

## Optimasi Bukaannya Katup Air Optimal Pada Proses *Flame Hardening* Untuk Mendapatkan Kekerasan *Sprocket* Yang Merata

Ilhamdi<sup>1,\*</sup>, Ulil Amri<sup>2</sup>, Adam Malik<sup>3</sup>, Gunawarman<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Andalas Padang  
 Kampus Limau Manis, Padang 25163, Indonesia  
 \*E-mail : il\_hamdi@ft.unand.ac.id

### ABSTRAK

Suatu alat yang bekerja dengan kondisi bergesekan seperti sprocket pada sepeda motor membutuhkan kekerasan permukaan yang tinggi untuk mengurangi keausan (*wear*) yang cepat pada sprocket tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan permukaan pada sprocket dilakukan dengan proses *flame hardening*. *Flame hardening* merupakan suatu metode pengerasan permukaan material dengan memanfaatkan nyala api *oxy-astelin* atau *oxy-propane* lalu dilakukan pendinginan cepat pada permukaan material tersebut dengan menggunakan media pendingin air. Pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan apparatus *flame hardening* dan pengujian *flame hardening* terhadap sprocket sepeda motor komersial dengan parameter bukaannya katup. Dari hasil pengujian kekerasan yang dilakukan terhadap sprocket setelah proses *flame hardening*, nilai kekerasan sprocket uji *flame hardening* menurun dari permukaan gigi sprocket (0 mm) menuju kedalaman sprocket (12 mm) dan struktur mikro yang dihasilkan dominan berwarna gelap yang diduga adalah fasa *cementite*, sedangkan yang berwarna terang merupakan *ferite*. Semakin banyak fasa *cementite* maka kekerasan sprocket juga semakin meningkat.

**Kata kunci :** *Flame Hardening, Struktur mikro*

### 1. PENDAHULUAN

Pada dasarnya produk hasil manufaktur dirancang untuk memiliki karakter yang relative seragam dari bagian permukaan sampai ke bagian interior produk tersebut. Namun untuk keperluan khusus seperti komponen mekanik dengan beban dinamik (*cyclic*) dan benturan seperti roda gigi (*gear*) dan gigi tarik (*sprocket*) diperlukan sifat yang kontras antar bagian tersebut, dimana bagian interior lebih lunak dan bagian permukaan lebih keras.

Untuk mendapatkan hal unik tersebut banyak metode perlakuan permukaan yang bisa digunakan, salah satunya *flame hardening*. Metode ini dilakukan dengan rangkaian proses pemanasan terhadap sprocket dengan nyala api (*oxy-acetylen* atau *oxy-propena*) sampai merah menyala, yang dilanjutkan dengan pendinginan cepat dengan penembakan/penyemprotan air atau oli pada bagian permukaan sprocket [1].

Di sisi lain, *sprocket* yang beredar di pasaran memiliki kualitas yang berbeda-beda, mulai dari standar pabrikan sampai barang tiruan atau kualitas kw yang dibuat oleh industri kecil menengah. Umur pakai barang tiruan ini jauh dibawah standar. Dari pengecekan kekerasan, nilai kekerasan tiruan umumnya jauh dibawah pabrikan.

Dalam penelitian ini telah dibuat apparatus *flame hardening* skala laboratorium. Karakterisasi alat dilakukan untuk mengetahui nilai bukaannya nosel air

yang optimum pada proses *flame hardening* yang memberikan nilai kekerasan merata pada semua batang gigi, dan mendekati kualitas pabrikan.

### 2. METODOLOGI

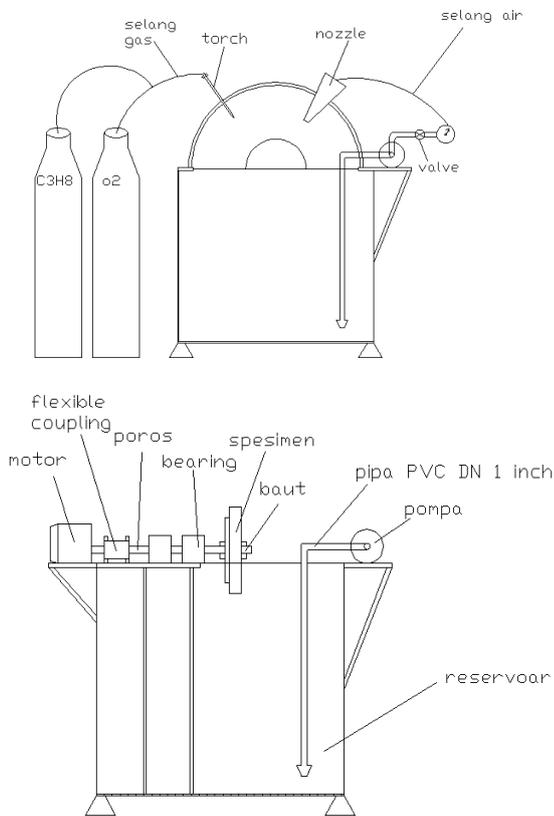
Sampel uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah sprocket sepeda motor GL-pro komersial standar pabrikan seperti yang terlihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Sampel uji

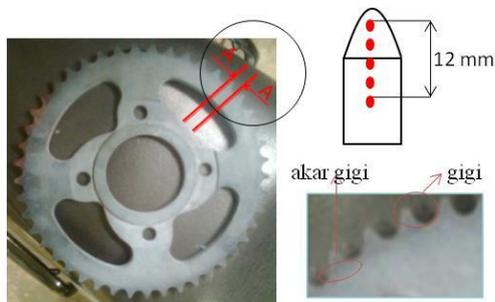
Sampel kemudian diannealing pada oven pemanas selama 30 menit, pada temperature 900°C. Proses ini bertujuan untuk menormalisasikan produk ke kondisi awal. Sesudah annealing, prosedur dilanjutkan dengan proses *flame hardening* seperti yang terlihat pada Gambar 2. Sumber panas

pembakaran adalah gas LPG dan oksigen, yang nozelnya berjarak 5 mm. Sampel uji dihubungkan dengan motor yang berputar sebesar 100 rpm. Sampel dipanaskan selama 3 menit, kemudian air ditembakkan dari nozel dengan bukaan 1/5, 2/5, 3/5, 4/5 dan 5/5 (bukaan penuh).



Gambar 2. Apparatus Flame Hardening.

Untuk melihat perubahan pada sampel uji setiap langkah proses maka dilakukan pengecekan nilai kekerasan dan pemeriksaan metalografi. Pengambilan posisi pengujian kekerasan dan pemeriksaan metalografi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini. Pengecekan dan pemeriksaan sampel dilakukan pada saat diterima, setelah annealing dan setelah flame hardening.



Gambar 3. Posisi pengambilan posisi pengujian kekerasan dan pemeriksaan metalografi.

Kekerasan dicek dengan *Shimadzu Micro Hardness Tester Type-M* skala kekerasan HRA. Prosedur metalografi dimulai dengan pemotongan sampel, pembersihan dengan resin, dilanjutkan dengan pengamplasan (#80, 100, 220, 400, 800, 1000 dan 1500) dan pemolesan dengan serbuk alumina, sampel uji dietsa dengan larutan nital 2% (komposisi 1-5 ml *nitric acid (con.)* dan 95-99 ml *ethyl alcohol*) selama 10-20 detik, kemudian dicuci bersih dengan air, dan dikeringkan dengan alkohol. Struktur mikro diperiksa diamati dengan mikroskop optik metalurgi berbantu *Software Jenco Image*.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### Pemeriksaan pada akar gigi

Tabel 1 menceritakan hasil pengecekan kekerasan pada saat diterima menunjukkan nilai kekerasan yang tinggi yaitu rerata 52 HRA, dan setelah dinormalisasi dengan annealing penurunan yang cukup besar terjadi menjadi 35 HRA. Perlakuan flame hardening memperlihatkan peningkatan kekerasan yang cukup berarti dibandingkan proses annealing. Dengan bukaan 1/5 kekerasan rerata dicapai 39.9, penambahan ukuran bukaan meningkatkan kekerasan secara linear dengan nilai maksimum 44.8 HRA pada bukaan penuh, seperti yang terlihat pada Tabel 2. Akan tetapi nilai kekerasan yang mampu dicapai masih dibawah pabrikan (52.6 HRA).

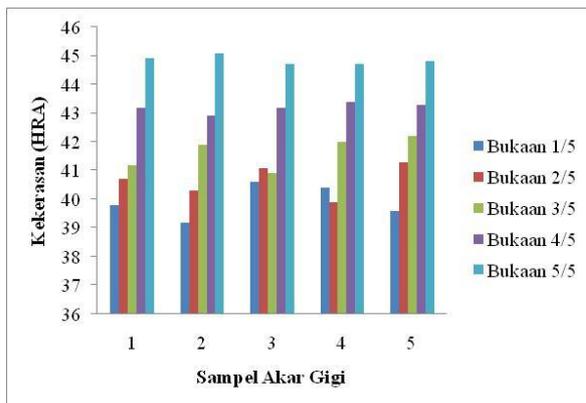
Sedangkan profil pemerataan nilai kekerasan bisa dilihat pada Gambar 4, dimana keseragaman nilai kekerasan sudah tercapai pada bukaan 4/5 dengan indikasi tinggi relatif masing-masing bar pada Gambar tersebut. Penambahan bukaan menjadi 5/5 memberikan profil yang lebih rata dan peningkatan kekerasan rata-rata. Nilai kekerasan tertinggi mencapai 46.9 HRA.

Tabel 1. Nilai Kekerasan akar gigi *sprocket* awal dan *sprocket* setelah *annealing*

Uji ke-	Kekerasan (HRA)	
	Awal	Annealing
1	49.9	34.4
2	54.4	35.4
3	51.4	35.4
4	52.9	34.9
5	54.4	36.4
<b>Rerata</b>	<b>52.6</b>	<b>35.3</b>

Tabel 2. Nilai Kekerasan rata-rata akar gigi

Bukaan Katup	HRA
Bukaan 1/5	39.9
Bukaan 2/5	40.7
Bukaan 3/5	41.6
Bukaan 4/5	43.2
Bukaan 5/5	44.8



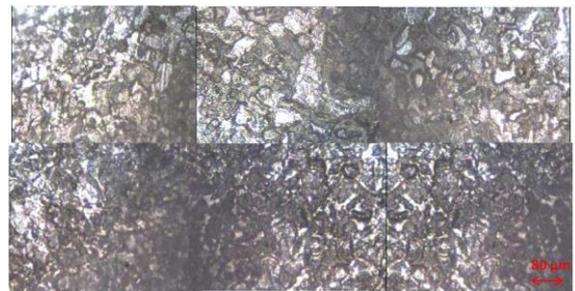
Gambar 4. Profil keseragaman kekerasan akar gigi pada masing-masing bukaan.

Struktur mikro awal dari sampel pada Gambar 5 tidak secara jelas menunjukkan kondisi struktur mikro dari sampel. Diduga ini terjadi karena permukaan sampel tidak terdiri dari fasa ferit dan sementit. Namun pada Gambar 6 menunjukan secara jelas pengaruh annealing pada struktur mikro, yang ditandai dengan adanya daerah berbentuk butir.

Flame hardening dengan peningkatan variasi bukaan katup telah memberikan efek yang sangat jelas pada butir dengan kontras gelap dan terang. Dengan perhitungan warna gelap adalah pearlit dan terang adalah ferit akan sangat masuk akal kenaikan nilai kekerasan dengan penambahan bukaan katup. Dengan pearlit yang lebih kerat dari ferit maka lebih mendominasinya pearlit akan memberikan nilai kekerasan yang lebih tinggi .



Gambar 5. Struktur mikro saat diterima



Gambar 6. Struktur mikro sampel (atas, dari kiri ke kanan) setelah annealing, bukaan 1/5, bukaan 2/5, (bawah dari kiri ke kanan) bukaan 3/5, bukaan 4/5 dan bukaan 5/5.

### Pemeriksaan pada gigi

Tabel 3 menceritakan hasil pengecekan kekerasan gigi sprocket menurut kedalaman pada saat diterima dan setelah annealing, nilai kekerasan menurun tajam menurun tajam dari kisaran 50 HRA menjadi 34 HRA, sedangkan Tabel 4 menunjukan pengaruh bukaan katup nosel air terhadap nilai kekerasan gigi sprocket. Bukaan katup penuh memberikan nilai kekerasan gigi paling tinggi dibandingkan bukaan yang lain, yakni mencapai 49.9 HRA, namun nilai ini masih sedikit lebih rendah dibandingkan kondisi awal yang mencapai 54.4.

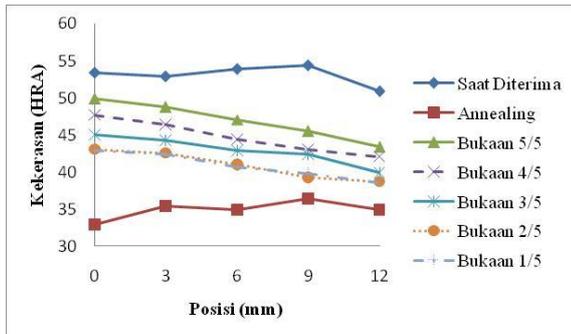
Tabel 3. Nilai Kekerasan gigi sprocket awal dan setelah annealing

Kedalaman (mm)	Kekerasan (HRA)	
	Awal	Annealing
0	53.4	32.9
3	52.9	35.4
6	53.9	34.9
9	54.4	36.4
12	50.9	34.9

Tabel 4. Nilai Kekerasan pada kedalaman gigi setelah proses flame hardening.

Bukaan katup	Kekerasan (HRA) pada kedalaman (mm)				
	0	3	6	9	12
1/5	42.9	42.4	40.7	39.8	38.6
2/5	43.1	42.6	41	39.3	38.7
3/5	45	44.3	42.9	42.4	39.9
4/5	47.7	46.4	44.4	43.1	42.1
5/5	49.9	48.8	47.1	45.5	43.4

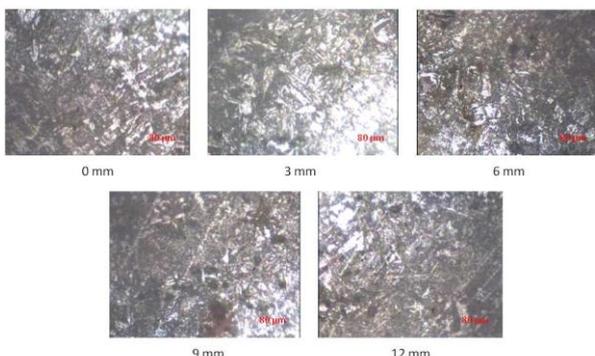
Keunikan yang terlihat dari Gambar 7 adalah profil kekerasan sampel sebelum di flame hardening (saat diterima dan setelah annealing) cenderung meningkat dengan kedalaman posisi pengukuran. Sedangkan hasil flame hardening selalu memiliki tren yang cenderung turun nilai kekerasannya dengan kedalaman posisi pengukuran.



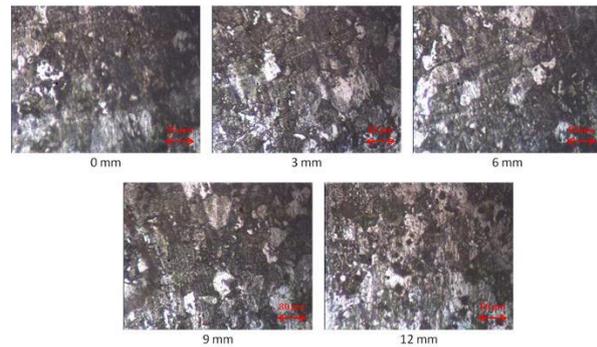
Gambar 7. Profil kekerasan sampel setiap kondisi pengujian.

Struktur mikro sampel saat diterima pada Gambar 8 terlihat adanya struktur berupa garis-garis acak, dimana kedalaman bertambah struktur tersebut terlihat semakin banyak. Ini berkorelasi positif dengan peningkatan kekerasan dari sampel dengan kedalaman posisi pengujian.

Fenomena berbeda terlihat pada sampel setelah flame hardening dengan katup bukaan penuh pada Gambar 9, dimana struktur mikro yang terlihat lebih menyerupai butir dengan komposisi gelap dan terang, dan tidak ada terlihat struktur garis-garis acak. Sama halnya dengan struktur mikro pada akar gigi, komposisi gelap menandakan pearlit sedangkan terang adalah sementit. Dengan pearlit lebih keras dari sementit maka dominasi warna terang pada kedalaman 12 mm menunjukkan rendahnya nilai kekerasan titik tersebut dibandingkan kedalaman yang lain.



Gambar 8. Struktur mikro gigi sampel saat diterima



Gambar 9. Struktur mikro sampel setelah flame hardening dengan bukaan katup penuh.

Struktur mikro titik permukaan (kedalaman 0 mm) pada sampel dengan proses annealing dan flame hardening pada Gambar 10 juga memperlihatkan kontras warna yang berbeda, semakin besar bukaan katup, semakin banyak daerah yang berwarna lebih gelap. Hal ini sesuai dengan informasi yang diberikan oleh Gambar 7.



Gambar 10. Struktur mikro sampel (atas, kiri ke kanan) setelah annealing, flame hardening bukaan katup 1/5, 2/5 (bawah, kiri ke kanan) 3/5, 4/5 dan 5/5.

### 5. KESIMPULAN

Secara umum apparatus flame hardening sudah sukses bekerja dengan prosedur yang ditetapkan, namun hasil akhirnya masih dibawah standar pabrikan/saat diterima/awal.

Beberapa poin penting yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Proses annealing sukses menormalisasikan sampel ke kondisi referensi untuk proses flame hardening. Dengan adanya penurunan kekerasan yang signifikan dari 52 ke 32 HRA.
2. Bukaan penuh pada katup air memberikan nilai paling tinggi; 49 HRA pada gigi dan 45 HRA pada akar gigi. Nilai ini masih dibawah pabrikan ; 54.4 HRA (gigi) dan 52.6 HRA (akar gigi).

3. Bukaan katup penuh juga memberikan nilai kekerasan akar gigi yang paling merata dibandingkan bukaan yang lain.
4. Struktur mikro pada saat diterima pada akar gigi kurang jelas, sedangkan pada gigi terlihat seperti struktur garis-garis acak. Struktur ini diduga martensit.
5. Struktur mikro setelah *flame hardening* ditandai dengan dua hal gelap dan terang. Gelap adalah pearlit, sedangkan terang adalah sementit.
6. Flame hardening sudah memberikan profil kekerasan yang sesuai dengan referensi, cenderung turun dengan peningkatan kedalaman.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada tim flame hardening; sdr. Nickmatul A Harahap, Prima A Husfa, Ulil Amri, Jeffri yang sudah melaksanakan tugasnya dengan baik. Terima kasih juga disampaikan kepada pembiayaan Student Grant I'MHERE 2011 yang telah mendanai sebagian penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Callister, Willam D. 2007. *Material Science and Engineering : An Introduction*. John Willey & Sons : Singapore
- [2] Dieter, E George D. 1988. "Mechanical Metallurgy". McGraw-Hill:Singapore.
- [3] Krauss, G. *Steels Heat Treatment and Processing Principles*. ASM International. 2000
- [4] Prabhudev, K H. *Handbook of Heat Treatment of Steel*. McGraw-Hill. 2009  
Nugroho, Sri.
- [5] Thelning, K.E. 1975. *Steel and Its Heat Treatment (Bofors Hanbook)*. Butter Worth