

L

A

M

P

I

R

A

N

Lampiran 1. Tabel Hasil Pengujian Tarik untuk Kekuatan Tarik Maksimal Material SS 304

Parameter	Spesimen			
	<i>Raw materials</i>	Arus 60 A	Arus 100 A	Arus 160 A
σ_u (MPa)	518,4	445,8	522,7	555,2
	513,4	450,3	523,4	565,3
Rata-rata	515,9	448,05	523,05	560,2
σ_y (MPa)	202,7	181,5	234,9	251,4
	207,9	183,8	237,7	258,5
Rata-rata	205,3	182,6	236,3	254,9
e (%)	41	23	25,4	30,6
	40,2	19,5	25,2	32,05
Rata-rata	40,6	21,5	25,3	31,5

Lampiran 2. Perhitungan untuk Kualitas Kekuatan Tarik Material SS 304

1. Perhitungan Kekuatan Tarik Maksimal

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_0}$$

Dimana : P_u = Beban (kg)

σ_u = Tegangan *ultimate* (MPa)

A_0 = luas mula-mula (mm^2)

A_0 = 57 mm x 20 mm = 1140 (mm^2) / panjang x lebar penampang

1. Raw Materials

a. $P_u = 50.000 \text{ kg} \times \frac{118,2}{100} = 59097,6 \text{ kg}$

$$\sigma_u = \frac{59097,6 \text{ kg}}{1140 \text{ mm}_2} = 51,84 \text{ kg/mm}^2 = 518,4 \text{ MPa}$$

b. $P_u = 50.000 \text{ kg} \times \frac{117,1}{100} = 58527,6 \text{ kg}$

$$\sigma_u = \frac{58527,6 \text{ kg}}{1140 \text{ mm}_2} = 51,34 \text{ kg/mm}^2 = 513,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(51,84 + 51,34) \text{ kg/mm}^2}{2} = 51,59 \text{ kg/mm}^2 = 515,9 \text{ MPa}$$

2. Variasi Arus 60 Amper.

a. $P_u = 50.000 \text{ kg} \times \frac{101,6}{100} = 50821,2 \text{ kg}$

$$\sigma_u = \frac{50821,2 \text{ kg}}{1140 \text{ mm}_2} = 44,58 \text{ kg/mm}^2 = 445,8 \text{ MPa}$$

b. $P_u = 50.000 \text{ kg} \times \frac{102,6}{100} = 51334,2 \text{ kg}$

$$\sigma_u = \frac{51334,2 \text{ kg}}{1140 \text{ mm}_2} = 45,03 \text{ kg/mm}^2 = 450,3 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(44,58 + 45,03) \text{ kg/mm}^2}{2} = 44,80 \text{ kg/mm}^2 = 448,05 \text{ MPa}$$

3. Variasi Arus 100 Amper.

a. $P_u = 50.000 \text{ kg} \times \frac{119,2}{100} = 59576,4 \text{ kg}$

$$\sigma_u = \frac{59576,4 \text{ kg}}{1140 \text{ mm}_2} = 52,26 \text{ kg/mm}^2 = 522,6 \text{ MPa}$$

b. $P_u = 50.000 \text{ kg} \times \frac{119,3}{100} = 59667,6 \text{ kg}$

$$\sigma_u = \frac{59667,6 \text{ kg}}{1140 \text{ mm}_2} = 52,34 \text{ kg/mm}^2 = 523,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(52,26 + 52,34) \text{ kg/mm}^2}{2} = 52,305 \text{ kg/mm}^2 = 523,05 \text{ MPa}$$

4. Variasi Arus 160 Amper.

$$a. P_u = 50.000 \text{ kg} \times \frac{126,6}{100} = 63292,8 \text{ kg}$$

$$\sigma_u = \frac{63292,8 \text{ kg}}{1140 \text{ mm}_2} = 55,52 \text{ kg/mm}^2 = 555,2 \text{ MPa}$$

$$b. P_u = 50.000 \text{ kg} \times \frac{128,8}{100} = 64432,8 \text{ kg}$$

$$\sigma_u = \frac{64432,8 \text{ kg}}{1140 \text{ mm}_2} = 56,52 \text{ kg/mm}^2 = 565,2 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(55,52 + 56,52) \text{ kg/mm}^2}{2} = 56,02 \text{ kg/mm}^2 = 560,2 \text{ MPa}$$

2. Perhitungan Batas Luluh

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

Dimana : P_y = Beban *yield* (kg)

σ_y = Tegangan *yield* (MPa)

A = luas mula-mula (mm^2)

1. *Raw Material*

$$a. \sigma_u \frac{P_y}{A} = \frac{231078 \text{ N}}{1140 \text{ mm}_2} = 202,7 \text{ MPa}$$

$$b. \sigma_u \frac{P_y}{A} = \frac{237006 \text{ N}}{1140 \text{ mm}_2} = 207,9 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(202,7 + 207,9) \text{ MPa}}{2} = 205,3 \text{ MPa}$$

2. Variasi Arus 60 Ampere

$$a. \sigma_u \frac{P_y}{A} = \frac{206910 \text{ N}}{1140 \text{ mm}_2} = 181,5 \text{ MPa}$$

$$b. \sigma_u \frac{P_y}{A} = \frac{209532 \text{ N}}{500 \text{ mm}_2} = 183,8 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(181,5 + 183,8) \text{ MPa}}{2} = 182,6 \text{ MPa}$$

3. Variasi Arus 100 Ampere

$$a. \sigma_u \frac{P_y}{A} = \frac{267786 \text{ N}}{1140 \text{ mm}_2} = 234,9 \text{ MPa}$$

$$b. \sigma_u \frac{P_y}{A} = \frac{270978 \text{ N}}{1140 \text{ mm}_2} = 237,7 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(234,9 + 237,7) \text{ MPa}}{2} = 236,3 \text{ MPa}$$

4. Variasi Arus 160 Ampere

$$c. \sigma_u \frac{P_y}{A} = \frac{286596 \text{ N}}{1140 \text{ mm}_2} = 251,4 \text{ MPa}$$

$$d. \sigma_u \frac{P_y}{A} = \frac{294690 \text{ N}}{1140 \text{ mm}_2} = 258,5 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(251,4 + 258,5) \text{ MPa}}{2} = 254,9 \text{ MPa}$$

3. Perhitungan Perpanjangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana : ε = elongation (%)

L = Panjang setelah ditarik (mm)

L_0 = Panjang sebelum ditarik (mm)

1. Raw Mterials

$$\text{a. } \varepsilon = \frac{(352,5 - 250) \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \times 100\% = \frac{102,5 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \times 100\% = 41 \%$$

$$\text{b. } \varepsilon = \frac{(350,5 - 250) \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \times 100\% = \frac{100,5 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \times 100\% = 40,2\%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(41 + 40,2) \%}{2} = 40,6 \%$$

2. Variasi Arus 60 Ampere

$$\text{a. } \varepsilon = \frac{(307,5 - 250) \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \times 100\% = \frac{57,5 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \times 100\% = 23\%$$

$$\text{b. } \varepsilon = \frac{(298,75 - 250) \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \times 100\% = \frac{48,75 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \times 100\% = 19,5\%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(57,5 + 48,75) \%}{2} = 21,5 \%$$

3. Variasi Arus 100 Ampere

$$\text{a. } \varepsilon \frac{(313,5-250)mm}{250 mm} \times 100\% = \frac{63,5 mm}{250 mm} \times 100\% = 25,4\%$$

$$\text{b. } \varepsilon \frac{(313-250)mm}{250 mm} \times 100\% = \frac{63 mm}{250 mm} \times 100\% = 25,2\%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(25,4 + 25,2) \%}{2} = 25,3 \%$$

4. Variasi Arus 160 Ampere

$$\text{a. } \varepsilon \frac{(326,5-250)mm}{250 mm} \times 100\% = \frac{76,5 mm}{250 mm} \times 100\% = 30,6\%$$

$$\text{b. } \varepsilon \frac{(330,125-250)mm}{250 mm} \times 100\% = \frac{80,125 mm}{250 mm} \times 100\% = 32,05\%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(30,6 + 32,05) \%}{2} = 31,5 \%$$

Lampiran 3. Tabel Hasil Pengujian Kekerasan Arus 60 A

Titik	Daerah	D1 (μm)	D2 (μm)	Drata- rata (μm)	Drata-rata (mm)	Kekerasan (VHN dalam kg/mm^2)
1	Logam las	98	96	97	97×10^{-3}	197
2	Logam las	97	96	96,5	$96,5 \times 10^{-3}$	199
3	Logam las	96	97	96,5	$96,5 \times 10^{-3}$	199
4	Logam las	97	97	97	97×10^{-3}	197
5	Logam las	97	97	97	97×10^{-3}	197
6	Logam las	99	99	99	99×10^{-3}	189
7	Logam las	97	97	97	97×10^{-3}	197
8	Logam las	97	98	97,5	$97,5 \times 10^{-3}$	195
9	Logam las	98	97	97,5	$97,5 \times 10^{-3}$	196
10	Logam las	98	96,5	97,25	$97,25 \times 10^{-3}$	191
11	Logam las	98,5	98,5	98,5	$98,5 \times 10^{-3}$	220
12	Logam las	100	100,5	100,25	$100,25 \times 10^{-3}$	184
13	Logam las	95	95	95	95×10^{-3}	205
14	Batas	88,5	92	90,25	$90,25 \times 10^{-3}$	227
15	HAZ	89	89	89	89×10^{-3}	234
16	HAZ	89	91	90	90×10^{-3}	229
17	HAZ	89	91	90	90×10^{-3}	229
18	HAZ	91	91	91	91×10^{-3}	224
19	HAZ	91	91,5	91,25	$91,25 \times 10^{-3}$	223
20	HAZ	90	90	90	90×10^{-3}	229
21	Batas	88	90	89	89×10^{-3}	234
22	Logam induk	90	91,5	90,75	$90,75 \times 10^{-3}$	225
23	Logam induk	91,5	89,5	90,5	$90,5 \times 10^{-3}$	226
24	Logam induk	92	94	93	93×10^{-3}	214
25	Logam induk	91	91	91	91×10^{-3}	224
26	Logam induk	92,5	93,5	93	93×10^{-3}	214
27	Logam induk	91	93	92	92×10^{-3}	219
28	Logam induk	91	93	92	92×10^{-3}	219
29	Logam induk	95	91	93	93×10^{-3}	214
30	Logam induk	92	95	93,5	$93,5 \times 10^{-3}$	212
31	Logam induk	92,5	92,5	92,5	$92,5 \times 10^{-3}$	217

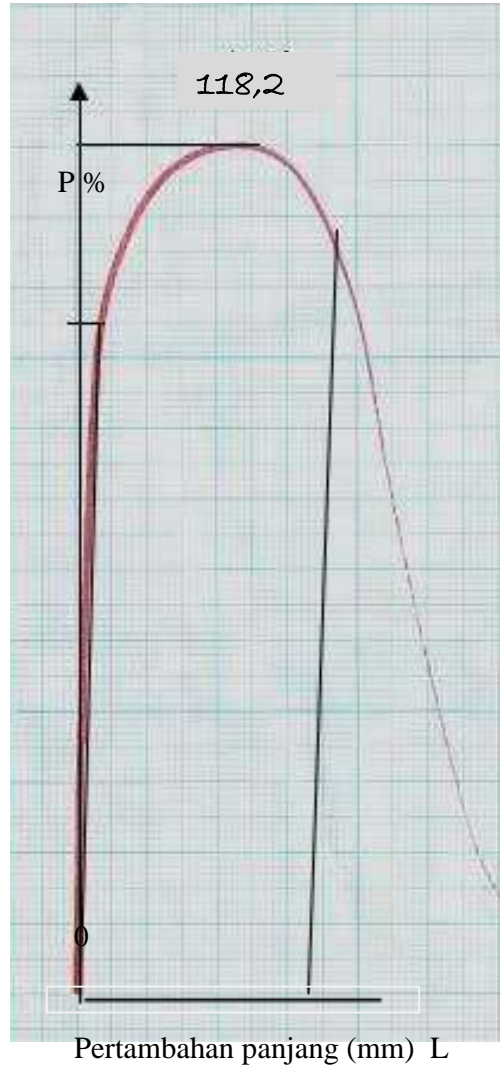
Lampiran 4. Tabel Hasil Pengujian Kekerasan Arus 100 A

Titik	Daerah	D1 (μm)	D2 (μm)	Drata- rata (μm)	Drata-rata (mm)	Kekerasan (VHN dalam kg/mm^2)
1	Logam las	95,5	95	95,25	$95,25 \times 10^{-3}$	204
2	Logam las	95	95	95	95×10^{-3}	205
3	Logam las	93	93	93	93×10^{-3}	214
4	Logam las	93	93	93	93×10^{-3}	214
5	Logam las	93	93	93	93×10^{-3}	214
6	Logam las	90,5	90,5	90,5	$90,5 \times 10^{-3}$	226
7	Logam las	94,5	93,5	94	94×10^{-3}	210
8	Logam las	92	95,5	93,75	$93,75 \times 10^{-3}$	211
9	Logam las	92,5	95	93,75	$93,75 \times 10^{-3}$	211
10	Logam las	92,5	92,5	92,5	$92,5 \times 10^{-3}$	217
11	Logam las	91	92,5	91,75	$91,75 \times 10^{-3}$	220
12	Logam las	92,5	92,5	92,5	$92,5 \times 10^{-3}$	217
13	Logam las	91	93	92	92×10^{-3}	219
14	Batas	86	86	86	86×10^{-3}	251
15	HAZ	80,5	84	82,75	$82,75 \times 10^{-3}$	274
16	HAZ	84	81	82,5	$82,5 \times 10^{-3}$	272
17	HAZ	84	84	84	84×10^{-3}	263
18	HAZ	88	88	88	88×10^{-3}	239
19	HAZ	90	90	90	90×10^{-3}	229
20	HAZ	90	93,5	91,75	$91,75 \times 10^{-3}$	220
21	Batas	92	91	91,5	$91,5 \times 10^{-3}$	221
22	Logam induk	97	93	95	95×10^{-3}	205
23	Logam induk	94	93	93,5	$93,5 \times 10^{-3}$	212
24	Logam induk	93	93	93	93×10^{-3}	214
25	Logam induk	93	91	92	92×10^{-3}	219
26	Logam induk	92	93	92,5	$92,5 \times 10^{-3}$	217
27	Logam induk	93	96	94,5	$94,5 \times 10^{-3}$	208
28	Logam induk	93	96,5	94,75	$94,75 \times 10^{-3}$	209
29	Logam induk	92	92	92	92×10^{-3}	219
30	Logam induk	92	94,5	93,25	$93,25 \times 10^{-3}$	213
31	Logam induk	94,5	94,5	94,5	$94,5 \times 10^{-3}$	208

Lampiran 5. Tabel Hasil Pengujian Kekerasan Arus 160 A

Titik	Daerah	D1 (μm)	D2 (μm)	Drata-rata (μm)	Drata-rata (mm)	Kekerasan (VHN dalam kg/mm^2)
1	Logam las	100	100	100	100×10^{-3}	185
2	Logam las	99	99	99	99×10^{-3}	189
3	Logam las	98	100	99	99×10^{-3}	189
4	Logam las	98	97,5	97,75	$97,75 \times 10^{-3}$	194
5	Logam las	95	100	97,5	$97,5 \times 10^{-3}$	195
6	Logam las	98	98	98	98×10^{-3}	193
7	Logam las	95	95	95	95×10^{-3}	212
8	Logam las	93	93	93	93×10^{-3}	214
9	Logam las	95	95	95	95×10^{-3}	212
10	Logam las	95	95	95	95×10^{-3}	212
11	Logam las	84	88,5	86,25	$86,25 \times 10^{-3}$	249
12	Logam las	89,5	89,5	89,5	$89,5 \times 10^{-3}$	231
13	Logam las	90,5	89,5	90	90×10^{-3}	229
14	Batas	86	86	86	86×10^{-3}	251
15	HAZ	86	86	86	86×10^{-3}	251
16	HAZ	86	86	86	86×10^{-3}	251
17	HAZ	87	86	86,5	$86,5 \times 10^{-3}$	248
18	HAZ	90	90	90	90×10^{-3}	229
19	HAZ	88	90	89	89×10^{-3}	234
20	HAZ	88	90	89	89×10^{-3}	234
21	Batas	87,5	88	87,75	$87,75 \times 10^{-3}$	241
22	Logam induk	92	92	92	92×10^{-3}	219
23	Logam induk	90,5	92	91,25	$91,25 \times 10^{-3}$	223
24	Logam induk	90	93	91,5	$91,5 \times 10^{-3}$	221
25	Logam induk	93	89,5	91,25	$91,25 \times 10^{-3}$	223
26	Logam induk	93	90,5	91,75	$91,75 \times 10^{-3}$	220
27	Logam induk	94	93	93,5	$93,5 \times 10^{-3}$	212
28	Logam induk	95	92	93,5	$93,5 \times 10^{-3}$	212
29	Logam induk	96	95	95,5	$95,5 \times 10^{-3}$	203
30	Logam induk	96,5	93	94,75	$94,75 \times 10^{-3}$	207
31	Logam induk	97	94	95,5	$95,5 \times 10^{-3}$	203

Lampiran 6.a. Hasil pengujian tarik untuk kekuatan tarik Material SS 304 raw materials, spesimen 2



Keterangan :

$P = 50000 \text{ kg}$

$L_1 = 352,5 \text{ mm}$

$L_0 = 250 \text{ mm}$

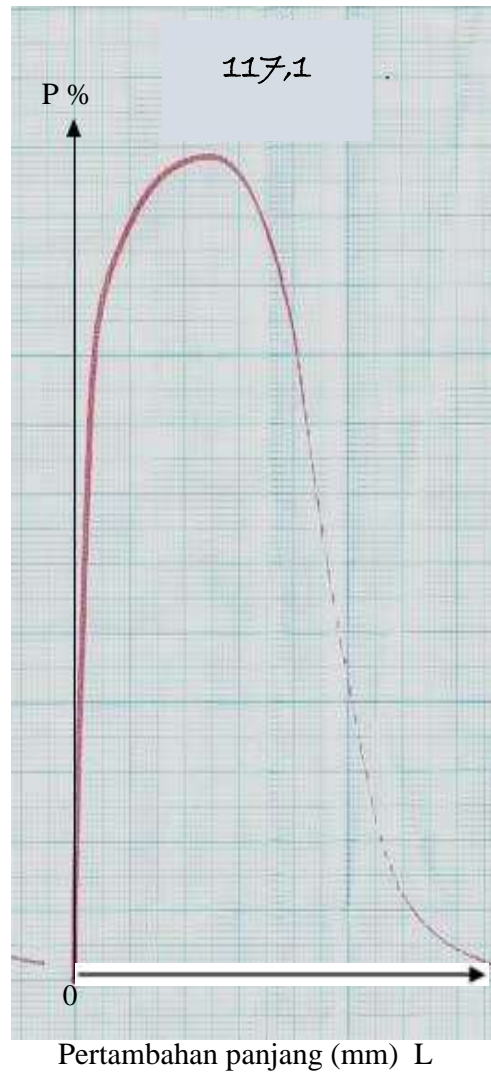
$\varepsilon = 41 \%$

$A_0 = 1140 \text{ mm}^2$

$\sigma_u = 515,9 \text{ MPa}$

$\sigma_y = 205,3 \text{ MPa}$

Lampiran 6.b. Hasil pengujian tarik untuk kekuatan tarik Material SS 304 raw materials, spesimen 2



Keterangan :

$P = 50000 \text{ kg}$

$L_1 = 350,5 \text{ mm}$

$L_0 = 250 \text{ mm}$

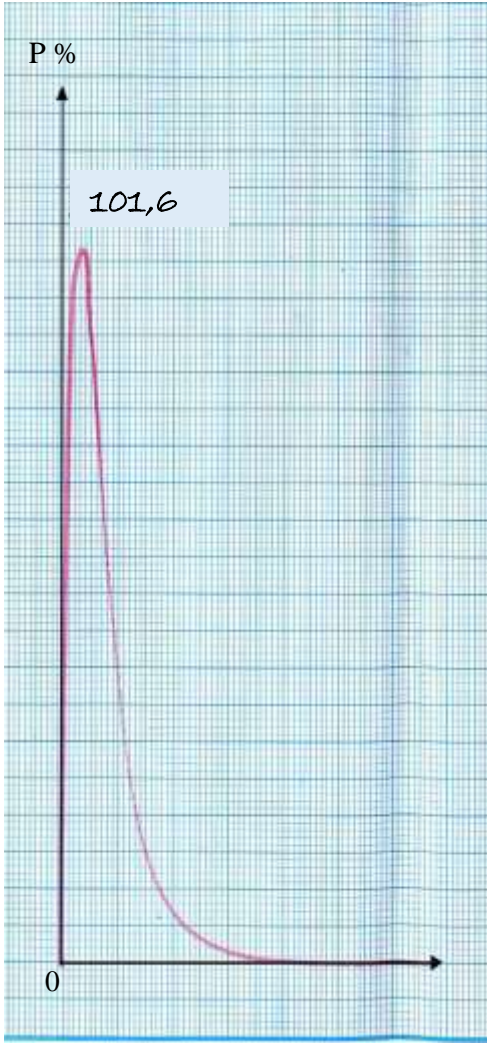
$\varepsilon = 40,2 \%$

$A_0 = 1140 \text{ mm}^2$

$\sigma_u = 513,4 \text{ MPa}$

$\sigma_y = 207,9 \text{ MPa}$

Lampiran 6.c. Hasil pengujian tarik untuk kekuatan tarik Material SS 304 variasi arus 60 ampere, spesimen 1

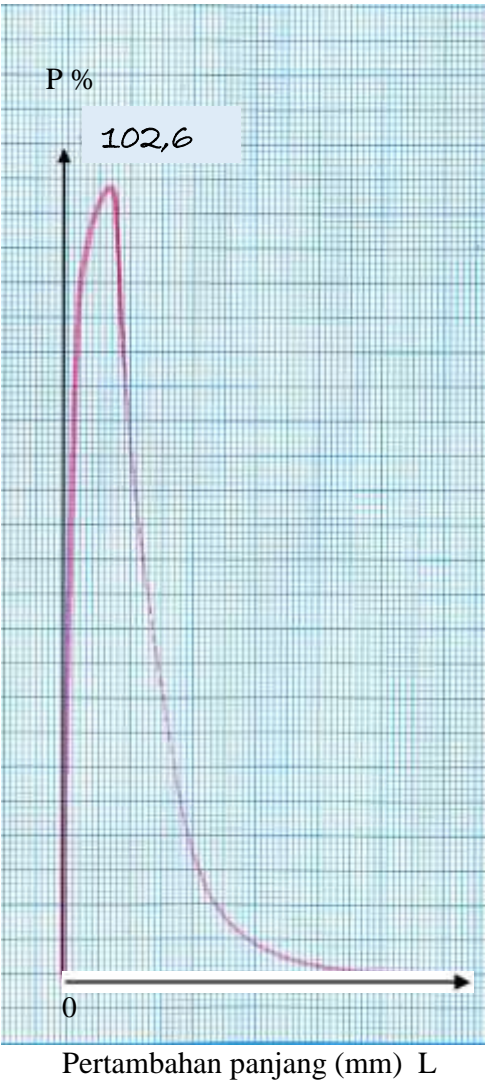


Keterangan :

- P = 50000 kg
- L₁ = 307,5 mm
- L₀ = 250 mm
- ε = 23 %
- A₀ = 1140 mm²
- σ_u = 445,8 MPa
- σ_y = 181,5 MPa

Pertambahan panjang (mm) L

Lampiran 6.d. Hasil pengujian tarik untuk kekuatan tarik Material SS 304 variasi arus 60 ampere, spesimen 2



Keterangan :

$P = 50000 \text{ kg}$

$L_1 = 298,75 \text{ mm}$

$L_0 = 250 \text{ mm}$

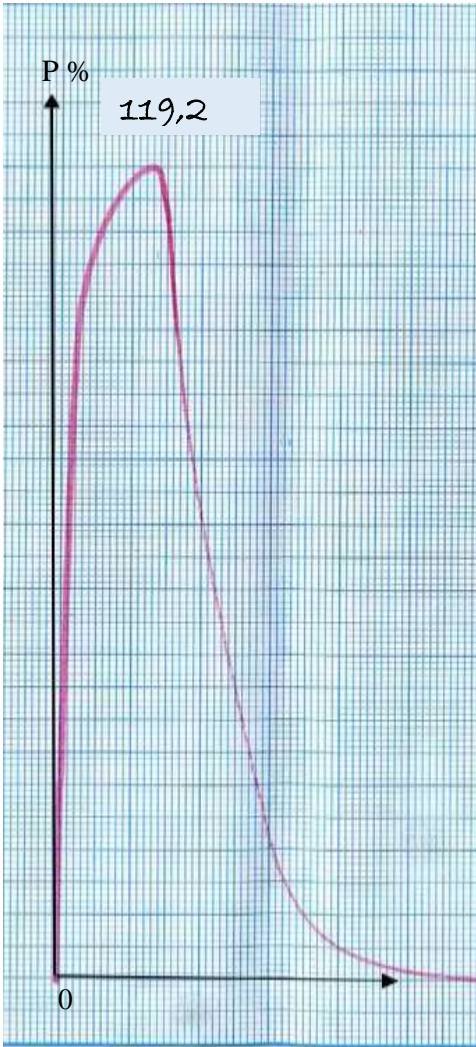
$\epsilon = 19,5 \%$

$A_0 = 1140 \text{ mm}^2$

$\sigma_u = 450,3 \text{ MPa}$

$\sigma_y = 183,8 \text{ MPa}$

Lampiran 6.e. Hasil pengujian tarik untuk kekuatan tarik Material SS 304 variasi arus 100 ampere, spesimen 1

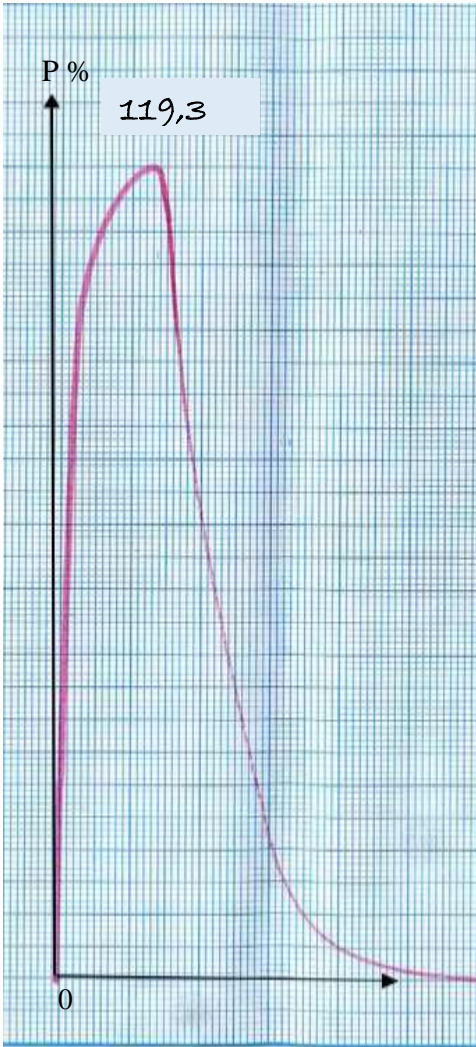


Keterangan :

- P = 50000 kg
- L₁ = 313,5 mm
- L₀ = 250 mm
- ε = 25,4 %
- A₀ = 1140 mm²
- σ_u = 522,6 MPa
- σ_y = 234,9 MPa

Pertambahan panjang (mm) L

Lampiran 6.f. Hasil pengujian tarik untuk kekuatan tarik Material SS 304 variasi arus 100 ampere, spesimen 2



Keterangan :

$P = 50000 \text{ kg}$

$L_1 = 313 \text{ mm}$

$L_0 = 250 \text{ mm}$

$\epsilon = 25,2 \%$

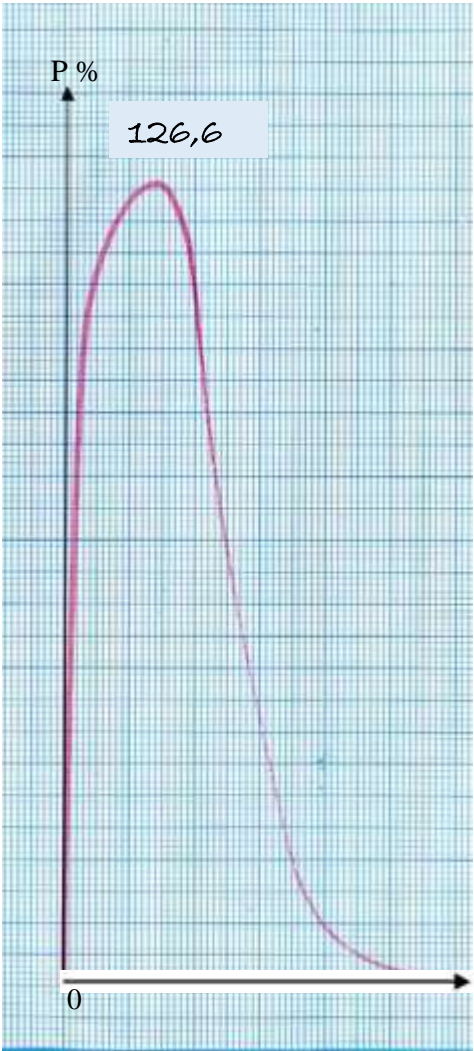
$A_0 = 1140 \text{ mm}^2$

$\sigma_u = 523,4 \text{ MPa}$

$\sigma_y = 237,7 \text{ MPa}$

Pertambahan panjang (mm) L

Lampiran 6.g. Hasil pengujian tarik untuk kekuatan tarik Material SS 304 variasi arus 160 ampere, spesimen 1

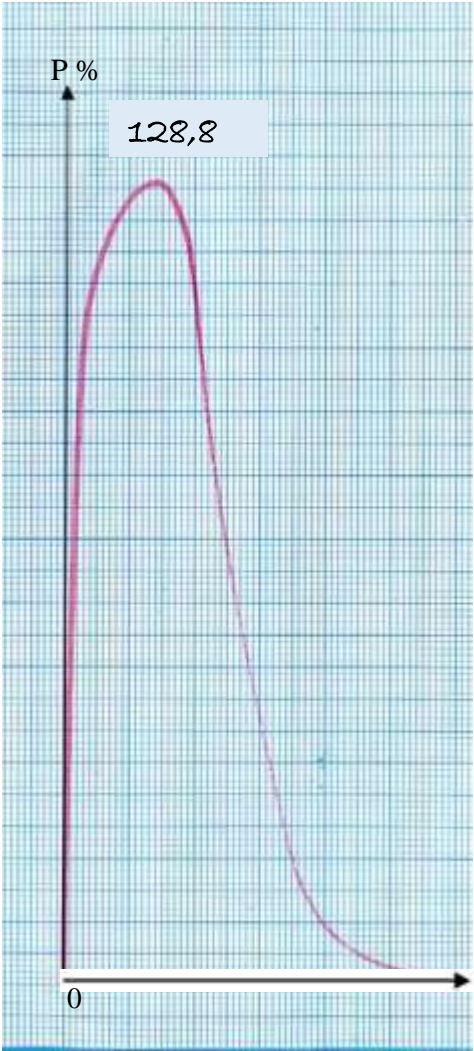


Keterangan :

- P = 50000 kg
- L₁ = 326,5 mm
- L₀ = 250 mm
- ε = 30,6 %
- A₀ = 1140 mm²
- σ_u = 555,2 MPa
- σ_y = 251,4 MPa

Pertambahan panjang (mm) L

Lampiran 6.h. Hasil pengujian tarik untuk kekuatan tarik Material SS 304 variasi arus 160 ampere, spesimen 2



Keterangan :

- $P = 50000 \text{ kg}$
- $L_1 = 330,1 \text{ mm}$
- $L_0 = 250 \text{ mm}$
- $\epsilon = 32,05 \%$
- $A_0 = 1140 \text{ mm}^2$
- $\sigma_u = 565,2 \text{ MPa}$
- $\sigma_y = 258,5 \text{ MPa}$

Pertambahan panjang (mm) L

Lampiran 7. Hasil Pentetrant Test

Cairan Uji Penetrant yang terdiri dari:

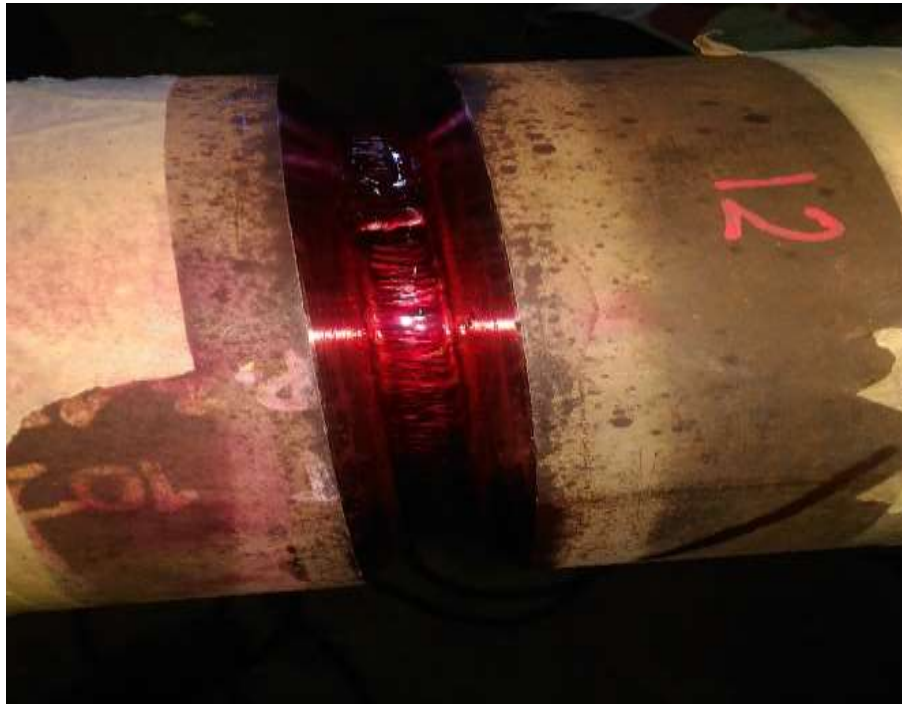
1. Penetrant (SKL-SP2)
2. Developer (SKD-S2)
3. Cleaner Remover (SKC-S)



Gambar 1 Cairan Penetrant

Proses Uji pada Hasil Las GTAW

- a. Pipa setelah dilakukan proses pengelasan GTAW pada bagian *rootpass* di bersihkan dengan cleaner dan kemudian disemprot cairan penetrant ditunggu selama 15-20 menit..



Gambar 2 Pipa yang telah disemprot cairan penetrant

b. Setelah disemprot cairan penetrant pipa disemprot cairan developer



Gambar 3 Pipa setelah disemprot Developer

Kesimpulan:

- Proses pengujian penetrant dilakukan setelah dilakukan pengelasan pada setiap layer nya.
- Untuk pengelasan GTAW pada bagian *rootpass* setelah dilakukan uji penetrant tidak terdapat cacat pada hasil lasan.

Pada hasil las SMAW

- a. Sama seperti las GTAW pada hasil lasan SMAW juga dilakukan pengujian penetrant pada setiap layer nya.
Cairan uji penetrant disemprotkan pada pipa.



Gambar 4 Pipa hasil las SMAW

- b. Kemudian semprotkan developer dengan jarak kurang lebih 30 cm.



Gambar 5 Pipa Setelah disemprot cairan developer.

Kesimpulan:

- Setelah dilakukan uji penetrant pada hasil lasan SMAW tidak terdapat cacat yang berarti hasil lasan bagus.

Lampiran 8. Hasil pengujian lengkung

Pengujian lengkung dengan metode side bend.

1. Spesimen yang digunakan dalam Uji Bending.



Gambar 1. Spesimen uji Bending

Ukuran Spesimen Uji Bending

Panjang = 250 mm

Tebal = 10 mm

2. Spesimen diletakkan pada bangku uji, kemudian pengujian dilakukan dengan memberikan pembebanan pada spesimen uji.



Gambar 2. Spesimen siap di ujikan

3. Hasil pengujian.



Setelah dilakukan Pengujian pada 4 spesimen seperti gambar diatas dapat disimpulkan bahwa hasil lasan bagus, karena tidak terdapat cacat pada hasil lasan setelah dilakukan pengujian.