

PELATIHAN Pengerasan Sepuh Permukaan Roda Gigi Menggunakan Module Pemanas Induksi

M. Badaruddin ^{1*}, Sugiyanto¹, H. Supriyadi¹, Zulhanif¹, Ruwanto¹,
A. U. Fajri², J. R. Napitu²

¹ Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung

² Alumni Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung

Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

Penulis korespondensi: mbruddin@eng.unila.ac.id

Kegiatan PkM ini bertujuan untuk memberikan bekal tambahan kepada para alumni mahasiswa teknik mesin yang ingin menambah wawasan tentang bagaimana proses dan pelaksanaan pengerasan roda gigi dari baja paduan rendah. Agar para alumni dapat mengembangkan wirausaha dalam bentuk unit kegiatan masyarakat (UKM) sebagai bentuk usaha untuk memberdayakan masyarakat agar punya inovasi dalam bidang teknologi pengerasan permukaan baja sebagai komponen utama bahan roda gigi. Pelatihan pengerasan sepuh yang diberikan kepada beberapa alumni Teknik Mesin Unila melalui kegiatan PkM menunjukan tingkat pemahaman sekitar 55% peserta menunjukan tingkat pemahaman dan 25% sangat memahami. Sedangkan 25% dari 20 peserta pelatihan menunjukan tingkat cukup memahami tentang aplikasi pengerasan sepuh dengan menggunakan pemanas induksi. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil pengukuran kualitas kontrol melalui pengujian kekerasan permukaan benda kerja setelah diberi pengerasan sepuh. Tingkat kekerasan lebih tinggi diperoleh pada proses penyepuhan dengan suhu media quenching dalam larutan garam 250 °C (44HRC). Sedangkan kekerasan benda kerja pada kondisi pengerasan sepuh dalam larutan garam 350 °C adalah sekitar 36HRC. Para peserta rata-rata memahami peningkatan kekerasan permukaan baja dipengaruhi oleh struktur martensit yang keras dan tingkat kekerasan pada permukaan baja ditentukan oleh suhu media larutan garam sebagai pendingin.

Kata kunci: Roda Gigi, Pengerasan Sepuh, Larutan Garam, Nilai Kekerasan, Martensit

1. Pendahuluan

Baja dan paduannya masih menjadi material yang banyak digunakan untuk produksi komponen peralatan kendaraan terutama pembuatan roda gigi dan juga digunakan untuk alat-alat pertanian dan perkebunan sebagai pisau pemotong atau suku cadang untuk traktor. Baja yang diaplikasikan untuk pembuatan suku cadang kendaraan dan alat-alat pertanian harus memenuhi syarat yang sesuai dengan kebutuhan aplikasinya, seperti kekuatan tarik dan kekerasan. Sebagai contoh, mekanisme kerja roda gigi pada kondisi gesekan, maka syarat utama yang harus dipenuhi adalah sifat kekerasan yang sesuai untuk kondisi beban gesek. Umumnya aplikasi roda gigi secara luas digunakan pada bidang konstruksi maupun bidang otomotif (Sugiyanto, 2018).

Untuk meningkatkan kekuatan baja ada beberapa cara seperti, pengerjaan panas, pengerjaan dingin, perlakuan panas (heat treatment) (Badaruddin, 2004). Agar sifat baja yang digunakan

sesuai dengan kebutuhan maka perlakuan panas (heat treatment) harus diberikan pada baja tersebut. Tujuan perlakuan panas (heat treatment) adalah untuk meningkatkan sifat mekanik baja yang memenuhi syarat untuk komponen mesin, seperti nilai kekerasan, kekuatan dan struktur mikronya (Rakhit, 2000). Proses perlakuan panas konvensional telah ada sejak jaman revolusi industri dan sampai sekarang masih menjadi kebutuhan dalam industri manufaktur logam. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan beragam sifat mekanik yang dibutuhkan dengan mengatur parameter yang tepat dan sesuai dengan karakteristik awal bajanya untuk menghasilkan sifat mekanik yang sesuai kebutuhan aplikasi.

Sekarang ini, sistem pemanas induksi (induction heating) menjadi tren sebagai salah satu peralatan yang digunakan untuk memanaskan baja pada suhu austenit (Indratmoko dkk, 2023). Pemanas induksi menggunakan prinsip kumparan koil

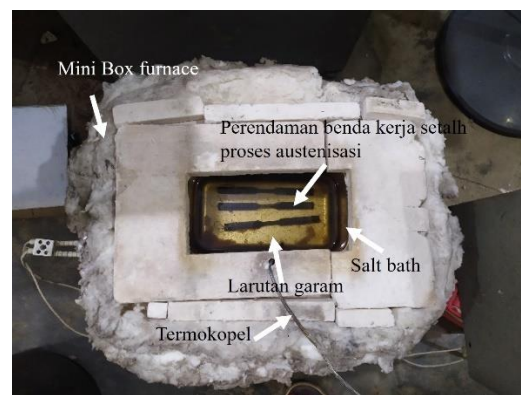
tembaga yang dialiri arus bolak-balik yang diletakkan disekitar bahan konduktif (Rifky dkk, 2019). Setelah baja dipanaskan pada suhu austensisasi selama beberapa saat dan selanjutnya baja dicelupkan dalam bak yang berisi larutan media pendingin menggunakan campuran garam. Campuran garam dicairkan pada suhu tertentu dan dijaga konstan selama baja dicelupkan dalam bak media pendingin. Proses ini dikenal sebagai proses penyeputan (quenching). Proses ini merupakan salah satu proses yang cukup penting dalam proses manufaktur di industri logam (Muhammad dkk. 2016). Maka oleh sebab itu kami akan mengadakan pelatihan dan praktik pengerasan baja melalui proses penyeputan. Pelatihan dan praktik penyeputan ini hanya diberikan kepada para alumni teknik mesin yang baru menyelesaikan studinya. Tujuan kegiatan ini sebagai salah membekali alumni untuk mendapatkan tambahan pengetahuan dan keahlian tentang pengerasan roda gigi menggunakan module pemanas induksi. Karena teknik penyeputan ini murah dan sederhana dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan mekanik baja untuk keperluan beberapa industri pertanian dan perkebunan di Lampung khususnya (Andriko dkk. 2024). Dalam kegiatan PkM ini, pengerasan sepuh diberikan pada baja paduan dengan menggunakan module pemanas induksi dan metode quenching dalam media pendingin campuran garam yang dicairkan pada suhu 250 dan 350 °C.

2. Bahan dan Metode

A. Bahan dan Media Pendingin Proses Penyeputan

Pelaksanaan PkM yang dilakukan oleh tim dosen, teknisi dan mahasiswa adalah dalam bentuk pelatihan: (1). teori-teori dasar tentang baja yang khusus untuk komponen elemen mesin, seperti roda gigi, poros, dan pinion. Bahan yang digunakan dalam kegiatan PkM ini adalah sebagai sampel baja SUP9. Komponen elemen mesin ini umumnya dibuat melalui proses pemesinan dengan CNC mesin dan proses lanjutan dilakukan dengan penyeputan. (2) Proses pengenalan teori perlakuan panas dengan penyeputan atau dalam istilah teknik mesin adalah proses quenching yang menggunakan media pendingin oli atau air dingin. Dalam proses penyeputan kali ini kami mencoba media pendingin campuran garam terdiri dari 50%KNO₃ dan 50% NaNO₃. Garam tersebut dimasukasikan ke dalam wadah dari bahan stainless steel ukuran 2 liter (salt bath)

yang diletakkan dalam mini furnace dan kemudian dicairkan pada suhu 250 °C dan 350 °C dan ditahan agar larutan garam suhu konstan menggunakan termokopel (Gambar 1). Pemilihan garam cair ini berdasarkan atas penelitian yang sudah dilakukan oleh Badaruddin dkk. (2024) yang menggunakan campuran garam untuk mengeraskan mata pisau pemotong tebu. Selain itu kami juga menggunakan oli mesin SAE 20 yang suhu oli dinginkan dalam air dicampur es (Badaruddin, dkk. 2023). Karakterisasi hasil proses penyeputan akan dilakukan dengan mengukur kekerasan permukaan dengan alat uji kekerasan portabel (Badaruddin, 2024).



Gambar 1. Bak Larutan Garam Sebagai Media Pendingin Untuk Pengerasan Sepuh Baja

B. Diagram Alir Pelaksanaan Pengabdian

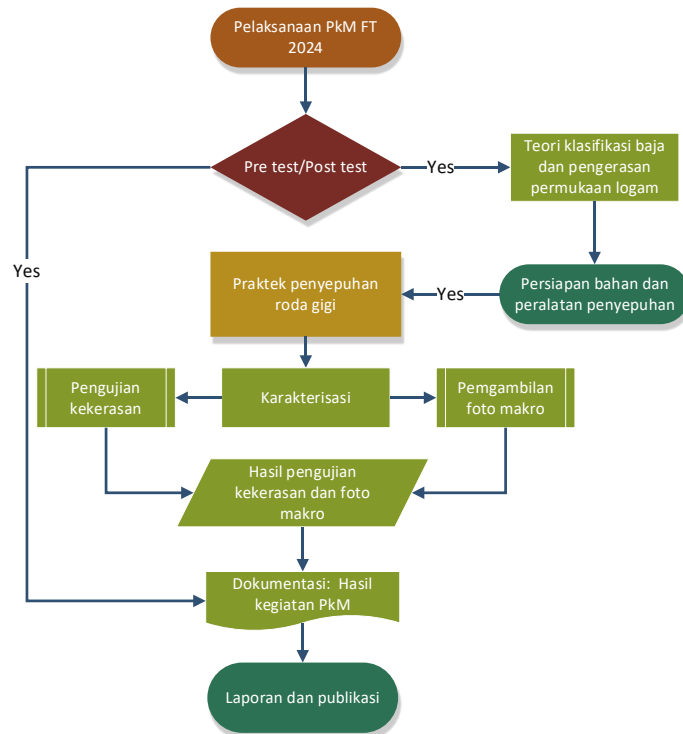
Diagram alir kegiatan PkM pengerasan permukaan elemen mesin roda gigi melalui proses penyeputan ditampilkan pada Gambar 2.

C. Model pelaksanaan kegiatan PkM

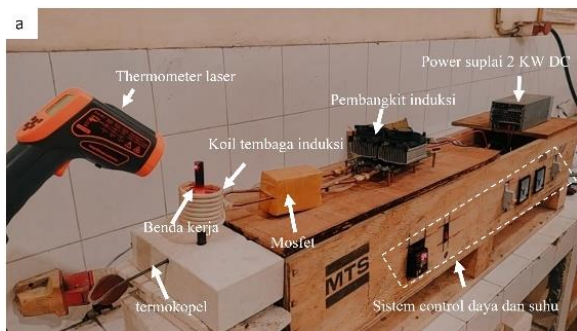
Pelaksanaan kegiatan PKM ini dilakukan dengan memberikan materi dasar tentang teknik penyeputan pengerasan baja paduan untuk aplikasi roda gigi, pelaksanaan workshop persiapan benda kerja dan proses penyeputan langsung menggunakan module pemanas induksi 2 kW DC (Gambar 3). Untuk mengetahui pemahaman peserta pelatihan, pre-test dilakukan terlebih dahulu dengan memberikan 10 soal pilihan ganda. Untuk memastikan kualitas hasil pengerasan sepuh tercapai sesuai standar yang memenuhi syarat untuk aplikasi roda gigi, analisis kualitas kontrol meliputi: (1) permukaan benda kerja setelah penyeputan dilakukan pengujian kekersana dengan skala Rockwell dan (2) pengambilan foto stuktur mikro. Hal ini penting dilakukan sebagai alur dari proses pelaksanaan akhir proses kualitas kontrol

pengerasan permukaan roda gigi untuk aplikais komponen teknik yang bekerja dalam kondisi gesekan. Akhir kegiatan para peserta pelatihan

diberikan post-test untuk mengukur tingkat keberhasilan kegiatan PkM ini dengan soal-soal pilihan ganda sama dengan soal pre-test.



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Kegiatan PKM Pengerasan Permukaan Baja



Gambar 3. Module System Pemanas Induksi 2kw DC Untuk Memanaskan Baja Pada Suhu Austenit

3. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pre Test dan Post Test

Dari hasil kegiatan PkM ini dapat diketahui bahwa peserta pelatihan yaitu para alumni yang baru menyelesaikan studi di prodi D3 dan S1 Teknik Mesin-Universitas Lampung menunjukkan semangat dan motivasi yang tinggi untuk mengikuti program pelatihan pengerasan sepuh ini, hal ini ditunjukkan dengan respon pertanyaan-pertanyaan yang kepada

penyedia pelatihan, mereka banyak berdiskusi dan mengeluarkan pendapatnya. Suasana diskusi cukup interaktif antara peserta dengan penyedia bahan pelatihan sehingga peserta tidak merasa malu dalam bertanya dan mengeluarkan pendapat guna mencari solusi dari beberapa masalah yang mereka kurang mengerti. Hal ini karena model acara yang dibuat tidak begitu kaku dan formal seperti memberikan kuliah terstruktur, acara dibuat dengan kesan santai dan tidak menegangkan yang disertai dengan guyonan-guyonan santai. Pertanyaan-pertanyaan yang disampaikan cukup bermutu dan bervariasi, sesuai dengan materi yang diberikan. Melihat antusiasnya peserta dengan kegiatan ini, diharapkan kegiatan ini banyak memberikan manfaat sesuai dengan yang diinginkan.

Dari hasil tanya jawab dengan peserta, ada beberapa masalah yang disampaikan peserta pelatihan mengenai proses pengerasan sepuh hampir 90% belum begitu mengetahui dan memahami tentang proses pengerasan sepuh menggunakan pemanas induksi terutama dari soal pre-test yang diberikan peserta masih belum paham mengenai

suhu pemanasan baja sebelum diberikan penyepuhan dan pengerasan permukaan melalui proses pencelupan ke dalam media pendingin. Peserta kurang memahami standar-standar yang digunakan dalam pengerasan sepuh peserta tentang cara pengerasan sepuh yang benar. Sedangkan peserta yang memahami proses pengerasan sepuh hanya 10%. Hal ini disebabkan karena beberapa peserta lupa tentang teori pengerasan baja menggunakan metode pendingina cepat atau pengerasan sepuh. Pada Tabel 1 dapat dilihat hasil pre-test dan post-test tentang pemahaman peserta terhadap materi. Model analisis hasil pre-test dan post-test menggunakan metode yang sama dalam literatur (Shirley dkk. 2019). Hasil pengerasan sepuh beberapa peserta pada awal pelatihan dapat dilihat pada Tabel 1. Setelah diadakan penyuluhan dan pelatihan serta dilakukan penilaian (post-test) dapat dievaluasi secara umum adanya peningkatan yang signifikan pemahaman peserta terhadap materi yang diberikan.

Tabel 1. Distribusi Pemahaman Peserta Pelatihan

No	Kategori	Pre-test (%)	Post-test (%)
1	Belum memahami	90	0
2	Cukup Memahami	10	25
3	Memahami	0	55
4	Sangat Memahami	0	20

Kegiatan pelatihan ini dilakukan menggunakan metode penyampaian materi, diskusi dan peragaan (praktik) cara pengerasan sepuh dan dari hasil pelaksanaan praktik dapat dilihat hasil cukup

memuaskan dari tingkat pemahaman peserta terhadap materi pelatihan yang diberikan sebelum kegiatan praktik. Hasil praktek pengerasan sepuh untuk sampel benda kerja yang dilakukan oleh peserta seperti ditampilkan pada Gambar 1. Hasil proses pengerasan sepuh pada baja menunjukkan perubahan warna yang tadinya sebelum diberi pengerasan sepuh bersih dan mengkilap, namun setelah diberi pengerasan sepuh permukaan benda kerja menjadi gelap. Perubahan ini disebabkan oleh karbon yang banyak terbentuk pada permukaan baja dalam bentuk struktur keras martensit (Haris dkk. 2024). Pengamatan fisik dan foto makro benda kerja setelah proses penyepuhan tidak ditemukan tanda-tanda cacat atau perubahan bentuk akibat distorsi selama proses pencelupan cepat ke dalam media pendingin larutan garam yang suhu dijaga konstan 250 dan 350 °C. Seperti dilaporkan dalam artikel ilmiah yang dipublikasi pada Jurnal Mechanical (Andriko dkk, 2024). Larutan garam sangat yang suhunya dalam kondisi cari 250-350 °C, lebih efektif dibandingkan media pendingin dari bahan alami kelapa sawit dalam proses penyepuhan pengerasan baja karbon sedang (Indratmoko dkk, 2023).

B. Analisis kualitas kontrol hasil pengerasan sepuh

Pengujian kekerasan juga dilakukan untuk benda kerja tanpa disepuh (kondisi anil). Pengujian kekerasan untuk benda kerja yang diberi perlakuan panas quenching pada temperatur 250 dan 350 °C menggunakan alat uji kekerasan Rockwell. Dimana parameter pada pengujian Rockwell menggunakan sampel dengan dimensi diameter 16 mm dan tinggi 10 mm. Adapun hasil pengujian kekerasan permukaan benda kerja dengan model pengujian Rockwell ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan Benda Kerja Sebelum Dan Sesudah Proses Pengerasan Sepuh

Benda uji	Titik uji	Pengujian kekerasan Rockwell (HRC)	Nilai rata rata kekerasan (HRC)
Benda kerja sebelum disepuh	1	30	29
	2	27	
	3	29	
Proses quenching suhu 250 °C	1	45	44
	2	42	
	3	44	
Proses quenching suhu 300 °C	1	35	36
	2	38	
	3	36	

Proses kualitas kontrol hasil akhir proses pengerasan sepuh menggunakan module pemanas induksi yang ditampilkan pada Tabel 3 menunjukkan ada peningkatan signifikan kekerasan baja sebagai benda kerja untuk bahan utama roda gigi setelah diberi pengerasa sepuh dengan teknik quenching pada suhu 250 dan 350 °C.

Peningkatan kekerasan permukaan benda kerja menunjukkan ada ketergantungan suhu media pendingin quenching. Semakin rendah suhu media pendingin quenching nilai kekerasan semakin tinggi. Peningkatan ini sangat dipengaruhi oleh struktur mikro martensit, semakin rendah suhu media quenching maka jumlah struktur martensit akan semakin banyak (Rifky. 2015 dan Sugiyanto. 2018). Selain itu juga peningkatan kekerasan permukaan baja hasil proses quenching dapat dipengaruhi oleh komposisi kimia baja tersebut (Badaruddin, dkk. 2023). Umumnya peningkatan kekerasan permukaan baja yang dihasilkan melalui proses penyepuhan dengan media sangat ditentukan oleh suhu awal pemanasan baja pada kondisi suhu austenit (Ismail dkk, 2015). Struktur mikro yang terbentuk dalam baja karena pendinginan cepat menggunakan media oli cenderung menghasilkan struktur martensit yang keras dan getas. Oleh karena itu tidak cocok untuk pengerasan permukaan roda gigi karena menghasilkan permukaan roda gigi yang kasar akibat distorsi mikro selama pendinginan cepat. Jumlah struktur martensit dalam baja harus diturunkan dengan proses temper dengan memanaskan baja pada suhu sekitar 200-550 °C

4. Kesimpulan

Dari hasil kegiatan PkM pelatihan proses dan pelaksanaan pengerasan sepuh dengan menggunakan module pemanas induksi baja karbon untuk bahan pembuatan roda gigi, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pelatihan pengerasan sepuh permukaan baja yang diaplikasikan untuk komponen mesin seperti roda gigi sangat diperlukan oleh para alumni sebagai bekal untuk mendapatkan pengetahuan tambahan dalam proses pengerasan permukaan baja. Selain itu sebagai bekal peserta yang semuanya adalah alumni yang ingin mengembangkan wirausaha UKM untuk produk produk yang memerlukan pengerasan lanjutan terbuat dari baja untuk keperluan industri pertanian yang memerlukan suku cadang yang handal dan murah.
2. Pemahaman para peserta yang ikut sebagai peserta pelatihan pengerasan sepuh permukaan baja menunjukkan peningkatan signifikan meskipun kemampuan pengerasan sepuh bagi para alumni menunjukkan perubahan signifikan setelah diberikan praktek pengerasan sepuh secara intensif, lebih dari 55 % menunjukkan pemahaman proses pengerasan sepuh baja dan Teknik melakukan kontrol terhadap produk komponen baja hasil pengerasan sepuh dengan pemanas induksi.
3. Pelatihan tambahan melalui kegiatan PkM melalui dana DIFA FT ini dapat menjadi penggerak memotivasi para alumni untuk mengembangkan potensi dan bakat dalam kemampuan dan pengetahuan pengerasan sepuh komponen mesin dari baja.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik UNILA yang telah memberikan dana untuk kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PkM) tahun anggaran 2024 dengan no. kontrak: 2374/UN26.15/LK.03/2024.

Daftar Pustaka

- Andriko N. A., Mohammad B, Sugiyanto, Harnowo S. 2024, Pengaruh perlakuan panas quenching terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja JIS SUP 9A. Jurnal MECHANICAL, Vol. 15, No. 2, 196.
- Badaruddin, 2004, Modul Pengujian Bahan, Laboratorium Material Teknik Mesin, Universitas Lampung
- Badaruddin M, Pratama RP, Sugiyanto, Harnowo. Effect of single and double quenching-tempering heat treatments on microstructures and tensile strength of AISI 4140 in annealing condition. AIP Conference Proceedings. 2023;2592(1).
- Indratmoko AL, Sukmana I, Badaruddin M. Effect of full annealing and single quenching-tempering heat treatment on the mechanical properties of JIS SUP 9A steel. Polimesin. 2023;21(2):259–65.
- Ismail R., Aprilitama N.R, Sugiyanto, 2015, Pengamatan struktur mikro dan kekerasan pada roda gigi pasca Pengerasan permukaan menggunakan pemanas induksi. Universitas Diponegoro. Jurnal Rotasi. Vol. 17, No. 3, 145-152.
- Haris W, Rofi Nur H. 2024, Analisis Pengaruh Media Pendinginan pada Proses Perlakuan Panas Baja Hadfield terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan, Jurnal MECHANICAL, Vol. 15, No. 1, 189.
- Muhammad D, Helmy P, Dwi S. A. 2016 , Analisis pengaruh tempering menggunakan pemanas induksi

- pasca quenching dengan media oli pada baja AISI 1045 terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan sebagai material pengganti pin track link bulldozer, *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, Vol. 17, No. 4, 24-31.
- Rakhit AK, 2000, *Heat Treatment of Gears: A Practical Guide for Engineers*. Materials Park, OH: ASM International Press
- Rifky I, dkk, 2019, Pemanfaatan Mesin Pemanas Induksi Untuk Pengerasan Permukaan Roda Gigi Produk UKM, Universitas Diponegoro.
- Rifky I, Nizar R. A, Sugiyanto, 2015, Pengamatan struktur mikro dan kekerasan pada roda gigi pasca pengerasan permukaan menggunakan pemanas induksi, *ROTASI*, Vol. 17, No. 3, 145–152.
- Shirley S, Irza S, Nafrizal. 2019, Pelatihan komposit karet/karbon hitam kepada petani karet di desa Kotawai Kasui, Kabupaten Way Kanan, Lampung, *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Sakai Sambayan*, Vol. 3, No. 3, 111-115.
- Sugiyanto, 2018, Peningkatan kualitas roda gigi produk UKM Tegal, *ROTASI*, Vol. 20, No. 1, 63-66.