

MODIFIKASI MESIN *FLAME HARDENING* SISTEM PENCEKAMAN BENDA KERJA SECARA VERTIKAL PADA BAJA S45C

Somawardi

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Kawasan Industri Air Kantung, Sungailiat, Bangka, Bangka Belitung
email : somawardi_haf@yahoo.com

ABSTRAK

Flame hardening merupakan salah satu proses pengerasan permukaan (*Surface Treatment*) menggunakan nyala api langsung yang dihasilkan dari gas *oxy-acetylene* yang dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan *fatigue limit/strength* yang lebih baik. Pada tahun 2012 telah dibuat sebuah alat yang digunakan untuk memanaskan benda kerja, namun masih mempunyai beberapa kekurangan yaitu proses pendinginan dilakukan dengan melepaskan benda kerja kedalam wadah dan jarak antara torch pemanas ke benda kerja tidak bisa diatur.

Mesin yang dimodifikasi ini menggunakan motor listrik untuk memutar roda gigi ketika dipanaskan, tombol push botton digunakan untuk menyalakan dan mematikan nyala api, pompa sebagai penyemprot media pendingin dan rpm yang dapat diatur saat proses berlangsung. Selain itu mesin ini mempunyai kemudahan dengan adanya alat untuk mengontrol suhu pemanasan sebagai pembanding tabel warna hasil pemanasan. Benda uji dipanaskan dengan 3 (tiga) variasi dari rpm dengan posisi pengecaman secara vertikal. Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu baja karbon medium S45C yang berbentuk roda gigi.

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai kekerasan benda kerja jika dibandingkan dengan mesin sebelumnya. Kondisi ini juga dapat diperjelas dengan tampilan struktur martensit pada permukaan benda kerja.

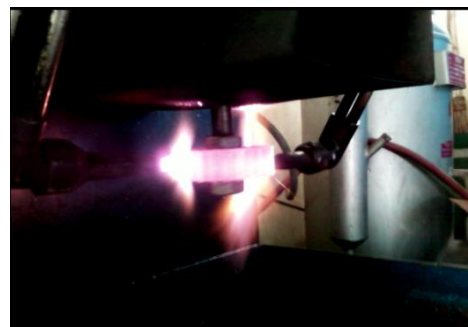
Kata kunci : *Flame hardening*, *surface treatment*, struktur martensit, tahan aus, *fatigue limit*.

PENDAHULUAN

Flame hardening merupakan salah satu proses pengerasan permukaan (*Surface Treatment*) menggunakan nyala api langsung yang dihasilkan dari gas *oxy-acetylene*. *Flame hardening* dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan *fatigue limit/strength* yang lebih baik. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung dari kadar karbon dalam baja, temperatur pemanasan, penahanan waktu, laju pendinginan dan ketebalan bagian penampang yang menjadi keras. Selain itu, jarak *torch* terhadap benda kerja saat proses pemanasan dan putaran benda sangat berpengaruh terhadap kekerasan dan struktur permukaan benda kerja yang dikeraskan.

Pada tahun 2012 telah dilakukan penelitian serupa oleh peneliti yang sama, namun ada beberapa kekurangan yang terdapat pada mesin tersebut, antara lain sebagai berikut :

- Media *quenching* masih menggunakan sistem celup dengan melepaskan benda kerja dari *chuck* secara manual. Jeda waktu saat pelepasan *chuck* menyebabkan adanya penurunan suhu benda kerja yang berdampak terhadap penurunan kekerasan benda kerja
- Timbul percikan oli pada saat proses pendinginan karena pelepasan benda kerja dengan menjatuhkan benda kerja ke wadah dibawah area pemanasan.
- Panas yang diterima benda kerja diketahui dengan membandingkan warna benda saat pemanasan dengan tabel warna suhu.



Gambar 1. Mesin *Flame Hardening* Sebelum Dimodifikasi

Dengan memperhatikan latar belakang masalah tersebut, dilakukan modifikasi mesin *flame hardening vertikal* yang sebelumnya untuk menghasilkan kekerasan yang relatif merata pada logam. Dengan adanya modifikasi mesin ini diharapkan dapat :

- a. Meningkatkan kualitas hasil *flame hardening* pada sifat kekerasan materialnya relative lebih merata.
- b. Meningkatkan kekerasan benda kerja lebih tinggi dari mesin sebelumnya.
- c. Mempermudah control suhu yang telah dicapai benda kerja saat proses pemanasan.
- d. Proses pendinginan lebih efektif.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian serupa untuk menganalisis proses *flame hardening* . Ruri Hartanto, mahasiswa Institut Teknologi

Surabaya telah melakukan penelitian tentang pengaruh variasi kecepatan gerak *torch* pada proses flame hardening terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. Kecepatan 50 mm/menit menghasilkan kekerasan permukaan paling tinggi. Perdana, Yopie Bagoes juga telah melakukan penelitian dengan membuat mesin flame hardening metode spin yang pengekaman benda kerja dilakukan secara horizontal. Dalam penelitian ini dibuat 3 variasi jarak burner terhadap benda kerja dan nozzle untuk pendinginan benda kerja diletakkan dengan 3 variasi sudut. Kekerasan material setelah diproses flame hardening mengalami peningkatan paling tinggi pada jarak burner 2 mm dan sudut nozzle 60° . Pada tahun 2012, Somawardi, Yuliyanto dan Suseno juga telah melakukan penelitian serupa untuk meningkatkan kekerasan hasil proses *flame hardening*. Kekerasan permukaan benda kerja sudah memenuhi standar yang diinginkan namun masih dibawah 50 HRC.

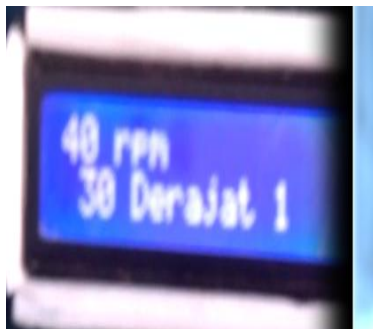
METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, beberapa tahapan proses dirancang untuk mendapatkan hasil penelitian yang ilmiah. Tahapan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

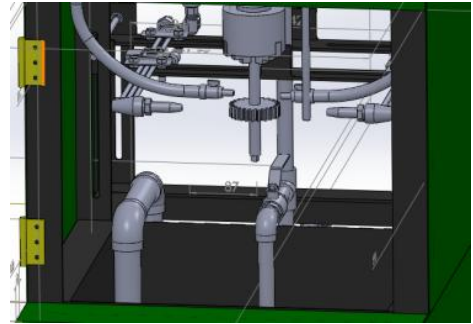
Pembuatan Alat Pemanas

Untuk mendapatkan kekerasan yang merata di seluruh permukaan roda gigi dan nilai kekerasan yang lebih tinggi dari sistem pemanasan sebelumnya, dilakukan modifikasi pada mesin dengan melakukan perubahan pada :

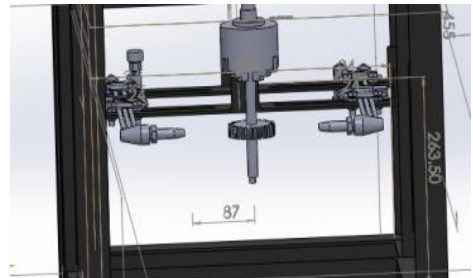
- Untuk mengetahui suhu dan rpm yang diterima benda kerja sudah tercapai digunakan *display thermocouple* dan rpm sehingga lebih efektif. (gambar 2)
- Sistem pendinginan dilakukan semprotan langsung ke benda kerja tanpa harus melepaskan benda kerja (gambar 3). Saat suhu tertera di layar (gambar 2) sudah mencapai suhu hardening dilakukan penekanan tombol untuk mengaktifkan pompa media pendingin.
- Pemasangan *torch* pemanas dilakukan sedemikian rupa sehingga mudah dalam pengaturan jarak *torch* terhadap benda kerja. (gambar 3)



Gambar 2. Tampilan display rpm dan suhu benda kerja di mesin.



Gambar 3. Sistem Pendinginan benda kerja



Gambar 4. Posisi Torch pemanas

Persiapan Spesimen

Material dasar yang digunakan pada proses penelitian ini adalah :

- Material S45C
- kandungan 0.40 - 0.46% C, 0.17 - 0.37% Si, 0.60 - 0.90 Mn, 0.030 Max P, 0.035 Mak S.
- Kekerasan sebelum hardening 160 - 220 HB.
- Suhu pemanasan 820 - 860°C.
- Kekerasan setelah di Hardening 43 - 53 HRC.
- media pendingin air .

Selanjutnya dilakukan proses pembubutan dan pengefraisan untuk pembuatan roda gigi. Spesimen dibuat sejumlah 9 pcs dengan rincian 3pcs untuk proses *flame hardening* secara manual dan 6 pcs untuk proses *flame hardening* dengan 3 variasi rpm.

Proses Pemanasan

Proses pemanasan dilakukan dengan dua metode yaitu secara manual dimana benda kerja diikat menggunakan kawat dan proses pemanasan dengan mengarahkan *torch* pemanas ke sekeliling benda kerja. Sedangkan metode yang kedua adalah menggunakan mesin yang dapat memutar benda kerja dengan rpm tertentu saat proses pemanasan dan dua *torch* pemanas dicekam secara tetap.

Proses Pengujian

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode brinell untuk benda kerja sebelum di *Flame hardening* , sedangkan untuk benda kerja yang telah dilakukan proses *Flame hardening* dilakukan pengujian kekerasan metode Rockwell C. Pengujian kekerasan dilakukan pada permukaan profil roda gigi. Setiap hasil uji dimasukkan ke

lembar pengamatan hasil kekerasan pada table 1 dan 2.



Gambar 5. Titik Pengujian Kekerasan

Tabel 1. Lembar pengamatan kekerasan material Uji Brinell

No	Kekerasan (HB)												Beban (P)	ø Bola	Material	Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1																
2																
3																

Keterangan :

- HB / HRC = Harga kekerasan skala Brinell
- 1- 12 = Daerah titik material uji
- P = Beban penekanan
- D = Diameter bola penekanan

Tabel 2. Lembar pengamatan kekerasan Uji Rockwell

No	Kekerasan (HRC)												Beban (P)	Suhu (°C)	Rpm	Pendingin	Waktu menit	Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1																		
2																		
3																		

Keterangan :

- Rpm = Rotasi putaran permenit
- HRC = Harga kekerasan skala Rockwell
- P = Beban penekanan

Pengujian Metalografi

Sebelum dilakukan pengujian metalografi, material diampelas menggunakan *Grinding/Polishing machine* dengan kertas ampelas dari 100, 250, 600, 800, 1000 hingga 1500, yang diletakan diatas piringan berputar dengan laju rotasi 450 putaran/menit. Sehingga diperoleh permukaan sampel yang rata dan mengkilap. Dalam proses ini sampel dipegang kuat dan digerakan berputar berlawanan dengan arah jarum jam. Proses ini selesai apabila diperoleh permukaan material yang licin, rata dan mengkilap. Selanjutnya material dipoles menggunakan kain beludru yang diputar diatas mesin dan diberikan pasta alumina Okside Powder CR Type 1µm untuk menghilangkan goresan-goresan yang masih ada bekas pengampelasan yang halus. Tujuan pemolesan ini adalah untuk memperoleh permukaan yang mengkilap dan memenuhi syarat untuk diperiksa dibawah miskroskop. Kemudian material dibersihkan dan dikeringkan dengan menggunakan *hair dryer*.

Etsa

Material uji yang telah dipoles kemudian dietsa dengan larutan etsa standar (Tabel 3) yang bertujuan untuk memunculkan fasa-fasa yang diinginkan sehingga bila dilihat pada miskroskop optic dapat dilihat dengan jelas.

Tabel 3. Jenis larutan etsa standar

Jenis Larutan	Komposisi	
larutan A	100 ml alkohol	3 ml HNO ₃
larutan B	90 ml alkohol	10 ml HCl
larutan C	100 ml alkohol	2 ml NH ₄ OH

Larutan etsa yang digunakan adalah 100 ml alkohol + 3 ml HNO₃ 5 %. Material dicelupkan kedalam larutan tersebut dalam waktu 15 detik kemudian diangkat dan dikeringkan.

Pengamatan dengan Miskroskop Optik

Material uji yang telah di etsa kemudian diphoto dengan menggunakan alat miskroskop analisator bayangan optic dengan pembesaran 100 kali sehinga diperoleh struktur mikro dari sampel dengan menggunakan *software image analyzer* yang berbasis program *java software image analyzer* yang khusus dikembangkan sebagai karakterisasi analisa mikrostruktur dari gambar-gambar yang dihasilkan. Selanjutnya hasil photo dianalisa.

DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil Kekerasan Sebelum Proses Flame Hardening.

Tabel 4. Kekerasan sebelum *flame Hardening*

No	Kekerasan (HB)												Beban (P)	ø Bola	Material	Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	187	187	207	170	170	170	170	187	170	207	207	187				
2													150 kg	2.5 mm	S45C	
3																

Kekerasan Benda Kerja Setelah Proses Flame Hardening

Manual Proses

Tabel 5. Hasil kekerasan pada proses manual

No	Kekerasan (HRC)												Beban (P)	Suhu (°C)	Rpm	Pendingin	Waktu menit	Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1	34	40	38	23	26	36	32	31	30	35	40	31						
2	32	28	36	37	30	43	32	39	42	27	32	28	150	880	manual	oil	40	Bk diikat dng kawat
3	35	28	26	32	30	44	32	36	42	36	42	36						

Menggunakan Mesin Sebelum Dimodifikasi

Tabel 6. Hasil kekerasan pada 40 rpm

No	Kekerasan (HRC)												Beban (P)	Suhu (°C)	Rpm	Pendingin	Waktu menit	Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1	46	47	49	48	46	46	44	44	50	47	46	50						
2	46	49	46	45	46	45	49	45	45	46	47	49	150	880	40	oil	8	Bk di cekam pada mesin
3	50	47	47	51	49	49	48	51	46	46	45	50						

Tabel 7. Hasil kekerasan pada 50 Rpm

No	Kekerasan (HRC)												Beban (P)	Suhu (°C)	Rpm	Pendingin	Waktu menit	Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1	48	49	51	51	49	49	47	46	47	47	50	51						
2	50	48	48	49	47	46	46	46	48	49	50	50	150	880	50	oil	7	Bk di cekam pd mesin
3	49	46	46	46	48	49	48	50	49	47	47	49						

Tabel 8. Hasil kekerasan pada 60 Rpm

No	Kekerasan (HRC)												Beban (P)	Suhu (°C)	Rpm	Pendingin	Waktu menit	Keterangan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1	47	44	45	44	49	46	47	46	49	47	44	44						
2	48	47	50	44	46	44	44	47	45	46	47	49	150	880	60	oil	10	BK dicetak pd mesin
3	46	46	42	45	44	46	49	44	46	46	46	49						

Menggunakan Mesin Setelah Dimodifikasi

Tabel 9. Hasil kekerasan pada 40 rpm

No	Kekerasan (HRC)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	50	57	61	58	59	55	51	53	54	56	60	55
2	57	52	52	60	56	54	55	52	53	60	52	57

Tabel 10. Hasil kekerasan pada 50 Rpm

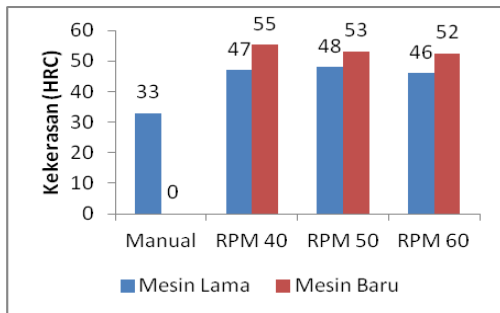
No	Kekerasan (HRC)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	54	57	50	54	55	52	51	54	51	50	50	53
2	57	53	55	50	56	51	56	52	54	51	53	53

Tabel 11. Hasil kekerasan pada 60 Rpm

No	Kekerasan (HRC)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	54	53	50	53	54	51	51	54	54	50	54	52
2	54	52	51	54	52	52	52	52	51	51	50	56

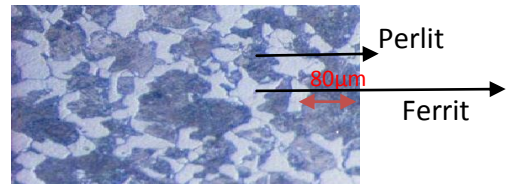
Dari hasil data kekerasan yang ditunjukkan pada gambar 6 dapat diambil kesimpulan bahwa dari mesin yang telah dimodifikasi menghasilkan kekerasan benda kerja lebih tinggi dari mesin sebelumnya. Seluruh hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai diatas 50 HRC. Hal ini disebabkan :

- Proses pendinginan dilakukan langsung dengan menyemburkan pendingin saat suhu benda yang tampil di display sudah tercapai. Tidak ada jeda waktu yang menyebabkan penurunan suhu pengerasan.
- Kontrol suhu lebih tepat karena menggunakan *display thermocouple*.
- Pengaturan jarak *torch* pemanas yang tepat saat proses pemanasan benda kerja.



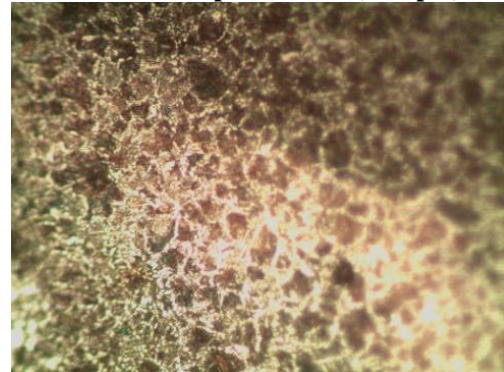
Gambar 6. Perbandingan Data Hasil Kekerasan

Hasil Metalografi
Struktur mikro raw materials

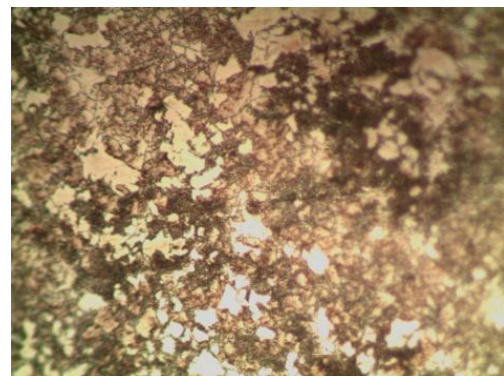


Gambar 8. Mikrostruktur Raw Material Sebelum di *Flame Hardening*

Struktur mikro Rpm konstan (40 Rpm)

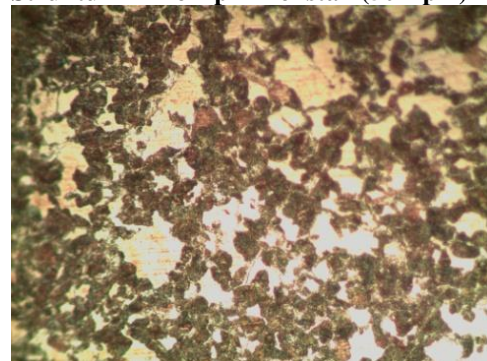


Gambar 9. Mikrostruktur setelah di *Flame Hardening* 40 Rpm Bagian Pinggir Roda Gigi

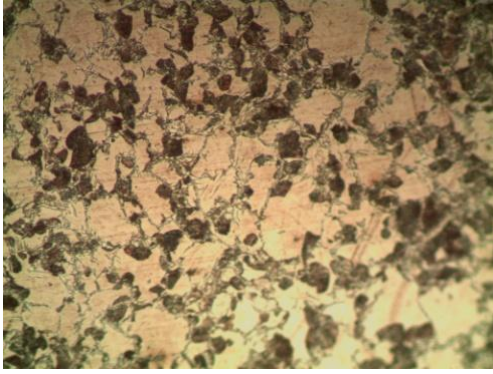


Gambar 9. Mikrostruktur setelah di *Flame Hardening* 40 Rpm Bagian Tengah Roda Gigi

Struktur mikro Rpm Konstan (50 Rpm)

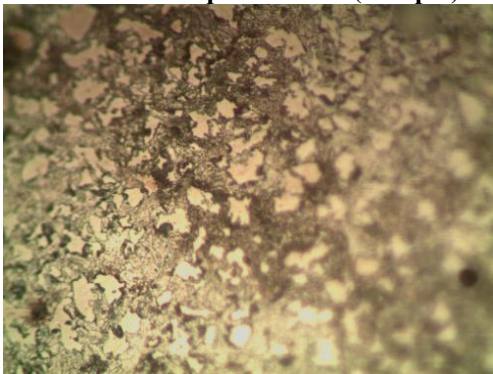


Gambar 10. Mikrostruktur setelah di *Flame Hardening* 50 Rpm Bagian Pinggir Roda Gigi

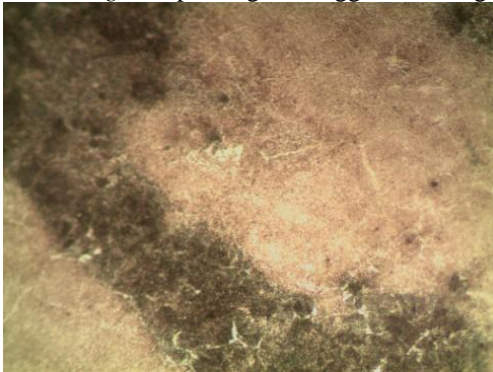


Gambar 11. Mikrostruktur setelah di *Flame Hardening* 50 Rpm Bagian Tengah Roda Gigi

Struktur mikro Rpm Konstan (60 Rpm)



Gambar 12. Mikrostruktur setelah di *Flame Hardening* 60 Rpm Bagian Pinggir Roda Gigi



Gambar 13. Mikrostruktur setelah di *Flame Hardening* 60 Rpm Bagian Tengah Roda Gigi

Dari struktur mikro hasil penelitian yang dilakukan diketahui ada perbedaan karakteristik perbedaan struktur antara *raw materials* dengan proses Rpm konstan yaitu :

- *Raw material* mempunyai struktur mikro yang tampak adalah perlit dan ferrit, dimana perlit berwarna gelap dan ferrit berwarna putih dengan perbandingan 60% perlit dan 40% ferrit. Dengan kekerasan 8 HRC – 12 HRC. Struktur yang tampak ini sesuai dengan kadar karbon yang terkandung pada bahan yaitu 0,40 % - 0,46 % C dan bentuk kristal yang besar dan hampir berimbang sehingga menunjukkan bahan ini mempunyai sifat liat dan lunak.

- Struktur mikro pada benda kerja menggunakan mesin yang telah dimodifikasi menunjukkan proses putaran konstan (40 Rpm, 50 Rpm dan 60 Rpm) memiliki struktur mikro baru yaitu martensit. Hal ini dapat dilihat pada gambar 8, 10 dan 12 untuk setiap putaran dimana persentase martensit lebih dominan dari ferrit dan pearlite. Sesuai dengan fungsinya, pada roda gigi diinginkan mempunyai sifat keras pada bagian luar sedangkan pada bagian tengah relative lunak dan kuat. Hal ini dapat ditunjukkan dengan adanya perbedaan struktur mikro antara bagian pinggir dan tengah. Pada bagian tengah (gambar 9, 11 dan 13) tampak struktur ferrit yang berwarna putih agak lebih dominan dibandingkan martensit.
- Efek yang terjadi pada material dengan pergerakan konstan yaitu semakin cepat proses pencapaian suhu austenite maka semakin cepat sel satuan FCC ketika dicelupkan berubah menjadi BCT, tetapi unsur karbon yang larut dalam BCT tersebut lebih sedikit sehingga kedalaman kekerasan dangkal, dan semakin lama proses pencapaian suhu austenite dan dilakukan penahanan waktu maka kadar karbon yang terperangkap akan lebih banyak sehingga kekerasan lebih tebal.

KESIMPULAN

Hasil kekerasan yang tidak sempurna atau merata pada proses manual dimana perbedaan kekerasan yang terjadi ± 33 HRC dan waktu yang diperlukan untuk proses *flame hardening* lebih lama. Ini disebabkan oleh pengaruh putaran yang tidak konstan.

Hasil kekerasan untuk proses *flame hardening* pada mesin yang telah dimodifikasi mengalami peningkatan jika dibandingkan mesin sebelumnya. Proses *flame hardening* pada putaran benda kerja sebesar 40 Rpm rata-rata adalah 55 HRC dan waktu yang dibutuhkan untuk pemanasan adalah 8 menit, hasil kekerasan 50 Rpm rata-rata adalah 52 HRC dan waktu yang dibutuhkan adalah 8 menit dan hasil kekerasan 60 Rpm rata-rata adalah 53 dan waktu yang dibutuhkan adalah 8 menit. Secara keseluruhan kekerasan dengan spesimen tertinggi adalah dengan pergerakan 40 rpm, dimana rata-rata kekerasannya 55 HRC dan waktu yang dibutuhkan lebih cepat yaitu 8 menit.

Sifat fisis (*foto mikro*) material S45C hanya mempunyai 2 struktur mikro yaitu perlit dan ferrit dengan perbandingan 60% perlit dan 40% ferrit, tetapi setelah dilakukan proses *flame hardening* struktur mikro yang dihasilkan menunjukkan kekerasan tinggi dengan adanya struktur baru yaitu martensit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Bapak Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung bersama PD1 dan PDII yang telah memberikan bantuan biaya untuk menyajikan penelian ini di Seminar ReTII STTNAS Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartanto, Ruri (2007): Pengaruh Kecepatan Gerak *Torch* Pada Baja SD50 Dengan Kadar Karbon 0, 31 %, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- <http://www.Authority Flame - Flame Hardening Straightening.htm>. Diakses pada tanggal 25 Januari 2013 , pukul 09.00 WIB.
- Murthy, VSR, et al. 2003. *Structure and Properties Engineering Material*. Tata McGraw Hill. NewDelhi.
- Nayar, Alok. 2003. *The Steel Handbook*. Tata McGraw Hill. New Delhi.
- Perdana, Yopie Bagoes (2009) : Rancang Bangun Serta Uji Karakteristik Mesin *Flame hardening* Metoda Spin, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Somawardi, Yuliyanto dan Suseno (2012) : Analisis Pengerasan Permukaan Metode *Flame Hardening* Dengan Pencekaman Benda Kerja Sistem Vertikal Pada Baja S45C, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Bangka.