

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengukuran, pengujian serta pengamatan terhadap masing-masing benda uji, maka didapatkan data-data dari hasil penyambungan las gesek bahan baja (berputar) dan Stainless steel. Data hasil pengujian yang didapat yaitu struktur mikro, kekerasan material dan kekuatan tarik. Data hasil pengujian tersebut akan ditampilkan pada bab ini beserta pembahasannya.

4.1 Hasil Pengelasan Gesek Secara Visual

Setelah dilakukan proses pengelasan gesek dengan bahan pipa baja dan stainless steel, maka didapatkan hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.1:



Gambar 4.1 Hasil pengelasan gesek baja dengan stainless steel.

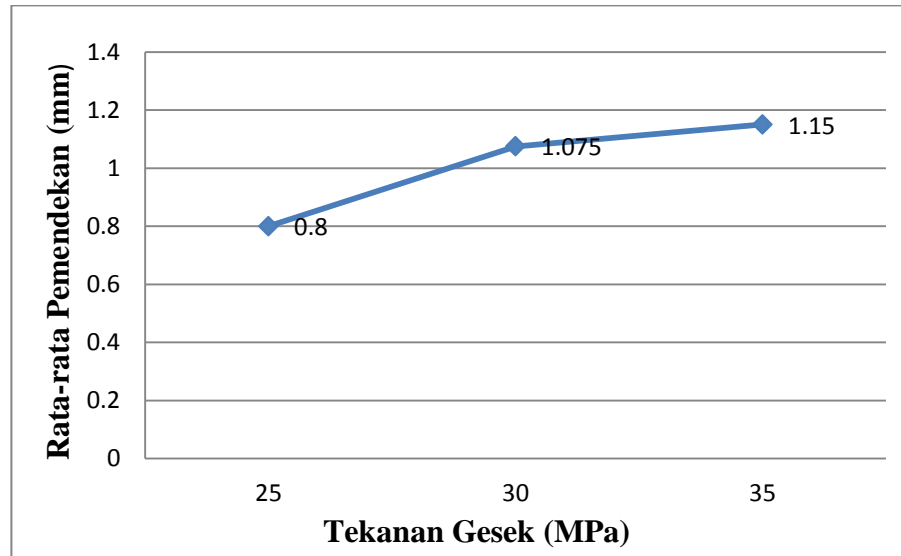
Dari gambar 4.1 dapat dilihat hasil penyambungan dengan metode pengelasan gesek pipa baja dengan pipa stainless steel dengan parameter waktu gesek 1 detik, waktu tempa 5 detik, tekanan gesek 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, dan tekanan tempa 50 MPa. Hasil penyambungan terdapat sedikit flash pada sambungan las. Flash yang terlihat dari hasil pengelasan gesek ditimbulkan dari baja karbon, sedangkan stainless steel tidak terlihat adanya flash. Hal tersebut terjadi karena baja titik leburnya lebih

rendah dari pada stainless steel. Flash yang timbul pada benda uji mengakibatkan benda uji mengalami pemendekan. Berikut tabel 4.1 yang menunjukkan pemendekan benda uji:

Tabel 4.1 Pemendekan benda uji setelah dilakukan pengelasan gesek.

No	Tekanan Gesek (MPa)	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Pemendekan (mm)	Rata-Rata Pemendekan \pm SD
1	25	151,4	150,5	0,9	0,8 \pm 0,2
2	25	150,5	149,7	0,8	
3	25	150	149,2	0,8	
4	25	152,5	151,8	0,7	
5	30	153	151,9	1,1	1.075 \pm 0,1
6	30	149,7	148,7	1	
7	30	152,1	151	1,1	
8	30	152,2	151,1	1,1	
9	35	150,6	149,5	1,1	1.15 \pm 0,1
10	35	152,7	151,5	1,2	
11	35	154,1	153,1	1.1	
12	35	153,8	152,6	1,2	

Dari tabel 4.1 dapat diketahui hasil pemendekan benda uji yang telah dilakukan pengelasan gesek. Untuk mempermudah pembacaan maka dibuatlah grafik pemendekan benda uji karena pengaruh tekanan gesek.

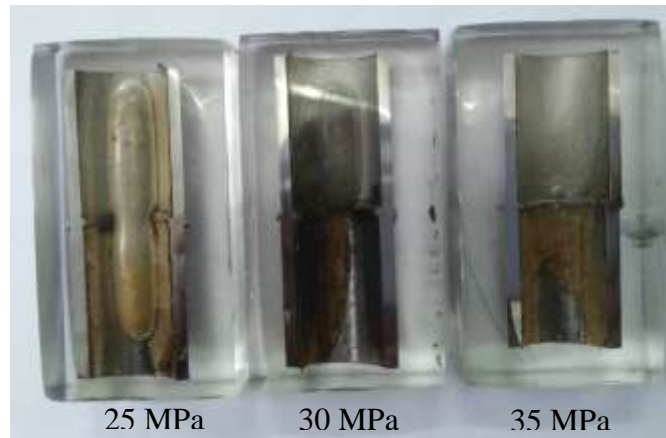


Gambar 4.2 grafik hubungan tekanan gesek dengan pemendekan benda uji

Dari gambar grafik 4.2 diketahui bahwa tekanan gesek berpengaruh pada pemendekan benda uji. Pada grafik diatas terlihat bahwa semakin besar tekanan gesek yang diberikan pada benda uji maka semakin besar juga pemendekan yang terjadi. Hal ini disebabkan karena semakin besar tekanan yang diberikan pada benda uji, gesekan yang terjadi akan semakin kuat dan menimbulkan flash yang semakin banyak.

4.2 Hasil Analisis Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan pada benda uji dengan mengambil 1 benda uji dari masing masing parameter pengujian. Tujuan dilakukan pengujian struktur mikro adalah untuk mengetahui perubahan struktur mikro pada material pipa baja dengan pipa stainless steel setelah dilakukan pengelasan gesek. Benda uji yang akan dilakukan pengujian struktur mikro dipotong, dibelah dan dicetak menggunakan resin, kemudian dilakukan pengamplasan, pemolesan dan pengetsaan.



Gambar 4.3 Bahan uji struktur mikro dan kekerasan

Pengujian struktur mikro dilakukan pada 16 titik (3 titik bagian baja karbon, 3 titik bagian stainless steel) di setiap spesimennya yang bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi di bagian sambungan, bagian HAZ serta bagian logam induk baja dan stainless steel.

1. Struktur mikro hasil pengelasan gesek pipa baja dan pipa stainless steel tekanan 25 MPa, pembesaran 200x

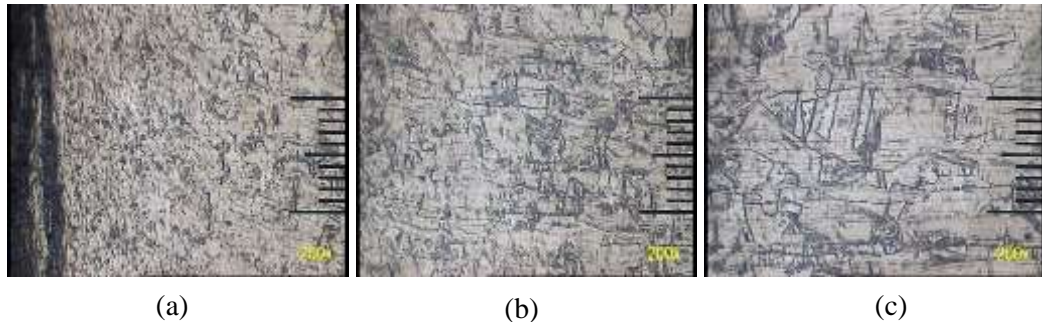


(a) (b) (c)

Gambar 4.4 Struktur mikro baja tekanan 25 MPa a. Daerah las b. Daerah terkena panas (HAZ) c. Daerah logam induk.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat pada daerah las struktur mikro dari baja terdapat butiran halus. Hal ini terjadi dikarenakan pada bagian sambungan las terjadi pemanasan yang sangat tinggi dan mengalami pendinginan yang cepat. Pada bagian daerah HAZ menunjukkan fasa yang memiliki butiran lebih besar dibandingkan daerah las. Semakin jauh dari daerah las, struktur mikro di bagian HAZ butirannya semakin

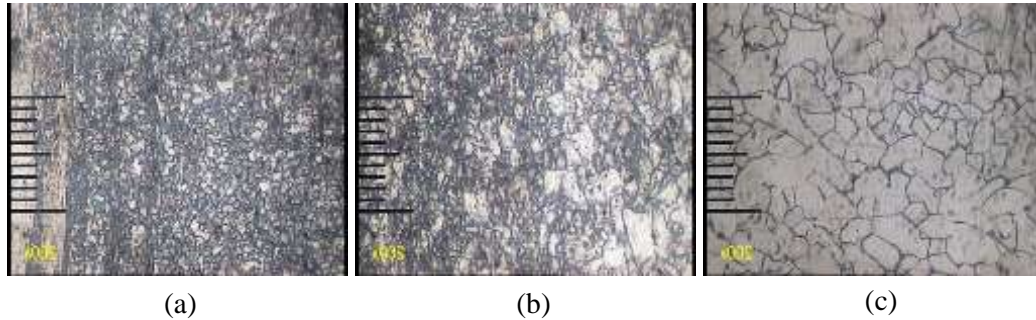
besar sampai daerah logam induk. Hal ini dikarenakan semakin jauh dari daerah las, semakin sedikit juga panas yang diterima. Pada logam induk terlihat jelas fasa dengan butiran yang besar dibandingkan bagian las dan HAZ. Hal ini dikarenakan pada bagian logam induk panas yang diterima tidak sampai merubah struktur mikro dari baja.



Gambar 4.5 Struktur mikro Stainless Steel 304 tekanan 25 MPa a. Daerah las
b. Daerah terkena panas (HAZ) c. Daerah logam induk.

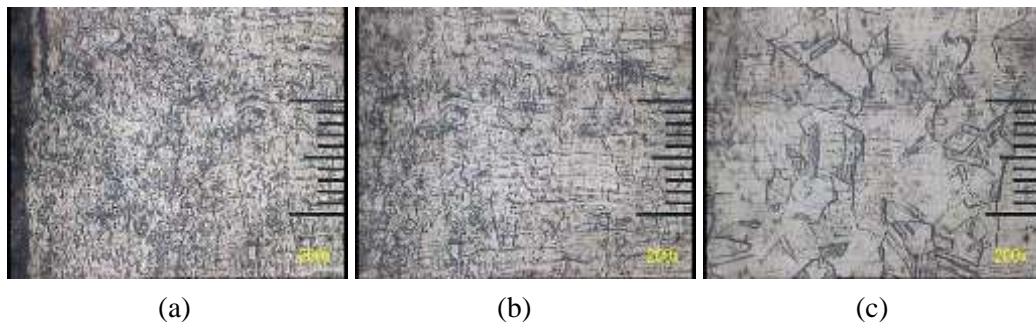
Dari gambar 4.5 dapat dilihat pada daerah las struktur mikro dari stainless steel 304 terdapat fasa berbutir halus. Hal ini terjadi karena pada bagian sambungan las terjadi pemanasan yang tinggi. Terlihat fasa Pada bagian HAZ memiliki struktur yang lebih besar dibandingkan daerah las. Hal ini dikarenakan waktu gesek yang sangat cepat dan stainless stel 304 memiliki kekerasan yang lebih tinggi. Pada logam induk terlihat jelas fasa austenit dengan butiran yang besar dibandingkan bagian las dan HAZ. Hal ini dikarenakan pada bagian logam induk panas yang diterima tidak sampai merubah struktur mikro dari stainless steel 304.

2. Struktur mikro hasil pengelasan gesek baja dan stainless steel 304 tekanan 30 MPa, pembesaran 200x



Gambar 4.6 Struktur mikro Baja tekanan 30 MPa a. Daerah las b. Daerah terkena panas (HAZ) c. Daerah logam induk.

Dari gambar 4.6 dapat dilihat pada daerah las struktur mikro dari baja terdapat butiran butiran halus. Pada bagian HAZ terlihat fasa yang lebih besar dibandingkan daerah las. Hal tersebut dikarenakan tekanan gesek yang besar mempengaruhi struktur mikro dari spesimen. Semakin jauh dari daerah las, struktur mikro di bagian HAZ butirannya semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin jauh dari daerah las, semakin sedikit juga panas yang diterima. Pada logam induk terlihat jelas struktur mikro dengan butiran yang besar dibandingkan bagian las dan HAZ. Hal ini dikarenakan pada bagian logam induk panas yang diterima tidak sampai merubah struktur mikro dari baja.



Gambar 4.7 Struktur Mikro Stainless Steel 304 tekanan 30 MPa a. Daerah las b. Daerah terkena panas (HAZ) c. Daerah Logam Induk.

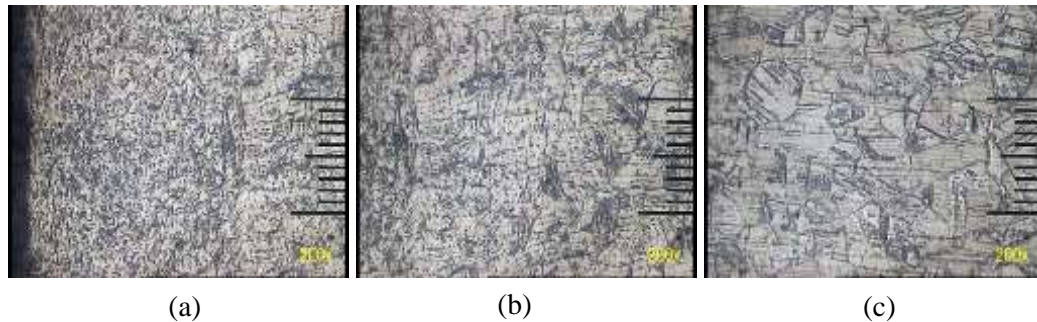
Dari gambar 4.7 dapat dilihat pada daerah las struktur mikro dari stainless steel 304 terdapat butiran butiran halus yang semakin besar fasanya jika semakin jauh dari daerah las. Pada bagian HAZ terlihat struktur yang lebih besar dibandingkan daerah las. Pada logam induk terlihat jelas fasa austenit dengan butiran yang besar dibandingkan bagian las dan HAZ. Hal ini dikarenakan pada bagian logam induk panas yang diterima tidak sampai merubah struktur mikro dari stainless steel 304.

3. Struktur mikro hasil pengelasan gesek baja dan stainless steel 304 tekanan 35 MPa, pembesaran 200x



Gambar 4.8 Struktur Mikro Baja tekanan 35 MPa a. Daerah las b. Daerah terkena panas (HAZ) c. Daerah Logam Induk.

Dari gambar 4.8 dapat dilihat pada daerah las struktur mikro dari baja terdapat butiran halus. Pada daerah HAZ struktur mikro berbutir lebih besar dibandingkan daerah las. Semakin jauh dari daerah las, struktur mikro di bagian HAZ butirannya semakin besar. Pada logam induk terlihat jelas fasa dengan butiran yang besar dibandingkan bagian las dan HAZ. Hal ini dikarenakan pada bagian logam induk panas yang diterima tidak sampai merubah struktur mikro dari baja karbon.



Gambar 4.9 Struktur Mikro Stainless Steel 304 tekanan 35 MPa a. Daerah las
b. Daerah terkena panas (HAZ) c. Daerah Logam Induk.

Dari gambar 4.9 dapat dilihat pada daerah las struktur mikro dari stainless steel 304 terdapat fasa berbutir halus yang semakin besar fasanya jika semakin jauh dari daerah las. Pada bagian HAZ terlihat fasa austenite memiliki struktur yang lebih besar dibandingkan daerah las. Pada logam induk terlihat jelas fasa austenit dengan butiran yang besar dibandingkan bagian las dan HAZ. Hal ini dikarenakan pada bagian logam induk panas yang diterima tidak sampai merubah struktur mikro dari stainless steel 304.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Nugroho, dkk, (2014), pada penelitiannya yang menganalisis sifat mekanis dan struktur mikro pengelasan gesek baja tahan karat austenitik AISI 304 dengan variasi tekanan gesek 1,38 MPa – 4,14 MPa dan tekanan tempa 6,90 MPa – 8,27 Mpa dijelaskan struktur mikro daerah las berfasa austenit berbutir kecil, daerah HAZ berfasa austenit berbutir lebih besar dan daerah base metal berbutir besar dengan fasa austenite dan terdapat cacat las berupa porositas pada seluruh hasil pengelasan. Hal ini berbanding lurus dengan hasil struktur mikro yang dilakukan peneliti.

Hasil struktur mikro diatas dapat disimpulkan bahwa struktur mikro pada bagian sambungan struktur mikronya berbutir halus dan padat, semakin jauh dari sambungan maka struktur mikronya akan semakin besar sampai pada bagian logam induk yang struktur mikronya tidak berubah. Tekanan gesek yang besar akan menghasilkan fasa yang padat dan berbutir halus. Hal ini disebabkan karena tekanan yang semakin besar akan merubah struktur mikro pada daerah

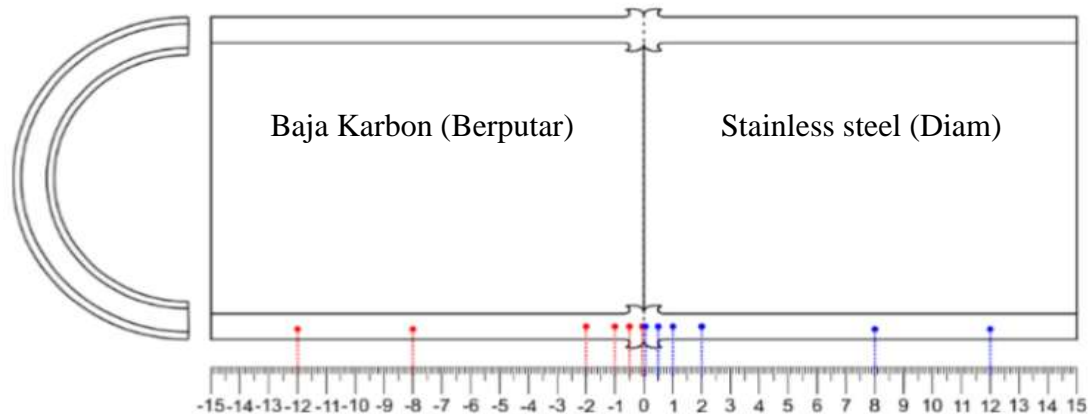
pengelasan. Pada hasil penujian struktur mikro juga terlihat panas yang ditimbulkan dari pengelasan gesek hanya merubah struktur mikro di daerah las dan HAZ yang berjarak sekitar 0,5 mm - 1 mm dari daerah las dan tidak sampai merubah struktur mikro pada logam induk dikarenakan waktu gesek yang hanya 1 detik. Pada bagian baja karbon perubahan struktur mikronya lebih banyak dibandingkan stainless steel dikarenakan bahan stainless steel mempunyai titik lebur lebih tinggi dibandingkan baja. Foto struktur mikro pada bagian sambungan baja terlihat warna putih pada batas sambungan baja dengan stainless steel. Hal ini disebabkan karena etsa yang digunakan untuk membaca struktur mikro bagian baja karbon tidak mampu membuka lapisan struktur mikro bagian stainless steel. begitu juga pada foto sambungan struktur mikro stainless steel yang terdapat warna hitam pada batas sambungan stainless steel dengan baja. Hal ini disebabkan karena etsa yang digunakan pada stainless steel menyebabkan baja korosi dan menjadi berwarna hitam.

4.3 Hasil Analisis Kekerasan Material

Pengujian kekerasan dilakukan pada tiap variasi pengelasan gesek. Pengujian kekerasan ini menggunakan benda uji yang sama dengan pengujian struktur mikro. Benda uji yang telah dilakukan pengujian struktur mikro diampelas kembali dan selanjutnya di poles supaya hasil lebih akurat. Permukaan benda uji yang kasar akan berpengaruh pada hasil pengujian kekerasan.

Pengujian kekerasan yang dilakukan pada benda uji menggunakan metode pengujian Vickers. Pada pengujian kekerasan ditentukan titik yang akan dilakukan pengambilan data pengujian kekerasan. Penentuan titik pengujian kekerasan pada benda uji di tiap variasi tekanan gesek dilakukan 12 titik pengujian (6 titik pada baja karbon dan 6 titik pada stainless steel) . Penentuan titik pengujian kekerasan dilakukan mulai dari daerah pengelasan kearah baja dengan jarak 0.05 mm, 0.5 mm, 1 mm, 2 mm, 8 mm dan 12 mm sedangkan penentuan titik pada bagian pengelasan kearah stainless steel 304 dilakukan dari jarak -0.05 mm, -0.5 mm, -1 mm, -2 mm, -8

mm dan -12 mm. berikut gambar 4.10 yang menunjukkan posisi titik pengujian kekerasan.



Gambar 4.10 Titik Pengujian Kekerasan

Penentuan titik bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada daerah sambungan, daerah terkena panas dan daerah logam induk. berikut adalah tabel hasil pengujian kekerasan tiap variasi pengelasan gesek.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Sambungan Pipa baja (Berputar) dengan Pipa stainless steel dengan Variasi Tekanan Gesek 25 MPa

No	Kode	Jarak Dari Sambungan	d1 (μm)	d2 (μm)	d rata-rata (μm)	Kekerasan (VHN)	
1	25 MPa	Baja Karbon Rendah (Putar)	12 mm	52	52	52	137.2
			8 mm	52	52	52	137.2
			2 mm	60	61	60.5	101.3
			1 mm	56.5	56.5	56.5	116.2
			0.5 mm	53	53	53	132
			0.05 mm	51.5	52	51.75	138.5
		Stainless Steel 304 (Putar)	0.05 mm	34	34	34	320.8
			0.5 mm	43	44	43.5	196
			1 mm	43	44	43.5	196
			2 mm	43	44	43.5	196
			8 mm	44	44	44	191.6
		12 mm	44	43	43.5	196	

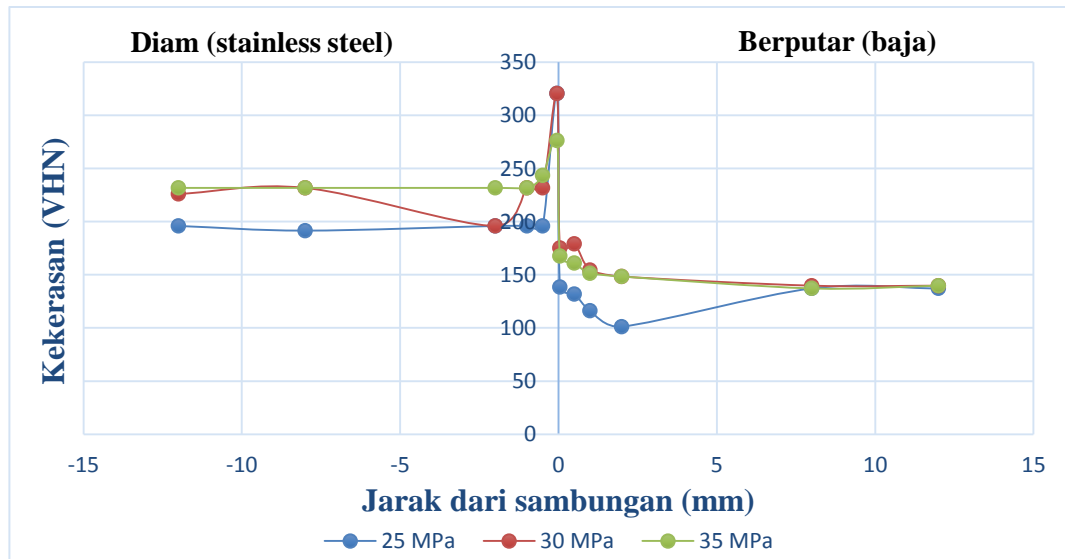
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan Sambungan Pipa baja karbon (Berputar) dengan Pipa stainless steel dengan Variasi Tekanan Gesek 30 MPa

No	Kode	Jarak Dari Sambungan	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d rata-rata (μm)	Kekerasan (VHN)	
2	30 MPa	Baja Karbon Rendah (Putar)	12 mm	52	51	51.5	139.8
			8 mm	51	52	51.5	139.8
			2 mm	49	51	50	148.4
			1 mm	48	50	49	154.5
			0.5 mm	44	47	45.5	179.1
			0.05 mm	45	47	46	175.3
		Stainless Steel 304 (Putar)	0.05 mm	33	35	34	320.8
			0.5 mm	40	40	40	231.8
			1 mm	40	40	40	231.8
			2 mm	44	43	43.5	196
			8 mm	39	41	40	231.8
			12 mm	41	40	40.5	226.1

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekerasan Sambungan Pipa baja karbon (Berputar) dengan Pipa stainless steel dengan Variasi Tekanan Gesek 35 MPa

No	Kode	Jarak Dari Sambungan	d ₁ (μm)	d ₂ (μm)	d rata-rata (μm)	Kekerasan (VHN)	
3	35 MPa	Baja Karbon Rendah (Putar)	12 mm	52	51	51.5	139.8
			8 mm	52	52	52	137.2
			2 mm	50	50	50	148.4
			1 mm	48	51	49.5	151.4
			0.5 mm	47	49	48	161
			0.05 mm	47	47	47	167.9
		Stainless Steel 304 (Putar)	0.05 mm	36	37	36.5	276.4
			0.5 mm	39	39	39	243.8
			1 mm	40	40	40	231.8
			2 mm	40	40	40	231.8
			8 mm	40	40	40	231.8
			12 mm	40	40	40	231.8

Untuk memudahkan pembahasan maka akan ditampilkan grafik dari hasil pengujian kekerasan. Berikut gambar 4.11 yang menunjukkan grafik hasil pengujian kekerasan 25 MPa, 30 MPa dan 35 MPa:



Gambar 4.11 grafik hasil pengujian kekerasan

Pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa variasi tekanan 25 MPa bagian baja berputar nilai kekerasan tertinggi didapat pada daerah sambungan dengan nilai kekerasan 138.5 VHN yang semakin lama semakin turun nilai kekerasannya sampai pada titik 2 mm dengan nilai kekerasan 101.3 VHN. Namun titik selanjutnya mengalami peningkatan kekerasan dengan nilai kekerasan 139.8 VHN di titik 8 mm dan 12 mm. Pada bagian stainless steel diam nilai kekerasan tertinggi didapat pada bagian sambungan dengan nilai kekerasan 320.8 VHN. Titik selanjutnya nilai kekerasannya rata sampai titik -2 mm dengan nilai 196 VHN, di titik 8 mm kekerasan mengalami sedikit penurunan dengan nilai terendah 191.6 VHN dan naik lagi di titik 12 mm dengan nilai 196 VHN. Hal ini disebabkan karena pada daerah sambungan mengalami pendinginan yang cepat yang mengakibatkan struktur mikronya mengalami perubahan yang berdampak pada hasil kekerasan diatas.

Pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa tekanan 30 MPa bagian baja berputar nilai kekerasan tertinggi di titik 0.5 mm dengan nilai 179.1 VHN dan nilainya

semakin rendah jika semakin jauh dengan sambungan. Pada sambungan didapatkan hasil 175.3 yang berarti lebih kecil di banding titik 0.5 mm. pada bagian stainless steel diam nilai tertinggi berada pada sambungan dengan nilai 320.8 VHN. Nilai kekerasannya semakin turun sampai titik -2 mm dengan nilai terendah 196 VHN dan naik lagi di titik -8 mm. pada bagian baja berputar di bagian sambungan di indikasi terdapat serpihan baja yang ikut menempel atau ada rongga cacat pengelasan di bagian sambungan yang mengakibatkan nilai kekerasannya turun.

Pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa tekanan 35 MPa bagian baja berputar nilai kekerasan tertinggi di bagian sambungan dengan nilai 167.9 VHN dan semakin turun sampai di titik 8 mm dengan nilai kekerasan terendah 137.9 VHN dan naik di titik 12 mm dengan nilai 139.8 VHN. Pada bagian stainless steel diam kekerasan tertinggi terdapat pada sambungan dengan nilai 278.4 VHN dan semakin kecil nilai kekerasannya sampai pada titik -1 mm dengan nilai kekerasan 231.8 VHN rata sampai titik -12 mm. Hal ini juga disebabkan karena pada daerah sambungan mengalami pendinginan yang cepat yang mengakibatkan struktur mikronya mengalami perubahan yang berdampak pada hasil kekerasan diatas.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Prasetyono dan Subiyanto, (2012) menjelaskan kekerasan tertinggi terdapat di bagian sambungan las dan kekerasan terendah pada logam induk dikarenakan pada sambungan las mendapatkan input panas yang tinggi dan pada saat pendinginan bagian las ukuran butir berubah menjadi butir kecil. Struktur mikro pada base metal tidak terjadi banyak perubahan, sedangkan untuk daerah HAZ yang dekat dengan weld metal struktur mikronya berupa ferrit dan pearlit dengan dominasi perlit kasar. Untuk daerah las sendiri struktur mikronya berupa ferrit dan pearlit halus. perubahan yang terlihat adalah banyak terdapat perlit sehingga akan menaikkan kekerasan dan kekuatan dengan semakin baiknya ikatan pada sambungan. Hal ini berbanding lurus dengan hasil pengujian kekerasan yang ditunjukkan pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4 tentang hasil pengujian kekerasan sambungan pipa baja karbon (Berputar) – pipa stainless steel. hal ini dikarenakan panas yang dihasilkan ketika proses pengelasan gesek mengubah struktur mikro yang

mempengaruhi hasil kekerasan dari benda uji. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hasil kekerasan terendah di bagian sambungan dan di bagian terkena panas (HAZ) pada tekanan 25 MPa diperoleh nilai kekerasan paling kecil dan semakin besar di tekanan 30 MPa hal ini disebabkan karena pada tekanan 25 MPa gesekan yang ditimbulkan tidak terlalu besar dan tidak terlalu mengubah nilai kekerasan dari benda uji, namun di tekanan 35 MPa mengalami sedikit penurunan. Hal ini diindikasikan karena pada tekanan 35 MPa putaran dari mesin las gesek sudah mulai tidak stabil, terjadi goncangan yang besar, dan waktu gesek yang kurang akurat pada tekanan 35 MPa.

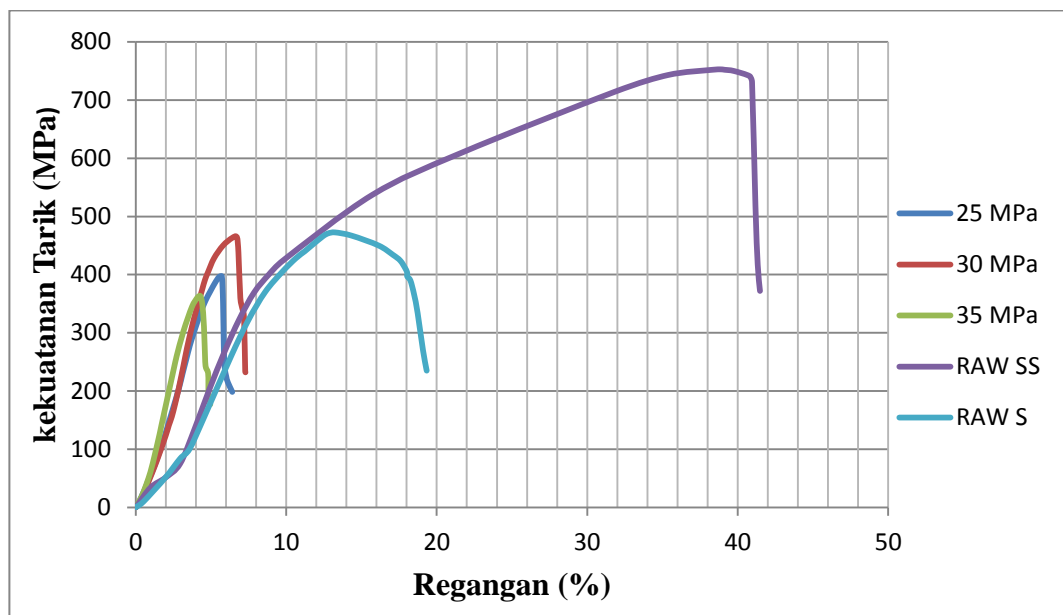
4.4 Hasil Analisis Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan pada 11 benda uji (25 MPa 3 benda uji, 30 MPa 3 benda uji, 35 MPa 3 benda uji, 1 benda uji *raw material* stainless steel dan 1 *raw material* benda uji baja). Benda uji *raw material* dimasukan dalam pengujian tarik yang bertujuan untuk membandingkan benda uji yang telah dilakukan pengelasan gesek dan benda uji yang tidak dilakukan pengelasan gesek. Sebelum dilakukan pengujian tarik benda uji dilakukan proses pembubutan untuk menghilangkan flash di daerah sambungan hasil pengelasan yang bertujuan untuk membentuk dimensi yang mengacu pada standar JIS.



Gambar 4.12 Benda uji pengujian tarik pipa JIS Z 2201 No. 14C

Setelah dilakukan pembubutan pada benda uji selanjutnya benda uji dilakukan pengujian kekuatan tarik. Pengujian tarik dilakukan secara urut dari tekanan gesek 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, raw baja dan raw stainless steel. Setelah dilakukan pengujian tarik pada masing masing benda uji maka diambil hasil kekuatan tarik yang tertinggi pada setiap parameter benda uji yang selanjutnya dimasukan pada grafik. Berikut gambar 4.13 yang menunjukkan grafik hasil pengujian kekuatan tarik tertinggi pada setiap parameter benda uji.



Gambar 4.13 Grafik pengujian tarik tertinggi pada setiap parameter

Dari gambar 4.13 menunjukkan kekuatan tarik dari hasil pengelasan masih lebih rendah dibanding raw baja dan raw stainless steel. Hal ini dimungkinkan masih terdapat cacat pada bagian sambungan. Kekuatan tarik material raw stainless steel paling tinggi di bandingkan dengan kekuatan tarik material raw baja maupun kekuatan tarik material hasil pengelasan gesek. Hal ini menunjukkan bahwa material raw stainless steel memiliki sifat material yang kuat dan ulet. Sifat kuat dari material raw stainless steel terlihat dari hasil kekuatan tarik yang paling tinggi. Sifat ulet raw stainless steel terlihat dari grafik yang melengkung serta memiliki regangan yang paling panjang. Pada bagian hasil pengelasan dari masing masing parameter nilai

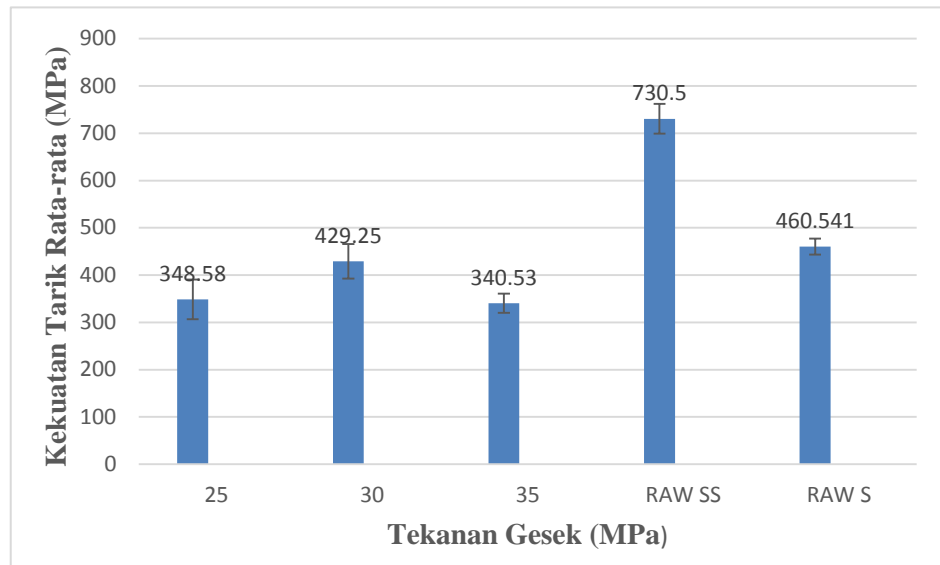
reganganya dibawah material raw baja dan material raw stainless steel. Penurunan keuletan dari benda uji pengelasan gesek karena adanya perubahan struktur mikro yang disebabkan ketika pengelasan gesek berlangsung. Hal ini yang mengakibatkan benda uji menjadi lebih getas.

Tabel 4.5 Rata-rata Hasil Pengujian tarik

No	Variasi Tekanan	Kekuatan Tarik	Kekuatan Tarik Rata-rata (MPa) \pm SD	Regangan Rata-rata (%) \pm SD
1	25 MPa	326.503 MPa	348.58 \pm 41.88	5.77 \pm 0.60
2		396.884 MPa		
3		322.367 MPa		
4	30 MPa	389.729 MPa	429.25 \pm 36.54	7.12 \pm 0.16
5		464.244 MPa		
6		433.777 MPa		
7	35 MPa	326.205 MPa	340.53 \pm 20.22	4.73 \pm 0.38
8		363.669 MPa		
9		331.732 MPa		
10	RAW Baja	472.55 MPa	460.54 \pm 16.94	18.53 \pm 1.04
11		448.533 MPa		
12	RAW Stainless Steel	752.8 MPa	730.5 \pm 31.52	42.96 \pm 2.10
13		708.203 MPa		

Pada tabel 4.5 menunjukkan hasil kekuatan tarik rata-rata dari semua benda uji. Untuk mempermudah analisis pengaruh variasi gesek terhadap kekuatan tarik dan hasil regangan rata-rata dari benda uji maka akan ditampilkan dalam bentuk diagram.

Berikut gambar 4.14 yang menunjukkan kekuatan tarik rata rata dari masing masing parameter.



Gambar 4.14 Diagram kekuatan tarik rata-rata dari setiap parameter

Dari gambar 4.14 yang menunjukkan diagram kekuatan tarik rata-rata setiap parameter terlihat bahwa tekanan gesek 30 MPa memiliki kekuatan tarik paling besar dibandingkan tekanan 25 MPa dan 35 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan gesek 30 MPa adalah tekanan gesek yang paling baik dibandingkan tekanan gesek 25 MPa dan 35 MPa. Pada tekanan 25 MPa dimungkinkan pemberian tekanan yang diberikan masih terlalu rendah yang menyebabkan sambungan hasil pengelasan gesek kurang sempurna. Sedangkan pemberian tekanan 35 MPa terlalu besar yang mengakibatkan cacat las, karena ketika pengelasan gesek berlangsung, pemberian tekanan 35 MPa mengakibatkan mesin bergetar dan RPM mesin melambat. Hal ini yang menyebabkan tekanan 35 MPa tidak sebaik tekanan 25 MPa dan 30 MPa.

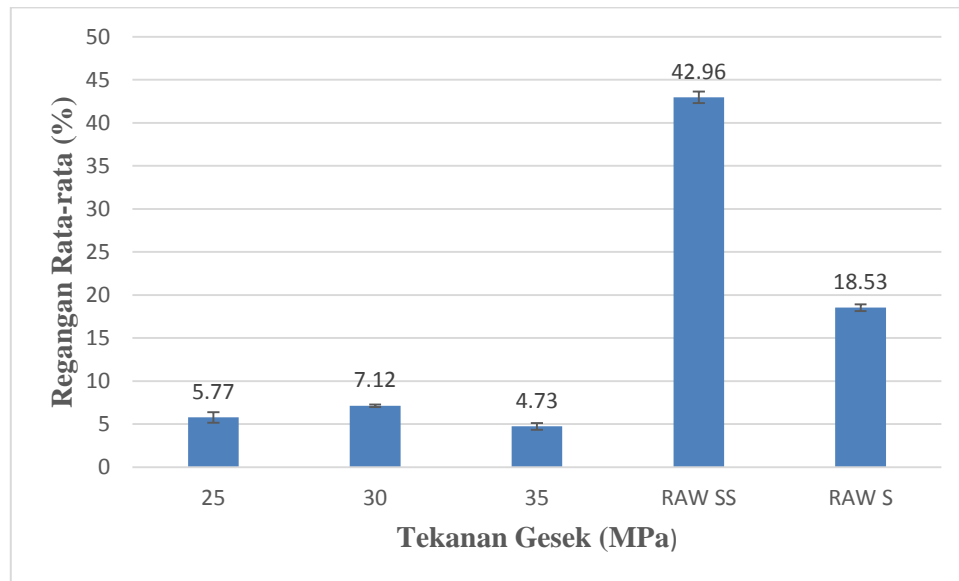
Pada tekanan 25 MPa memiliki nilai kekerasan yang rendah pada bagian sambungan sebesar 138,5 VHN pada bagian baja dan 320,8 VHN pada bagian stainless steel. Hal ini yang menyebabkan tekanan gesek 25 MPa memiliki kekuatan tarik yang rendah. Hal ini juga menunjukkan semakin tinggi nilai kekerasannya maka semakin tinggi juga kekuatannya. Pada tekanan 25 MPa juga terlihat struktur

mikro di bagian sambungan tidak terlalu padat yang mengakibatkan tekanan 25 MPa memiliki kekuatan tarik yang rendah.

Pada tekanan 30 MPa memiliki nilai kekerasan pada bagian pengelasan yang paling tinggi sebesar 175,3 VHN pada bagian baja karbon dan 320,8 VHN pada bagian stainless steel. Hal ini yang menyebabkan tekanan gesek 30 MPa memiliki kekuatan tarik paling tinggi. Pada tekanan 30 MPa juga terlihat struktur mikro pada bagian sambungan semakin halus dan padat. Hal ini juga menunjukkan bahwa semakin padat struktur mikro dari benda uji maka kekuatan tariknya juga akan semakin baik.

Pada tekanan 35 MPa memiliki nilai kekerasan pada bagian pengelasan sebesar 167,9 VHN pada bagian baja karbon dan 276,4 VHN pada bagian stainless steel. Nilai kekerasan pada bagian baja karbon lebih besar dibanding tekanan 25 MPa dan lebih kecil dibanding tekanan 30 MPa. Nilai kekerasan pada bagian stainless steel lebih rendah dibanding tekanan 25 MPa dan 30 MPa.

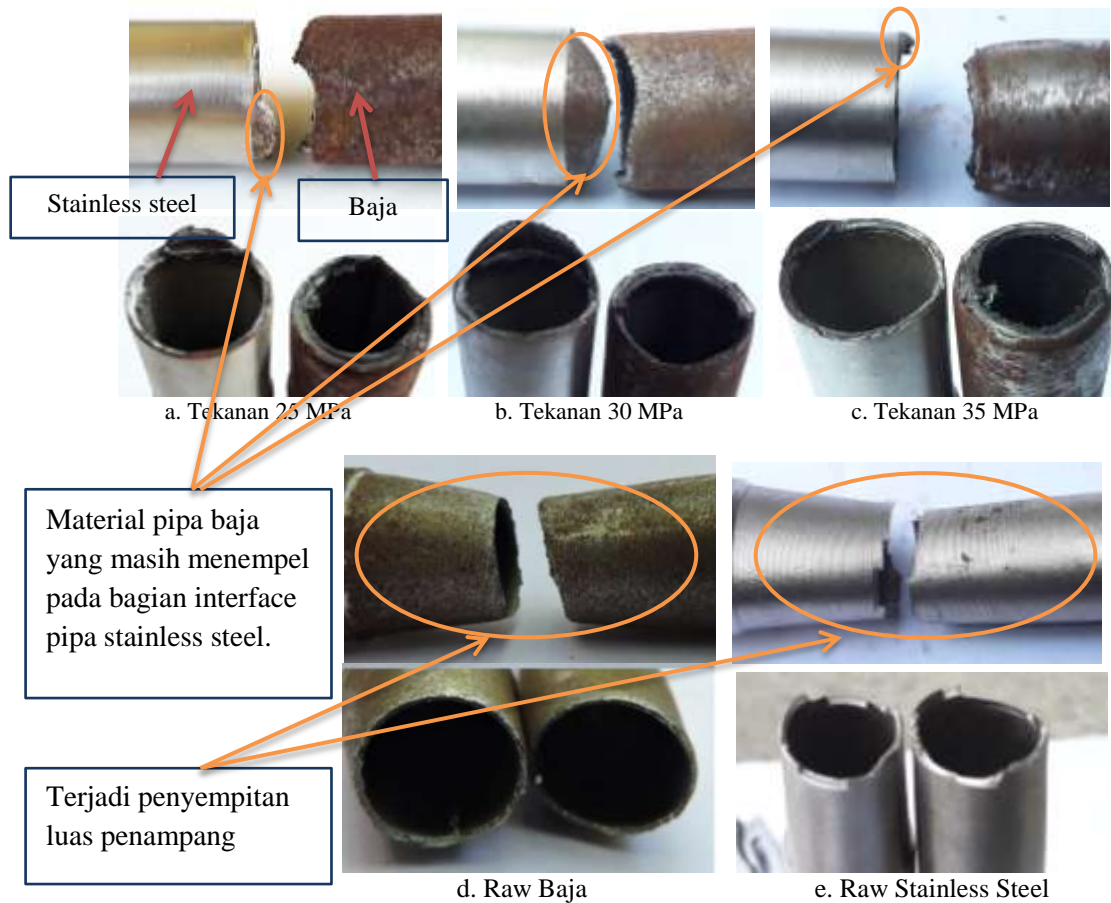
Pada penelitian yang dilakukan oleh Riesandy, dkk, (2018) yang menganalisis pengaruh tekanan gesek terhadap sifat tarik, struktur mikro dan kekerasan pada sambungan logam pipa stainless steel 304 dengan metode pengelasan gesek menjelaskan semakin besar tekanan gesek yang diberikan maka akan semakin besar kekuatan tarik yang diperoleh. Hal ini berbanding terbalik dengan yang peneliti lakukan. Hal tersebut dapat terjadi karena pemberian tekanan 35 MPa terlalu besar yang mengakibatkan benturan pada bagian sambungan, putaran mesin yang melambat dan menimbulkan getaran. hal tersebut juga yang menyebabkan tekanan gesek 35 MPa kekuatan tariknya rendah. Berikut akan ditampilkan diagram regangan tarik rata-rata dari setiap parameter yang ditunjukkan pada gambar 4.15:



Gambar 4.15 Diagram regangan tarik rata-rata dari setiap parameter

Pada gambar 4.15 yang menunjukkan diagram regangan tarik terlihat bahwa tekanan 30 MPa memiliki regangan tarik yang paling tinggi dibandingkan tekanan 25 Mpa dan 35 Mpa. Hal ini berbanding lurus dengan nilai kekuatan tarik yang didapat. Hal ini juga membuktikan bahwa semakin besar kekuatan tarik pada benda uji pengelasan gesek, maka semakin panjang regangan yang diperoleh. Regangan tarik dari hasil pengelasan lebih rendah dibandingkan dengan raw material karena proses pengelasan merubah struktur mikro dari benda uji dan masih terdapat cacat las pada bagian sambungan. Regangan tarik juga bergantung dari suatu material. Semakin tinggi regangan tariknya maka semakin ulet material tersebut. Terlihat pada diagram 4.15 raw stainless steel memiliki regangan yang sangat tinggi karena stainless steel bersifat ulet dan kuat. Berbeda dengan baja karbon yang bersifat lebih getas dan juga memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah. Hal tersebut dipengaruhi oleh struktur fasa yang terkandung pada masing masing logam.

Berikut adalah hasil foto patahan dari pengujian tarik yang ditunjukkan pada gambar 4.16:



Gambar 4.16 Foto patahan hasil pengujian tarik (a. tekanan 25 MPa, b. tekanan 30 MPa, c. Tekanan 35 MPa, d. Raw Baja, e. Raw Stainless Steel)

Dari gambar 4.16 yang menunjukkan hasil patahan dari pengujian tarik terlihat pada foto 4.16 bagian b. tekanan gesek 30 MPa, material baja masih menempel pada stainless steel. Hal ini menunjukkan pada bagian tersebut sambungan yang terbentuk sangat kuat yang mengakibatkan hasil pengujian tariknya tinggi. Pada foto 4.16 bagian a. tekanan 35 MPa terlihat sangat sedikit material baja yang menempel pada stainless steel. Hal ini terjadi karena pada bagian sambungan 35 MPa terdapat banyak cacat dan menyebabkan tekanan 35 MPa memiliki kekuatan tarik paling rendah dibanding tekanan 25 MPa dan 30 MPa. Pada semua variasi tekanan gesek

mengalami patahan getas yang dibuktikan tidak ada penyempitan luas penampang yang terbentuk. Penyebab dari getasnya material disebabkan oleh proses pengelasan yang menimbulkan panas pada bagian sambungan dan pendinginan yang cepat.

Pada penelitian yang dilakukan Nugroho, dkk, (2014) yang menganalisis sifat mekanis dan struktur mikro pengelasan gesek baja tahan karat austenitik AISI 304 dengan variasi tekanan gesek 1,38 MPa – 4,14 MPa dan tekanan tempa 6,90 MPa – 8,27 Mpa menjelaskan kekuatan tarik pengelasan gesek lebih kecil dari kekuatan tarik stainless steel tanpa sambungan dimana kekuatan tarik akan menurun seiring dengan penurunan tekanan tempa dan hasil dari pengelasan gesek memiliki mode patahan getas. Hal ini berbanding lurus dengan yang peneliti dapatkan. Raw stainless steel memiliki kekuatan tarik yang tinggi dikarenakan struktur mikro pada stainless steel berfasa lebih padat dan memiliki nilai kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan material baja. Terlihat pada raw material baja karbon dan stainless steel mengalami patahan ulet yang terlihat dari penyempitan luas penampang material raw stainless steel dan raw baja. Pada stainless steel juga terlihat penyempitan dari luas penampangnya lebih panjang dibandingkan dengan raw baja. Hal ini juga yang mengakibatkan hasil dari regangan raw stainless steel tinggi.