

KUALITAS PRODUK PERALATAN PERTANIAN HASIL TEMPA PANAS PENGRAJIN PANDE BESI MELALUI PENERAPAN DESAIN DAPUR PERLAKUAN PANAS MODEL TUTUP

Djoko Andrijono, Sufiyanto

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang
Jalan Taman Agung No. 1 Malang

Email: djoko.andrijono@unmer.ac.id, sufiyanto@unmer.ac.id

Abstract

The problems encountered by artisan blacksmiths based on the field study results: unable to detect incineration temperature of wood charcoal in the crucibles, crusts occurrence on the metal surface of scrap component of spring leaf SUP 9 after heating process in the exposed model heating treatment. The solutions taken were by transforming the kitchen design, from exposed model heating treatment to closeted model heating treatment, which aimed to avoid oxidation on the incinerated metal, thus crusts do not occur on its surface. The kitchen wall of closeted model heating treatment was made from fireproof bricks, held heat resistance, and carried a stable thermal conductivity out of wood charcoal incineration. A digital thermocouple was installed in the closeted model heating treatment kitchen to accurately measure the temperature of wood charcoal incineration results. The closeted heating model treatment kitchen was designed portable. The solution methods applied field study and descriptive analysis. The study generated a result of sturdiness value with 18.8 HR_C average for hoe products was below the standard of sturdiness value according to SNI 02-0331-1989 and generated a result of kitchen wall of closeted model heating treatment made from red bricks with cement as the fastener could not stand the heat. The conclusion for the application of kitchen design of closeted model heating treatment were the sturdity values achieved 58 HR_C with SAE 90⁰ C as the cooling lube and the wear rate achieved 0.000165605 gram/m. This meant the wear resistance property was low which met the standard according to SNI 02-0331-1989.

Key Words: Artisan blacksmith; scrap steel; heating treatment kitchen; sturdity

Abstrak

Permasalahan pengrajin pande besi sesuai hasil studi lapangan: temperatur pembakaran arang kayu di dalam kowi tidak dapat dideteksi, permukaan logam bekas kompoen pegas daun SUP 9 timbul kerak setelah proses pemanasan di dalam dapur perlakuan panas model buka. Metode pemecahannya melakukan inovasi pada desain dapur perlakuan panas model buka dirubah menjadi desain dapur perlakuan panas model tutup yang bertujuan: material logam yang dipanasi tidak teroksidasi, sehingga permukaan logam tidak timbul kerak, dinding dapur perlakuan panas model tutup terbuat dari bata tahan api, mempunyai sifat tahan panas serta konduktivitas panas hasil pembakaran arang kayu stabil, dapur perlakuan panas model tutup dipasang termokopel digital agar temperatur hasil pembakaran arang kayu terukur dan akurat, dan dapur perlakuan panas model tutup dirancang dapat dipindah-pindah tempat. Metode pemecahannya menggunakan metode studi lapangan dan metode analisis deskriptif. Hasil-hasil temuan yang diperoleh angka kekerasan produk cangkul rata-rata 18,8 HR_C masih di bawah angka kekerasan cangkul menurut SNI 02-0331-1989, dinding dapur perlakuan panas model buka terbuat bata merah dengan pengikat semen tidak tahan panas. Simpulan dengan penerapan desain dapur perlakuan panas model tutup, angka kekerasan mencapai 58 HR_C dengan media pendinginan oli SAE 90 dan laju keausan 0.000165605 gram/m memenuhi SNI 02-0331-1989, sehingga sifat ketahanan ausnya rendah.

Kata Kunci: pengrajin pande besi; baja bekas; dapur perlakuan panas; kekerasan

1. PENDAHULUAN

Kajian Literatur Terdahulu

Proses tempa merupakan proses pembentukan dengan cara ditempa panas dan tempa dingin menggunakan cetakan serta gaya penempaan yang berasal: palu, listrik dan hidrolis sampai membentuk produk. Aplikasi proses tempa untuk pembuatan: a) bagian-bagian traktor, b) galangan kapal, c) komponen kereta api, d) mesin-mesin pertanian. Logam yang dapat ditempa meliputi: a) baja karbon rendah, b) baja karbon menengah, c) baja karbon paduan, d) paduan dasar tembaga, e) paduan aluminium, f) paduan magnesium, g) baja tahan karat, dan h) titanium.

Keuntungan proses tempa meliputi: a) komponen hasil tempa memiliki sifat keuletan yang tinggi, b) proses penempaan dapat memurnikan struktur logam, c) proses penempaan hemat waktu, tenaga kerja, dan d) proses penempaan mendistorsi serat yang tidak beraturan arah, e) tingkat kepresisian yang tinggi dapat diperoleh dalam operasi penempaan, dan f) bagian yang ditempa dapat dengan mudah dilas. Kerugian proses tempa meliputi: a) oksidasi yang cepat dalam penempaan permukaan logam pada suhu tinggi menghasilkan kerak, b) proses penempaan terbatas pada bentuk produk yang sederhana, c) beberapa logam tidak dapat dikerjakan dengan proses tempa, d) logam yang ditempa menjadi retak jika bekerja di bawah batas temperatur tertentu, dan e) perawatan cetakan tinggi.

Kebaruan Ilmiah

Produk torak dengan proses tempa dapat meningkatkan angka kekerasan rata-rata lebih tinggi 14,9 % dari 121,1 HV dibanding torak hasil cor. Torak hasil proses tempa terjadi deformasi yang menyebabkan pengerasan regang dan memiliki struktur mikro yang homogen, sedangkan torak hasil cor memiliki struktur dendrite, sehingga memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibanding torak hasil cor. Produk alat potong dengan proses tempa dengan metode *flame hardening* dapat meningkatkan kekerasan hasil tempa dengan material baja karbon menengah, sehingga menghasilkan kekerasan tertinggi 866 HV di daerah ujung serta memiliki struktur mikro martensit dan ferit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$).

Metode meningkatkan sifat kekerasan dengan *pack carburizing* pada pembuatan cangkul dapat meningkatkan nilai kekerasan ditandai dengan meningkatnya persentase kandungan karbon material cangkul. Angka kekerasan cangkul hasil peningkatan mutu telah memenuhi standar nilai SNI 02-0331-1989 KW III yaitu bernilai rata-rata 39 HR_C. Nilai ini dicapai pada media *pack carburizing* jenis arang kayu albasia dengan media pendinginan cepat. Untuk persentase unsur karbon material cangkul meningkat dari 0,21% pada material awal sebelum *pack carburizing* menjadi 1,33%, 1,38% dan 1,42%.

Proses tempa panas pengrajin pande besi berorientasi pada pembuatan peralatan pertanian dengan cara memanaskan material logam bekas (Gambar 1) pada dapur perlakuan panas

model buka menggunakan arang kayu. Kondisi pemanasan logam yang terjadi cenderung masih di bawah temperatur

rekristalisasi dan selanjutnya ditempa di atas landasan (Gambar 2) yang berfungsi sebagai cetakan.



Gambar 1. Limbah Material Logam Bekas



Gambar 2. Proses Tempa Manual di atas Landasan

Permasalahan Pengrajin Pande Besi atau Hipotesis

Hasil studi lapangan ditemukan beberapa permasalahan antara lain: a) temperatur hasil pembakaran arang kayu tidak dapat dideteksi, b) permukaan logam setelah ditempa bekas timbul

kerak setelah proses pemanasan di dalam dapur perlakuan panas terbuka, dan c) produk pengrajin pande besi, khususnya jenis cangkul angka kekerasan rata-rata 18,8 HR_C di bawah angka kekerasan cangkul menurut SNI 02-0331-1989 (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi Angka Kekerasan Cangkul

No	Kelas	Kekerasan (HR _C)	Aplikasi	Konstruksi Sambungan Lubang Gagang dengan Daun
1	I	55-59	Tanah keras	Ditempa secara kesatuan atau dilas
2	II	48-54	Tanah setengah keras	Ditempa secara kesatuan, dilas atau dikeling
3	III	30-47	Tanah lunak	Ditempa secara kesatuan, dilas kering atau disambung tempa.

Sumber: Standar Industri Indonesia “Mutu dan Cara Uji Cangkul”

2. TINJAUAN LITERATUR

Pemberdayaan masyarakat merupakan upaya atau proses untuk menumbuhkan kesadaran, kemauan, dan kemampuan masyarakat dalam mengenali, mengatasi, memelihara, serta

meningkatkan kesejahteraan (Gambar 3). Tujuan pemberdayaan masyarakat: a) perbaikan kelembagaan, b) perbaikan usaha, c) perbaikan pendapatan, d) perbaikan lingkungan, e) perbaikan kehidupan, dan d) perbaikan masyarakat.



Gambar 3. Pemberdayaan Masyarakat bagi Pengrajin Pande Besi

Beberapa prinsip pemberdayaan masyarakat pada program pemberdayaan meliputi: a) kesetaraan, b) partisipasi, c) keswadayaan atau kemandirian dan berkelanjutan. Cara melakukan pemberdayaan masyarakat dengan 3 (tiga) pendekatan: a) pengembangan masyarakat, b) pengorganisasian masyarakat, dan c) perubahan perilaku masyarakat. Pada penerapan desain dapur perlakuan panas

model tutup, pemberdayaan masyarakat menggunakan prinsip partisipasi dengan cara merubah perilaku masyarakat, khususnya pengrajin pande besi dalam penguasaan teknologi dan memahami: a) proses pemilihan dan sifat material untuk pembuatan dapur perlakuan panas, b) proses pemilihan material yang akan ditempa, c) pemilihan jenis arang kayu, d) menentukan temperatur pemanasan,

e) cara melakukan proses tempa dan f) pemilihan media pendinginan.

3. METODE PELAKSANAAN Pemecahan Permasalahan

Mengatasi permasalahan di atas, perlu dilakukan inovasi dapur perlakuan panas model buka milik pengrajin pande besi diubah dengan desain dapur perlakuan panas model tutup (Gambar 7). Adapun tujuan desain inovasi antara lain: a) material logam yang dipanasi tidak teroksidasi, sehingga permukaan

material tidak timbul kerak, b) dinding dapur perlakuan panas model tutup terbuat dari bata tahan api, tidak mudah retak dan pecah serta konduktivitas panas hasil pembakaran arang kayu stabil, c) dapur perlakuan panas model tutup dipasang termokopel digital agar temperatur hasil pembakaran arang kayu terukur dan akurat, dan d) dapur perlakuan panas model tutup dirancang dapat dipindah-pindah tempat (*portable furnace*).



Gambar 4. Desain Dapur Perlakuan Panas Terbuka

Dapur perlakuan panas model buka memiliki keuntungan meliputi: a) pengoperasian dapur perlakuan panas terbuka tidak membutuhkan keahlian khusus tetapi ketrampilan yang lebih diutamakan, dan b) bahan bakar arang kayu tersedia di pasaran dan harganya murah. Kelemahan dapur perlakuan panas model buka meliputi: a) temperatur hasil pembakaran arang kayu tidak stabil, b) permukaan logam yang dipanasi mudah teroksidasi, akibatnya timbul kerak, c) logam bekas komponen pegas daun SUP 9 yang ditempa tidak

teridentifikasi jenis logamnya dan komposisi kimia.

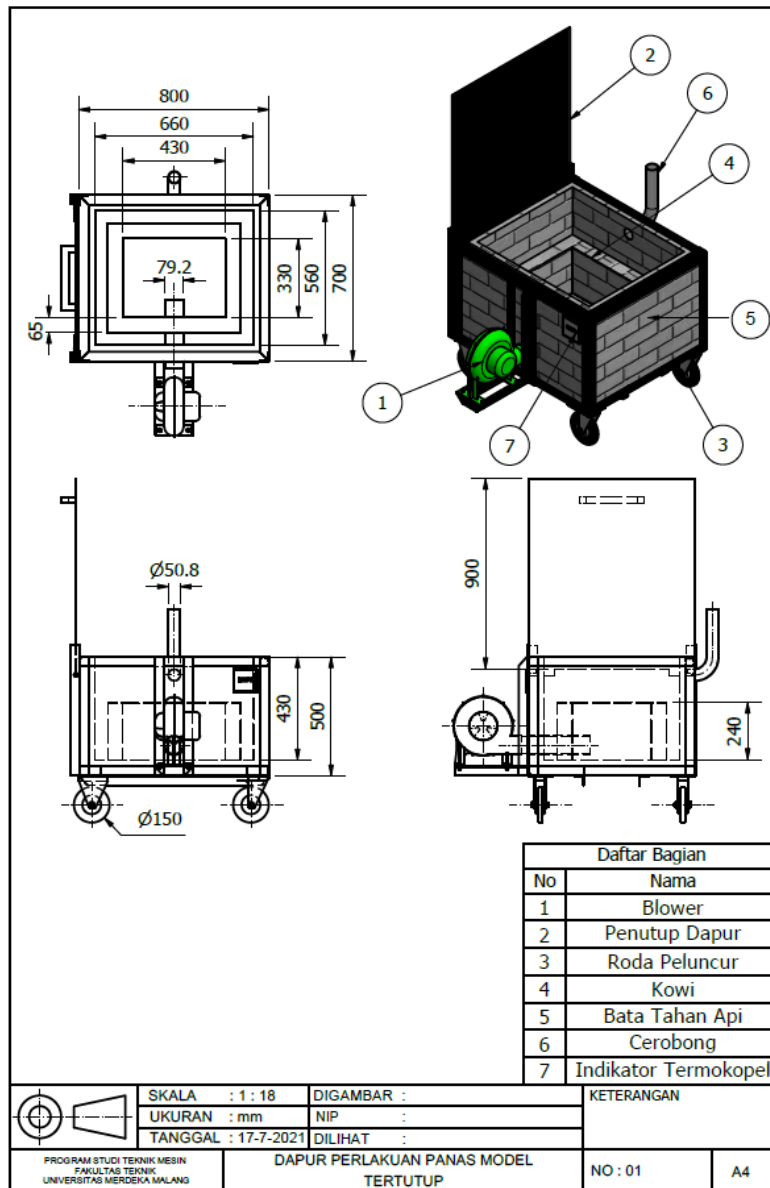
Metode-Metode yang Digunakan dalam Penyelesaian Pengabdian Masyarakat

Sebelum melakukan analisis, dilakukan: a) observasi untuk melakukan pengamatan langsung dan mencatat data-data teknis dan non teknis kondisi dapur perlakuan panas terbuka, dan b) wawancara untuk memperoleh informasi terkait dengan jenis arang kayu, jenis material logam dan media pendinginan

yang dipakai. Metode analisis yang digunakan analisis deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran yang terkait data-data hasil observasi dan wawancara berupa data teknis dan non teknis untuk dilakukan inovasi dari

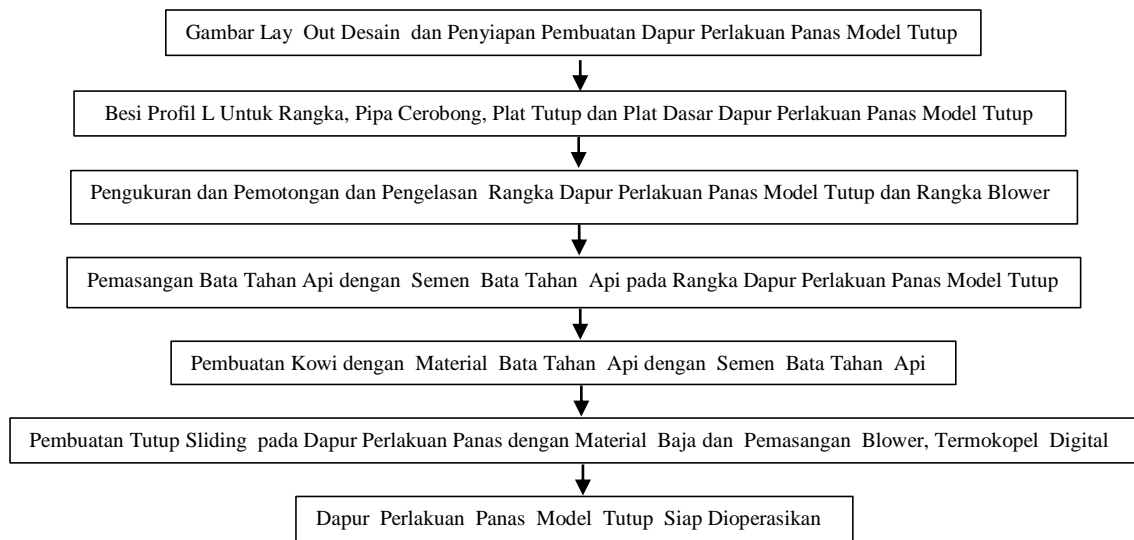
desain dapur perlakuan panas terbuka diubah menjadi dapur perlakuan panas model tutup dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Tahapan Menggambar Lay Out Desain Perlakuan Panas Model Tutup



Gambar 5. Lay Out Dapur Perlakuan Panas Model Tutup

- b. Tahapan Pelaksanaan Inovasi Pembuatan Dapur Perlakuan Panas Model Tutup

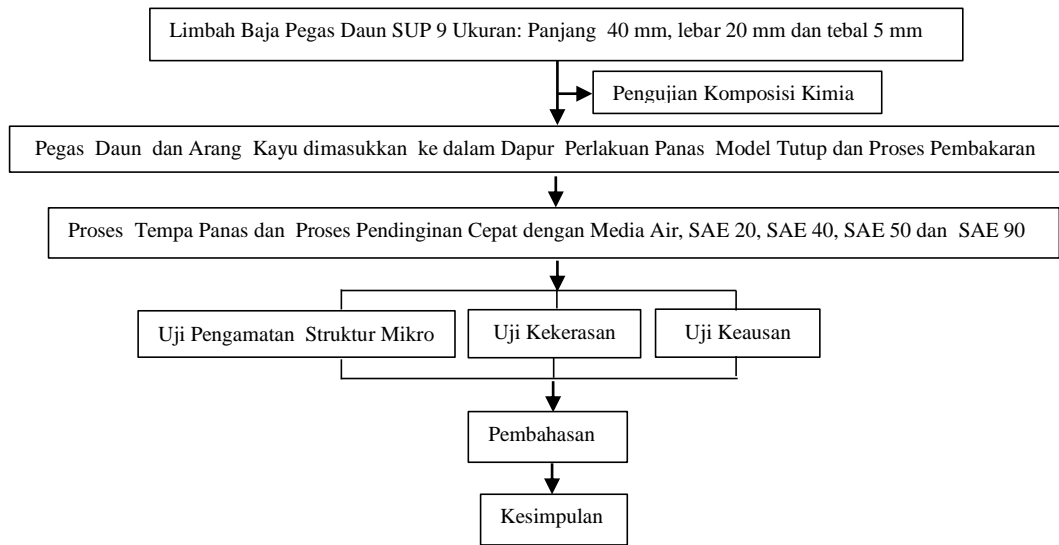


Gambar 6. Tahapan Pelaksanaan Inovasi Pembuatan Dapur Perlakuan Panas Model Tutup



Gambar 7. Hasil Inovasi Desain Dapur Perlakuan Panas Model Tutup

- c. Tahapan Pelaksanaan Pengoperasian
Penerapan Desain Dapur Perlakuan
Panas Model Tutup



Gambar 8. Tahapan Pelaksanaan Pengoperasian Penerapan Desain Dapur Perlakuan Panas Model Tutup

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pelaksanaan Uji Komposisi Kimia

Material yang digunakan oleh pengrajin pande besi jenis baja bekas komponen pegas daun SUP 9. Material tersebut, sebelum ditempa panas dan

proses pendinginan cepat: air, SAE 20, SAE 40, SAE 50, SAE 90 diawali uji komposisi kimia menggunakan mesin *Quantometer 3460/MA* (Gambar 9) dan hasil data hasil pelaksanaan uji komposisi kimia (Tabel 2).



Gambar 9. Mesin *Quantometer 3460/MA*

Tabel 2. Data Hasil Uji Komposisi Kimia Baja Bekas Komponen Pegas Daun SUP 9 sebelum Proses Tempa Panas

Unsur Kimia	C	Mn	P	S	Si	Sn
Komposisi Kimia (%)	0,5818	0,8878	0,0133	0,0055	0,2745	0,0052
Unsur Kimia	Cr	Cu	Ni	Nb	V	Ca
Komposisi Kimia (%)	0,8636	0,0981	0,0475	0,0032	0,0051	0,0005
Unsur Kimia	Co	B	N	Ti	Al	Mo
Komposisi Kimia (%)	0,0121	0,00015	0,0073	0,0014	0,0065	0,0224

Data Hasil Pelaksanaan Uji Kekerasan

Pelaksanaan uji kekerasan baja bekas komponen pegas daun SUP 9 setelah ditempa panas dan proses

pendinginan cepat seperti: air, SAE 20, SAE 40, SAE 50, dan SAE 90 diuji kekerasan menggunakan mesin *Rockwell Hardness Tester* (Gambar 11) dan hasil data hasil pelaksanaan uji kekerasan (Tabel 3).



Gambar 11. Mesin *Rockwell Hardness Tester*

Tabel 3. Data Hasil Uji Kekerasan Material Baja Bekas Komponen Pegas Daun SUP 9 Setelah Proses Tempa Panas $T = 500^{\circ}C$ dengan Variasi Media Pendinginan Cepat

No	Suhu Pemanasan ($^{\circ}C$)	Media Pendinginan Cepat	Kode Spesimen Uji	Angka Kekerasan (HR_C)			Rata-2 Angka Kekerasan (HR_C)
				Titik Pengujian			
				1	2	3	
1	27	Logam induk	PD 00	49	47	48	48
2	500	Air	PD 01	62	67	63	64
3	500	SAE 20	PD 02	62,5	64	64	63,5
4	500	SAE 40	PD 03	63	63	63,5	63,2
5	500	SAE 50	PD 04	62	62	60	61,3
6	500	SAE 90	PD 05	57	59	58	58

PD = pegas daun

Data Hasil Pelaksanaan Uji Keausan

Uji keausan baja bekas komponen pegas daun SUP 9 setelah ditempa panas dan proses pendinginan cepat: air, SAE

20, SAE 40, SAE 50, dan SAE 90 diuji menggunakan mesin uji keausan (gambar 12) dan data hasil pelaksanaan uji keausan (Tabel 4).



Gambar 12. Mesin Uji Keausan

Tabel 4. Data Hasil Uji Keausan Material Baja Bekas Komponen Pegas Daun SUP 9 Setelah Proses Tempa Panas $T = 500^{\circ}C$ dengan Variasi Media Pendinginan Cepat

Kode Spesimen uji	Media Pendinginan Cepat	Beban (kg)	Waktu (menit)	Berat (gram)			Kecepatan Linier (m/emenit)	Jarak Luncur (m)	Laju Keausan (gram/m)
				Awal	Akhir	Hilang			
PD 00	Logam induk	12	4	33.719	33.665	0.025	78.5	314	0.0000171975
PD 01	Air	12	4	13.380	13.347	0.033	78.5	314	0.000105096
PD 02	SAE 20	12	4	12.786	12.752	0.034	78.5	314	0.000108280
PD 03	SAE 40	12	4	16.191	16.156	0.035	78.5	314	0.000111465
PD 04	SAE 50	12	4	15.931	15.881	0.050	78.5	314	0.000159236
PD 05	SAE 90	12	4	13.627	13.575	0.052	78.5	314	0.000165605

Data Hasil Pelaksanaan Uji Pengamatan Struktur Mikro

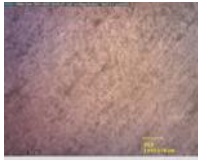

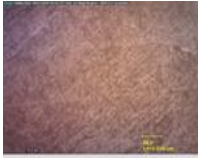
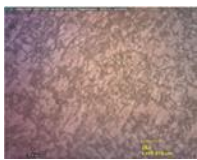
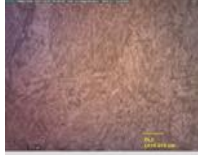
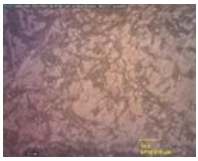
Uji pengamatan struktur mikro baja bekas komponen pegas daun SUP 9 setelah ditempa panas dan proses pendinginan cepat: air, oli SAE 20, oli

SAE 40, oli SAE 50, oli SAE 90 menggunakan mesin uji mikroskop logam (Gambar 13) dan data hasil pelaksanaan uji pengamatan struktur mikro (Tabel 5).



Gambar 13. Mikroskop Logam

Tabel 5. Data Hasil Uji Pengamatan Struktur Mikro Material Baja Bekas Komponen Pegas Daun SUP 9 Setelah Proses Tempa Panas $T = 500^{\circ}C$ dengan Variasi Media Pendinginan Cepat

Kode Spesimen Uji	Media Pendinginan Cepat	Uji Pengamatan Struktur Mikro	Kode Spesimen Uji	Media Pendinginan Cepat	Uji Pengamatan Struktur Mikro
PD 00	Logam induk		PD 03	SAE 40	
PD 01	Air		PD 04	SAE 50	
PD 02	SAE 20		PD 04	SAE 50	

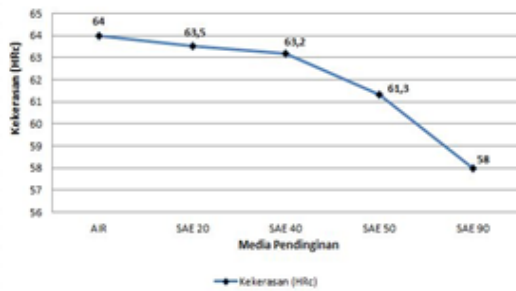
Pembahasan

Hasil studi lapangan pada pengrajin pande besi, terdapat beberapa permasalahan seperti: a) temperatur hasil pembakaran arang kayu di ruang kowi tidak dapat dideteksi, b) permukaan logam bekas komponen pegas daun SUP 9 timbul kerak setelah proses pemanasan di dalam dapur perlakuan panas model buka, c) jenis logam bekas komponen pegas daun SUP 9 tidak teridentifikasi, dan d) produk pengrajin pande besi, khususnya jenis cangkul angka kekerasan rata-rata 18,8 HRC masih di bawah angka kekerasan cangkul menurut SNI 02-0331-1989 (Tabel 1). Untuk mengatasi permasalahan di atas, dilakukan perbaikan kondisi dapur perlakuan panas model buka menjadi dapur perlakuan panas model tutup (Gambar 7) yang dilengkapi peralatan tambahan seperti: a) termokopel digital

untuk mengukur temperatur hasil pembakaran arang kayu di dalam kowi, b) cerobong, dan c) blower dengan ventilator yang dapat diatur untuk mengatur kecepatan oksigen.

Hasil pelaksanaan uji komposisi kimia (Gambar 10) baja bekas komponen pegas daun SUP 9 milik pengrajin pande besi memiliki unsur 0,5818 % C, sehingga termasuk jenis baja karbon menengah dengan unsur paduan 0,8878 % Mn, 0,8636 % Cr dan sisanya merupakan unsur pengotor (unsur ikutan) (Tabel 2). Baja karbon menengah mempunyai sifat mudah dibentuk melalui proses pemesinan, sifat kekerasannya lebih tinggi dibanding baja karbon rendah, mampu dikeraskan dan mampu ditempa seperti yang dilakukan pengrajin pande besi. Hasil pelaksanaan uji kekerasan (Gambar 11) pada baja bekas komponen pegas daun SUP 9

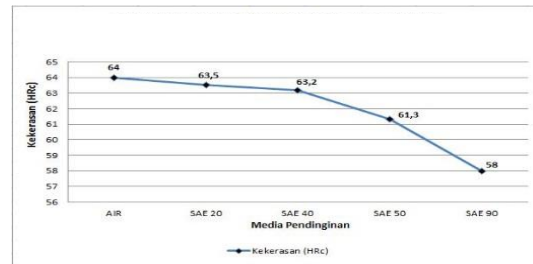
milik pengrajin pande besi sebelum dan sesudah proses tempa panas setelah pendinginan cepat secara umum



Gambar 14. Grafik Kekerasan (HR_C) vs Variasi Media Pendinginan Cepat

Angka kekerasan sebelum tempa panas memiliki angka kekerasan 48 HR_C (Tabel 3) dengan fasa α lebih dominan yang sifat ulet tetapi kekerasannya rendah dibanding fasa $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ sifat keras dan getas (Tabel 5) sesuai hasil uji pelaksanaan uji pengamatan struktur mikro (Gambar 13). Selanjutnya material tersebut, dilakukan proses tempa panas dengan temperatur 500 °C dan variasi media pendinginan air, oli SAE 20, oli SAE 40, oli SAE 50 dan oli SAE 90 mengalami peningkatan angka kekerasan tertinggi pada media pendinginan air mencapai 64 HR_C (Tabel 3) yang dipengaruhi pertumbuhan fasa $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ lebih dominan dibanding fasa α (Tabel 5) dengan laju keausan terendah mencapai 0.0000171975 gram/m sehingga sifat ketahanan ausnya tinggi. Angka kekerasan terendah pada media pendinginan oli SAE 90 mencapai 58 HR_C (Tabel 3) dipengaruhi pertumbuhan fasa α lebih dominan dibanding fasa $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ (Tabel 5) atau angka kekerasan secara umum cenderung menurun yang dipengaruhi oleh kekentalan oli yang menghambat laju pendinginan

cenderung semakin menurun (Gambar 14).

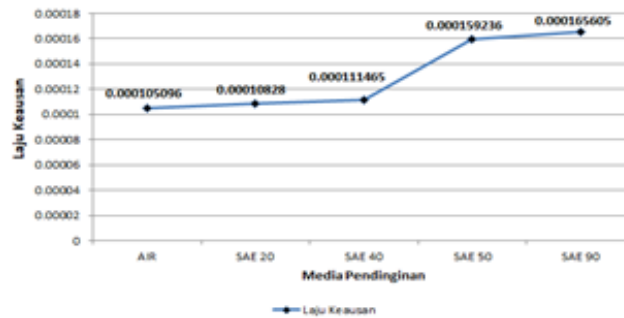


(cooling rate). Angka kekerasan untuk produk cangkuk untuk kelas 1 menurut SNI 55 – 59 HR_C (Tabel 3), sehingga hasil tempa panas dengan media pendinginan oli SAE 90 dengan angka kekerasan 58 HR_C (Tabel 3) memenuhi syarat SNI 02-0331-1989.

Hasil pelaksanaan uji keausan (Gambar 12) pada baja bekas komponen pegas daun SUP 9 milik pengrajin pande besi sebelum dan sesudah proses tempa panas setelah pendinginan cepat secara umum cenderung semakin meningkat, akibatnya sifat ketahanan ausnya semakin menurun (Gambar 15). Laju keausan hasil tempa panas baja bekas komponen pegas daun SUP 9, tertinggi pada media pendinginan oli SAE 90 mencapai 0.000165605 gram/m (Tabel 4), akibatnya sifat ketahanan ausnya rendah dan laju keausan hasil tempa panas terendah pada media pendinginan air mencapai 0.000105096 gram/m (Tabel 4), akibatnya sifat ketahanan ausnya tinggi. Laju keausan yang paling rendah pada logam induk tanpa tempa panas mencapai 0.0000171975 gram/m (Tabel 4), sehingga sifat ketahanan

ausnya sangat tinggi dibanding hasil tempa panas dengan variasi media

pendinginan air, oli SAE 20, oli SAE 40, oli SAE 50 dan oli SAE 90.



Gambar 15. Grafik Laju Keausan vs Variasi Media Pendinginan Cepat

5. PENUTUP

Kesimpulan

Angka kekerasan yang memenuhi syarat SNI 02-0331-1989 sebesar 58 HR_C dan laju keausan 0.000165605 gram/m, sehingga sifat ketahanan ausnya rendah pada media pendinginan oli SAE 90 setelah penerapan desain dapur perlakuan panas model tutup.

Saran

Keberhasilan peningkatan kualitas produk pengrajin pande besi dengan penerapan desain dapur perlakuan panas model tutup dapat tercapai perlu adanya pendampingan dari pihak-pihak terkait yang berkelanjutan secara terprogram dan terstruktur.

6. DAFTAR PUSTAKA

Budi, E. 2011. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Volume XII Nomor 2 Desember 2011 dengan judul "Pemanfaatan Briket Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Pengganti"
Chadwick, G.A., 1972. *Metallography of Phase Transformation*. London: Butterworth.

Dieter, G.E., 1981. *Mechanical Metallurgy*. Second Edition. Tokyo: McGraw-Hill International Book Company.

Eko Surojo, 2009. Pengaruh Manual Flame Hardening terhadap Kekerasan Hasil Tempa Baja Pegas" *Jurnal Mekanika Volume 7 Nomor 2 Maret 2009*. Halaman 45 – 49.

Esmar Budi, E. 2011. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Volume XII Nomor 2 Desember 2011 dengan judul "Pemanfaatan Briket Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Pengganti" Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Furqon, M. 1997. Pengaruh Modifikasi pada Tungku Tradisional Pandai Besi terhadap Unjuk Kerja dan Produktivitas. *Lomba Rancang Bangun Teknologi*, BPPT.

Hamni, A. 2011. *Jurnal Mechanical*, Volume 2, Nomor 1, Maret 2011 dengan judul "Experimental Study Improvement Of Quality Of Hoe On Small Metal Industry In The Distric Pringsewu" Jurusan Teknik

- Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Iwan Setyadi, I. 2012. Jurnal Sains Materi Indonesia volume 14 Nomor 1 Oktober 2012 dengan judul “Analisis Pengaruh Teknologi Proses Produksi Terhadap Karakteristik Material Piston”
- Iwan Setyadi. Analisis Pengaruh Teknologi Proses Produksi terhadap Karakteristik Material Piston” Jurnal Sains Materi Indonesia Volume 14 Nomor 1 Oktober 2012. Halaman 62- 66.
- Jamilatun, S. 2008. Jurnal Rekayasa Proses, Volume. 2, Nomor. 2, 1 Maret 2008 dengan judul “Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu”. Program Studi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.
- Setyadi, I. 2009. Jurnal Mekanika volume 7 Nomor 2 Maret 2009 dengan judul “Pengaruh Manual Flame Hardening Terhadap Kekerasan Hasil Tempa Baja Pegas”
- Smith, W.F. 1990. Principles of Materials Science and Enginnering. Second Edition. McGraw-Hill International Editions.
- Sugiyono, A. 2000. Pembuatan, Pemasangan dan Pengoperasian Tungku Perlakuan Panas. Direktorat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan, BPPT.
- Surdia, T. 1995. Pengetahuan Bahan Teknik. PT. Erlangga: Jakarta.