

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Pengambilan data hasil pengujian kekuatan tarik diambil setelah proses pengelasan gesek selesai dilakukan. Kemudian spesimen yang telah dilas, dibentuk menjadi spesimen pengujian tarik sesuai dengan standar yang digunakan yaitu AWS (*American Welding Society*). Setiap variasi dilakukan tiga kali pengulangan dan didapatkan nilai rata-rata dari ketiga pengulangan tersebut pada setiap variasi. Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu *burn-off length* 3 mm, 5 mm dan, 7 mm dengan tinggi kerucut 0 mm, 1 mm, 2 mm dan 3 mm. Hasil pengujian kekuatan tarik dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1

Data Hasil Pengujian Tarik

No.	<i>Burn-Off Length</i> (mm)	Tinggi Kerucut	Pengulangan	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Tarik Rata-rata (MPa)	
1	3 mm	0 mm	A	187.923	187.431	
			B	199.549		
			C	174.822		
		1 mm	A	183.471		184.017
			B	186.255		
			C	182.326		
	2 mm	A	186.207	189.924		
		B	194.601			
		C	188.966			
	3 mm	A	213.019	208.062		
		B	199.341			
		C	211.825			

2	5 mm	0 mm	A	160.774	167.419	
			B	171.517		
			C	169.967		
	1 mm	A	184.300	180.090		
		B	176.775			
		C	179.196			
	2 mm	A	185.507	184.110		
		B	179.995			
		C	186.827			
3 mm	A	197.617	193.894			
	B	192.573				
	C	191.491				
3	7 mm	0 mm	A	157.137	154.390	
			B	154.09		
			C	151.942		
	1 mm	A	171.176	177.966		
		B	178.715			
		C	184.007			
	2 mm	A	190.245	183.734		
		B	185.059			
		C	175.900			
	3 mm	A	193.538	188,932		
		B	193.508			
		C	179.749			
	4	Spesimen Asli	Aluminium A6061	A	336.606	338.850
				B	337.354	
				C	342.5901	
5	Spesimen Asli	Baja St 41	A	566.4344	569.183	
			B	578.4344		
			C	562.7706		

4.1.2 Data Hasil Pengujian Porositas

Dalam pengambilan data porositas menggunakan pengujian piknometri. Pengujian dilakukan setelah selesai proses pengelasan gesek, kemudian dibentuk spesimen dengan panjang 50 mm dan diameter 13 mm. Pada setiap variasi dilakukan hanya satu kali pengulangan. Variasi yang digunakan pada spesimen pada uji porositas yaitu, *Burn-Off Length* 3 mm, 5 mm, dan 7 mm dengan tinggi kerucut 0 mm, 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Hasil uji porositas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

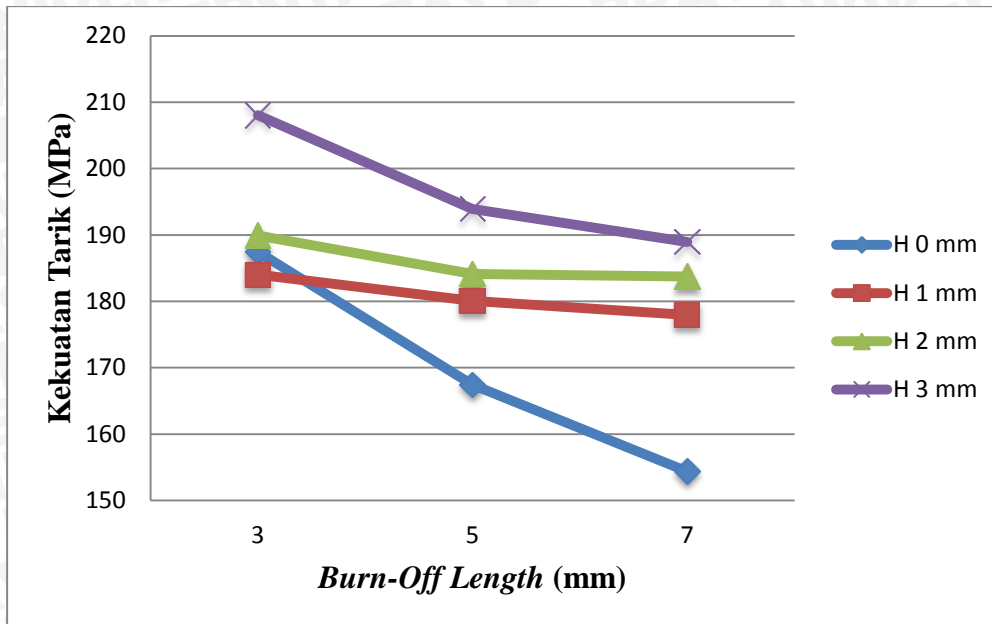
Tabel 4.2
Data Hasil Pengujian Porositas

No	Tinggi Kerucut	<i>Burn-Off Length</i> (mm)	%p
1	0 mm	3 mm	0.0424
		5 mm	0.0681
		7 mm	0.1023
2	1 mm	3 mm	0.046
		5 mm	0.0558
		7 mm	0.0984
3	2 mm	3 mm	0.0385
		5 mm	0.0423
		7 mm	0.0856
4	3 mm	3 mm	0.0101
		5 mm	0.0139
		7 mm	0.0789
5	Spesimen Asli A6061		0.008836
6	Spesimen Asli ST 41		0.019258

4.2 Pembahasan

4.2.1 Kekuatan Tarik

Setelah didapatkan data hasil dari pengujian tarik, kemudian data tersebut dijadikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan dalam menganalisa data. Di bawah ini adalah grafik pengujian tarik hubungan antara *burn-off length* dan tinggi kerucut satu sisi pada sambungan las gesek A6061 dan St 41.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara *Burn-Off Length* terhadap kekuatan tarik pada variasi tinggi kerucut 0 mm, 1 mm, 2 mm, 3 mm

Dari gambar grafik 4.1 diatas dapat dilihat hasil dari hubungan antara *Burn-Off Length* 3 mm, 5 mm dan 7 mm terhadap kekuatan tarik pada variasi tinggi kerucut 0 mm, 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Dari hasil diatas variasi *burn-off length* dan variasi tinggi kerucut mempengaruhi hasil dari pengujian kekuatan tarik spesimen pengelasan gesek, yang kecenderungan semakin menurun. Secara keseluruhan nilai kekuatan tarik tertinggi dihasilkan pada variasi tinggi kerucut 3 mm dengan variasi *burn-off length* 3 mm yaitu sebesar 208.062 Mpa dan untuk kekuatan tarik terendah dihasilkan pada variasi tinggi kerucut 0 mm dengan variasi *burn-off length* 7 mm yaitu sebesar 164.390 MPa.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar *burn-off length* maka kekuatan tarik yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini di sebabkan jika *burn-off length* semakin besar maka bagian logam yang bergesekan semakin banyak dan juga waktu untuk logam bergesekan lebih lama yang menyebabkan panas yang ditimbulkan akan semakin besar dan daerah terpengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) semakin besar. Untuk pengaruh tinggi kerucut satu sisi, semakin besarnya variasi tinggi kerucut maka kekuatan tarik yang dihasilkan semakin tinggi. Besarnya tinggi kerucut menyebabkan permukaan logam yang bergesekan akan semakin kecil sehingga panas yang terjadi saat bergesekan akan semakin kecil. Karena itu menyebabkan kekuatan tarik yang dihasilkan akan meningkat.

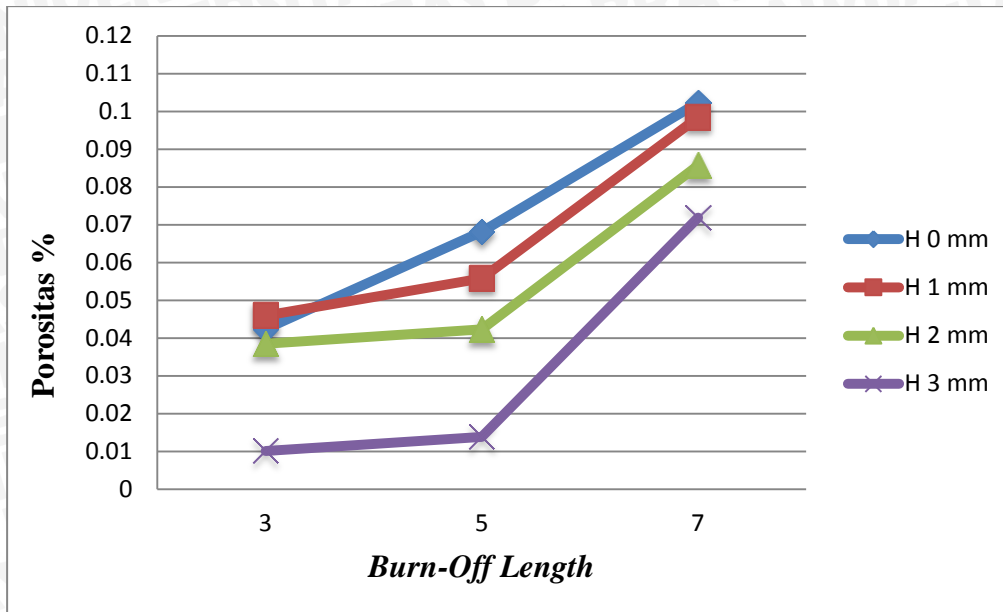
Setelah mengamati data secara keseluruhan, dapat dilihat kekuatan tertinggi dan terendah dari tiap masing-masing variasi tinggi kerucut dan *burn-off length*. Dari garis

paling bawah yang mana kekuatan tarik sambungan las dengan tinggi kerucut 0 mm didapatkan kekuatan tarik tertingginya yaitu pada *burn-off length* 3 mm sebesar 187.431 MPa dan kekuatan tarik terendah yaitu pada *burn-off length* 7 mm sebesar 154.39 Mpa. Untuk variasi tinggi kerucut 1 mm kekuatan tarik tertinggi yaitu pada *burn-off length* 3 mm sebesar 184.017 MPa dan kekuatan tarik terendah yaitu pada *burn-off length* 7 mm sebesar 177.966 Mpa. Pada variasi tinggi kerucut 2 mm kekuatan tarik tertinggi yaitu pada *burn-off length* 3 mm sebesar 189.924 MPa dan kekuatan tarik terendah yaitu pada *burn-off length* 7 mm sebesar 183.734 Mpa. Dan pada variasi tinggi kerucut 3 mm kekuatan tarik tertinggi yaitu pada *burn-off length* 3 mm sebesar 208.062 MPa dan kekuatan tarik terendah yaitu pada *burn-off length* 7 mm sebesar 188.932 Mpa.

Setelah kita mengetahui kekuatan tertinggi las gesek yaitu sebesar 208.062 Mpa kita dapat membandingkan dengan kekuatan tarik yang dimiliki *base material*, dimana kekuatan tarik *base material* A6061 sebesar 338.850 Mpa dan pada kekuatan tarik *base material* St 41 yaitu sebesar 569.183 Mpa. Jika dibandingkan material pada pengelasan gesek terjadi penurunan sebesar 38% terhadap aluminium A6061 dan penurunan 64% terhadap baja St 41 yang disebabkan oleh melunaknya material las gesek, material cenderung melunak akibat panas yang ditimbulkan dari gesekan material dan gaya tekan akhir yang diberikan, akan tetapi dengan proses *heat treatment* dapat meningkatkan kekuatannya

4.2.2 Nilai Porositas

Dari hasil pengujian piknometri didapatkan hasil porositas pada tabel 4.2 diatas kemudian data yang dihasilkan disajikan dalam bentuk grafik untuk dianalisa. Di bawah ini adalah grafik dimana hubungan antara *burn-off length* dan tinggi kerucut satu sisi terhadap nilai porositas.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara *burn-off length* dan tinggi kerucut satu sisi terhadap nilai porositas proses las gesek

Pada gambar grafik 4.2 diatas adalah hasil dari hubungan antara *burn off length* dan kerucut satu sisi terhadap nilai porositas, dimana dapat diketahui secara keseluruhan bahwa variasi *burn-off length* dan tinggi kerucut dapat mempengaruhi hasil dari nilai porositas, yaitu porositas akan semakin meningkat. Kemudian, nilai porositas tertinggi dihasilkan pada variasi *burn-off length* 7 mm dan variasi tinggi kerucut 0 mm yaitu sebesar 0.1023% dan porositas terendah dihasilkan pada variasi *burn-off length* 3 mm dan tinggi kerucut 3 mm yaitu sebesar 0.0101%.

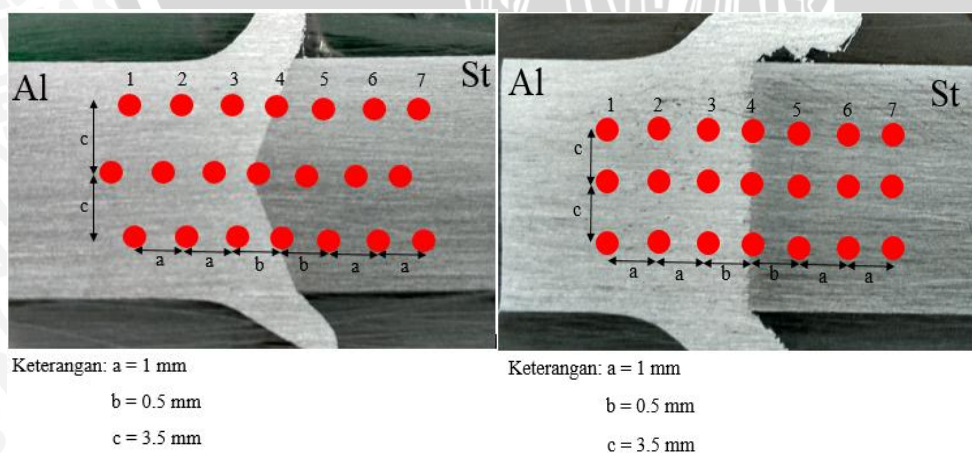
Setelah mengetahui nilai porositas dapat disimpulkan hasil grafik diatas bahwa semakin besar *burn-off length* yang digunakan, maka nilai porositas yang dihasilkan pun akan semakin besar, dan penggunaan tinggi kerucut yang semakin besar menyebabkan nilai porositas semakin rendah. Jika *burn-off length* semakin besar maka semakin banyak total pemendekannya, sehingga masukan panas yang dihasilkan semakin tinggi, dan udara lebih mudah berikatan dengan hidrogen sehingga porositas akan meningkat. Sedangkan untuk tinggi kerucut satu sisi, dapat disimpulkan bahwa semakin besar tinggi kerucut maka porositas yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal tersebut dikarenakan bila semakin besar tinggi kerucut yang digunakan, udara yang terjebak saat bidang kontak bergesekan akan lebih sedikit, yang mana tinggi kerucut dapat mengalirkan udara keluar sambungan yang membuat porositas yang dihasilkan semakin rendah.

Setelah mengetahui hasil secara keseluruhan kemudian dapat diketahui nilai porositas tiap variasi. Pada variasi tinggi kerucut 0 mm nilai porositas tertinggi yaitu pada *burn-off length* 7 mm sebesar 0.1023% dan terendah pada *burn-off length* 3 mm 0.0424%, pada tinggi kerucut 1 mm nilai porositas tertinggi dengan *burn-off length* 7 mm sebesar 0.0984% dan terendah pada *burn-off length* 3 mm 0.0460%, pada tinggi kerucut 2 mm nilai porositas tertinggi 0.0856% *burn-off length* 7 mm dan yang terendah *burn-off length* 3 mm sebesar 0.0385%, dan yang terakhir tinggi kerucut 3 mm menghasilkan nilai porositas tertinggi pada *burn-off length* 7 mm sebesar 0.0789% dan yang terendah sebesar 0.0101% dengan variasi *burn-off length* 3 mm. Kemudian jika dibandingkan dengan porositas *base material*, untuk nilai porositas *base material* A6061 sebesar 0.008836% dan *base material* St 41 sebesar 0.019258%.

4.2.3 Kekerasan

Setelah dilakukan pengujian tarik dan porositas, ditambahkan data pengujian kekerasan pada spesimen dengan kekerasan tertinggi dan terendah sebagai data pendukung dari hasil kekuatan tarik pada spesimen tertinggi maupun terendah yang telah dilakukan. Tujuannya adalah apakah kekuatan tarik yang didapat apa sudah sesuai dengan kekerasan yang didapat.

Pada pengujian kekerasan diambil 7 titik, dimana 3 titik terletak pada aluminium A6061, 1 titik pada *interface* dan 3 titik lainnya pada baja St 41. Di bawah ini pada gambar 4.4 adalah gambar pengambilan titik pada spesimen pada pengujian kekerasan spesimen dengan kekerasan tertinggi dan terendah.



(A)

(B)

Gambar 4.3 pengambilan titik pengujian kekerasan : (A) H = 3 mm, *burn-off length* = 3 mm, (B) H = 0, *burn-off length* = 7 m

Tabel 4.3
Data nilai kekerasan tertinggi

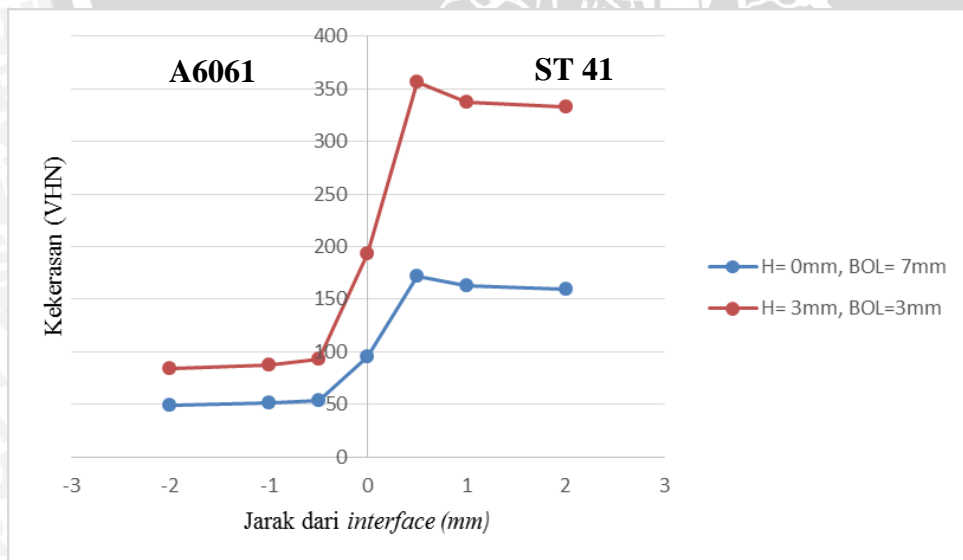
	Kekerasan Al (VHN)	Kekerasan Interface (VHN)	Kekerasan St (VHN)
Atas	87.09	194.3	343.5
Tengah	86.56	191.9	336.2
Bawah	90.39	193.1	348.27

Tabel 4.4
Data nilai kekerasan terendah

	Kekerasan Al (VHN)	Kekerasan Interface (VHN)	Kekerasan St (VHN)
Atas	53.79	114.5	166.87
Tengah	49.18	81.97	162
Bawah	50.89	90.07	169.3

Tabel 4.5
Data nilai kekerasan rata-rata tertinggi dan terendah

	Kekerasan Al (VHN)	Kekerasan interface (VHN)	Kekerasan St (VHN)
Tertinggi	88.01	193.1	342.66
Terendah	51.29	95.51	166.06

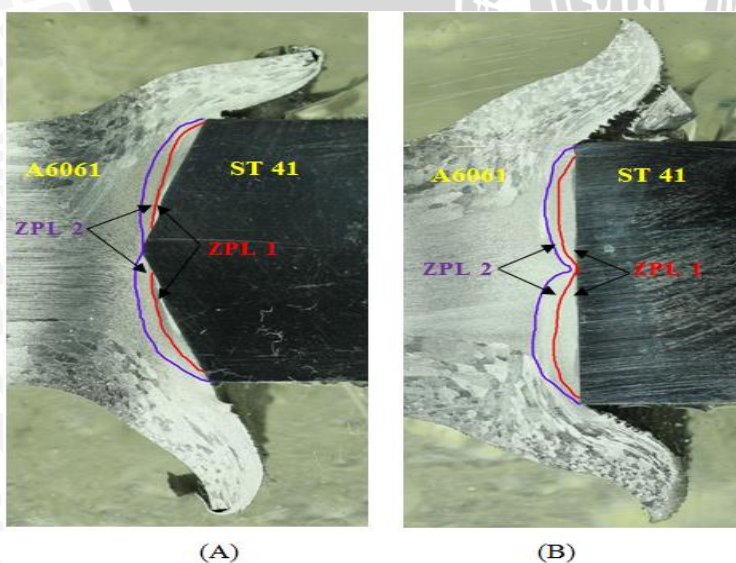


Gambar 4.4 Grafik kekerasan tertinggi dan terendah

Dari gambar grafik 4.5 hasil pengujian kekerasan dapat dilihat bahwa hasil kekerasan tertinggi didapatkan pada variasi tinggi kerucut 3 mm dan variasi *burn-off length* 3 mm dengan nilai kekerasan rata-rata pada A6061 sebesar 88.01 pada *interface* 193.1 dan pada St 41 sebesar 342.66 . Dimana hasil variasi dari kekerasan tertinggi ini sesuai dengan hasil pada variasi dari pengujian tarik tertingginya. Nilai kekerasan terendah dihasilkan pada variasi tinggi kerucut 0 mm dan variasi *burn-off length* 7 mm, dengan nilai kekerasan rata-rata pada A6061 sebesar 51.29 pada *interface* 95.51 dan pada St 41 166.06. Nilai kekerasan dari variasi ini sesuai dengan hasil pada variasi pengujian tarik yang terendah.

Dari data kekerasan tersebut dapat kita simpulkan, Kekerasan tinggi disebabkan oleh semakin besar tinggi kerucut maka bagian logam atau bidang kontak yang bergesekan lebih sedikit, sehingga *heat input* yang terjadi lebih rendah, dan rendahnya *burn-off length* mengakibatkan *heat input* yang terjadi lebih kecil. kemudian daerah HAZ (*heat affected zone*) yang terdapat pada sambungan las semakin kecil. Hal inilah yang menyebabkan kekerasannya lebih tinggi. Kemudian kekerasan rendah ini terjadi dikarenakan semakin kecil tinggi kerucut maka logam yang bergesekan pun akan lebih banyak dan waktu untuk bergesekan akan semakin lama, sehingga *heat input* yang terjadi akan lebih besar. Kemudian, semakin besarnya *burn-off length* maka *heat input* yang terjadi lebih besar dan daerah HAZ (*heat affected zone*) yang terbentuk akan semakin besar. Hal inilah yang menyebabkan kekerasannya rendah.

4.2.4 Luas Daerah *Heat Affected Zone* (HAZ)



Gambar 4.5 ZPL (A) H = 3 mm, *burn-off length* = 3 mm, (B) H = 0, *burn-off length* = 7 mm

Berikut adalah data luas daerah HAZ dengan nilai kekuatan tarik dan porositas tertinggi dan terendah dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.6

Luas daerah HAZ sambungan pada kekuatan tertinggi dan terendah

Tinggi kerucut (mm)	Variasi		ZPL 1 (mm ²)	ZPL 2 (mm ²)
	<i>Burn-off Length</i> (mm)			
3	3		5.174	9.360
0	7		9.402	10.152

Sebagai data pendukung pada gambar (A) menunjukkan luas daerah HAZ pada spesimen dengan kekuatan tarik tertinggi dan porositas terendah yaitu dengan luas daerah zpl 1 5.174 mm² dan luasan zpl 2 9.360 mm².

Pada gambar (B) menunjukkan luas daerah HAZ pada spesimen dengan kekuatan tarik terendah dan porositas tertinggi yaitu dengan luas daerah zpl 1 9.402 mm² dan luas daerah zpl 2 10.152 mm². Dapat ditarik kesimpulan pada gambar (A) dimana semakin kecil luasan daerah HAZ maka kekuatan tarik yang dihasilkan akan semakin besar dan porositasnya kecil. Hal itu disebabkan penggunaan tinggi kerucut 3 mm dan variasi *burn-off length* 3 mm dimana bidang kontak yang bergesekan pada permukaan semakin kecil dan logam yang bergesekan pun lebih sedikit, sehingga *heat input* yang terjadi akan semakin kecil sehingga luas daerah HAZ yang dihasilkan juga akan semakin kecil serta tinggi kerucut pada satu sisi dapat mengalirkan udara keluar ketika permukaan bergesekan sehingga porositas yang dihasilkan semakin kecil dan kekuatan tariknya pun tinggi. Kemudian gambar (B) dimana semakin luas daerah HAZ maka kekuatan tarik yang dihasilkan akan semakin rendah dan porositas nya akan semakin tinggi. Ini disebabkan penggunaan variasi kerucut 0 mm dan variasi *burn-off length* 7 mm, dimana bidang kontak yang bergesekan saat pengelasan semakin besar karena tanpa adanya kerucut dan logam yang bergesekan pun akan semakin banyak, sehingga *heat input* yang terjadi akan semakin besar sehingga luas daerah HAZ yang dihasilkan juga semakin besar, serta tanpa adanya kerucut pada satu sisi permukaan mengakibatkan udara yang terjebak pada permukaan akan lebih banyak saat bergesekan yang menyebabkan porositas semakin tinggi dan kekuatan tariknya rendah.