

# ANALISA PENGARUH TEKANAN TEMPA TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK STAINLESS STEEL SS 304 DENGAN METODE *FRICITION WELDING*

Nur Husodo<sup>1</sup>, Eddy Widiyono<sup>2</sup>, Mahirul Mursid<sup>3</sup>, Winarto<sup>4</sup>, Prasetya Agista<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Prodi D3 Teknik Mesin, FTI – ITS  
Kampus Keputih, Sukolilo  
Jl Arif Rahman Hakim , Surabaya - 60111  
Phone/Fax : 031 5922942/ 031 5932526  
Email: [nurhusodo21@gmail.com](mailto:nurhusodo21@gmail.com)

## Abstrak

Las gesek (*friction welding*) merupakan metode proses penyambungan dua buah logam yang tidak menggunakan logam pengisi (*filler metal*). Metode ini menggunakan sumber panas yang dihasilkan dari proses gesekan dua buah material logam. Panas yang dihasilkan tidak membuat logam mencair dan panas berasal dari peristiwa gesekan sehingga keseluruhan penampang yang bergesekan menghasilkan panas. Durasi waktu proses penyambungan relative sangat cepat. Proses ini sangat potensial untuk memproduksi komponen katup (*valve*). Karena itu perlu dilakukan penerapan proses penyambungan las gesek dari dua buah logam stainless steel SS304. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan gambaran proses operasional las gesek yang menghasilkan kekuatan sambungan yang baik dan berpeluang untuk alternative proses manufacturing komponen otomotif berupa produk katub.

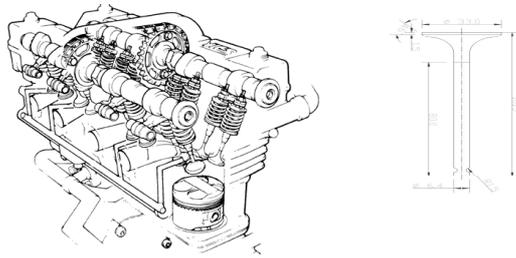
Sampel uji dibuat dari bahan baja tahan karat jenis austenistik stainless steel SS 304 dengan diameter 6,4 mm. Selanjutnya dilakukan proses pengoperasian las gesek untuk mendapatkan pencapaian panas yang tertinggi. Durasi gesekan ini akan dipakai sebagai dasar penentuan durasi waktu gesek. Penelitian ini di lakukan untuk mengetahui pengaruh tekanan tempa terhadap struktur mikro dan sifat mekanik. Uji sifat mekanik yang diterapkan adalah uji tarik dan uji kekerasan. Las gesek dioperasikan dengan kecepatan putar 4525 rpm, waktu gesekan 35 detik tekanan gesek 1226 kgf/cm<sup>2</sup> dengan variasi tekanan tempa sebesar tempa (1553; 1839; 2146; 2453) kgf/cm<sup>2</sup>. Selanjutnya dilakukan uji mikro struktur, uji kekuatan tarik dan uji kekerasan. Analisa dilakukan untuk upaya alternative las gesek sehingga dapat proses manufaktur produk Valve *T-120*.

Hasil penelitian ini didapatkan bahwa semakin tinggi tekanan tempa maka semakin besar kekuatan tarik sambungan. Mesin las gesek mampu dihasilkan las yang baik pada waktu gesekan 35 detik dan tekanan tempa 2453 kgf/cm<sup>2</sup>. Proses pengelasan menggunakan metode *direct-drive friction welding* mampu menghasilkan sambungan yang baik dengan kekuatan tarik terbesar 532 N/mm<sup>2</sup>. Metode las gesek telah mampu menghasilkan kekuatan sambungan yang baik

**Kata kunci:** las gesek, tekanan tempa, tekanan gesek, stainless steel, SS 304, karub.

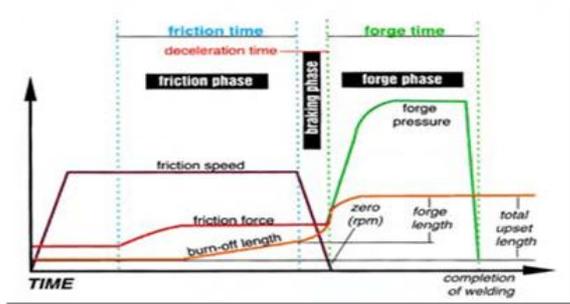
**1. Pendahuluan**

Bentuk komponen katup ( valve) sangat berpotensi untuk diwujudkan dengan proses penyambungan las gesek ( friction welding).



Gambar 1. Komponen katup mesin (engine)

Metode las gesek ( friction welding methode ) adalah metode proses penyambungan dua buah material logam. Panas dihasilkan dari perubahan energi mekanik kedalam energi panas pada bidang interface benda kerja karena adanya gesekan selama gerak putar dibawah tekanan ( gesekan). [1]. Beberapa keuntungan dari friction welding ini adalah penghematan logam pengisi dan waktu untuk penyambungan dua material yang sama maupun berbeda. Sedangkan parameter proses yang penting adalah waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan putar. [2].



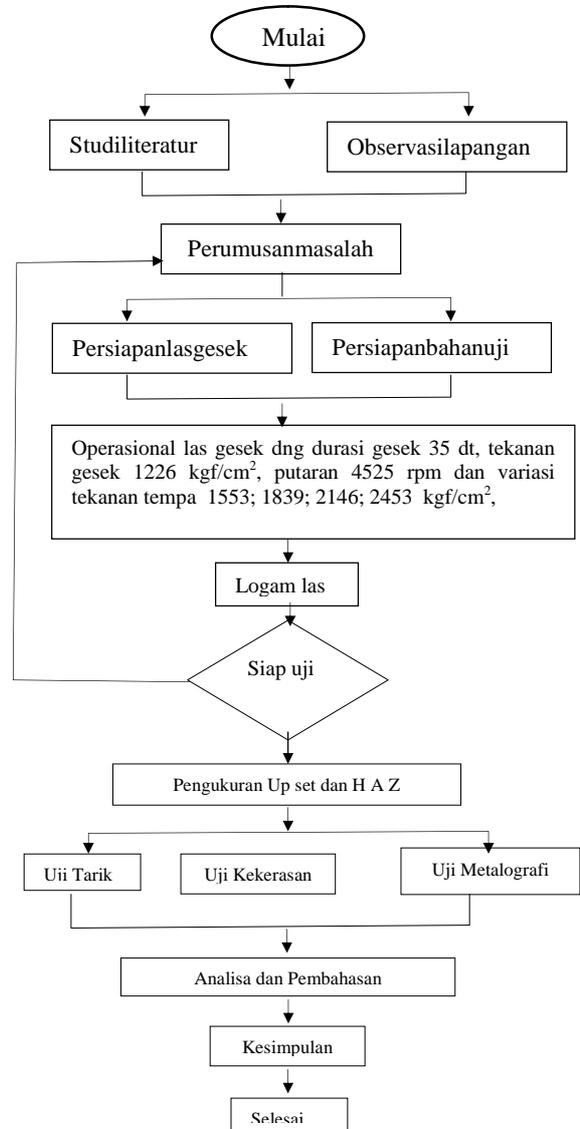
Gambar 2. Pemilihan parameter dengan waktu untuk ketiga fase dari direct drive friction welding [2]

Beberapa penelitian sebelumnya dengan memvariasi putaran 2140, 3150, 4525, 4850 rpm, dengan proses operasional waktu gesek 35 detik, tekanan gesek 12,23 kgf/mm<sup>2</sup>, tekanan tempa 24,45 kgf/mm<sup>2</sup>. Didapatkan kekuatan Tarik tertinggi sebesar 532,25 N/mm<sup>2</sup> pada putaran operasional 4525 rpm. [3]. Dengan memvariasi durasi waktu gesek sebesar 25, 35, 40 dan 50 detik, dengan proses operasional tekanan gesek 12,23 kgf/mm<sup>2</sup>, tekanan tempa 24,45 kgf/mm<sup>2</sup> dan putaran 4525 rpm. Didapatkan kekuatan Tarik tertinggi sebesar

532,25 N/mm<sup>2</sup> pada durasi waktu gesek 35 detik [4].

**2. Metode Penelitian**

Metodologi penelitian sbb.:



Gambar 3. Diagram alir penelitian

**A. Material Uji**

Material uji dari bahan SS 304, dengan komposisi 18% Cr dan 8% Ni. Diameternya 6,4 mm.

**B. Mesin las gesek ( friction welding machine)**

Mesin las gesek yang digunakan seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Mesin Las gesek langsung,

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Operasional las gesek

Proses operasional las gesek dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Proses operasional las gesek dalam penelitian

No	Friction		Forging		
	Tekanan gesek <b>Error! Reference source not found. Error! Reference source not found.</b>	Waktu gesek (detik)	Temperatur (°C)	Tekanan tempa <b>Error! Reference source not found.</b>	Upset (mm)
1	1226	35	872	1533	1,5
2			879	1839	1,8
3			887	2146	3,1
4			892	2453	3,2

#### 3.2 Hasil Penyambungan Sampel Uji

Hasil pengujian sampel uji dengan penyambungan las gesek pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil penyambungan dengan metode las gesek

#### 3.3. Hasil pengujian Tarik

Hasil pengujian Tarik dapat dilihat pada table 2

Tabel 2. Hasil pengujian Tarik

No	Gesek		Temperatur °C	Tempa	UTS
	Tekanan gesek	Durasi gesek		Tekanan tempa	N/mm <sup>2</sup>

	kgf/cm <sup>2</sup>	detik		kgf/cm <sup>2</sup>	
1	1226	35	872	1533	170.52
2			879	1839	181.85
3			887	2146	257.96
4			892	2453	532.25

Sedangkan hasil foto makro hasil pengujian Tarik dapat dilihat pada gambar dibawah

Sampel 1.



Gambar 6. Sampel 1 patah pada logam las.

Sampel 2.



Gambar 7. Sampel 2 patah pada logam las

Sampel 3.



Gambar 8. Sampel 3 patah pada logam las

Sampel 4.



Gambar 9. Sampel 4 patah pada logam HAZ

Hasil uji kekuatan tarik memperlihatkan bahwa sampel 4 putus pada daerah HAZ sedangkan ketiga sampel uji lainnya putus pada daerah logam las.

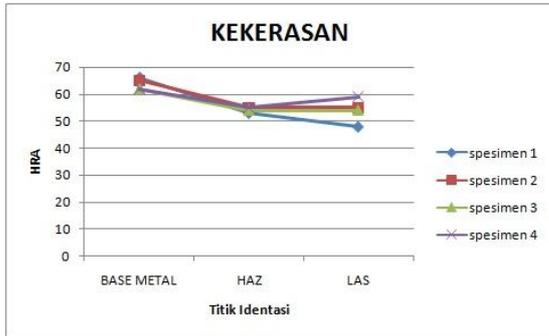
#### 3.4. Hasil pengujian kekerasan

Hasil pengujian kekerasan pada table 3

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan

No	Gesek		Temperatur °C	Tempa	Titik identasi, HRA		
	Tekanan gesek kgf/cm <sup>2</sup>	Durasi gesek detik		Tekanan tempa kgf/cm <sup>2</sup>	Linduk	HAZ	Las
1	1226	35	872	1533	66	53	48
2			879	1839	65	55	55
3			887	2146	62	54	54
4			892	2453	62	55	59

Grafik hasil uji kekerasan dapat dilihat pada grafik dibawah ini



Gambar 10. Grafik hasil uji kekerasan pada sampel uji 1,2,3 dan 4 pada daerah logam induk, daerah HAZ dan pada logam las.

### 3.5. Hasil uji metallografi

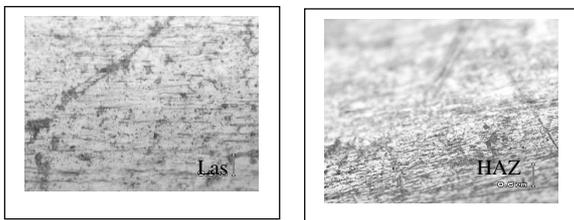
Hasil uji metallografi dapat dilihat pada gambar struktur mikro dibawah ini



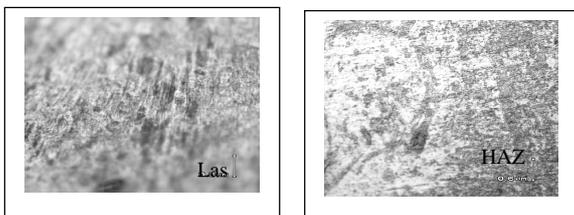
Gambar 10. Struktur mikro logam induk bahan SS304

Sedangkan pada sampel uji 1 , 2, 3 dan 4 dapat dilihat dibawah ini.

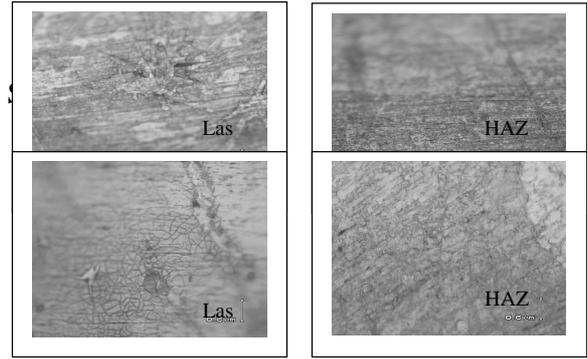
#### Sampel uji 1



#### Sampel uji 2



#### Sampel uji 3



Gambar 11. Struktur mikro pada sampel uji 1, 2, 3 dan 4

Salah satu keunggulan metode proses penyambungan las gesek adalah panas yang dihasilkan pada seluruh permukaan yang bergesekan dan pencapaian panas tidak sampai pada titik cair tetapi hanya menyebabkan lumer. Lumer adalah kondisi dimana panas yang terjadi tidak sampai mencair tetapi masih dalam kondisi padat. Itu berarti panas yang terjadi lebih rendah jika dibandingkan dengan metode pengelasan fusi. Sehingga pengaruh panas hanya sedikit menurunkan sifat mekanik. Terlihat melalui penurunan nilai kekerasan pada logam las dan logam HAZ.

Jika panas yang dihasilkan tidak membawa logam mencair maka untuk keberhasilan proses penyambungan maka harus diberikan tekanan supaya dapat tersambung. Pada penelitian ini factor tekanan tempa sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proses penyambungan. Terlihat dari hasil uji tarik bahwa semakin tinggi kekuatan tempa akan menghasilkan kekuatan tarik semakin tinggi. Sampel uji yang ke 4 yang terlihat putus pada daerah HAZ. Putusnya didaerah HAZ ini menandakan keberhasilan penyambungan logam dengan las gesek. Pada sampel uji 1 sampai 3 terlihat sampel uji putus pada daerah logam las, yang berarti bahwa proses penyambungan belum berhasil. Keberhasilan penyambungan ditandai dengan adanya difusi kedua logam pada bagian permukaan interface yang berhadapan. Keberhasilan penyambungan ditandai dengan menyatunya logam yang disambung. Terlihat adanya nilai upset yang paling besar yaitu sebesar 3,2 mm.

Semakin besar nilai upset menandakan keberhasilannya proses penyambungan 2 buah logam tetapi juga menandakan semakin ruginya proses penyambungan karena panjang sampel uji

semakin besar. Tidak ada keberhasilan tanpa pengorbanan.

Semakin besarnya tekanan tempa juga menekan pengaruh pertumbuhan ukuran butir kristal. Panas akan berpengaruh terhadap sifat mekanik tetapi pengaruh panas pada las gesek ini akan dieliminasi dengan adanya tekanan tempa. Tekanan tempa akan menekan terjadi pembesaran ukuran butiran pada struktur mikro. Kekuatan tertinggi terjadi pada proses operasional waktu gesek selama 35 detik, tekanan gesek sebesar  $1226 \text{ kgf/cm}^2$ , panas yang ditimbulkan sebesar  $892 \text{ }^\circ\text{C}$ , putaran sebesar 4525 rpm, tekanan tempa sebesar  $2453 \text{ kgf/cm}^2$ , nilai up set sebesar 3,2 mm akan menghasilkan kekuatan tarik paling tinggi yaitu  $532,25 \text{ N/mm}^2$ . Proses pengoperasian las gesek ini sangat berpotensi untuk dapat diterapkan dalam proses manufaktur pembuatan produk berbahan logam yang memerlukan proses penyambungan. Namun juga metode ini sangat berpotensi untuk menyambung material logam yang susah disambung dengan metode fusi selain itu metode las gesek ini dapat menyambung dua buah material logam yang tidak sejenis.

Keberhasilan metode las gesek ini ditandai dengan timbulnya upset yang besar, timbulnya up set yang besar akan terjadi jika panas yang dihasilkan tinggi. Karena indikasi ini menandai terjadinya difusi antar atom pada permukaan interface dari dua buah material logam yang disambung. Terjadinya difusi ini sebagai kunci keberhasilan proses penyambungan pada las gesek.

#### 4. Kesimpulan

Kekuatan tertinggi terjadi pada proses operasional waktu gesek selama 35 detik, tekanan gesek sebesar  $1226 \text{ kgf/cm}^2$ , panas yang ditimbulkan sebesar  $892 \text{ }^\circ\text{C}$ , putaran sebesar 4525 rpm, tekanan tempa sebesar  $2453 \text{ kgf/cm}^2$ ,

nilai up set sebesar 3,2 mm akan menghasilkan kekuatan tarik paling tinggi yaitu  $532,25 \text{ N/mm}^2$ .

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih pada penyelenggara program LPPM Dikti yang telah memberikan kepercayaan dalam program IbM tahun 2013 dengan topik IbM kelompok Usaha komponen otomotif. Makalah ini merupakan hasil penelitian yang bersinergi dengan mahasiswa yang merupakan tindak lanjut dari mesin las gesek yang sudah diwujudkan. juga mahasiswa Prasetya Agusta yang telah mengambil topic ini dalam senengi dengan tugas akhir di D3 Teknik Mesin, FTI ITS.

#### Daftar Pustaka

- [1] Kalpakjian, Serope., *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, Fourth edition. 2001, Pearson Prentice Hall International.
- [2] Spinler, What Industry Needs to know about Friction Welding, *Welding Journal*, march, (1994), pp. 37 – 42.
- [3] Nur Husodo, Budi Luwar S., Sri Bangun S., Rachmad Hidayat, Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) pada logam SS 304 sebagai upaya alternative proses manufaktur produk katup mesin (Engine Valve), Dalam prosiding seminar nasional teknologi terapan (SNTT 2014), SV-UGM, November, Jogjakarta, ISBN:978-602-1159-06-4, hal.568-572.
- [4] Nur Husodo, Giri Nugroho, Gathot Dwi W., Dadang H., Rachmad H., Upaya alternative proses manufaktur produk katup mesin ( engine valve) bahan SS304 berbasis proses operasional las gesek ( Friction Welding), Dalam Proceedings SENATEK 2015, ISSN: 2407-7534, ITN, Malang.