

Studi Eksperimen Pengaruh Durasi Gesek, Tekanan Gesek Dan Tekanan Tempa Pengelasan Gesek (FW) Terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Pada Baja Aisi 1045

Hari Subiyanto^{1,*}, Subowo¹, Gathot DW¹, Syamsul Hadi¹

Jurusan Teknik Mesin FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jalan. Arief Rachman Hakim 01, Surabaya 61111. Indonesia

* E-mail : robin@me.its.ac.id

Abstrak. Pengelasan gesek adalah pengelasan dalam kondisi padat (solid-state), tanpa menggunakan logam pengisi. Dua benda kerja yang akan disambung diatur gerakan relatif, saling bergesekan dan pada permukaan kontak menjadi panas, ketika sudah mencapai temperatur pengelasan/ tempa maka diberikan tekanan tempa, sehingga terbentuk sambungan las. Proses pengelasan ini pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran, durasi gesekan, tekanan gesek dan tempa. Pengelasan ini melibatkan beberapa variable proses yang saling mempengaruhi, dan yang paling utama adalah temperature tempa dan tekanan tempa.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter proses pengelasan (durasi gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa) terhadap kualitas sambungan (kekuatan tarik, dan kekuatan impact). Rancangan penelitian dengan variable bebas; kecepatan putaran poros 4200 rpm, durasi gesek dalam waktu 50 detik, 70 detik, 90 detik dan tekanan gesek sebesar 6 MPa, 12 MPa dan 18 MPa serta tekanan tempa sebesar 24 MPa, 34 MPa dan 53 Mpa, benda kerja yang digunakan baja AISI 1045. Variabel respon yang diamati berupa kekuatan tarik dan kekuatan impact.

Dari hasil penelitian ini didapatkan, kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada kombinasi parameter durasi gesek 90 detik, tekanan gesek 18 MPa, dan tekanan tempa 53 MPa yaitu sebesar 730 Mpa, dengan lokasi patahan di logam induk (BM). Kekuatan tarik terendah diperoleh pada kombinasi parameter durasi gesek 50 detik, tekanan gesek 6 Mpa dengan, dan tekanan tempa 24 MPa yaitu sebesar 282 Mpa, dengan lokasi patahan di logam las. Lokasi patahan pada logam las (WM), daerah pengaruh panas (HAZ) dan logam induk (BM), menunjukkan kekuatan sambungan semakin meningkat dengan meningkatnya durasi gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa. Peningkatan kekuatan sambungan (logam las) dapat melampaui kekuatan logam induk pada kondisi parameter pengelasan yang tepat. Kekuatan impact semakin besar, berbanding lurus dengan kenaikan; durasi waktu gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa.

Kata Kunci: Pengelasan Gesek, Kualitas Sambungan, Durasi Gesekan, Tekanan Gesek, Tekanan Tempa, Baja AISI 1045.

1. Pendahuluan

Pengelasan gesek adalah pengelasan cara khusus dimana dua benda kerja yang akan disambung saling bergesekan untuk membangkitkan panas, ketika sudah mencapai temperatur tempa maka diberikan tekanan tempa sehingga terbentuk sambungan lasan. Komponen otomotif yang proses pembuatannya menggunakan pengelasan gesek (friction welding/ FW) adalah; Poros transmisi gardan (crankshaft), katup isap/ pembuangan (valve intake) dalam ruang bakar (gambar 1).

Kekuatan sambungan hasil pengelasan gesek dipengaruhi oleh dua variable utama; temperatur tempa dan tekanan tempa. Temperatur tempa sendiri dipengaruhi saat fase gesek yaitu oleh; kecepatan putar, tekanan gesek, durasi gesek, dan kekasaran permukaan kedua benda kerja. Penelitian sebelumnya yang mengkaji durasi gesek mempengaruhi kekuatan sambungan pipa baja ASTM A106, dimana durasi gesek terkait dengan tinggi rendahnya temperatur tempa[2].



Gambar 1. Katup isap/ buang merupakan salah satu komponen otomotif yang dibuat dengan pengelasan gesek. [1].

Tahapan pengelasan harus dilakukan dengan cermat, mengingat kesemuanya variabel saling mempengaruhi satu sama lain, tidak boleh dilaksanakan dengan sembarangan sehingga bisa menyebabkan penurunan kekuatan sambungan lasan.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi durasi gesekan, tekanan gesek, dan tekanan tempa pada saat pengelasan Direct-Drive Friction Welding terhadap sifat mekanik (kekuatan tarik dan kekuatan impact) dari sambungan baja karbon AISI 1045.
2. Bagaimana distribusi kekerasan dan struktur mikro dari sambungan terhadap hasil pengelasan yang sudah dilakukan pada daerah weld metal, HAZ dan base metal.

Agar penelitian ini dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka batasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut :

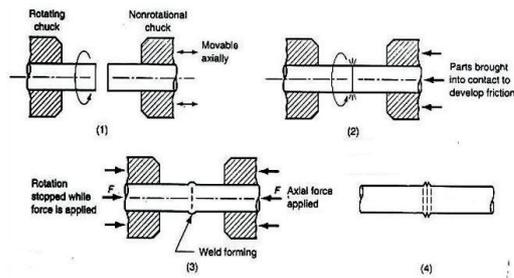
1. Material yang digunakan untuk penelitian ini adalah baja AISI 1045 diasumsikan dengan komposisi kimia yang homogen.
2. Kedua permukaan material diasumsikan rata pada saat proses pengelasan.
3. Kontak kedua benda kerja pada saat gesekan dan penempaan dianggap tidak terjadi misalignment.
4. Kecepatan putaran rotating chuck dianggap konstan pada saat fase gesekan.
5. Kondisi peralatan yang digunakan saat pengambilan data diasumsikan terkalibrasi dan Seluruh pengukuran variabel pengelasan dianggap tepat seperti pada alat pengukuran

Maksud dan tujuan penelitian dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh variasi durasi gesekan, tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap kekuatan sambungan (kekuatan tarik dan kekuatan impact) pada pengelasan Direct-Drive Friction Welding dengan material AISI 1045.
2. Mengetahui pengaruh variasi durasi gesekan, tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap distribusi kekerasan dan struktur mikro pada pengelasan Direct-Drive Friction Welding dengan material AISI 1045.

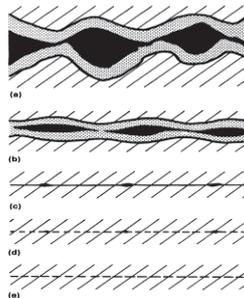
Pengelasan padat proses penyambungannya menggunakan panas dan tekanan, tetapi tidak terjadi peleburan pada logam dasar serta tanpa penambahan logam pengisi. Permukaan kedua benda yang akan disambung harus rata dan bersih, ketika diberi tekanan beberapa kristal akan tertekan dan bersinggungan. Bila tekanan diperbesar daerah singgungan ini akan bertambah luas, logam mengalami deformasi plastis sehingga batas antara dua permukaan kristal dapat menjadi satu (diffusi) dan terjadilah sambungan.

Gambar 2. menunjukkan tipikal dari las gesek, di mana salah satu benda kerja berputar terus-menerus, sementara benda kerja yang tidak berputar bergerak mendekat sampai bersinggungan dan bergesekan secara bertahap tekanan gesek meningkat sampai kedua permukaan mencapai temperatur penempaan. Setelah temperatur penempaan tercapai, putaran dihentikan dan dilanjutkan tekanan tempa sehingga terbentuk sambungan las.



Gambar 2. Tahapan proses pengelasan gesek 1) Salah satu benda berputar 2) Kedua benda bersinggungan sehingga terjadi gesekan 3) Jika temperature tempa tercai, putaran dihentikan kemudian ditempa dan 4) Terbentuk sambungan las.[3].

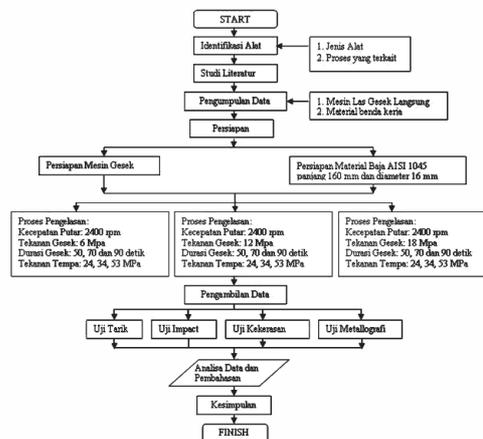
Sambungan las yang terbentuk akibat adanya mekanisme ikatan difusi. Dalam ikatan difusi, sifat dari proses sambungan pada dasarnya adalah peleburan dua atom yang menghilangkan permukaan yang solid. Sambungan yang sempurna terjadi melalui tiga-tahap urutan dalam metalurgi. Tiga tahapan tersebut adalah: 1). Deformasi mikroasperity, 2). Diffusion-Controlled Mass Transport, 3). Interface Migration) Setiap tahap, seperti ditunjukkan pada gambar. 3, terkait dengan mekanisme metalurgi tertentu yang memberikan kontribusi dominan terhadap proses ikatan.



Gambar 3. Mekanisme pengelasan difusi. (a) Titik awal kontak dan kontaminasi lapisan oksida. (b) Setelah beberapa titik kontak yield dan creep, lapisan tipis oksida menghasilkan void yang besar. (c) Setelah yield dan creep terakhir, beberapa void dan lapisan oksida menjadi sangat tipis. (d) Dilanjutkan dengan difusi vacancy yang menghilangkan lapisan oksida dan beberapa void kecil (e) ikatan selesai.[3].

2. Metodologi

Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh durasi gesek dan tekanan tempa pada pengelasan gesek/ FW gambar 4).

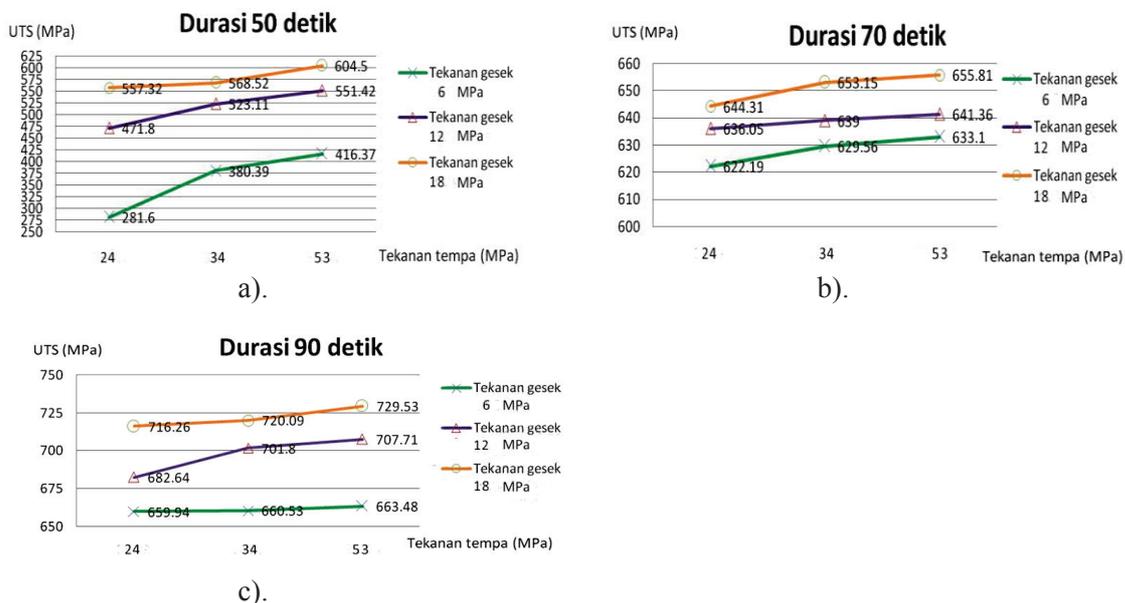


Gambar 4. Diagram alir penelitian

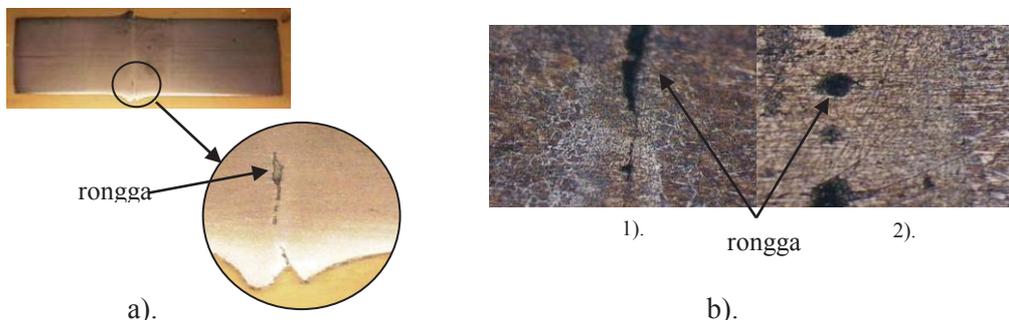
Bahan yang digunakan baja karbon AISI 1045 merupakan baja karbon rendah dengan kekuatan tarik minimum 705 N/mm². Material ini memiliki komposisi kimia sebagai berikut : C = 0.46 , S = 0.014, Si = 0.19, Cr = 0.03, Mn = 0.65, Ni = 0.01, P = 0.018, dan Cu = 0.02.

3. Pembahasan Hasil

Berdasarkan gambar 5 a), waktu gesek dengan durasi 50 detik terlihat bahwa tekanan gesek dan tempa mempengaruhi kekuatan tarik, semakin tinggi tekanan gesek dan tempa yang diberikan maka kekuatan tariknya semakin tinggi pula. Nilai kekuatan tarik masih rendah, dan semua lokasi patahan pada daerah logam las. Lokasi patahan pada logam las (WM) menunjukkan capaian dari tiga tahapan ikatan difusi yang belum sempurna. Fenomena tersebut dikarenakan durasi waktu gesek dan tekanan gesek sebagai fungsi temperatur yang dilakukan belum mencapai temperatur tempa, sehingga ketika diberikan tekanan tempa, daerah logam las masih terdapat rongga (void). Rongga tersebut menunjukkan bahwa difusi antar butiran belum sempurna (gambar 6). Keberadaan rongga ini menjadi latar belakang lokasi patahan berada pada logam las (WM).



Gambar 5. Grafik pengaruh tekanan gesek dan tempa dengan durasi a). 50 detik, b).70 detik dan 90 detik terhadap kekuatan tarik



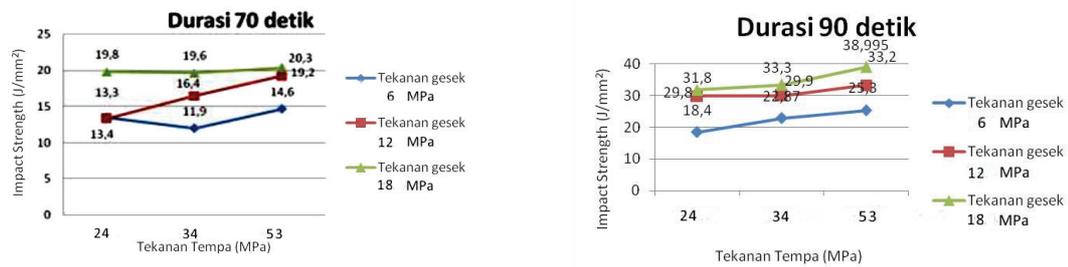
Gambar 6. Foto makro sambungan las; a). durasi gesek 50 detik, tekanan tempa 24 Mpa, masih dijumpai rongga dari ketidak sempurnaan ikatan difusi dan b). 1). Terlihat rongga yang lebar, 2). Ikatan difusi terbentuk walaupun masih ada rongga

Gambar 5 b). waktu gesek dengan durasi 70 detik terlihat bahwa tekanan gesek dan tempa mempengaruhi kekuatan tarik, semakin tinggi tekanan gesek dan tempa yang diberikan maka kekuatan

tariknya semakin tinggi pula. Nilai kekuatan tarik durasi 70 lebih tinggi dibandingkan durasi 50 detik dengan lokasi patahan di daerah; logam las, HAZ dan logam induk. Rongga pada daerah logam las semakin kecil dan mulai hilang, hal ini menunjukkan difusi antar butiran semakin baik (gambar 6 b). Gambar 5 c). menunjukkan pengaruh tekanan gesek dan tempa dengan durasi waktu gesek 90 detik terhadap kekuatan tarik, semakin tinggi tekanan gesek dan tempa yang diberikan maka kekuatan tarik semakin tinggi pula. Nilai kekuatan tarik durasi 90 lebih tinggi dibandingkan durasi 70 detik dengan lokasi patahan di daerah; HAZ dan logam induk.

Lokasi patahan di daerah pengaruh panas (HAZ) menunjukkan tiga tahapan ikatan difusi telah tercapai dan akhirnya logam las (WM) bukan lagi sebagai daerah terlemah. Sementara lokasi patahan pada logam induk (BM) menunjukkan perbaikan kualitas pada logam las (WM) dan daerah pengaruh panas (HAZ) dengan sempurnanya ikatan difusi dan penurunan jumlah rongga/ void

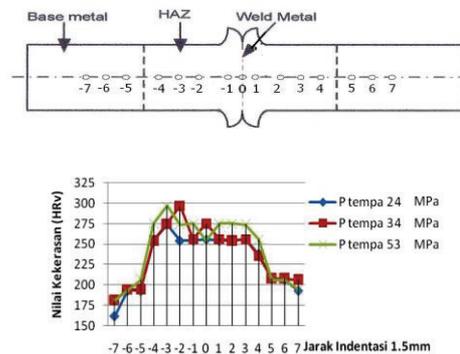
Uji impact dilakukan pada material uji dengan durasi waktu pengelasan 70 dan 90 detik untuk memastikan kekuatan sambungan, mengingat lokasi patahan dari uji tarik bervariasi mulai patah di logam las, HAZ dan logam induk.



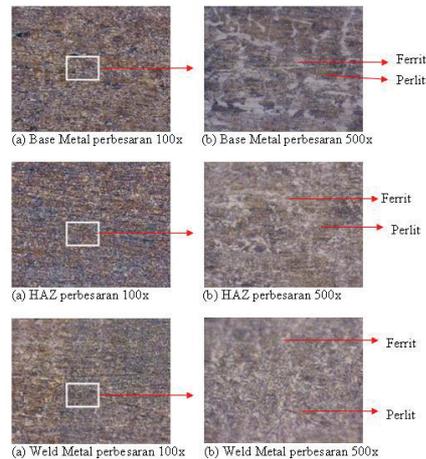
Gambar 7. Grafik pengaruh tekanan gesek dan tempa dengan durasi a). 70 detik dan b) 90 detik terhadap kekuatan impact

Gambar 7 a). menunjukkan pengaruh tekanan gesek dan tempa dengan durasi waktu gesek 70 detik terhadap kekuatan impact. Kekuatan impact naik dengan naiknya tekanan gesek dan tempa, dari luasan patahan dan energi impact masih terlihat sebagian sambungan las belum fusi. Gambar 7 b). terlihat kekuatan sambungan las dengan durasi pengelasan 90 detik lebih kuat dibandingkan dengan durasi waktu pengelasan 70 detik. Peningkatan kekuatan impact ini seiring dengan naiknya kualitas fusi sambungan las.

Dari gambar 8. dapat dilihat bahwa nilai kekerasan semakin besar berurutan dari logam induk, HAZ dan logam las. Pengaruh parameter las secara metalurgi selain terjadi perubahan nilai kekerasan juga mengubah sifat mekanik yang lain; kekuatan tarik dan impact.



Gambar 8. Distribusi kekerasan pada; logam las (WM), daerah pengaruh panas (HAZ) dan logam induk (BM). Kondisi pengelasan tekanan gesek 18 MPa, waktu gesek 90 detik dan tekanan tempa 24, 34 dan 53 MPa.



Gambar 9. Metalografi pada logam induk, HAZ dan logam las dalam kondisi parameter pengelasan; durasi waktu gesek 90 detik, tekanan gesek 18 MPa dan tekanan tempa 53 MPa.

Perubahan metalografi merupakan latar belakang perubahan sifat mekanik (kekerasan, kekuatan tarik dan impact). Perubahan metalurgi merupakan dampak dari setiap perubahan parameter las. Perubahan sifat mekanik dari logam induk, daerah terpengaruh panas pengelasan (HAZ) dan logam las, dapat ditelusuri dari perubahan metallografi (gambar 9) dan distribusi kekerasan yang terjadi.

4. Kesimpulan

Peningkatan kekuatan sambungan hasil pengelasan gesek (friction welding) guna menunjang industri otomotif, pada dasarnya dapat dicapai dengan mengatur parameter pengelasan yang tepat. Parameter pengelasan meliputi; durasi waktu gesek (50,70 dan 90 detik), tekanan gesek (6, 12 dan 18 MPa), tekanan tempa (24, 34 dan 53 MPa) dan rotasi spindel 2400 rpm. Kesimpulan dari penelitian sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada kombinasi parameter durasi gesek 90 detik, tekanan gesek 18 MPa, dan tekanan tempa 53 MPa yaitu sebesar 730 Mpa, dengan lokasi patahan di logam induk (BM). Kekuatan tarik terendah diperoleh pada kombinasi parameter durasi gesek 50 detik, tekanan gesek 6 MPa dengan, dan tekanan tempa 24 MPa yaitu sebesar 282 Mpa, dengan lokasi patahan di logam las.
2. Lokasi patahan pada logam las (WM), daerah pengaruh panas (HAZ) dan logam induk (BM), menunjukkan kekuatan sambungan semakin meningkat dengan meningkatnya durasi gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa.
3. Kekuatan impact semakin besar, berbanding lurus dengan kenaikan; durasi waktu gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa.
4. Nilai kekerasan terjadi kenaikan pada logam pengaruh panas (HAZ) 297 HV dan logam las (BM) 275 HV dibandingkan dengan logam induk 172 HV.
5. Struktur mikro pada daerah pengaruh panas HAZ berupa ferrit dan pearlit dengan ukuran butiran halus, weld metal berupa ferrit dan pearlit kasar dan logam induk tidak terjadi perubahan.

5. Daftar Referensi

- [1] Willard W. Pulkrabek, 2004” Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine” University of Wisconsin- Platteville
- [2] Nur Husodo, Hari Subiyanto, 2011 “Pengaruh Waktu Gesek Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Pada Pipa Baja ASTM A106 dengan Metoda Friction Welding” Seminar Nasional FTI IT S,
- [3] Olson, D.Leroy., Siewert, A.thomas., Liu, Stephen., Edward,G.R., 1993, “Welding, Brazing, And Soldering vol 6”, ASM International, New York.
- [4] Callister, William D, 1994, Materials Science And Engineering, John Willey & Sons,Inc. USA.