

PEMBUATAN DAN PENGUJIAN ALAT BANTU *FLAME HARDENING* UNTUK MENINGKATKAN KEKERASAN PERMUKAAN POROS DENGAN MEDIA *QUENCHING AIR*

Jata Budiman¹, Rio Safutra²

^{1,2} Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
 Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135
 Phone/Fax : 022. 250 0241/ 250 2649
 Email: jata@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Penelitian ini difokuskan pada pembuatan dan pengujian alat bantu *flame hardening* untuk meningkatkan kekerasan permukaan poros. *Flame hardening* adalah proses perlakuan panas pada permukaan baja dan diikuti *quenching* yang mengubah struktur autenit menjadi martensit pada permukaan tersebut, sementara inti benda masih dalam keadaan semula. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung sebagai salah satu institusi yang bergerak di bidang manufaktur memerlukan teknologi *heat treatment* untuk menunjang kegiatan produksi atau kegiatan pembelajaran mahasiswa. Proses *hardening* untuk poros-poros yang panjang umumnya dilakukan dengan metode *full hardening*. Hal ini dikarenakan tidak adanya alat bantu *flame hardening* untuk pengerjaan poros-poros tersebut. Metode *full hardening* menghasilkan kekerasan menyeluruh pada benda kerja. Kekerasan yang menyeluruh justru akan menimbulkan sifat getas pada poros. Sebuah poros memerlukan permukaan luar yang keras tetapi dengan inti masih bersifat *ductile*. *Flame hardening* menjadi salah satu metode yang dapat menangani permasalahan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat alat bantu *flame hardening* dengan metode *spinning progressive* dan melakukan pengujian alat melalui uji coba proses pengerasan pada spesimen poros. Spesimen benda yang diuji adalah material S45C bentuk silinder. Proses pembuatan diawali dengan proses perancangan yang menghasilkan beberapa alternatif rancangan dan melalui metode penilaian didapatkan satu alternatif yang akan dibuat. Pembuatan komponen-komponen melalui proses pemesinan, pengelasan dan perakitan. Hasil penelitian berupa alat bantu proses *flame hardening* dan setelah dilakukan uji coba pengerjaan pada spesimen poros diketahui bahwa alat dapat berfungsi. Kekerasan dan kedalaman pengerasan yang dicapai tergantung dari kecepatan putar spesimen, kecepatan gerak *torch*, jarak *torch* terhadap spesimen dan proses *quenching*. Hasil yang didapat pada spesimen yaitu terjadi kenaikan kekerasan permukaan dari kekerasan awal 14-19 HRC menjadi 45-57 HRC setelah di proses.

Kata kunci: alat bantu, *flame hardening*, poros

1. Pendahuluan

Poros (*shaft*) termasuk salah satu elemen mesin yang paling sering digunakan. *Shaft* dapat berfungsi sebagai pengarah, sebagai sumbu putar suatu mekanisme rotasi, dan atau sebagai penerus gerakan. Jenis penggunaan *shaft* akan menentukan sifat mekanik *shaft* tersebut, contohnya *guide shaft* pada *press tool*. *Shaft* menerima gesekan dari komponen lain pada *press tool* sehingga diperlukan permukaan yang keras. Kekerasan permukaan dapat diperoleh dengan proses *hardening* melalui *heat treatment*.

Proses *hardening shaft* di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung biasanya dilakukan dengan metode *full hardening*. Metode tersebut tidak sesuai dengan *shaft* yang hanya membutuhkan

kekerasan permukaan. Kekerasan yang menyeluruh justru akan menimbulkan sifat getas pada *shaft*. Metode pengerasan yang lain diperlukan untuk menghasilkan *guide shaft* sesuai dengan kebutuhan. *Flame hardening* menjadi salah satu metode yang dapat menangani permasalahan tersebut.

Konsep *flame hardening* dituangkan pada suatu alat bantu untuk mengerasakan benda-benda silindris seperti *guide shaft*, poros transmisi, serta bentukan-bentukan silindris lainnya.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Flame hardening*

Flame hardening adalah proses perlakuan panas di mana permukaan kulit tipis baja dipanaskan

secara cepat hingga temperatur di atas titik kritis baja. Setelah struktur kulitnya menjadi austenitik, baja secara cepat didinginkan, sehingga mengubah struktur austenit menjadi martensit sementara inti benda masih dalam keadaan semula [1].

Metode *flame hardening* yang umum digunakan adalah [2]:

a. *Spot or stationary*

Api diarahkan ke tempat yang akan dipanaskan dan dikeraskan. Setelah dipanaskan, kemudian didinginkan dengan cara dicelupkan.

b. *Progressive*

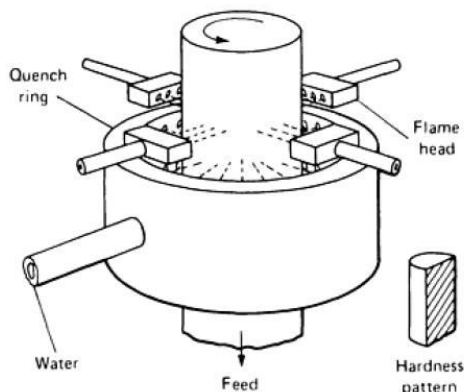
Obor api dan pendinginan bergerak perlahan sepanjang benda kerja. Metode ini digunakan untuk mengeraskan area yang berada di luar lingkup metode *spot*.

c. *Spinning*

Benda kerja diputar ketika kontak dengan api. Setelah permukaan dipanaskan sampai temperatur yang diinginkan, api dipadamkan atau ditarik. Kemudian benda kerja didinginkan dengan dicelupkan atau disemprot dan atau kombinasi keduanya.

d. *Spinning and progressive (combination)*

Metode ini menggabungkan metode *progressive* dan *spinning* untuk mengeraskan bagian yang panjang seperti poros dan rol. Benda kerja diputar seperti dalam metode *spinning* tetapi di samping itu *burner* bergerak melintasi rol atau poros dari satu ujung ke ujung lainnya. Lihat gambar 1.



Gambar 1. *Combination flame hardening*[1]

2.2 Quenching

Quenching adalah proses pendinginan cepat suatu komponen dari temperatur austenit,

biasanya untuk baja dari dalam kisaran 815-870°C (1500-1600°F). Pemilihan media *quenchant* tergantung pada *hardenability* dari baja yang dikeraskan, ketebalan bagian dan bentuk yang terlibat, dan laju pendinginan yang diperlukan untuk mencapai struktur mikro yang diinginkan. Media *quenchant* yang paling umum adalah cairan atau gas. Adapun *quenchant*s cair yang biasa digunakan antara lain [1]:

1. Minyak yang mungkin mengandung berbagai aditif,
2. Air,
3. Larutan polimer, dan
4. Air yang mungkin mengandung garam atau aditif.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini mengikuti diagram alir seperti gambar 2 berikut ini:

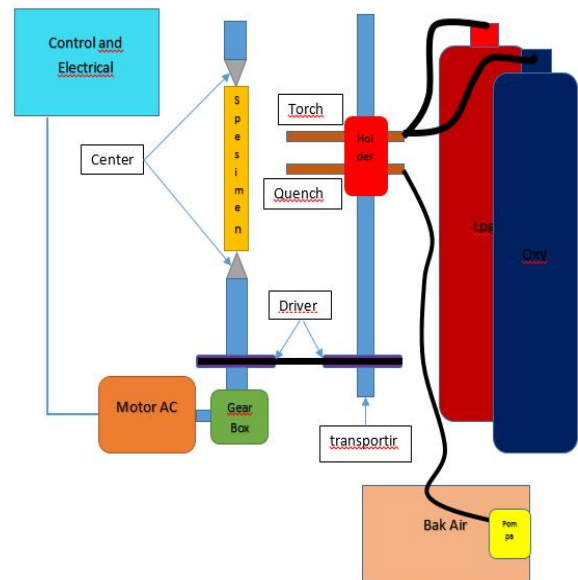




Gambar 2. Diagram alir metodologi penelitian

Metode ini seperti mekanisme mesin bubut. Kekurangan penempatan benda kerja pada posisi tersebut adalah kecenderungan terjadinya distorsi yang besar akibat beban benda kerja (poros) itu sendiri.

Untuk mengurangi distorsi, maka konsep alat dibuat dengan cara mengubah posisi penempatan benda kerja menjadi vertikal. Lihat gambar 4.

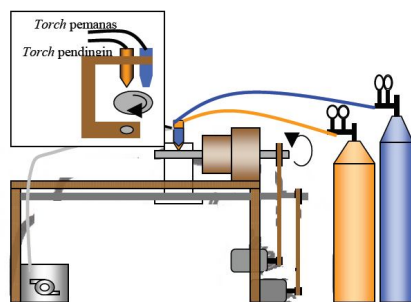


Gambar 4. Konsep vertikal

4. Perancangan dan Pembuatan Alat Bantu *Flame Hardening*

4.1 Konsep alat

Tahap awal perancangan alat ini adalah dengan membuat konsep alat berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan. Konsep alat ini mengacu pada metode kombinasi *spinning and progressive flame hardening*. Beberapa peneliti membuat konsep alat serupa dengan kedudukan horizontal seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Konsep horizontal [3]

4.2 Penentuan fungsi bagian dan daftar tuntutan

Terdapat 6 fungsi utama pada konsep ini beserta tuntutan yang harus dicapai yaitu :

1. Penggerak, fungsi ini memutarakan spesimen searah/ berlawanan arah jarum jam dengan putaran 0-68 rpm dan menggerakkan burner naik dan turun dengan kecepatan 5 mm/putaran. Selain itu harus mampu memutarakan spesimen dan menggerakkan torch secara bersamaan.
2. Transmisi, fungsi ini mereduksi putaran motor menjadi lebih kecil dan menghubungkan putaran poros utama dengan elemen penggerak holder torch serta mengubah orientasi putarannya.
3. Pencekam, fungsi ini menahan spesimen yang berputar secara vertikal dengan tegak lurus dengan tinggi maksimal mencapai 400 mm.
4. Pemanas, fungsi ini memanaskan spesimen hingga mencapai temperatur diatas 750°C dengan besar yang dapat diatur.

- 5. Pendingin, fungsi ini menyemburkan air secara kontinu dengan debit yang konstan dan mensirkulasikan air.
- 6. Kontrol, fungsi ini dapat menghidupkan/mematikan mesin dan pompa, mengatur kecepatan gerak motor, mengatur arah putaran motor dalam 1 panel. Selain itu dapat pula menghentikan putaran motor ketika *holder* sudah mencapai batas atas/bawah mesin.

4.3 Pemilihan komponen

Dalam memilih komponen dilakukan pertimbangan dan penilaian dari sudut pandang teknis dan ekonomi. Dari hasil pertimbangan tersebut didapatkan komponen penyusun fungsi utama sebagai berikut.

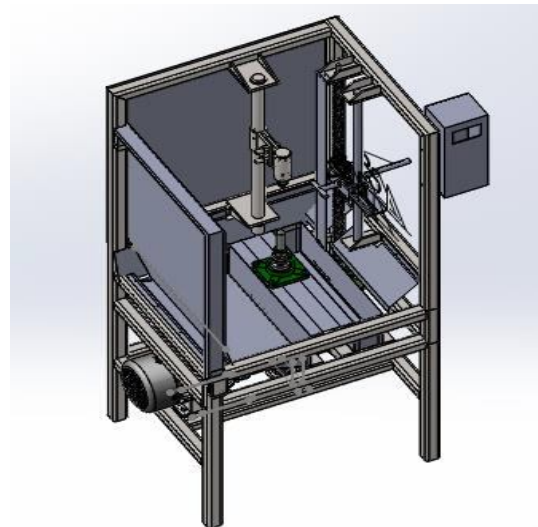
Tabel 1. Komponen penyusun fungsi utama

Penggerak	Motor Listrik (AC)
Transmisi	<i>Power screw, V-belt, Pulley, Gear Box</i>
Pencekaman	<i>Between Center</i>
Pemanas	LPG + Oksigen
Pendingin	Pompa Aquarium
Kontrol	<i>Inverter</i>

Motor listrik sebagai *prime mover* menggunakan *gear box* untuk mereduksi putaran. Putaran pada poros utama dihubungkan dengan **power screw** menggunakan **V belt dan pulley**. **Power screw** yang berputar akan menggerakkan *holder* naik turun sesuai dengan arah putaran motor. Benda kerja dicekam dengan metode **between center**. Gas **LPG + Oksigen** sebagai bahan bakar menggunakan blender LPG + Oksigen. Sistem *quenching* didukung oleh **pompa akuarium** untuk mensirkulasikan air.

4.4 Hasil rancangan

Setelah melalui tahapan perancangan didapatkan komponen-komponen standar dan non standar (dibuat) yang digunakan pada konstruksi alat ini. Bentuk rancangan yang dihasilkan tampak pada gambar 5. Sedangkan daftar komponen ditampilkan pada tabel 2.



Gambar 5. Hasil rancangan alat

4.5 Perhitungan berat dan dimensi benda maksimum

Rumus dasar torsi :

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots(1)$$

Dimana, T = Torsi, F = gaya gesek akibat berat benda, dan r = radius bearing. Rumus tersebut diturunkan menjadi:

$$\frac{P}{\omega} = m \cdot g \cdot \mu \cdot r \dots\dots\dots(2)$$

Dimana, P = daya motor, ω = kecepatan sudut, m = massa, g = kecepatan grafitasi, μ = koefisien gesek, dan r = radius bearing. Untuk mencari massa digunakan rumus berikut:

$$m = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot g \cdot \mu \cdot r} \dots\dots\dots(3)$$

Berdasarkan persamaan (3), dengan memasukkan parameter yang ada didapatkan:

$$m = \frac{160 \times 60}{2\pi \times 70 \times 9,81 \times 0,005 \times 26}$$

$$m = 17,12 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{m}{\rho} \dots\dots\dots(4)$$

didapatkan volume sebesar 2180800 mm³.

Dengan rumus berikut:

$$d = \sqrt{\frac{V \times 4}{\pi \times L}} \dots\dots\dots(5)$$

untuk panjang benda 400 mm didapatkan diameter poros maksimum yaitu 83 mm.

Tabel 2. Daftar komponen

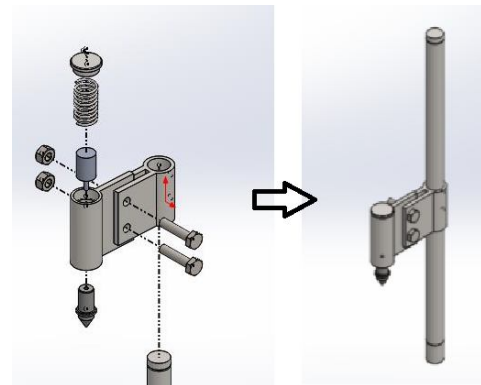
No	Komponen	Jumlah	Material	Dimensi
1	Rangka	1	ST37	1400 x 500 x 600 mm
2	Main Shaft	1	ST37	Ø45 x 380 mm
3	Center Gerak	1	ST37	Ø28 x 60 mm
4	Center Tetap	1	ST37	Ø30 x 120 mm
5	Holder Center Depan	1	ST37	100 x 100 x 40 mm
6	Holder Center Belakang	1	ST37	80 x 100 x 40 mm
7	Penutup Holder	1	ST37	Ø30 x 10 mm
8	Guide Center	1	Steel	Ø30 x 700 mm
9	Holder Torch	1	ST37	100 x 50 x 50 mm
10	Guide Torch	1	Steel	Ø20 x 650 mm
11	Bak	1	ST37	500 x 460 x 125 mm
12	Pelat Belakang	1	ST37	625 x 550 x 0.6 mm
13	Pelat Belakang Bawah	1	ST37	500 x 150 x 0.6 mm
14	Pelat Samping 1	1	ST37	150 x 110 x 0.6 mm
15	Pelat Samping 2	1	ST37	150 x 200 x 0.6 mm
16	Pelat Pelindung Transportir	1	ST37	735 x 40 x 0.6 mm
17	Rangka Lepas	1	ST37	500 x 380 x 40 mm
18	Pelat Rangka Lepas	1	ST37	520 x 625 x 0.6 mm
19	Nozzle	1	ST37	250 x 70 x 15 mm
20	Bushing	1	ST37	Ø32 x 10 mm
21	Motor Elektrik Tatung 3 Phase 200 Watt	1	Standard	-
22	Gear Box 1 : 20	1	Standard	-
23	Inverter Fuji 3 Phase 200 Watt	1	Standard	-
24	Kopling Tipe L075	1	Standard	-
25	Puli 5 inch	1	Standard	-
26	V Belt SPZ 875	1	Standard	-
27	Bearing UCF 205	1	Standard	-
28	Bearing UCF 206	1	Standard	-
29	Bearing 6005	1	Standard	-
30	Bearing Temun	1	Standard	-
31	Power Screw 1 inch	1	Standard	-
32	Mur M12 x 50	14	Standard	-
33	Mur M8 x 50	8	Standard	-
34	Mur M6 x 50	6	Standard	-
35	Baut M12 x 50	14	Standard	-
36	Baut Inbus M8 x 50	8	Standard	-
37	Baut M6 x 50	6	Standard	-
38	Set Screw M8 x 20	4	Standard	-
39	Set Screw M6 x 20	8	Standard	-
40	Snap Ring 20	2	Standard	-
41	Snap Ring 30	2	Standard	-
42	Pegas dia.30	1	Standard	100 mm
43	Pompa Aquarium Aquila 1800	1	Standard	-
44	Selang 5/8 inch	1	Standard	-
45	Selang 1 inch	2	Standard	2
46	Limit Switch 15 A	2	Standard	-
47	Toggle Switch 20 A	3	Standard	-
48	Kabel	10	Standard	3 m
49	LED 220 V AC	1	Standard	-
50	Knob Star M8	3	Standard	-
51	Regulator Gas LPG	1	Standard	-
52	Regulator Gas Oksigen	1	Standard	-
53	Selang Gas LPG	1	Standard	-
54	Selang Gas Oksigen	1	Standard	-
55	Blender Oxy-LPG	1	Standard	-

4.6 Pembuatan alat

Komponen-komponen penyusun konstruksi alat dibuat melalui proses pemesinan seperti bubut, frais, bor, gerinda, rivet dan pengelasan.

Setelah komponen dibuat perlu dilakukan pemeriksaan terhadap geometri dan dimensi komponen. Pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur atau instrumen tertentu.

Komponen yang telah dibuat dan juga komponen standar selanjutnya dirakit. Perakitan komponen dilakukan dengan cara pengikatan mur/baut, dilas, dan di rivet. Tiap *sub assembly* selesai dikerjakan, proses *quality control* dilakukan untuk memeriksa kesesuaian komponen satu dengan lainnya. Gambar 6 adalah salah satu contoh model perakitan untuk *sub assembly holder center*.



Gambar 6. Sub assembly holder center

5. Uji Coba Alat

5.1 Spesimen uji

Spesimen yang digunakan dalam percobaan kali ini berbentuk poros dengan material S45C. Spesimen berukuran Ø30 x 250 dibubut untuk membuang kulit dipermukaan serta menghilangkan tegangan. Permukaan spesimen harus dalam kondisi halus untuk menghindari terjadinya kesalahan pengukuran akibat permukaan yang tidak rata. Material S45C memiliki spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Spesifikasi material spesimen uji

Chemical Composition					
C	Si	Mn	P	S	-
0.42-0.48	0.15-0.35	0.6-0.9	0.030 Max	0.035 Max	-
<i>Density (Kg/m³)</i>	<i>Young Modulus (GPa)</i>	<i>Tensile Strength (MPa)</i>	<i>Yield Strength (MPa)</i>	<i>Poisson Ratio</i>	<i>Hardness</i>
7700-8030	190-210	569	343	0.27-0.30	160-220 Hb
<i>Full Anneal</i>	<i>Normalizing</i>	<i>Hardening</i>	<i>Quench Med.</i>	<i>Tempering</i>	<i>Melting Point</i>
800-850	840-880	820-860	Water/Oil	550-660	~1520

5.2 Proses Pengerasan Permukaan (*flame hardening*)

Proses *flamehardening* merupakan proses utama yang akan ditinjau hasilnya melalui pengujian. Dalam pelaksanaannya terdapat beberapa parameter yang diatur sedemikian rupa untuk mendapatkan kekerasan maksimal yang dapat diperoleh. Sebelum dilakukan proses *flamehardening* pastikan operator memakai kelengkapan alat pelindung diri dan membersihkan area mesin dari barang-barang yang dapat mengganggu proses *flamehardening*. Adapun langkah-langkah dalam proses *flame hardening* adalah sebagai berikut.

1. Buka katup dan regulator gas oksigen serta LPG
2. Buka saluran gas LPG pada *blender* dan nyalakan menggunakan obor
3. Buka saluran gas oksigen untuk menyesuaikan nyala api.
4. Nyalakan kontrol dan gerakan pemanas ke atas dan ke bawah untuk pemanasan awal
5. Nyalakan pompa untuk *quenching* lalu gerakan *torch* ke atas hingga proses *flame hardening* selesai.



Gambar 7. Proses *flame hardening*

Pada penelitian kali ini dilakukan 4 kali percobaan. Dimana masing-masing percobaan menggunakan parameter yang berbeda-beda. Adapun parameter tersebut seperti yang diperlihatkan pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Parameter proses hardening

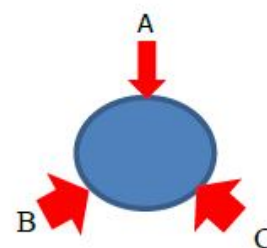
Parameter	Spesimen			
	0	1	2	3
Diameter spesimen (mm)	30	30	30	30
Panjang spesimen (mm)	400	250	250	250

Kecepatan putar (rpm)	40	15	20	30
Jarak <i>torch</i> ke permukaan spesimen (mm)	20	10	15	15
Jarak <i>nozzle</i> ke permukaan spesimen (mm)	-	50	50	50
Jarak <i>nozzle</i> ke <i>torch</i> (mm)	50	5	5	5

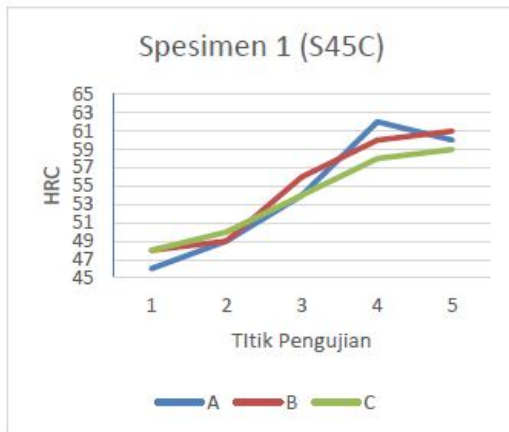
6. Pengujian Kekerasan dan Hasil

Proses pengujian ini ditujukan untuk melihat hasil pengerasan permukaan spesimen dengan *rockwell hardness tester*. Terlebih dahulu spesimen dihaluskan menggunakan ampelas untuk menghilangkan permukaan sisa pembakaran dan menghaluskan permukaan. Setelah permukaan spesimen halus maka pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat uji keras *rockwell* dengan pembebanan 150 kgf. Pengujian dilakukan pada beberapa titik spesimen. Hal ini ditujukan untuk melihat perbedaan kekerasan pada ketinggian spesimen.

Pengujian kekerasan menggunakan mesin uji keras *rockwell*. Sebelum dilakukan pengujian kekerasan pada spesimen hasil *flame hardening*, terlebih dahulu spesimen awal yang belum mengalami proses *hardening* diukur kekerasannya di beberapa titik (lihat gambar 8). Hasil pengujian kekerasan material awal menunjukkan nilai 14 – 18 HRC. Contoh hasil pengujian untuk spesimen 1 diperlihatkan pada grafik gambar 9.



Gambar 8. Posisi titik-titik pengujian



Gambar 9. Hasil uji spesimen 1

Nilai kekerasan yang dicapai oleh ketiga spesimen berbeda-beda dikarenakan parameter yang diaplikasikan pada saat proses *flame hardening* ketiga spesimen berbeda pula. Besarnya api yang disemburkan, jarak *torch* dan *nozzle*, serta kecepatan putar dan kecepatan gerak naik turun *torch* divariasikan. Sampel 1 memiliki nilai kekerasan rata-rata 54.2 HRC, sampel 2 memiliki nilai kekerasan rata-rata 50.4 HRC, sedangkan sampel 3 memiliki nilai kekerasan rata-rata 50.8 HRC. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisa pengaruh parameter-parameter tersebut. Oleh karena itu hanya dilakukan pengujian dengan 3 sampel dengan parameter acak. Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa kekerasan permukaan pada titik 1 sampai 5 dari masing-masing sampel fluktuatif. Hal itu bisa disebabkan oleh kondisi *quenching* yang berbeda dan pergerakan *torch* yang tidak stabil.

Nilai kekerasan material S45C setelah proses *hardening* adalah 57 HRC (maksimal). Namun pada tabel di atas ada yang menunjukkan nilai diatas 57 HRC. Penyebabnya adalah kekasaran permukaan pada area dimana dilakukan pengujian. Permukaan yang tidak halus menyebabkan sebagian permukaan indenter menyentuh permukaan baja yang lebih tinggi. Nilai kekerasan sesungguhnya bisa saja lebih rendah dari yang tertera pada tabel.

Dari data pengujian di atas dapat diketahui bahwa nilai kekerasan permukaan pada spesimen meningkat. Hal ini menandakan bahwa alat *flame hardening* ini telah memenuhi prinsip kerja proses pengerasan permukaan untuk benda silindris.

Berikut ini adalah spesifikasi dari alat *flame hardening* yang telah dibuat.

Tabel 5. Spesifikasi alat

Motor	Daya	0.2 Kw
	Volt	380 V
	Kecepatan putar	1400 Rpm
	Kontrol kecepatan	Fuji Inverter 200 watt
Lead Screw	Diameter	25 mm
	Pitch	5 mm
Kapasitas Umum	Dimensi mesin	1400 x 600 x 500 mm
	Berat mesin	22 Kg
	Jarak antar <i>center</i>	428 mm
	Tinggi spesimen	100-400 mm
	Diameter spesimen	83 mm (max)
	Berat spesimen	17 Kg (max)
	Kecepatan putar spindel	70 rpm
In-Process	Kecepatan <i>torch</i>	5 mm/putaran
	Bahan bakar	Gas LPG + Oksigen
	Media <i>quenching</i>	Air

7. Kesimpulan

1. Alat bantu *flame hardening* telah selesai dibuat melalui tahapan proses perancangan dan pembuatan.
2. Kekerasan permukaan pada poros dapat ditingkatkan dengan proses *heat treatment* menggunakan alat *flame hardening*.

Referensi/Daftar Pustaka

- [1] "ASM Metal Handbook Volume 4 Heat Treating", 1991.
- [2] J. R. Davies, "Surface hardening of Steels Understanding the Basics", (2002) ASM International.
- [3] Yuli, E., "Pengaruh Kecepatan Putar Poros dan Kecepatan Gerak Torch Terhadap Kekerasan Permukaan Baja AISI 4140 pada Proses Flame Hardening", (2011) Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [4] Sularso dan Kiyokatsu Suga, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin", (2002), Jakarta, Ikrar Mandiriabadi.
- [5] Wahyudi, W., "Modifikasi Prototipe Alat Flame Hardening Untuk Pengerasan Permukaan Baja 1045 Berbentuk Poros", (2003), Depok, Universitas Indonesia.