

# Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 pada Produk Back Spring Pin

Nur Husodo<sup>1)\*</sup>, Budi Luwar Sanyoto<sup>1)</sup>, Sri Bangun Setyawati<sup>1)</sup> Mahirul Mursid<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya-Indonesia  
nurhusodo@me.its.ac.id

## Abstrak

Teknologi las gesek (friction welding) merupakan salah satu metoda proses pengelasan jenis *solid state welding* dimana sumber panas ditimbulkan oleh dua logam yang begesekan. Dengan mengkombinasikan panas dan tekanan tempa maka dua buah logam akan tersambung dengan baik. Teknologi las gesek ini belum banyak diperhatikan walaupun teknologi ini efisien dan efektif dan belum banyak diterapkan pada industri menengah dan kecil. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dalam proses penyambungan dua buah logam untuk membentuk produk back spring pin. Penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin las gesek dimana dilakukan variasi waktu gesek sebesar 35, 45, 55 dan 65 detik. Sedangkan parameter proses las gesek adalah kecepatan putarnya 4215 rpm, tekanan geseknya 127, 27 kg/cm<sup>2</sup> dan tekanan tempanya sebesar 1018,18 kgf/cm<sup>2</sup>. Sampel uji dibuat dari bahan baja karbon St41. Sampel uji yang dihasilkan diuji dengan uji metallografi dan uji sifat mekanik. Sifat mekaniknya meliputi uji kekuatan tarik, uji kekerasan pada daerah sambungan dan uji kekuatan puntir. Analisa dilakukan dengan melihat adanya perubahan struktur mikro dan perubahan sifat mekanik sebagai dasar pertimbangan sebagai alternative proses produksi produk bank spring pin. Perubahan struktur mikro ini terjadi karena panas yang ditimbulkan akan berbeda tergantung waktu gesek dan adanya pengaruh proses penempaan. Panas tertinggi terjadi pada waktu gesek sebesar 45 detik. Waktu gesek lebih dari 45 detik menghasilkan panas yang cenderung menurun. Penurunan ini terjadi karena efek gesekan dua buah logam baja St 41 menurun. Sifat mekanik tertinggi sebesar kekuatan tarik 414,54 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan puntir sebesar 16 kgf.m, kekerasan pada logam las 45,5 HRA dan pada HAZ sebesar 43 HRA terjadi pada proses operasional las gesek dengan waktu gesek sebesar 45 detik. Sehingga proses pengelasan las gesek ini dapat dipakai untuk memproduksi produk back spring pin dan proses ini dapat digunakan sebagai alternative pengganti dari proses yang selama ini digunakan.

**Kata kunci:** Back spring pin; waktu gesekan; tekanan tempa; Pengelasan gesek langsung.

## Abstract

Friction welding is one of solid state welding processes where heat energy is caused by friction of metals. By combining heat and pressure forging, two metals can be joined perfectly. This friction welding technology is an efficient technology and has not been much applied in small-scale industry. For that reason it is necessary to do research about joining two metals to manufacture back spring pin product. This research is conducted using friction welding machine by varying friction welding time 35, 45, 55 and 65 seconds. While other friction welding parameters are rotational speed with velocity 4215 rpm, friction pressure 127,27 kg/cm<sup>2</sup>, and forging pressure 1018 kgf/cm<sup>2</sup>. Material used for this research is carbon steel St 41. This sample is test using metallography test and mechanical property test which includes tension test, hardness test on joining area and twisting moment test. Analysis is done by examining microstructure change and mechanical property change. Result of this analysis will be used as consideration for producing back spring pin. Micro structural change occurs because heat produced during welding will be different and this is dependent on friction time and forging process. The highest friction energy occurs at friction time 45 seconds. Friction time more than 45 seconds produce heat which tends to be decreasing and this is due to frictional effect of two metals St 41 which are also decreasing. The highest tensile strength produced in this research is 414,54 N/mm<sup>2</sup>, twisting moment 16 kgf.m, hardness on welding material 45,5 HRA and on HAZ 43 HRA. These results occur at friction time as much as 45 seconds. Based on results of this research, friction welding technology can be used as an alternative of welding process in making back spring pin product.

**Key words:** Back spring pin product; friction time; forging pressure; direct friction welding.

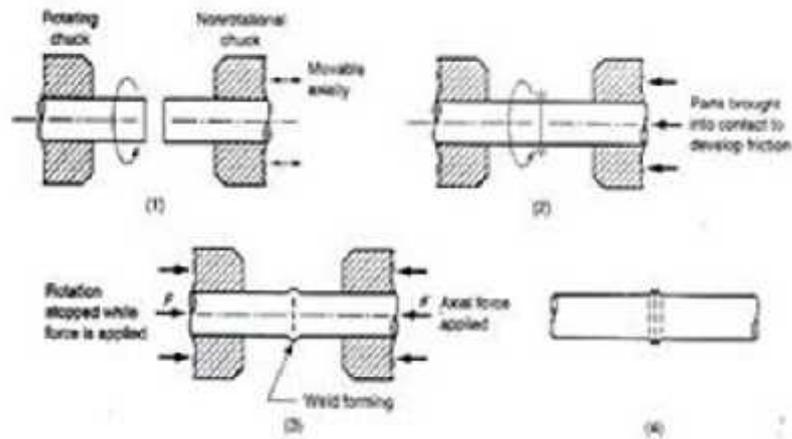
## 1. LATAR BELAKANG

Back Spring Pin merupakan produk komponen suku cadang otomotif (automotif spare part). Suku cadang ini berfungsi untuk mengikat antara pegas daun (leaf spring) dengan rangka (chassis) sehingga pegas daun masih mempunyai satu derajat kebebasan gerak yaitu dapat bergerak lentur (fleksibel). Adanya komponen back spring ini pegas daun dapat bergerak lentur untuk mendukung gerakan ban belakang otomotif untuk bergerak lentur mengikuti kontur jalan yang dilalui. Back Spring Pin terpasang di bagian belakang pada pegas daun dekat dengan mounting bracket. Salah satu ujung pegas daun dipasang erat pada rangka kendaraan dan tidak bisa bergerak, ujung pegas dikunci dengan pin yang dipasang antara *mount chassis*.

\* Penulis korespondensi, phone: +62-031-5994251  
E-mail: nurhusodo@me.its.ac.id



Gambar 1. Bentuk komponen back spring pin dan posisinya pada otomotif.

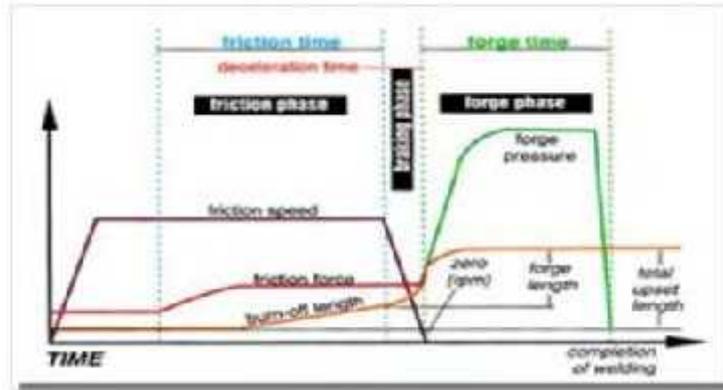


Gambar 2. proses pengelasan las gesek (Friction Welding) [2]

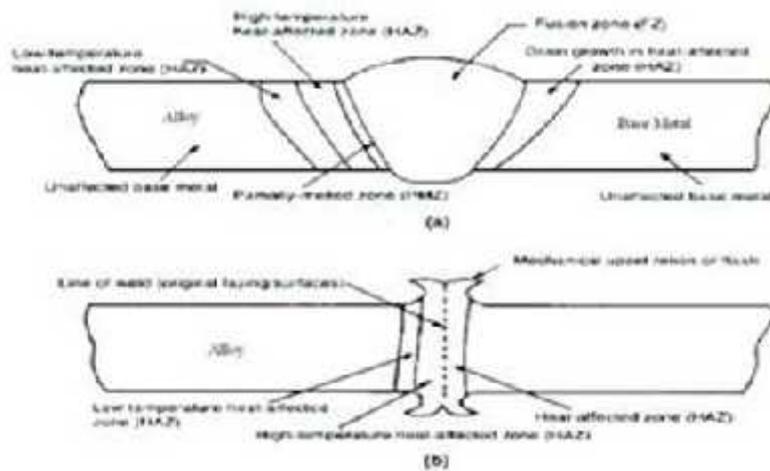
Teknologi las gesek (friction welding) merupakan salah satu metoda proses pengelasan jenis solid state welding. Panas yang terjadi ditimbulkan oleh dua logam yang bergesekan. Dengan mengombinasikan panas dan tekanan tempa maka dua buah logam akan tersambung. Teknologi las gesek ini mulai banyak diperhatikan, mengingat bahwa teknologi las gesek ini mudah dioperasikan, proses operasinya cepat, tidak memerlukan logam pengisi, tidak memerlukan bentuk grooving, hasil penyambungan baik. Mudah dioperasikan karena mesin las gesek menyerupai mesin bubut. Proses operasional cepat karena hanya memerlukan waktu gesek yang relative cepat. Daerah pengaruh panas (HAZ) pada logam yang disambung relative sempit karena panas yang terjadi tidak sampai mencapai temperature cair logam dan adanya tekanan tempa memungkinkan efek negative panas logam akan tereliminasi. Namun teknologi ini belum banyak diterapkan pada industri menengah dan kecil. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang penerapan teknologi las gesek dalam proses penyambungan dua buah logam untuk membentuk produk pin sprin pin.

Metode las gesek (friction welding method) adalah metode proses penyambungan dua buah material logam. Dalam metode ini 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]. Pada proses penyambungan ini terjadi proses deformasi plastis akibat tekanan tempa dan terjadi proses difusi karena adanya panas yang tinggi sehingga menghasilkan sambungan yang berkualitas tinggi antara bahan serupa maupun berbeda.

Gambar 2. Terlihat bahwa (1) logam sebelah kiri mengalami gerak putar, (2) adanya pemberian gaya hidraulik yang diberikan pada benda kerja disebelah kanan memungkinkan terjadi gesekan. Adanya gesekan ini sebagai sumber panas, sumber panas ini tergantung dari besarnya putaran dan tekanan gesek. (3) Setelah temperatur tercapai maka mesin las gesek dihentikan dan kedua sisi diberi gaya tekan sehingga terjadi proses penempaan. Efek negatif akibat pengaruh panas pada logam akan tereliminir yaitu proses pembesaran butiran akan terhambat karena adanya gaya tempa.



Gambar 3. Pemilihan parameter dengan waktu untuk ketiga fase dari direct drive friction welding [2]



Gambar 4. Daerah las (a) Pengelasan fusi (b) Non fusi. [3]

Berdasarkan bentuk kurva pada *friction welding* akan di bagi menjadi tiga fase lihat pada gambar 3 yaitu:

Fase 1 : fase gesekan (*friction phase*), Fase 2 : fase berhenti (*breaking phase*), Fase 3 : fase penempaan/ *Upset (forging phase)*. Fase 1 adalah fase gesekan, fase ini adalah fase untuk meningkatkan temperatur. Peningkatan temperatur terjadi karena adanya sumber panas yaitu gesekan dua buah logam. Waktu yang dibutuhkan cukup besar dibanding fase lainnya. Fase 2 adalah fase berhenti. Fase ini diharapkan durasi waktu secepat mungkin supaya panas yang terjadi tidak hilang.

Jika dibandingkan dengan metode las fusi maka hasil pengelasan dapat dilihat pada gambar 4. Gambar 4. (a). menunjukkan profil dari daerah pengelasan fusi, di mana terdapat daerah-daerah las yaitu daerah fusi (*Fusion Zone*), PMZ (*Partially Melted Zone*), daerah terpengaruh panas (HAZ), dan logam induk (*Base Metal*) sedangkan gambar 4 (b) menunjukkan profil daerah pengelasan non fusi dimana terdapat daerah tempa, daerah terpengaruh panas (HAZ) dan logam induk (*Base Metal*). Metode ini bergantung pada perubahan langsung dari energi mekanik ke energi termal untuk membentuk lasan, tanpa aplikasi panas dari sumber yang lain. Dibawah Kondisi normal tidak terjadi pencairan pada kedua permukaan.

Dari hasil tinjauan pustaka didapatkan beberapa penelitian seputar las gesek antara lain. Motensen, Jensen, Conrad and Losee, dalam penelitiannya didapatkan bahwa bahan stainless 416 tidak direkomendasikan untuk di las dengan metode fusion welding, mengingat adanya peristiwa resulfurized, tetapi dengan metode las gesek maka bahan tersebut dapat dilas dengan baik. [4]. Sathiva melakukan penelitian friction welding dengan tekanan gesek sebesar 15-25 bar dan tekanan tempa sebesar 35-45 bar dan kecepatan poros utama sebesar 1125 rpm. [5]. Mumin Sahin melakukan proses penyambungan dari dua buah logam yang tidak sama yaitu baja paduan tinggi yang digunakan untuk pahat yaitu baja kecepatan tinggi (High Speed Steel/ HSS) dan baja karbon menengah. Dengan memvariasi tekanan gesek sebesar 30 Mpa, 60 Mpa, 90 Mpa, 120 Mpa, 150 Mpa dan dengan waktu gesek konstan sebesar 4 detik didapatkan kekuatan sambungan maksimum sebesar 550 Mpa. Dengan memvariasi waktu gesek sebesar 2, 3, 4, 5 detik dan tekanan gesek dipertahankan konstan sebesar 110 Mpa didapatkan kekuatan sebesar 550 Mpa didapat pada waktu 4 detik [6]. Adanya struktur mikro yang sangat halus di daerah tengah (weld zone) yang menyebabkan terjadinya nilai kekerasan yang tinggi sesuai dengan Hall-Petch relation. Sehingga kekuatan pada daerah tengah akan lebih tinggi. Juga didapatkan bahwa tekanan awal lebih efektif dibandingkan dengan tekanan akhir. [7]. Peneliti tentang aplikasi friction welding pada produk poros rotor pada kapal. Dengan mengevaluasi kekuatan tarik sambungan dan struktur mikro sambungan serta uji kekerasan, uji kelelahan dapat disimpulkan bahwa dihasilkan kekuatan sambungan yang sangat baik. [8]. Pada

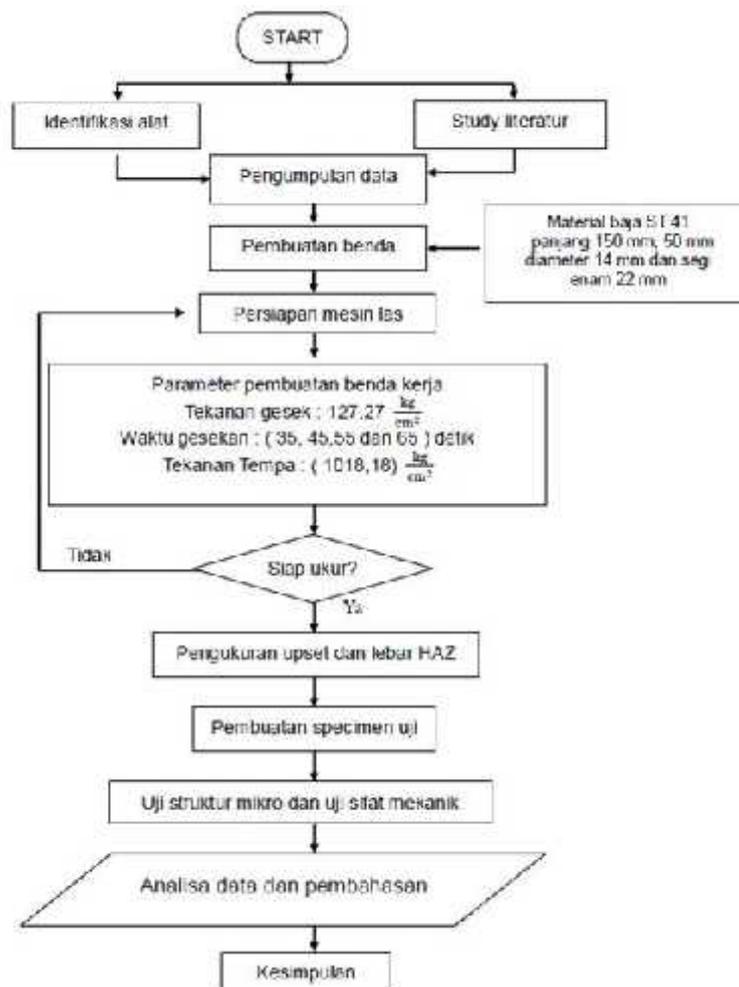
pengelasan gesek selain menghasilkan penyambungan yang baik, tetapi mengingat terjadinya proses penyambungan melibatkan kombinasi temperature siap tempa dan tekanan tempa maka juga berdampak terbentuknya deformasi plastis (upset) diseputar sambungan. Besar kecilnya deformasi platis ini mengindikasikan kondisi pengelasan dan hal ini juga akan mempengaruhi kualitas sambungan [9]. Penyambungan dua jenis logam yang berlainan (HSS- baja karbon medium) dapat dilakukan dengan teknologi pengelasan gesek. Kekuatan sambungan mencapai maksimum ketika temperature siap tempanya optimal. Temperatur tersebut dicapai dengan mengatur variasi tekanan gesek dan durasi gesek, dimana temperaturnya tidak boleh terlalu rendah maupun terlalu tinggi [10]. Berdasarkan penelitian Alfian Mahdi Raditya Firdaus yang menyimpulkan bahwa efek tekanan tempa pada pengelasan menghasilkan dimensi upset yang bervariasi. [11] Wahyu Nugroho menyimpulkan bahwa pengaruh dari parameter tekanan gesek, tekanan tempa dan durasi gesekan dapat diketahui pada sifat mekanik dan struktur mikro [12]. Penelitian berikutnya dilakukan oleh *Anggi Aditya dan Maulana Fajeri* rancang bangun mesin *friction welding* menghasilkan produk as sepeda motor. [13] Berdasarkan penelitian Eko Nur Cahyo dan Dimas Angga S menyimpulkan bahwa efek waktu gesekan pada pengelasan menghasilkan distribusi kekerasan dan kekuatan tarik yang bervariasi. [14]. Dalam penelitian selanjutnya dari Muhammad Husen Bahasa dan A.H. Fuad Efendi dalam penelitian terapan dari las gesek dalam memproduksi komponen as sepeda motor didapatkan bahwa semakin lama waktu gesek ( 25, 35, 45 detik) semakin meningkat kekuatan sambungannya namun akan menurun kembali ketika waktu geseknya semakin lama ( 55, 65 detik). Perubahan ini didukung dengan perubahan struktur mikronya [15]. Semakin besar gaya tempa maka semakin besar nilai kekuatan sambungan dari las gesek namun semakin berkurang panjang sampel ujinya karena upset semakin besar.[16].

Tujuan penelitian ini adalah pemanfaatan teknologi las gesek dalam upaya penerapan untuk memproduksi produk komponen back spring pin. Untuk mendukung tujuan tsb., maka dilakukan penelitian terkait dengan variasi waktu gesek teradap perubahan struktur mikro dan perubahan sifat mekanik seperti kekuatan tarik sambungan, kekuatan puntir juga kekerasan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir percobaan

## 2.2. Material benda uji

### 2.2.1. Komposisi

Sampel uji adalah adalah baja karbon rendah St 41 dengan komposisi: C= (0,07-0,10)%, Mn= (0,3-0,6)%, Si=(0,15-0,25)%, P=0,03%, S=0,035%,

### 2.2.2. Dimensi

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini untuk uji tarik dan puntir menggunakan poros silinder pejal Ø 14 mm dan kepala bautnya berbentuk segi enam Ø 22 mm.

## 2.3. Proses Penyambungan dengan las Gesek

Proses penyambungan dengan las gesek dilakukan dua tahap yaitu tahap gesekan (friction phase) dan tahap penempaan (forging phase).

### 2.3.1. Proses Friction

Tahap gesekan dengan proses operasional antara lain kecepatan putaran 4215 Rpm, tekanan gesek  $127,27 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  dengan waktu bervariasi yaitu 35,45,55 dan 65 detik. Ketika proses *friction* dilakukan maka masing-masing benda kerja akan mengalami upset awal pada kedua permukaan yang disambung. Setelah waktu yang ditentukan tercapai, lalu mesin las gesek dihentikan dan kemudian dilakukan proses tempa.

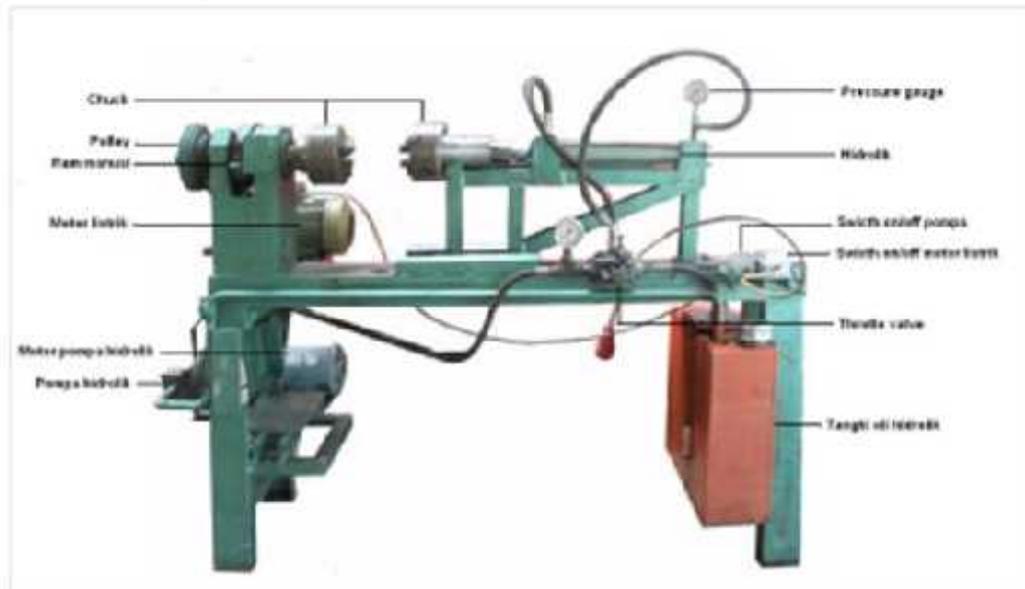
### 2.3.2. Proses tempa

Tahap tempa dilakukan dengan tekanan tempa sebesar  $(1018,18) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ . Selanjutnya benda kerja didinginkan dengan media udara pada temperatur ruangan.

## 2.4. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan adalah

1. Mesin Las Gesek langsung (direct-drive friction welding)
2. Infrared Thermograf



Gambar 6. Mesin Las gesek langsung



Gambar 7. Infrared Thermograf

### 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Analisa Hasil Penelitian

##### 3.1.1. Analisa Hasil Uji Tarik

Hasil proses penyambungan dengan mesin las gesek untuk keperluan pengujian tarik.

Tabel 1. Hasil proses pengelasan dengan mesin las gesek dengan variasi waktu

No	Friction		Forging			Benda kerja			
	P. gesek kg/cm <sup>2</sup>	Waktu gesek (dt)	P. tempa kg/cm <sup>2</sup>	Temp (°C)	HAZ (mm)	Awal (mm)	Akhir (mm)	Upset (mm)	
1	127,27	35	1018,18	655	11,10	300	296,4	3,60	A
2		45		831	13,15	300	294,7	5,25	B
3		55		631	14,05	300	295,9	4,10	C
4		65		522	14,40	300	296,6	3,40	D

Dari table 3 terlihat adanya korelasi antara waktu gesek dengan kenaikan temperature. Temperatur tertinggi ada pada waktu gesek 45 detik. Ketika waktu gesek dinaikan 55 detik dan 65 detik, temperature yang dihasilkan ternyata turun. Penurunan temperature ini disebabkan karena efek gesekan turun karena material mulai terjadi terjadi penurunan sifat mekanik. Kondisi ini terkait dengan terbentuknya upset. (Gambar 9.)



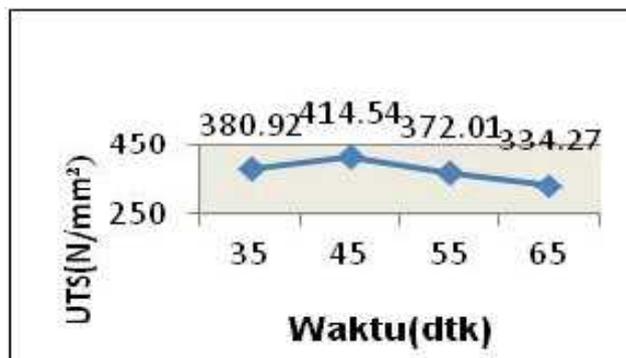
Gambar 9. Benda kerja uji tarik setelah proses las gesek

Pada gambar 9, terlihat sampel uji yang telah mengalami proses las gesek. Selalu ada bagian yang mengalami deformasi palstis yaitu upset. Terlihat adanya ketidak semetrisan bagian kanan dan kiri dari upset yaitu adanya perbedaan daerah oksidasi yang berbeda panjangnya.

Tabel 2. Hasil pengujian tarik

No	Specimen		UTS		
	$F_{peak}$ (kgf)	$A_o$ (mm <sup>2</sup> )	$\frac{F_{peak}}{A_o}$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	$\frac{N}{mm^2}$	
1	A	1953,62	50,24	38,87	380,92
2	B	1628,92	38,5	42,3	414,54
3	C	2414,13	63,59	37,96	372,01
4	D	2168,88	63,59	34,11	334,27

Pengaruh variasi waktu gesek terhadap kekuatan tarik sambungan dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengaruh waktu gesekan terhadap kekuatan tarik pada tekanan tempa 1018,18 kg/cm<sup>2</sup>

Pada gambar 10. menunjukkan bahwa waktu gesekan berpengaruh terhadap kekuatan tarik pada produk las gesek. Dimana kekuatan tarik terbesar terjadi pada waktu 45 detik. Hal ini karena waktu tersebut diperoleh temperatur tertinggi ( $\pm 800^{\circ}\text{C}$ ) dibanding waktu 35, 55 dan 65. Jika waktu gesekan diperpanjang maka temperatur gesek akan turun dikarenakan gesekan yang terjadi pada kedua material lama- kelamaan

akan menurun seiring dengan waktu. Dengan turunnya temperatur ini maka hasil kekuatan tarik yang dihasilkan pada produk las gesek juga turun.



Gambar 11. Spesimen 1 ( patah pada HAZ )



Gambar 12. Spesimen 2 ( patah pada HAZ )



Gambar 13. Spesimen 3 ( patah pada HAZ )



Gambar 14. Spesimen 4( patah pada sambungan )

### 3.1.2. Analisa Hasil Uji Puntir

Analisa hasil uji puntir dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4 dan gambar 15

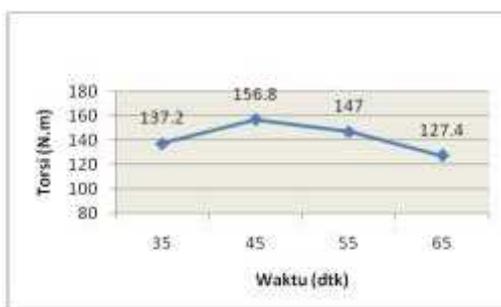
Tabel 3. Hasil operasional las gesek untuk keperluan uji puntir

No	<i>Friction</i>		<i>Forging</i>		<i>Benda kerja</i>				
	P.gesek kg/cm <sup>2</sup>	Waktu gesek(dt)	P. tempa kg/cm <sup>2</sup>	Temp (°C)	HAZ (mm)	Awal (mm)	Akhir (mm)	Upset (mm)	
1	127,27	35	1018,18	670	6,20	65	62,15	2,85	A
2		45		831	7,00	65	61,80	3,20	B
3		55		621	8,10	65	62,20	2,80	C
4		65		547	8,25	65	62,40	2,60	D

Dari tabel 3. menunjukkan bahwa ada korelasi antara waktu gesekan terhadap temperatur. Ketika diberikan waktu gesekan yang lebih lama, maka temperatur akan mengalami penurunan. Hal ini juga berpengaruh terhadap hasil upset dan panjang benda kerja awal sampai akhir.

Tabel 4. Hasil uji punter

No	<i>Benda kerja</i>	Torsi Kgf.m	Torsi (9,8 m/s <sup>2</sup> ) N.m
1	A	14	137,2
2	B	16	156,8
3	C	15	147
4	D	13	127,4



Gambar 15. Grafik waktu gesekan terhadap kekuatan puntir

Pada gambar 15. menunjukkan bahwa perubahan parameter waktu gesekan sangat berpengaruh terhadap hasil kekuatan puntir. Dari hasil uji puntir dihasilkan untuk spesimen yang mempunyai temperatur ideal memiliki kekuatan puntir tinggi, jika waktu gesekan terlalu lama maka transfer antar atom pada permukaan benda kerja akan lebih sulit karena kondisi kedua permukaan sudah mulai mengeras kembali karena menurunnya temperatur pada las. Hal ini akan berpengaruh terhadap kekuatan puntir yang dihasilkan.

### 3.1.3. Analisa Hasil Uji Kekerasan

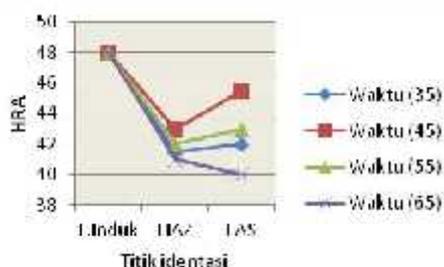
Untuk keperluan analisa hasil uji kekerasan dapat dilihat pada tabel 7 dan gambar 17

Tabel 5. Hasil uji kekerasan

No	Gesek		Tempa		Titik identasi (HRA)		
	P. gesek (kg/cm <sup>2</sup> )	Waktu gesek	P. tempa (kg/cm <sup>2</sup> )	Temp (°C)	Logam induk	HAZ	LAS
1.		35		655	48	41,5	42
2.		45		831	48	43	45,5
3.	127,27	55	1018,18	748	48	42	43
4.		65		669	48	41	40

### 3.1.4. Grafik Uji Kekerasan

Dibawah ini merupakan perbandingan hasil uji kekerasan pada parameter waktu gesek (35,45,55 dan 65 detik)

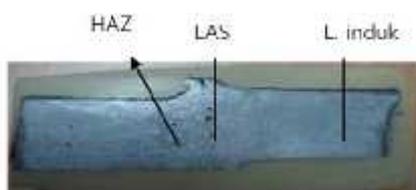


Gambar 17. Grafik perbandingan hasil uji kekerasan terhadap variasi waktu gesekan

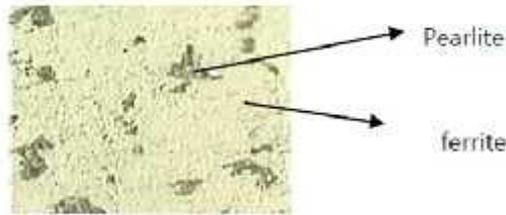
Pada gambar 17. menunjukkan bahwa lamanya waktu gesekan mempengaruhi kekerasan hasil las. Hal ini dapat dilihat pada tabel 17. bahwa nilai uji kekerasan pada las akan cenderung lebih besar daripada nilai uji kekerasan pada HAZ, jika waktu gesekan terlalu lama maka nilai uji kekerasan pada las akan menurun kembali dikarenakan *Weld nugget* sudah mulai dingin dan hasil proses difusi antar atom kurang maksimal.

### 3.1.5. Analisa Struktur Mikro

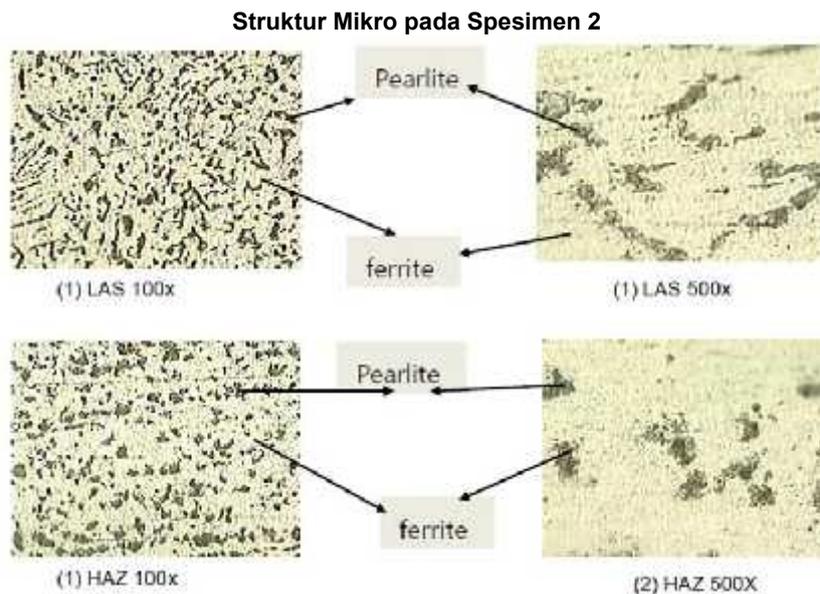
Pengamatan pada struktur mikro material yang mengalami proses pengelasan akan dilakukan pada 2 tempat yaitu pada daerah las dan HAZ. Kedua daerah itu mendapat pengaruh panas yang berbeda pada saat proses pengelasan berlangsung, sehingga akan memiliki struktur mikro yang berbeda pula. Struktur mikro spesimen dapat dilihat pada gambar dibawah ini dengan perbesaran 100 x dan 500 x.



Gambar 18. Belahan penampang spesimen ST 41



Gambar 19. Struktur mikro logam induk



Gambar 20. Struktur mikro dengan waktu gesek 45 detik dan tekanan tempa 1018,18 kg/mm<sup>2</sup>

Dari gambar 20. menunjukkan perubahan struktur mikro yang terjadi pada HAZ dan daerah las. Pada daerah las struktur mikronya sangat rapat, kandungan pearlitanya sangat banyak dan dapat disimpulkan dengan banyaknya struktur perlit yang terlihat, maka kekerasan pada daerah las lebih tinggi namun lebih tangguh. Dengan sedikitnya pearlite yang terlihat menandakan bahwa kekerasan material tersebut rendah, namun keuletannya tinggi.

Perubahan sifat mekanik sangat berpengaruh terhadap struktur mikro, begitu pula sebaliknya. Sifat mekanik juga dapat berubah jika dipengaruhi oleh 3 hal yaitu perubahan komposisi bahan, perlakuan panas yang terjadi, lalu bermacam proses fabrikasi yang terjadi pada material tersebut. Untuk material ST 41 mengalami perubahan struktur mikro dan distribusi kekerasan karena pada proses friction welding mengalami perlakuan panas akibat gesekan lalu pemberian tekanan tempa.

Pada percobaan ini, peluang terjadinya perubahan struktur mikro dikarenakan oleh perlakuan panas yang terjadi pada bahan saat permukaan benda bergesekan dan proses fabrikasi yang terjadi, dalam hal ini pemberian tekanan tempa. Untuk faktor perubahan komposisi bahan, dirasa tidak terjadi disini karena jangka waktu terjadinya perlakuan panas pada bahan tidak terlalu lama. Kemudian pada logam lasan gesek dapat terbentuk sebuah struktur yang lebih rapat, ini disebabkan karena adanya penekanan pada saat proses pengelasan ketika kondisi logam berada pada suhu yang tinggi, sehingga struktur yang terjadi lebih rapat. Pemberian tekanan ini juga dapat menghindarkan terjadinya martensite pada struktur bahan.

### 3.2. Pembahasan Hasil Penelitian

Pada bagian ini akan dibahas mengenai sifat mekanik hasil percobaan dengan mengacu pada berbagai data yang sudah didapat.

Dari hasil pengujian tarik didapat, bahwa spesimen dengan temperatur tertinggi (waktu 45 detik) mempunyai kekuatan tarik paling tinggi yaitu 414,54 N/mm<sup>2</sup>. Dimana specimen dengan waktu gesek 45 detik didapatkan temperatur tertinggi dibandingkan dengan yang lain (35,55 dan 65 detik). Hasil pengujian tarik dari sambungan specimen yang dilas dengan metode *direct-drive friction welding* ini diperoleh pada waktu yang sudah dianggap ideal. Perubahan variabel apapun dalam metode pengelasan gesek ini sangat mempengaruhi satu sama lain, contohnya waktu gesekan. Dengan tekanan gesek dan tempa yang sama, namun waktu gesekan bervariasi, sudah bisa didapatkan hasil produk pengelasan gesek yang berbeda. Upset yang dihasilkan berbeda, begitu juga dengan kekuatan sambungannya setelah diuji tarik juga menunjukkan hasil yang berbeda. Ini dikaitkan juga dengan berbagai variasi waktu yang digunakan, maka berbeda juga temperatur yang terjadi pada benda kerja. Hasil dari penelitian kekuatan puntir pada friction

welding diperoleh sebesar 16 kgf.m.

Dari hasil uji kekerasan dapat disimpulkan bahwa specimen yang paling ideal dan mempunyai kekerasan paling tinggi adalah specimen dengan waktu gesek 45 detik yang mempunyai nilai kekerasan 45,5 skala HRA pada daerah las. Hal ini didapat karena waktu yang sudah cukup ideal untuk baja karbon rendah. Jika waktu gesekan terlalu lama maka nilai uji kekerasan pada las akan menurun kembali dikarenakan *Weld nugget* sudah mulai dingin dan hasil proses difusi antar atom kurang maksimal.

#### 4. SIMPULAN

Dari hasil percobaan pengelasan baja ST 41 pada produk Back spring pin dengan metode *Direct-Drive Friction Welding* dengan kecepatan putar yang digunakan 4215 rpm, variasi waktu gesek 35,45,55 dan 65 detik, tekanan gesek 127,27 kg/mm<sup>2</sup> dan tekanan tempa 1018,18 kg/mm<sup>2</sup> dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perubahan waktu gesekan mempengaruhi sifat mekanik yang dihasilkan pada sambungan las. Dimana waktu gesekan 45 detik dihasilkan kekuatan tarik dan puntir tertinggi dari waktu gesekan yang lain yaitu pada kekuatan tarik sebesar 414,54 N/mm<sup>2</sup> dan kekuatan puntir 16 kgf.m.
2. Distribusi kekerasan terbaik pada waktu gesekan 45 detik. Hasil dari kekerasan weld nugget lebih tinggi dari HAZ sehingga menghasilkan lasan yang baik dan tidak patah pada sambungan melainkan patah pada daerah HAZ.
3. Strukturmikro yang terbentuk mempengaruhi kekuatan sambungan. Hasil dari strukturmikro dengan kandungan ferrit lebih banyak dari pearlite menghasilkan kualitas sambungan lebih baik.
4. Dengan proses pengelasan menggunakan metode *direct-drive friction welding* dapat digunakan sebagai alternatif pembuatan produk *back spring pin* T-120 yang lebih efisien.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kalpakjian, Serope., **Manufacturing Processes for Engineering Materials**, Fourth edition. Pearson Prentice Hall International, 2001.
- [2] Spinler, **What Industry Needs to Know about Friction Welding**, Welding Journal, march,p. 37 – 42., 1994.
- [3] Navar, A., "**The Steel Handbook**", McGraw Hill, New York, 2002.
- [4] Motensen, Jensen, Conrad and Losee,**Mechanical Properties and Microstructures of Inertia Friction Welded 416 Stainless Steel**, *welding research supplement*, November, p. 268-273,2001.
- [5] P.Sathiva, S., Aravindan dan A., Noorrrul Hag, **Friction welding of austenitic stainless steel and optimization of weld quality**. *International Symposium of research student on Materials science and Engineering*, Desember 20-22, Chennai India, 2004.
- [6] Mumin Sahin, **Joining with Friction Welding of High Speed Steel and Medium Carbon Steel**, *Journal of Materials Processing Technology* 168, halaman 201-210, 2005.
- [7] Akbari mousavi and Rahbar kelishami, **Experimental and Numerical Analysis of the Friction Welding Process for the 4340 Steel and Mild Steel Combinations**, *Welding Research*, volume 87, July 2008, p.178-186, 2008.
- [8] Ho Seung Jeong dkk.,**Inertia Friction Welding Process Analysis and Mechanical Properties Evaluation of Large Rotor Shaft in Marine Turbo Charger**, *International journal of precision engineering and manufacturing* volume 11, no.1 , page 83-88, 2010.
- [9] Mumin Sahin, H. Erol Ataka 2003." **Joining with friction welding of plastically deformed steel**".Mechanical Engineering Departement, Trakya University, Edirne,Turkey.
- [10] Mumin Sahin, 2004." **Joining with friction welding of high-speed steel and medium carbon steel**".Mechanical Engineering Departement, Trakya University, Edirne,Turkey
- [11] Alfian Mahdi Raditya Firdous, **Pengaruh Tekanan Tempa Terhadap Upset, Akurasi Dimensi dan Kekuatan Sambungan Lasan pada Baja Karbon Aisi 1045 dengan Direct-Drive Friction Welding**, *Tugas Akhir D3 Teknik Mesin*, FTI, ITS, Surabaya, 2010.
- [12] Wahyu Nugroho, **Pengaruh Durasi Gesekan, Tekanan Gesek dan Tekanan Tempa Terhadap Kekuatan Sambungan Las Gesek Langsung pada Baja Karbon Aisi 1045**, *Tugas Akhir Teknik Mesin*, FTI, ITS, Surabaya, 2010.
- [13] Anggi Aditya dan Maulana Fajeri, **Rancang Bangun Mesin Friction Welding Yang Menghasilkan Produk As Sepeda Motor**, *Tugas Akhir D3 Teknik Mesin*, FTI, ITS, Surabaya, 2011.
- [14] Eko Nur Cahyo dan Dimas Angga S, **Analisa Pengaruh Waktu Gesekan Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik pada Pipa Baja ASTM A106 dengan Metode Friction Welding**", *Tugas Akhir D3 Teknik Mesin*, FTI, ITS, Surabaya, 2010.
- [15] Muhammad Husen Bahasa, **Analisa Pengaruh Waktu Gesekan Dengan Metode Direct Drive Friction Welding Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Baja St 41 Sebagai Alternative Pengganti Proses Produksi As Roda Sepeda Motor**. *Tugas Akhir D3 Teknik Mesin*, FTI, ITS, Surabaya, 2011.
- [16] AH Fuad Efendi, **Analisa Pengaruh Tekanan Tempa Dengan Metode Direct Drive Friction Welding Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Baja St 41 Sebagai Alternative Pengganti Proses Produksi As Roda Sepeda Motor**, *Tugas Akhir D3 Teknik Mesin*, FTI, ITS, Surabaya, 2011.