <i>austenitic stainless steel</i>	Hasil analisis ANOVA didapatkan bahwa elektroda diameter merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap <i>tensile shear strength</i> diikuti dengan <i>welding current</i> dan <i>heating cycle</i> .
(Sukarman <i>et al.</i> , 2020)	Metode optimasi <i>taguchi</i> menggunakan empat variabel ( <i>squeeze time</i> ( <i>cycle</i> ), <i>welding current</i> (kA), <i>welding time</i> ( <i>cycle</i> ), and <i>holding time</i> ( <i>cycle</i> ) dan multi-level eksperimen.	<i>Galvanized steel</i> (SECC-AF) and <i>low carbon steel</i> (SPCC-SD)	Parameters yang mempengaruhi respon ( <i>tensile shear strength</i> ) adalah <i>welding time and welding current</i> .

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan metode experimental dengan menggunakan parameter RSW *welding current*, *welding time* dan *squeeze time*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil uji tarik tegangan geser tertinggi yang akan digunakan untuk mengevaluasi kekuatan RSW dalam proses *cup drawing* dengan menggunakan metode *Tailor welded blanks* (TWB). Parameter RSW yang akan digunakan pada pengujian ini tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Matrik eksperimental RSW.

Parameter	Identifikasi sample					
	1	2	3	4	5	6
Welding Ampere (A)	22	22	25	25	27	27
Welding Time (detik)	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Squeeze Time (cycle)	18	20	18	20	18	20

## 2. Metode

### 2.1. Material dan Spesimen Pengujian

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja lembaran SPCC-SD (JIS G 3141) dengan ketebalan 1,0 mm dan 1,2 mm. Pelat SPCC-SD merupakan salah satu jenis pelat lembaran yang banyak digunakan di industri otomotif. Plat SPCC-SD merupakan baja karbon rendah. Komposisi kimia material SPCC-SD yang akan digunakan dalam penelitian ini tersaji pada [Tabel 3](#).

[Tabel 3](#). Komposisi kimia material SPCC-SD.

Element	JIS 3141	Tebal 1.0 mm (SP45572)	Tebal 1.2 mm (CSW0520A)
C	0,15 max.	0,0343	0,0015
Mn	0,05 max.	0,205	0,095
P	0,04 max.	0,0077	0,0118
S	0,04 max.	0,0032	0,0058

Berdasarkan kadar karbon yang kurang dari 3%, maka material SPCC-SD masuk kedalam baja karbon rendah ([Rahdiana et al. 2021](#));([Abdurahman et al., 2021](#)). Sedangkan untuk sifat-sifat mekanik untuk material yang digunakan dalam penelitian ini tersaji pada [Tabel 4](#).

[Tabel 4](#). Sifat-sifat mekanik material SPCC-SD (Sukarman, et al. 2021b).

Sifat Mekanik	JIS 3141	Tebal 1.0 mm (SP45572)*	Tebal 1.2 mm (CSW0520A)*
<i>Tensile strength</i>	≥ 270 N/mm <sup>2</sup>	316	289
<i>Yield strength</i>	≤ 240 N/mm <sup>2</sup>	179	151
<i>Elongation</i>	≥30 %.	46	52

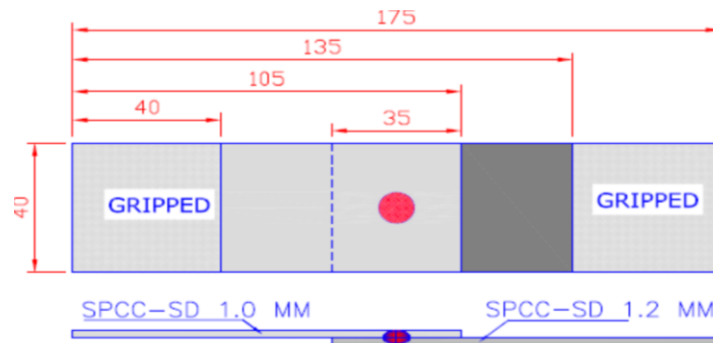
\*) Data COA (Certificate of analysis)

Pembuatan spesimen RSW untuk uji tarik tegangan geser diawali dengan proses *shearing* lembaran plat SPCC-SD 1.0 mm dan 1.2 mm dengan dimensi 40 mm x 105 mm dan metode penyambungan dibuat *overlap* dengan dimensi dan geometri sesuai dengan standar AWS D 8.9M : 2012 ([American Welding Society, 2012](#)). Dimensi dan geometri *sample* uji tarik tegangan geser tersaji pada [Gambar 2](#).

Secara umum modulus kegagalan pada penggabungan logam dengan metode RSW ada dua yaitu modulus *pull-out* dan *interfacial*. Mode kegagalan *pull-out* menunjukkan adanya kekuatan sambungan lebih tinggi dari pada logam dasarnya dan salah satu syaratnya adalah harus minimum diameter *nugget* tertentu. Besarnya minimum diameter *nugget* yang disyaratkan agar memenuhi modulus kegagalan *pull-out* ditentukan dalam [Persamaan 1](#) ([Tumuluru, 2010](#));([Sukarman et al., 2020](#)).

$$D_{min} = 4.5\sqrt{t} \quad (1)$$

Dimana  $t$  merupakan ketebalan material paling tipis (terkecil) dari logam yang tersambung. Penelitian ini menggunakan material SPCC-SD dengan ketebalan material 1.0 mm dan 1.2 mm. Berdasarkan [Persamaan 1](#) maka diameter minimum *nugget* yang disyaratkan adalah 4,5 mm sehingga diameter elektroda yang digunakan harus lebih besar dari 4.5 mm. Untuk memenuhi persyaratan ini, pengujian menggunakan elektroda berdiameter 5.0 mm yang ditunjukkan di [Gambar 2](#).



Gambar 2. Dimensi dan profil sambungan RSW.

## 2.2. Tailor Welded Blanks pada Cup Drawing

Hasil eksperimen RSW diterapkan pada proses *cup drawing* dan dievaluasi hasilnya secara *visual*. Pembuatan *blank* untuk pengujian *cup drawing* menyesuaikan dengan ukuran diameter pada *dies* yaitu diameter 65 mm. Dimensi *cup drawing* tersaji pada [gambar 3](#).



Gambar 3. Geometri *blank* material (a) dan *dies* (b).

Pada tahap ini dilakukan pengujian *cup drawing* dengan *deep drawing ratio* yang dihitung dengan menggunakan [Persamaan 2](#).

$$\beta = \frac{D}{d} \quad (2)$$

Dimana  $\beta$  adalah *deep drawing ratios*,  $D$  adalah *blank* diameter (mm) dan  $d$  (*diameter punch* mm). Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan *drawing force* yang dilakukan dengan menggunakan [Persamaan 3](#).

$$F_u = \pi \cdot (d_1 + s) \cdot s \cdot R_m \cdot 1,2 \left( \frac{\beta - 1}{\beta_{max} - 1} \right) \quad (3)$$

Dimana,  $F_u$  adalah *drawing force* (N),  $d_1$  adalah diameter *punch* (mm),  $s$  adalah ketebalan material (mm),  $R_m$  adalah *tensile strength* (N/mm<sup>2</sup>).

Perhitungan tekanan kerja proses *drawing* menggunakan [Persamaan 4](#).

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F_u}{A} = \frac{F_u}{\pi r^2} = \frac{4F_u}{\pi d^2} \quad (4)$$

Dimana  $F_u$  adalah *drawing force* dan  $A$  adalah luas penampang *punch* yang digunakan.

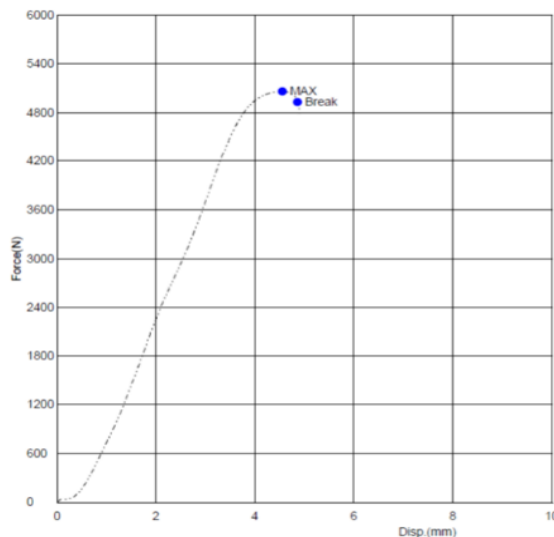
---

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Analisis Uji Tarik Tegangan Geser

Dari hasil proses RSW diketahui bahwa diameter *nugget* tertinggi didapatkan pada *sample* ke- 5 yaitu dengan nilai 5,6 mm. Sedangkan untuk nilai diameter *nugget* terendah didapatkan pada *sample* ke-1 dan ke-4 dengan nilai masing-masing 5,2 mm. Nilai diameter *nugget* tertinggi dicapai pada pengaturan *welding current*, *welding time*, dan *sequezze time* masing masing pada 27 ampere 0,2 detik dan 18 *cycles*. Hasil evaluasi uji tarik secara visual menunjukkan adanya mode kegagalan *pull-out* pada semua *sample* yang diujikan. Kondisi ini sesuai dengan mode kegagalan yang diharapkan dalam proses penggabungan logam pada teknik RSW. Kondisi ini dapat dimaklumi karena semua diameter *nugget* yang dihasilkan memenuhi persyaratan pada [Persamaan 1](#). Untuk parameter pada diameter *nugget* terendah dicapai pada kondisi seperti ditunjukan pada [Tabel 5](#).

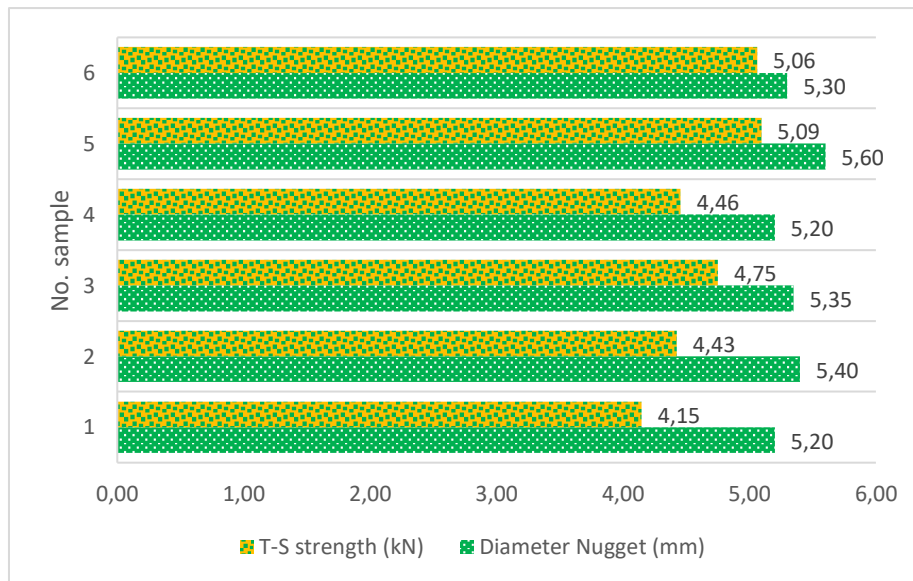
[Gambar 4](#) menunjukkan data dari hasil uji tarik tegangan geser (*tensile-shear strength*) bahwa nilai uji tarik tegangan geser tertinggi didapatkan pada *sample* ke- 5 yaitu dengan nilai 5,09 kN. Sedangkan untuk nilai uji tarik tegangan geser didapatkan pada *sample* ke-1 dengan nilai 4,15 kN. Nilai uji tarik tegangan geser tertinggi dicapai pada pengaturan *welding current*, *welding time*, dan *sequezze time* masing-masing pada 27 ampere 0,2 detik dan 18 *cycles*. Data lengkap diameter *nugget* dan hasil uji tarik tegangan geser tersaji pada grafik yang ditunjukkan pada [Gambar 5](#).



[Gambar 4](#). Hasil uji *tensile-shear strength* hasil *resistance spot welding*.

Tabel 5. Diameter *nugget* terkecil pada sample RSW.

No. Sample	Welding Ampere (A)	Welding time (detik)	Squeeze time (cycle)	Diameter nugget (mm)
1	22	0,2	18	5,20
4	25	0,3	20	5,20



Gambar 5. Tensile-shear strength dan diameter *nugget*.

### 3.2. Analisis Tailor Welded Blanks dan Cup Drawing

Hasil dari pengujian uji tarik tegangan geser selanjutnya dilakukan pembuatan spesimen untuk proses pembentukan *cup drawing*. Pembentukan *cup drawing* dilakukan melalui proses *deep drawing* yang perhitungannya dilakukan menggunakan Persamaan 2, 3 dan 4. Data perhitungannya adalah sebagai berikut.

#### a. Perhitungan *deep drawing ratio*

Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan 2. Pengujian ini menggunakan diameter punch 41.5 mm dan blank diameter material yang digunakan adalah 65 mm. Berdasarkan data ini maka nilai *deep drawing ratio* yang digunakan adalah sebesar 1,67.

#### b. Perhitungan *drawing force*

Perhitungan *drawing force* dilakukan terhadap data kedua material yang tersaji pada Tabel 1 dan diambil nilai yang terbesar. Maksimum *drawing ratio* yang digunakan adalah 2.

##### 1) Perhitungan 1

Data perhitungan pertama diambil dari material dengan ketebalan 1,0 mm dan dipatakan hasil sebagai berikut.

$$F_u = 3.14. (41.5 \text{ mm} + 1.0 \text{ mm}). 1.0 \text{ mm}. 316 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. 1.2 \left( \frac{1.67 - 1}{2 - 1} \right) = 34904.8 \text{ N} = 34.9 \text{ kN}$$

##### 2) Perhitungan 2

Data perhitungan kedua diambil dari material dengan ketebalan 1,2 mm dan dipatakan hasil sebagai berikut.



$$F_u = 3,14 \cdot (41,5 \text{ mm} + 1,2 \text{ mm}) \cdot 1,2 \text{ mm} \cdot 289 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,2 \left( \frac{1,67 - 1}{2 - 1} \right) = 37384,5 \text{ N} = 37,4 \text{ kN}$$

c. Perhitungan tekanan kerja

Pada prakteknya proses pembuatan *cup drawing* menggunakan dasar perhitungan ke dua. Berdasarkan perhitungan ini maka tekanan yang diberikan dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.

$$P = \frac{4 \times 37400}{3,14 \times 41,5^2} = 276 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nilai tekanan yang digunakan pada proses *deep drawing* adalah benar karena masih berada pada daerah plastis ( $Y_S < P < T_S$ ) yang merupakan area untuk proses pembentukan material.

*Specimen cup drawing* dilakukan berdasarkan hasil uji *Tensile strength* tertinggi dan terendah yaitu menggunakan parameter RSW pada sample ke-5 dan ke-6. Pembentukan *cup drawing* pada sambungan *spot welding* dengan ketebalan plat 1,0 mm dengan 1,2 mm. Pengamatan secara *visual* dari kedua *specimen* uji *cup drawing* tidak mengalami gagal pada sambungan las setelah proses pembentukan. Hasil pengujian menunjukkan terdapat cacat *wrinkling in the wall* pada plat ketebalan 1,0 mm, sedangkan pada plat ketebalan 1,2 mm tidak ditemukan cacat *wrinkling in the wall*. Kondisi ini ini dikarenakan *clearance* antara plat ketebalan 1,0 mm dengan dinding *die* lebih besar dibandingkan *clearance* pada plat 1,2 mm. Dari pengamatan yang dilakukan tidak terdapat cacat pada bagian kubah dan *cup* dibagian atas. Hasil proses *cup drawing* untuk kedua *specimen* tersaji pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil uji *cup drawing* pada specimen no. 5 dan no. 6.

---

## 4. Kesimpulan

Dari data pengujian *tensile-shear strength* dan proses *Tailor welded blanks* pada proses *cup drawing* dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil uji *tensile-shear strength*/ uji tarik tegangan geser menunjukkan bahwa hasil tertinggi dicapai pada sample ke 5 dengan nilai sebesar 5.09 kN yang telah dicapai pada pengaturan

parameter RSW dengan *welding current* 27 ampere, *welding time* 0,2 detik dan *sequezze time* 18 *cycles*.

- b. Mode kegagalan *pull-out* pada semua *sample* uji tarik telah tercapai. Kondisi ini memenuhi secara teori bahwa diameter minimum *nugget* harus lebih besar dari  $4,5 \sqrt{t}$ .
- c. Pada proses *cup drawing* menggunakan metode *tailor welded blank* (TWB) didapatkan bahwa pada parameter RSW dengan hasil uji tarik tegangan geser tertinggi dan terendah tidak ditemukan kegagalan pada sambungan sehingga semua parameter RSW pada *sample* yang diujikan bisa digunakan.

Penelitian selanjutnya akan dilakukan dengan menggabungkan metode eksperimen Taguchi pada proses RSW untuk proses *Tailor welded blanks* menggunakan *cup drawing*.

---

---

## 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih author sampaikan kepada manajemen PT Isaka Alindo Nusantara yang telah membantu proses persiapan material dan melakukan penggabungan dengan metode RSW. Penulis juga menyampaikan kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini.

---

---

## Referensi

- Abdulah, A., & Sukarman, S. (2020). Optimasi Single Response Proses Resistance Spot Welding. *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 6223(2), 69–79.
- Abdurahman, A., Sukarman, S., Djafar Shieddieque, A., Safril, S., Setiawan, D., & Rahdiana, N. (2021). Evaluasi Kekuatan Uji Tarik Pada Proses Pengelasan Busur Listrik Beda Material Sphc Dan S30-C. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore 1* (2), 29–37.
- American Welding Society (2012). Test Methods for Evaluating the Resistance spot welding Behavior of Automotive Sheet Steel (AWS D8.9M:2012)., <https://www.worldcat.org/title/>, diakses September 2021.
- Ertas, A. H., & Sonmez, F. O. (2011). Design Optimization Of Spot-Welded Plates For Maximum Fatigue Life. *Asossociation For Computng Machinery*, 47(4), pp 414 - 423.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.fincl.2010.11.003>
- Gunawan, E., Sukarman, S., Shieddieque, A. D., & Anwar, C. (2019). Optimasi Parameter Proses Resistance spot welding pada Pengabungan Material SECC-AF. *Prosiding Semnastera*, Vol (1) (September).
- Kinsey, B. L., & Wu, X. (2011). *Tailor Welded Blankss For Advanced Manufacturing*. Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi: Woodhead Publishing Limited.
- Lin, Z. C., & Chang, D. A. Y. (1996). Selection of sheet metal bending machines by the PRISM-inductive learning method. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 7(4), 341–349.  
<https://doi.org/10.1007/BF00124834>
- Mubiayi, M. P., Akinlabi, E. T., & Makhatha, M. E. (2019). *Current Trends in Friction Stir Welding (FSW) and Friction Stir Spot Welding (FSSW)*. Company Springer International Publising AG of Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92750-3>
- Muthu, P. (2019). Optimization of the Process Parameters of Resistance spot welding of AISI 316l Sheets Using Taguchi Method. *Mechanics and Mechanical Engineering*, 23(1), 64–69.

<https://doi.org/10.2478/mme-2019-0009>

- Oliveira, J. P., Ponder, K., Brizes, E., Abke, T., Ramirez, A. J., & Edwards, P. (2019). Combining resistance spot welding and friction element welding for dissimilar joining of aluminum to high strength steels. *Journal of Materials Processing Technology*, 273(January), 116192. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2019.04.018>
- Olson, D. L., Thomas A., S., Liu, S., & Edwards, G. R. (1990). Welding, brazing, and soldering. In *ASM INTERNATIONAL (Vol. 6)*. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2018.11.063>
- Parente, M., Safdarian, R., Santos, A. D., Loureiro, A., Vilaca, P., & Jorge, R. M. N. (2016). A study on the formability of aluminum *Tailor welded blankss* produced by friction stir welding. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83(9–12), 2129–2141. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7950-0>
- Pasaribu, S. T., Sukarman, S., Shieddieque, A. D., & Abdulah, A. (2019). Optimasi Parameter Proses Resistance spot welding pada Pengabungan Beda Material SPCC. *Prosiding Simnastera*, vol (1).
- Podržaj, P., Polajnar, I., Diaci, J., & Kariž, Z. (2008). Overview Of Resistance Spot Welding Control. *Science and Technology of Welding and Joining*, 13(3), 215–224. <https://doi.org/10.1179/174329308X283893>
- Rahdiana, N., Mulyadi, D., Pratama, C., & Hidayat, A. (2021). Analysis of Pressure Vessel Design on Radiator Cooling System Using Low Carbon Steel Materia. *Journal of Applied Science and Advanced Technology*. 3(3), 81–90.
- Shafee, S., Naik, B. B., & Sammaiah, K. (2015). Resistance Spot Weld Quality Characteristics Improvement By Taguchi Method. *Materials Today: Proceedings*, 2(4–5), 2595–2604. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.215>
- Sukarman, S., & Abdulah, A. (2021a). Optimasi parameter resistance spot welding pada pengabungan baja electro-galvanized menggunakan metode Taguchi. *Dinamika Teknik Mesin*, 11(1), 39–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/dtm.v11i1.372>
- Sukarman, S., Abdulah, A., Jatira, J., Rajab, D. A., Anwar, C., Rohman, R., Akbar, M. A. (2020). *Optimization of Tensile-Shear Strength in the Dissimilar Joint of Zn-Coated Steel and Low Carbon Steel*. 3(3), 115–125.
- Sukarman, S., Khoirudin, K., Murtalim, M., Mulyadi, D., & Rahdiana, N. (2021b). *Evaluasi Desain Bejana Bertekanan pada Radiator Cooling System Menggunakan Material SPCC-SD*. 14(1), 10–16.
- Thakur, A. G., & Nandedkar, V. M. (2014). *Optimization of the Resistance spot welding Process of Galvanized Steel Sheet Using the Taguchi Method*. 1171–1176. <https://doi.org/10.1007/s13369-013-0634-x>
- Tumuluru, M. (2010). Resistance spot weld performance and weld failure modes for dual phase and TRIP steels. In *Failure mechanisms of advanced welding processes*. <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-536-1.50003-2>
- Vignesh, K., Perumal, A. E., & Velmurugan, P. (2017). *Optimization of resistance spot welding process parameters and microstructural examination for dissimilar welding of AISI 316L austenitic stainless steel and 2205 duplex stainless steel*. 455–465. <https://doi.org/10.1007/>

/s00170-017-0089-4

Wan, X., Wang, Y., & Zhao, D. (2016). Multi-response optimization in small scale resistance spot welding of titanium alloy by principal component analysis and genetic algorithm. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83(1–4), 545–559. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7545-9>.

Wiryo Sumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam* (8th ed.). Jakarta: PT Pradnya Paramita.

---