

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAH

Setelah dilakukan pengelasan gesek, pengujian tarik dan pengamatan terhadap masing-masing benda uji, didapatkan data-data berupa pengaruh tekanan gesek terhadap waktu lebur dan pengaruh tekanan tempa terhadap kekuatan tarik yang akan ditampilkan pada bab hasil dan pembahasan.

4.1. Hasil Pengelasan Gesek dan Uji Tarik

Setelah dilakukan pengelasan gesek dan uji tarik pada bahan *stainless steel* 304 diperoleh data sebagai berikut.

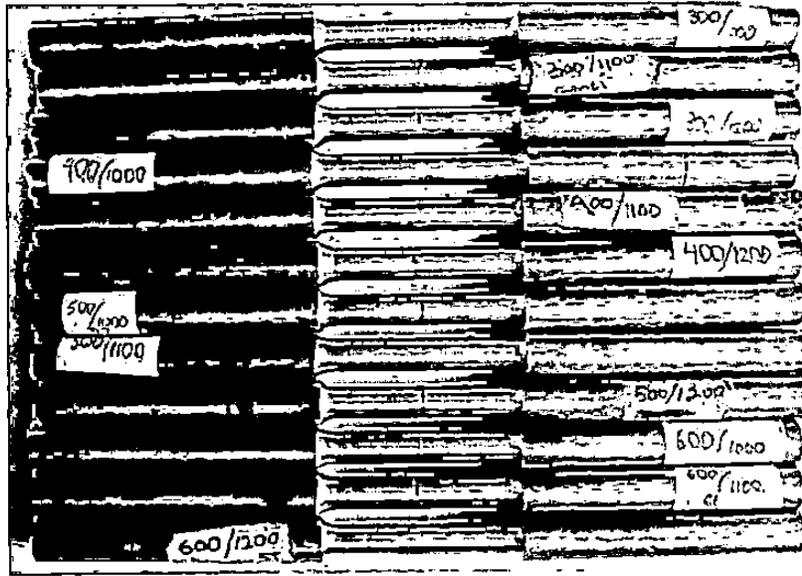
a. Hasil pengelasan gesek Stainless steel 304



Gambar 4.1. *Stainless Steel* 304 hasil pengelasan gesek

Gambar 4.1 hasil pengelasan gesek menunjukkan bahwa smakin besar

- b. Pembubutan hasil pengelasan gesek dengan ukuran sesuai setandar *ASTM A 370-07a* atau seperti pada gambar 3.6, didapatkan salah satu hasil pembubutan tampak pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. *Stainless Steel 304* hasil pembubutan sesuai setandar *ASTM A 370-07a*

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa hasil pembubutan terdapat lubang yang terdapat pada pada bagian tengah. Berdasarkan pengukuran dan tanda yang

... ..

c. Data yang diperoleh dari pengelasan gesek dan pengujian tarik

Tabel 4.1. Hasil pengelasan gesek dan uji tarik bahan *stainless steel* 304

No	Tekanan gesek (MPa)	Tekanan Tempa (MPa)	Waktu Lebur (Detik)	Kekuatan tarik (MPa)	Regangan tarik (%)
1	1,38	6,90	-	-	-
2		7,58	-	-	-
3		8,27	-	-	-
4	2,07	6,90	239	225,8	0.495
5		7,58	180	256,9	0.995
6		8,27	242	270,4	1.000
7	2,76	6,90	54	227,5	0.500
8		7,58	54	263,9	0.991
9		8,27	68	378	0.995
10	3,45	6,90	49	338,8	1.493
11		7,58	28	364,2	0.985
12		8,27	43	287,2	0.995
13	4,14	6,90	42	312,1	0.990
14		7,58	37	236	0.495
15		8,27	38	295	0.995
16	Spesimen 1 tanpa pengelasan gesek			674,2	8.955
17	Spesimen 2 tanpa pengelasan gesek			697,5	10.500
18	Spesimen 3 tanpa pengelasan gesek			761,2	9.950

Dari tabel 4.1 Waktu tercepat pada variasi tekanan gesek 3,45 MPa percobaan ke dua dengan waktu lebur 28 detik dan waktu lebur terlama pada variasi tekanan gesek 2,07 MPa percobaan ke 3 dengan waktu lebur 28 detik. Dari tabel 4.1 juga didapatkan hasil kekuatan tarik tertinggi pada variasi tekanan tempa 8.27 MPa dengan tekanan gesek 2,76 MPa sebesar 378 MPa dan mempunyai

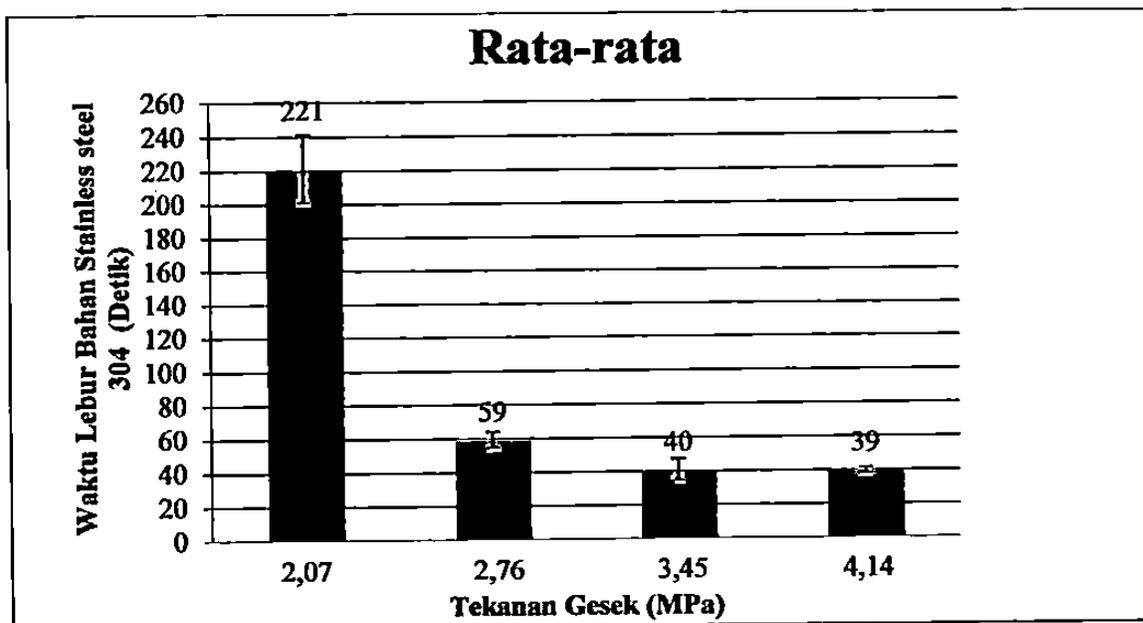
dengan tekanan gesek 207 MPa sebesar 225,8 MPa dan mempunyai regangan sebesar 0,5%.

4.2. Hasil dan Pembahasan Waktu Lebur

4.2.1 Hasil

Tabel 4.2. Hasil waktu lebur pada pengelasan gesek dengan variasi tekanan gesek

Percobaan	Tekanan Gesek (MPa)			
	2,07	2,76	3,45	4,14
	Waktu Lebur (Detik)			
1	239	54	49	42
2	180	54	28	37
3	242	68	43	38
Rata-rata	221	59	40	39
Setandar Deviasi	20	5	6	2

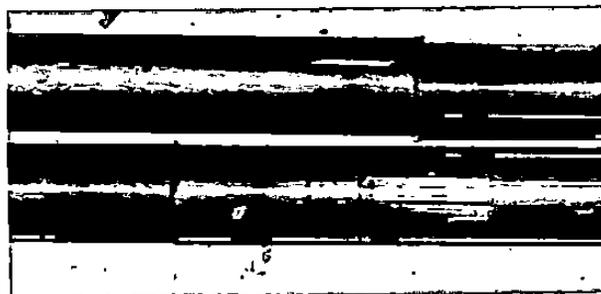


... variasi tekanan gesek dan waktu lebur

4.2.2 Pembahasan

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa variasi tekanan gesek berpengaruh terhadap kecepatan lebur material *stainless steel* 304. Dalam penelitian pengelasan gesek dilakukan 3 kali pengujian dengan variasi tekanan gesek 1,38 MPa, 2,07 MPa, 2,76 MPa, 3,45 MPa, dan 4,14 MPa dengan kecepatan putar pada porosnya 1000 rpm, pada penelitian didapatkan hasil waktu lebur rata-rata tercepat pada tekanan gesek 4,14 MPa yaitu 39 detik dan waktu lebur rata-rata terlama pada tekanan gesek 2,07 MPa yaitu 3 menit 40 detik (220 detik). Waktu lebur pengelasan gesek pada putaran 1000 rpm hanya terjadi pada tekanan gesek 2,07 – 4,14 MPa. Semakin besar tekanan gesek yang diberikan gaya gesek yang terjadi semakin besar dan kuat sehingga waktu lebur akan semakin cepat.

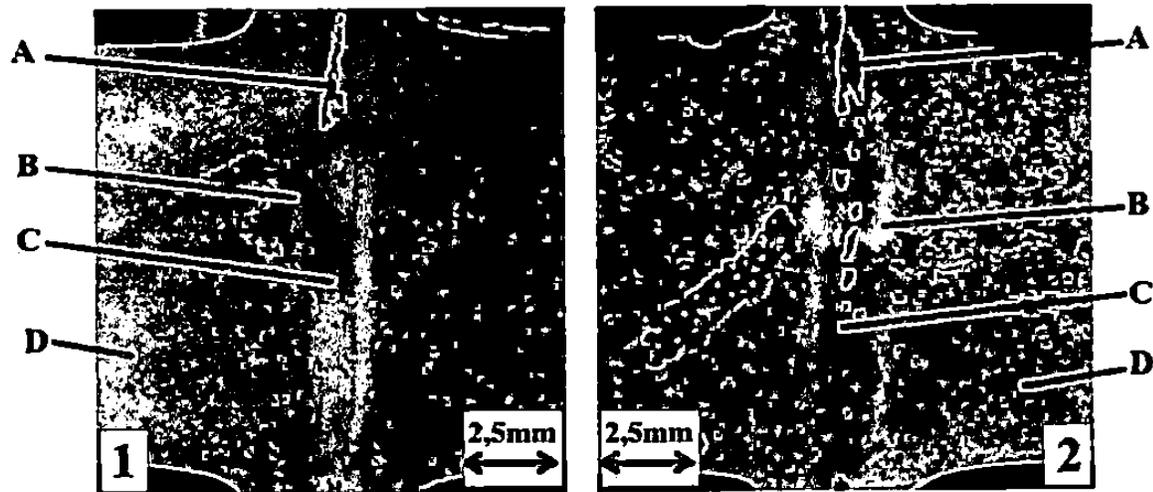
Pada tekanan gesek 1,38 MPa tidak didapat waktu lebur, dikarenakan pada tekanan gesek 1,38 MPa dan putaran 1000 rpm tidak tercapai titik lebur, sehingga benda kerja las gesek tidak bisa menempel sempurna Hasil pengelasan pada tekanan gesek 1,38 MPa dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Hasil pengelasan gesek pada tekanan gesek 1,38 MPa.

gambar 4.4 adalah pengelasan gesek variasi tekanan gesek 1,38 MPa dan tekanan tempa 6,90 – 8,27 MPa dengan tidak terjadi deformasi dan terbentuk *flash* pada daerah pengelasan maka tidak tercapai titik lebur secara penuh, sehingga penempelan benda kerja tidak sempurna dan mempunyai sifat mudah patah. Pada tekanan gesek 1,38 MPa tidak akan dibahas pada perhitungan dikarenakan tidak memiliki data yang cukup, tetapi dianggap sebagai hasil untuk referensi umum bahwa pengelasan gesek *stainless steel* 304 pada tekanan gesek 1,38 MPa dan

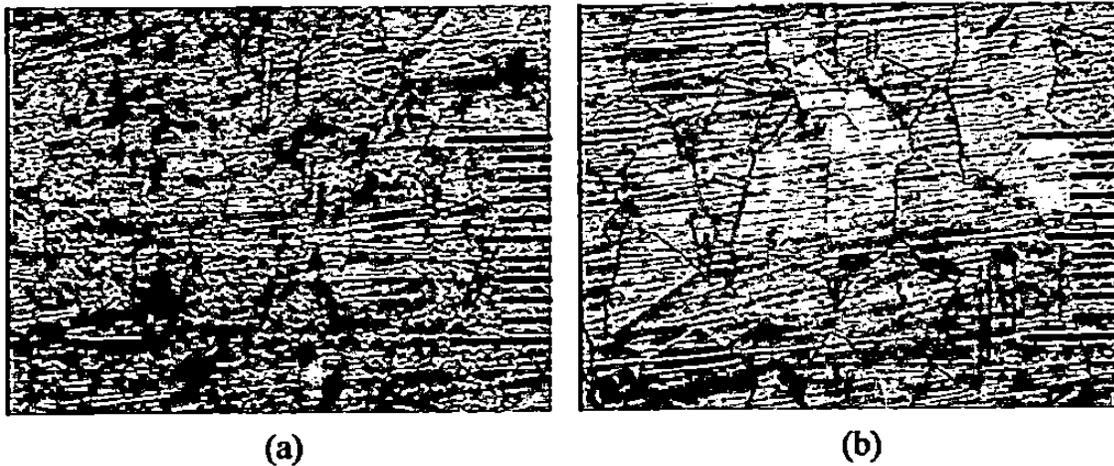
4.3. Hasil dan Pembahasan Morfologi dan Foto Mikro Hasil Pengelasan Gesek



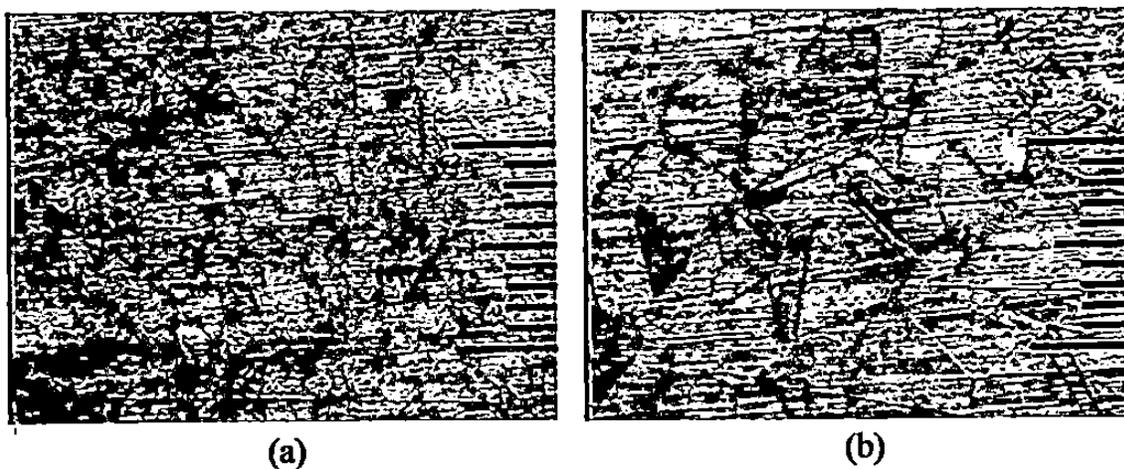
Gambar 4.5. Morfologi pada pengelasan gesek bagian (1) pada variasi tekanan tempa tertinggi yaitu 8,27 MPa pada tekanan gesek 2,76 MPa, bagian (2) pada variasi tekanan tempa terendah 6,90 MPa pada tekanan gesek 2,07 MPa.

Gambar 4.5 bagian 1 dan 2 menunjukkan 3 struktu berbeda yang terjadi pada pada pengelasan gesek, pada gambar ditunjukkan huruf A adalah daerah lasan yang terjadi porositas, B adalah daerah *HAZ*, C adalah daerah lasan dan D adalah logam induk.

Pada gambar 4.5 (1 dan 2) adalah penampang dari sambungan las gesek. Pada gambar 4.5 terdapat porositas yang ditunjukkan huruf A, porositas terjadi pada daerah lasan, porositas terjadi diduga karena logam leburan las menempel tidak merata sehingga udara atau gas terjebak didalamnya. Pada penelitian las gesek porositas terjadi pada seluruh spesimen penelitian atau dapat dilihat pada lampiran 1 bagian penampang patah, pada lampiran 1 bagian penampang patah daerah porositas ditunjukkan pada permukaan yang berwarna hitam dan pelangi. Setiap



Gambar 4.6. Foto mikro dengan pembesaran 200 kali skala $5 \mu\text{m}$ pengelasan gesek dengan variasi tekanan tempa $8,27 \text{ MPa}$, tekanan gesek $2,76 \text{ MPa}$, dengan (a) adalah foto mikro daerah Lasan dan (b) adalah daerah *HAZ*



Gambar 4.7. Foto mikro dengan pembesaran 200 kali skala $5 \mu\text{m}$ pengelasan gesek dengan variasi tekanan tempa $6,90 \text{ MPa}$, tekanan gesek $2,07 \text{ MPa}$, dengan (a) adalah foto mikro daerah Lasan dan (b) adalah daerah *HAZ*



Gambar 4.6 (a) adalah foto mikro yang terdapat pada daerah C (lasan) pada gambar 4.5 (1), Gambar 4.6 (b) adalah foto mikro yang terdapat pada daerah B (HAZ) pada gambar 4.5 (1). Gambar 4.7 (a) adalah foto mikro yang terdapat pada daerah C (lasan) pada gambar 4.5 (2), Gambar 4.7 (b) adalah foto mikro yang terdapat pada daerah B (HAZ) pada gambar 4.5 (2). Gambar 4.8 adalah foto mikro yang terdapat pada daerah D (Logam induk) pada gambar 4.5 (1 dan 2).

Foto mikiro menunjukkan butir kecil pada daerah lasan dan butir besar pada daerah HAZ. Pada gambar 4.6. a dan 4.7 a adalah daerah pengelasan dapat dilihat bahwa struktur mikronya mempunyai butiran kecil. Pada butiran kecil dan batas butir yang mempunyai arah acak akan membuat jenis patahan tidak merambat atau tidak saling mengait antar butir dan cenderung memiliki kekuatan tarik getas

Gambar 4.6. b dan 4.7 b, daerah HAZ dapat dilihat bahwa struktur mikronya mempunyai butiran yang lebih besar dari butiran daerah lasan dan mempunyai arah acak pada batas butir.

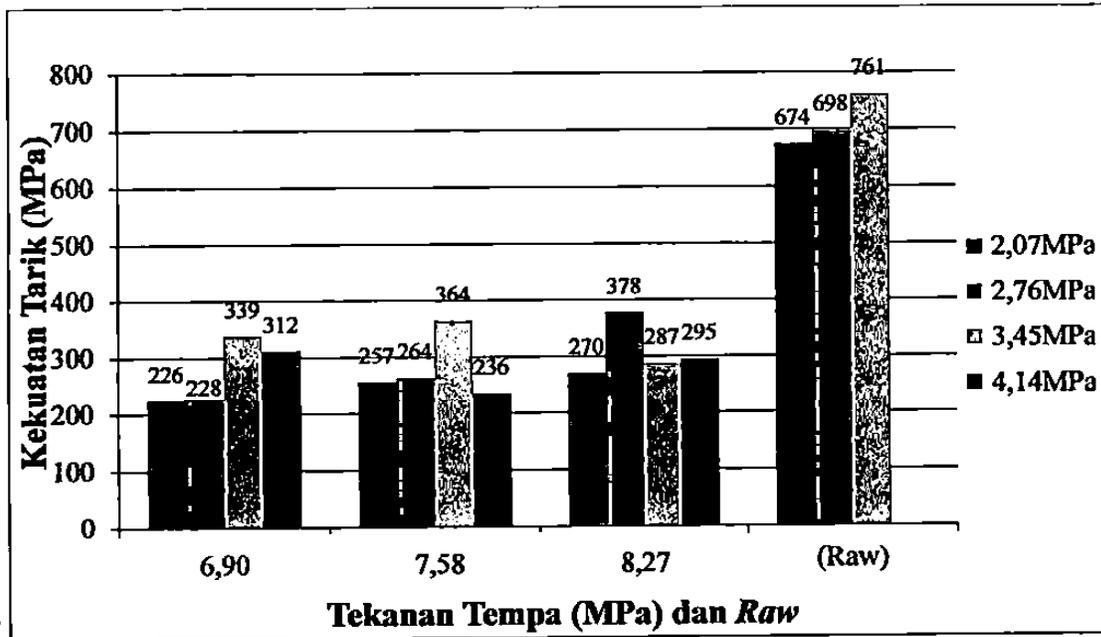
Gambar 4.8 adalah gambar daerah logam induk atau *base metal* susunan butirnya besar dan mempunyai arah teratur sehingga jika terjadi patahan akan merambat dan menyebabkan sifat ulet.

4.4. Hasil dan Pembahasan Uji Tarik

4.4.1. Hasil

Tabel 4.3. hasil uji tarik.

Tekanan Gesek (MPa)	Tekanan Tempa (MPa) dan Besi Tanpa Las Gesek/ <i>Raw</i>			
	6,90	7,58	8,27	<i>Raw</i>
	Kekuatan Tarik (MPa)			
2,07	226	257	270	674
2,76	228	264	378	698
3,45	339	364	287	761
4,14	312	236	295	



Gambar 4.9. Diagram hubungan antara pemberian tekanan tempa 6,90 – 8,27 MPa pada kekuatan gesek 2,07 – 4,14 MPa terhadap kekuatan tarik maksimal pada pengelasan gesek *stainless steel 304*

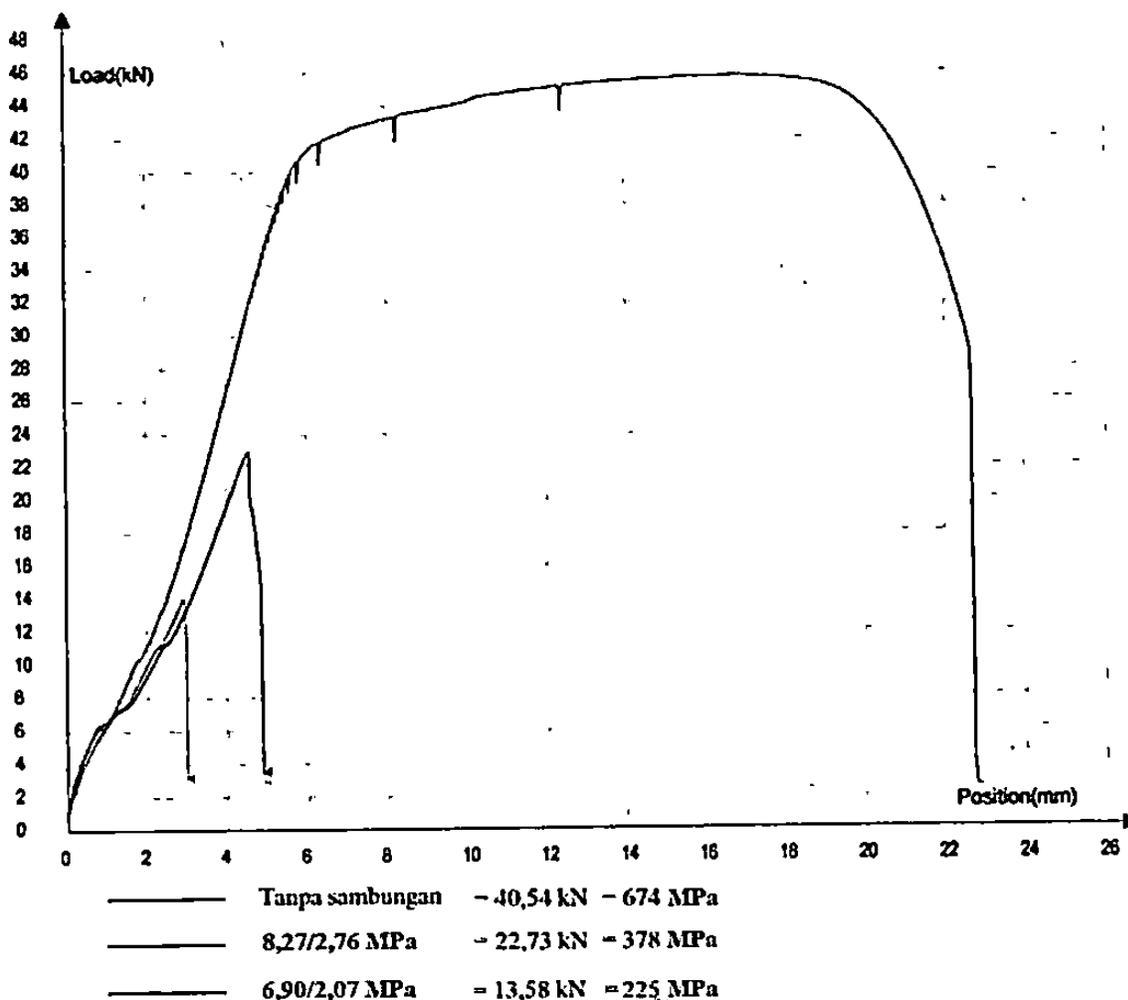
4.4.2. Pembahasan

Pada pembahasan uji tarik dibahas tentang pengaruh tekanan tempa 6,90 MPa, 7,58 MPa dan 8,27 MPa pada variasi tekanan gesek 2,07 – 4,14 MPa terhadap kekuatan tarik las gesek *stainless steel 304* dengan kecepatan putar pada porosnya 1000 rpm. Pada penelitian tekanan gesek 1,38 MPa dan pada seluruh variasi tekanan tempa tidak akan dibahas pada perhitungan karena tidak memiliki data yang cukup, tetapi dianggap sebagai hasil untuk referensi umum bahwa pengelasan gesek *stainless steel 304* pada tekanan gesek 1,38 MPa dan tekanan tempa 6,90 – 8,27 MPa pada putaran 1000 rpm tidak melekat secara sempurna.

Secara umum semakin besar tekanan tempa yang diberikan pada pengelasan gesek maka kekuatan tarik semakin besar atau dapat dilihat dari tabel 4.4 dan gambar 4.9. Hal tersebut ditunjukkan pada spesimen dengan tekanan gesek 2,07 MPa dan 2,76 MPa. Pada hasil spesimen tekanan gesek 3,45 MPa menunjukkan hasil kekuatan tarik naik kemudian turun, hal yang sama juga terjadi pada tekanan gesek 4,14 MPa dari tinggi turun kemudian naik, hal tersebut terjadi karena perbedaan luas atau banyaknya porositas. Semakin besar atau banyak porositas

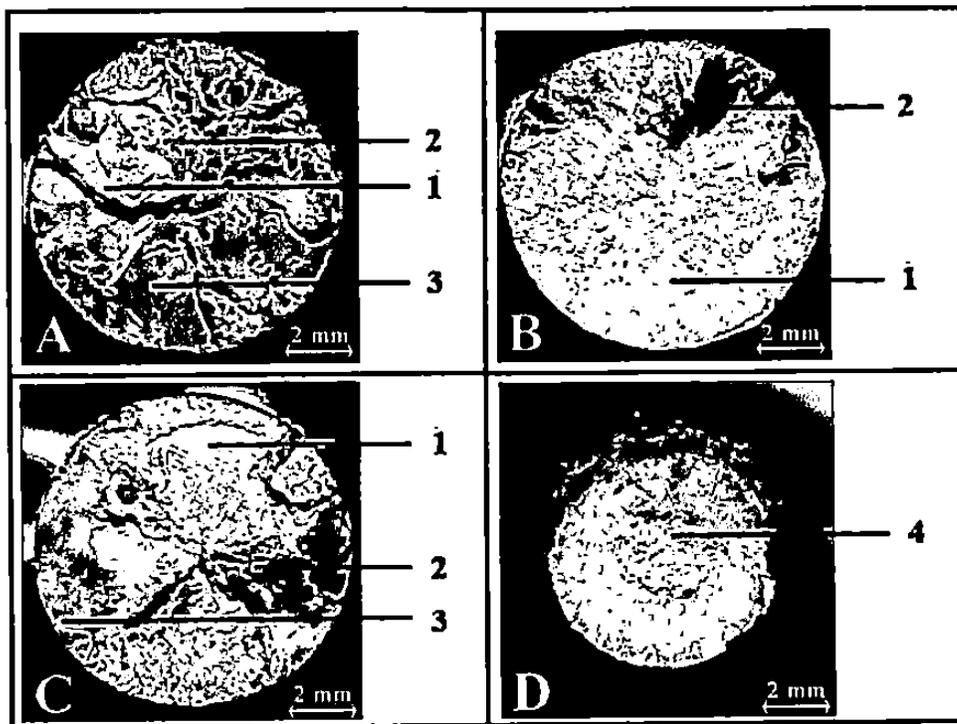
menunjukkan bahwa pada tekanan terendah memiliki porositas besar dan banyak dan pada kekuatan tarik tertinggi mempunyai porositas kecil dan sedikit.

Dari tabel 4.4 dan gambar 4.9 didapatkan hasil kekuatan tarik tertinggi pada variasi tekanan tempa 8,27 MPa dengan tekanan gesek 2,76 MPa sebesar 378 MPa dan kekuatan tarik terendah pada tekanan tempa 6,90 MPa dengan tekanan gesek 2,07 MPa sebesar 225,8 MPa. Pada gambar juga menunjukkan bahwa kekuatan tarik hasil pengelasan gesek *stainless steel* 304 dengan variasi tekanan tempa 6,90 – 8,27 MPa dan tekanan gesek 1,38 – 4,14 MPa pada putaran 1000 rpm lebih rendah dari kekuatan tarik *stainless steel* 304 tanpa sambungan. Perbedaan grafik regangan tegangan antara spesimen pengelasan gesek dan spesimen tanpa sambungan ditunjukkan pada gambar 4.10.



— — — — — *stainless steel* 304 tanpa sambungan gesek

Pada gambar 4.10 pada garis warna merah dan ungu dapat dilihat bahwa hanya terjadi sedikit regangan pada material dan penurunan beban sampe patah terjadi pada daerah proporsional dan daerah elastis yang menandakan bahwa pada kekuatan tarik tertinggi dan terendah memiliki mode patahan getas keduanya hanya dibedakan pada titik beban maksimal yang dicapai. Pada gambar 4.10 pada garis warna hitam adalah grafik *raw* dengan jenis patahan ulet ditandai dengan adanya regangan yang besar sebelum mencapai kekuatan tarik maksimal kemudian patah, penampang patah spesimen uji tarik ditunjukkan pada gambar 4.11.



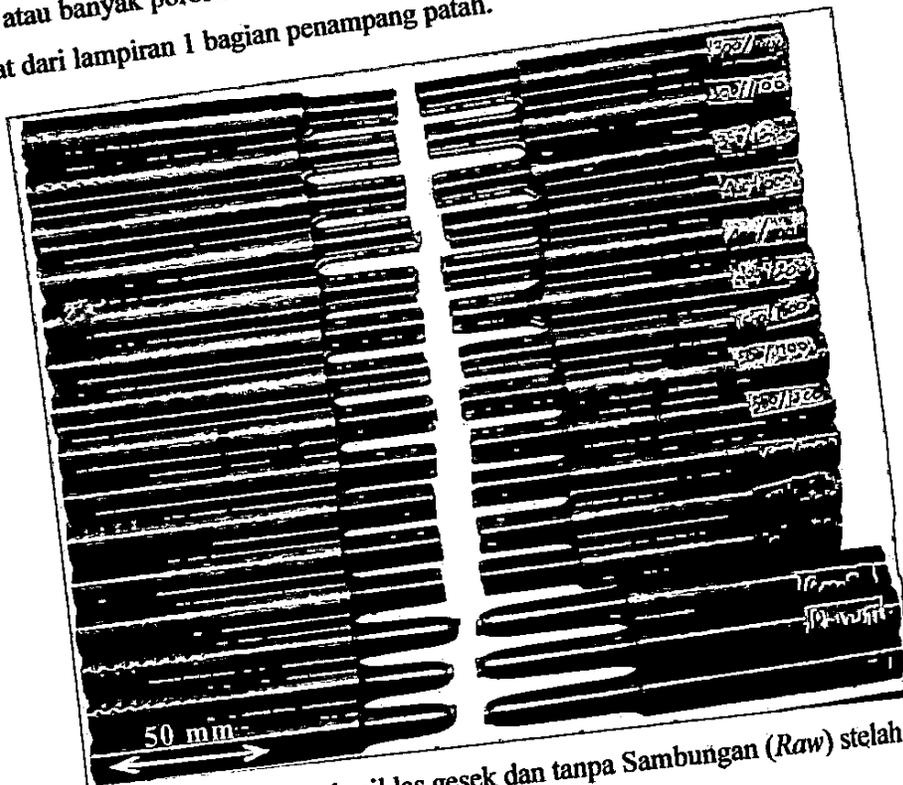
Gambar 4.11. Penampang patah spesimen hasil uji tarik dengan kekuatan tarik (A) Terendah, (B) Tinggi, (C) Sedang, (D) *Stainless steel* 304 tanpa sambungan

Pada gambar 4.11 dapat dilihat penampang patah pengujian tarik las gesek *stainless steel* 304, pada gambar A adalah penampang patah kekuatan tarik terendah yaitu pada variasi tekanan tempa 6,90 MPa dengan tekanan gesek 2,07 MPa, pada gambar B adalah penampang patah kekuatan tarik terkuat pada variasi tekanan tempa 8,27 MPa dengan tekanan gesek 2,76 MPa, pada gambar C adalah

... pada variasi tekanan tempa 7,58 MPa

dengan tekanan gesek 2,76 MPa dan D adalah penampang patah *Stainless steel* 304 tanpa pengelasan gesek (*raw*).

Pada gambar 4.11 gambar A - C yang ditunjukkan angka 1 adalah daerah yang melebur dan menempel sempurna. Angka 2 dan 3 adalah daerah yang mengalami porositas, daerah porositas ditunjukkan pada warna hitam dan pelangi warna hitam dan pelangi disebabkan oleh *Stainless steel* yang mencapai titik lebur dan kemudian secara langsung berinteraksi dengan udara, perbedaan warna disebabkan oleh suhu permukaan logam yang berinteraksi dengan udara berbeda. Angka 4 adalah penampang patah pada *stainless steel* 304 tanpa pengelasan gesek. Dari gambar 4.11 terbukti bahwa porositas paling besar dan banyak terdapat pada kekuatan tarik terendah dan porositas yang paling sedikit terdapat pada kekuatan tarik tertinggi. Secara umum dapat disimpulkan bahwa semakin besar atau banyak porositas maka kekuatan tarik akan semakin rendah Atau dapat dilihat dari lampiran 1 bagian penampang patah.



Gambar 4.12. Spesimen hasil las gesek dan tanpa Sambungan (*Raw*) setelah diuji tarik

Dari gambar 4.12 dan tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada hasil las gesek stainless steel 304 memiliki mode patahan getas, ditandai dengan sedikitnya deformasi plastis atau sedikitnya perubahan panjang dan reduksi luas penampang pada hasil uji tarik. Patahan getas pada hasil uji tarik juga ditandai dengan adanya permukaan halus dan merata pada hasil patahan yang merekat.

Gambar 4.12 pada raw I – III menunjukkan jenis patahan liat atau ulet pada hasil uji tarik. Patahan ulet ditandai dengan adanya deformasi plastis atau perubahan panjang dan reduksi perubahan luas penampang ujung patah menjadi