

Pengaruh Media Pendingin Bio Solar Pada Perlakuan Panas Untuk Meningkatkan Kekerasan Roda Gigi Sproket

Devri Gusmantoro^{1*}, Erwansyah¹, Shanty Dwi Krishnaningsih¹

¹ Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : devri3756@gmail.com

Received: 17 Juli 2023; Received in revised form: 1 Agustus 2023; Accepted: 12 Agustus 2023

Abstract

The sprocket gear is one part of a motorcycle that functions as a power transfer transmission. The service of gears can be influenced by several aspects, one of which is the hardness of sprocket gears. The hardness of the sprocket gear material can be increased by various methods, one of which is heat treatment. This study used an experimental method with the aim of knowing the effect of biodiesel as the main cooling medium on increasing the hardness of non-original sprocket gears. The research process included carburizing and hardening processes on 2 non-original brands at the temperature of 910°C and then cooled using biodiesel and water-cooling media with a holding time of 30 minutes and 60 minutes. The results showed that the heat treatment process could increase the hardness of brand A with a normal hardness of 104 HB resulting in the highest value in the parameter holding time of 60 minutes and water cooling medium with a hardness value of 111,6 HB and brand B of normal hardness with a value of 110,8 HB producing the highest value is the holding time parameter of 60 minutes and water cooling medium with a hardness value of 115,9 HB. Based on the result obtained, the water-cooling medium is higher than the biodiesel-cooling medium.

Keywords: Biodiesel; Sprocket gears; Surface Hardness.

Abstrak

Roda gigi sproket merupakan salah satu bagian dari sepeda motor yang berfungsi sebagai transmisi perpindahan tenaga. Usia pemakaian roda gigi dapat dipengaruhi oleh beberapa aspek salah satunya kekerasan pada roda gigi sproket tersebut. Kekerasan pada material roda gigi sproket dapat ditingkatkan dengan berbagai macam metode salah satunya yang sering digunakan adalah heat treatment atau perlakuan panas. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh bio solar sebagai media pendingin utama terhadap peningkatan kekerasan pada roda gigi sproket non original. Proses penelitian meliputi proses carburizing dan hardening pada 2 merk non original yamaha pada suhu 910°C lalu didinginkan menggunakan media pendingin bio solar dan air dengan holding time 30 menit dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan dengan proses perlakuan panas dapat meningkatkan kekerasan pada merk A dengan kekerasan normal 104 HB menghasilkan nilai tertinggi pada parameter holding time 60 menit dan media pendingin air dengan nilai kekerasan 111,6 HB dan merk B kekerasan normal dengan nilai 110,8 HB menghasilkan nilai tertinggi pada parameter holding time 60 menit dan media pendingin air dengan nilai kekerasan 115,9 HB. Berdasarkan hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa media pendingin air menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan bio solar.

Kata kunci: Bio solar; Kekerasan permukaan; Roda gigi sproket.

1. PENDAHULUAN

Sepeda motor merupakan salah satu alat transportasi yang sering dipakai masyarakat di seluruh dunia untuk membantu kegiatan dalam sehari-hari. Pada saat ini sepeda motor telah banyak mengalami evolusi bentuk yang beragam

dan sampai sekarang telah ada beberapa jenis sepeda motor yang sering digunakan masyarakat untuk aktivitas mereka yaitu *matic* dan *non-matic*. Pada jenis sepeda motor *non-matic* salah satu penggantian suku cadang kendaraan yang harus dilakukan adalah roda gigi sproket atau gear

sprocket [1]. Roda gigi sproket merupakan salah satu bagian dari sepeda motor yang berfungsi sebagai transmisi perpindahan tenaga. Roda gigi sproket juga dapat mengalami aus dan tidak layak pakai jika tidak dilakukan penggantian yang menyebabkan terjadinya hal yang tidak diinginkan saat berkendara. Penyebab keausan pada roda gigi sproket dikarenakan komponen tersebut menarik beban besar secara terus menerus, namun kekurangan pelumas atau tidak ada sama sekali. Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar dan berguna untuk mentransmisikan daya pada sepeda motor. Sprocket gear sepeda motor merupakan salah satu komponen penggerak roda. Komponen ini merupakan salah satu komponen yang sangat penting karena komponen ini berfungsi dalam fungsi utama sepeda motor. Jenis material yang digunakan dalam komponen ini umumnya termasuk dalam golongan jenis baja karbon rendah. Roda gigi sproket berfungsi sebagai pemindah daya (daya putar dari mesin ke roda belakang), sehingga sepeda motor dapat bekerja secara optimal [2].

Usia pemakaian roda gigi dapat dipengaruhi oleh beberapa aspek salah satunya kekerasan pada roda gigi tersebut dalam hal ketahanan gesekan. Kekerasan pada material roda gigi sproket dapat ditingkatkan dengan berbagai macam metode salah satunya yang sering digunakan adalah *heat treatment* atau perlakuan panas. Perlakuan panas merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan dengan tujuan untuk menguatkan atau mengubah struktur logam dengan sifat mekanik khususnya kekerasan, keuletan dan ketangguhan melalui proses pemanasan spesimen pada tungku dengan temperatur dan periode waktu tertentu, kemudian didinginkan dengan media pendingin tertentu yang memiliki kerapatan yang berbeda [3]. Perlakuan panas memiliki berbagai macam jenis antara lain yaitu *hardening*, *carburizing*, *normalizing*, dan *surface hardening*. *Hardening* didefinisikan sebagai proses pemanasan dengan tujuan untuk meningkatkan kekerasan benda secara alami sampai mencapai daerah austenit, yaitu kira-kira 30°C sampai 50°C seperti diagram fasa kemudian dilakukan pendinginan menggunakan air sampai terbentuknya struktur martensit. Material

yang telah dilakukan *hardening* mempunyai kondisi struktur yang sangat tegang dan getas, sehingga tidak bisa digunakan sesuai dengan penggunaan yang praktis [4]. Sedangkan Karburasi atau *carburizing* adalah proses penambahan jumlah karbon pada material benda kerja dengan menggunakan karbon aktif. Proses karburasi ini biasanya dilakukan pada baja karbon rendah yang mempunyai kekerasan yang rendah, lunak dan keuletan tinggi [5]. Baja merupakan campuran antara paduan besi dan karbon yang mungkin juga mengandung unsur paduan lainnya, ada banyak jenis paduan yang memiliki komposisi dan perlakuan panas yang berbeda. Sifat mekanik sangat dipengaruhi oleh kandungan karbon pada baja tersebut dan umumnya baja dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian berdasarkan konsentrasi karbonnya yaitu baja karbon rendah, baja karbon menengah dan baja karbon tinggi [6]. Baja karbon adalah salah satu jenis logam campuran antara besi sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2 % hingga 2,1% sesuai kelasnya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengerasan pada kisi kristal atom besi [7].

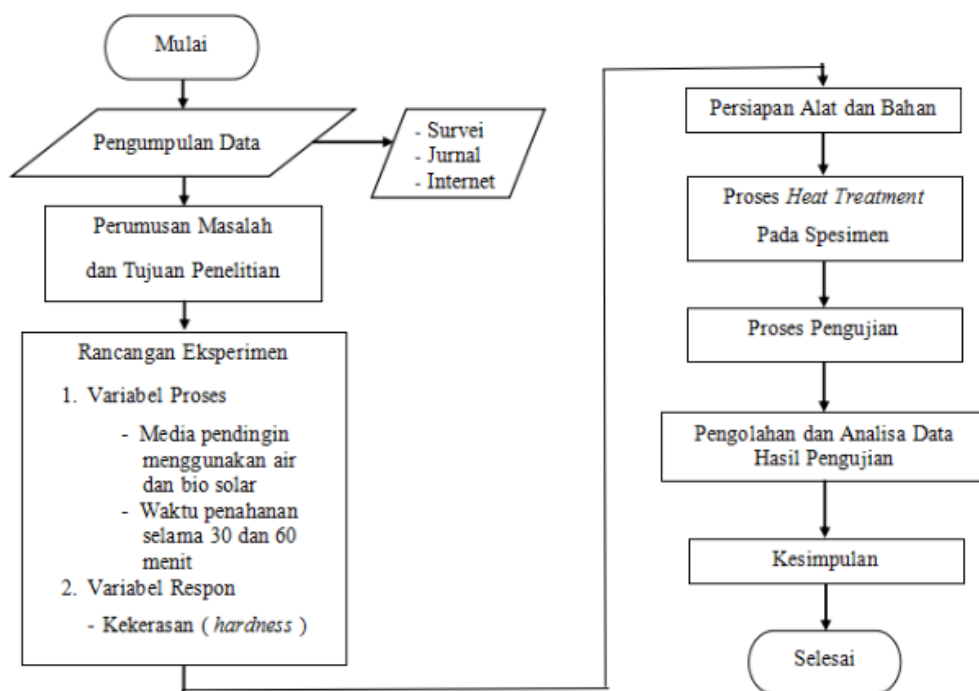
Faktor lain yang mempengaruhi kekerasan material selain temperatur yaitu waktu penahanan dan media pendingin yang digunakan. *Quench* merupakan proses perpindahan panas pendinginan dengan sangat cepat dari fasa austenit pada umumnya suhu antara 815°C - 870°C untuk material baja. Media pendingin yang biasa digunakan untuk proses quenching yaitu air, oli, larutan garam, dan udara [8]. Salah satu media pendingin yang bisa digunakan adalah bio solar, bio solar merupakan media pendingin yang tergolong dalam kategori minyak yang digunakan sebagai fluida pendinginan dalam perlakuan panas yang dapat memberikan lapisan karbon pada permukaan benda kerja karena bio solar memiliki kandungan *hidrocarbon* yang terdiri dari (C) karbon dan (H) hidrogen [9]. Sedangkan waktu penahanan merupakan waktu yang dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* dengan menahan pada suhu pengerasan. Pada umumnya perlu dilakukan waktu penahanan untuk mendapat

kesempatan pada bahan untuk menyempurnakan bentuk kristal yang akan terbentuk pada suhu transformasi. Tujuan dilakukannya waktu penahanan agar struktur mikro dapat homogen [10].

Berdasarkan data penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa waktu penahanan dan media pendingin sangat berpengaruh pada kekerasan material. Berdasarkan permasalahan penggantian suku cadang roda gigi sproket non-matic yang menggunakan original dan non-original yang memiliki masa pakai yang berbeda maka dapat diasumsikan perlakuan panas,

media pendingin dan media pendingin tertentu dapat meningkatkan kekerasan roda gigi sproket *non-original* dengan tujuan untuk meningkatkan kekerasan roda gigi sproket non-original, proyek akhir ini membahas tentang pengaruh media pendingin bio solar pada perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan roda gigi sproket dengan temperatur 910°C dengan waktu penahanan selama 30 menit dan 60 menit menggunakan media pendingin bio solar dan air.

2. METODE PENELITIAN

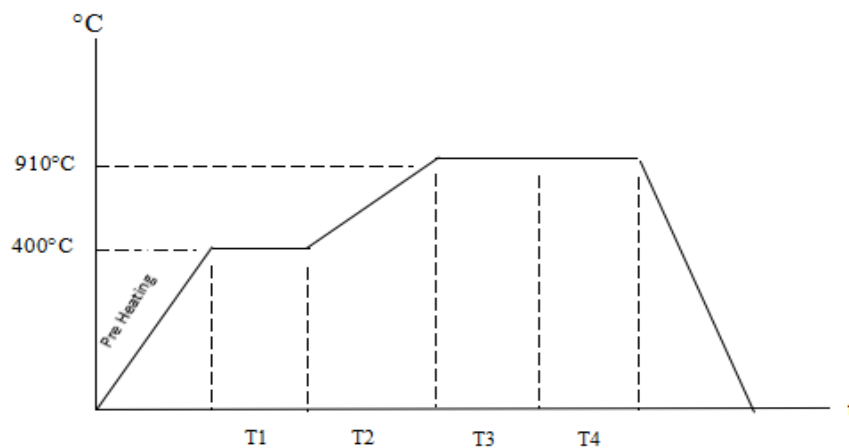


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Variabel proses adalah variabel bebas yang juga bisa disebut sebagai faktor kontrol yang dimana variabel ini dapat diubah maupun dikendalikan, dalam penelitian ini tujuan yang ingin dicapai berdasarkan hasil dari penelitian. Faktor-faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Media pendingin yang digunakan pada penelitian ini untuk proses pendingin

spesimen saat selesai dilakukan perlakuan panas adalah air dan bio solar. (2) Waktu penahanan (*holding time*) yang digunakan dalam proses perlakuan adalah 30 menit dan 60 menit.

Dengan menggunakan temperatur dan waktu penahanan yang telah ditentukan diagram *hardening* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Diagram Hardening

Variabel respon adalah variabel dengan jumlah besar tidak bisa ditentukan dan nilai dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, dan hasil didapatkan sesudah melaksanakan pengujian. Variabel respon yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan adalah proses uji yang memiliki tujuan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu logam.

Tipe pengujian kekerasan yang digunakan adalah rockwell yang dilakukan dengan pemberian beban tekan pada bahan sampai batas standar yang telah ditentukan, sehingga material mengalami tekanan dititik yang diuji dan nilai kekerasan pada logam tersebut dapat diketahui. Desain eksperimen dan skema pengujian penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 . Desain eksperimen

No	Pengujian	T1	T2	T3	T4	Media Pendingin	Sample		
1.	Kekerasan	15 Menit	20 Menit	30 Menit	30 Menit	Air	...	...	..
		15 Menit	20 Menit	30 Menit	30 Menit	Bio Solar	...	...	..
		15 Menit	20 Menit	30 Menit	30 Menit	Air	...	...	..
		15 Menit	20 Menit	30 Menit	30 Menit	Bio Solar	...	...	..

Tabel 2 . Skema pengujian

No	Waktu Penahanan	TMU						Rata-rata (HRA)		Konversi (HRA to HB)	
		Bio Solar (HRA)			Air (HRA)						
		1	2	3	1	2	3	Bio Solar	Air	Bio Solar	Air
1.	30 Menit	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2.		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3.		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		Rata-rata Kekerasan						...	...	...	...
4.	60 Menit	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5.		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6.		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		Rata-rata Kekerasan						...	...	...	...

Penelitian ini meliputi beberapa tahap persiapan yang meliputi beberapa variabel

yaitu sebagai berikut: (1) Persiapan dapur pemanas menggunakan dapur pemanas

(oven) dengan temperatur 910°C dengan tujuan untuk mencapai suhu kritis hingga membentuk struktur austenit yang dimana bersifat keras dan ulet. (2) Persiapan metode perlakuan panas menggunakan metode *carburizing* (karburisasi) untuk menambahkan kadar karbon pada spesimen dengan campuran pupuk dolomit sebagai katalis dan pupuk arang batok kelapa sebagai karbon. Dan juga menggunakan metode *case hardening* untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan spesimen. (3) Persiapan media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah bio solar dan air yang dimana media pendingin tersebut dimasukkan kedalam wadah lalu mencelupkan spesimen yang telah dilakukan perlakuan panas kedalam wadah tersebut.

(4) Pengujian kekerasan melakukan pengujian kekerasan pada spesimen sebelum dilakukan panas dan setelah dilakukan perlakuan panas menggunakan pengujian kekerasan rockwell tipe A yang dikonversi ke kekerasan *brinell*.

Pengujian awal dilakukan dengan untuk mengetahui nilai kekerasan normal tiap merk roda gigi sproket sebelum dilakukan proses perlakuan panas. Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan mesin Zwick/Roell ZHR *Hardness Tester* dengan tipe pengujian kekerasan *rockwell A* ke *brinell* agar lebih mudah dibaca dan dilakukan analisa. Nilai kekerasan normal roda gigi sproket dapat dilihat pada tabel 3, 4, dan 5.

Tabel 3. Hasil uji awal merk A

No	Titik Uji Merk TMU			Rata-rata (HRA)	Konversi (HB)
	1	2	3		
1.	42,2	37,9	41	40,37	97,66
2.	38,4	43	45,6	42,33	105
3.	44	41,7	45,5	43,73	109,33
Rata- rata Kekerasan				41,75	104

Tabel 4. Hasil uji awal merk B

No	Titik Uji Merk GSN			Rata-rata (HRA)	Konversi (HB)
	1	2	3		
1.	47,2	41,7	45,3	43,8	113,33
2.	42,7	44	44	43,57	108,66
3.	45,4	43,1	43,4	43,97	110,66
Rata- rata Kekerasan				43,78	110,8

Tabel 5. Hasil uji awal merk original

No	Titik Uji Merk ORI			Rata-rata (HRA)	Konversi (HB)
	1	2	3		
1.	71,4	70,5	70	70,63	374,3
2.	71,5	67,6	70,4	69,83	360
3.	68,7	69,6	69,4	69,23	350
Rata- rata Kekerasan				69,9	361,4

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai kekerasan dari spesimen, dimana akan dilihat pengaruh perbandingan media pendingin bio solar dan air dengan variasi selama waktu penahanan selama 30 menit dan 60 menit

terhadap nilai kekerasan pada roda gigi sproket. Dari data tersebut akan diketahui berapakah nilai maksimum atau tertinggi dari perbandingan nilai kekerasan tersebut. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Data pengujian kekerasan merk A

No	Waktu Penahanan	Merk A						Rata-rata (HRA)		Konversi (HRA to HB)	
		Bio Solar (HRA)			Air (HRA)			Bio Solar	Air	Bio Solar	Air
		1	2	3	1	2	3				
1.	30 Menit	42	40,8	40,3	39,2	37,4	38,2	41	38,2	100,3	91,3
2.		41,7	41,2	39,6	39,6	38,6	39,7	41,2	39,3	98,7	94
3.		41,1	39,1	38,4	38,3	38,4	38,4	39,5	38,3	94	92
		Rata-rata Kekerasan						40,5	38,2	98	91,4
4.	60 Menit	39,8	41,7	40,7	42,4	46,6	44,5	40,7	44,5	99,6	112,6
5.		40,4	39,5	41,1	44,7	48,7	46,6	40,3	46,6	97,3	119,33
6.		39,7	39	38,8	42,2	42,3	41,4	39,1	41,9	94,3	103,6
		Rata-rata Kekerasan						40,06	44,3	96,1	111,6

Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian kekerasan dengan merk A menggunakan media pendingin bio solar dan waktu penahanan 30 menit berkisar antara 39,1 HRA - 42 HRA bernilai rata-rata sebesar 40,5 HRA dan setelah dikonversi ke brinell bernilai rata-rata 98 HB, sedangkan dengan waktu penahanan 60 menit berkisar 38,8 HRA - 41,1 HRA bernilai rata-rata 40,06 HRA dan setelah dikonversi ke brinell memiliki

rata-rata 96,1 HB. Kemudian merk A menggunakan media pendingin air dan waktu penahanan 30 menit berkisar 38,3 HRA - 39,7 HRA bernilai rata-rata 38,2 HRA dan setelah dikonversi ke brinell bernilai rata-rata 91,4 HB, sedangkan dengan waktu penahanan 60 menit berkisar 41,4 HRA - 48,7 HRA bernilai rata-rata 44,3 HRA dan setelah dikonversi ke brinell bernilai 111,6 HB seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Data pengujian kekerasan merk B

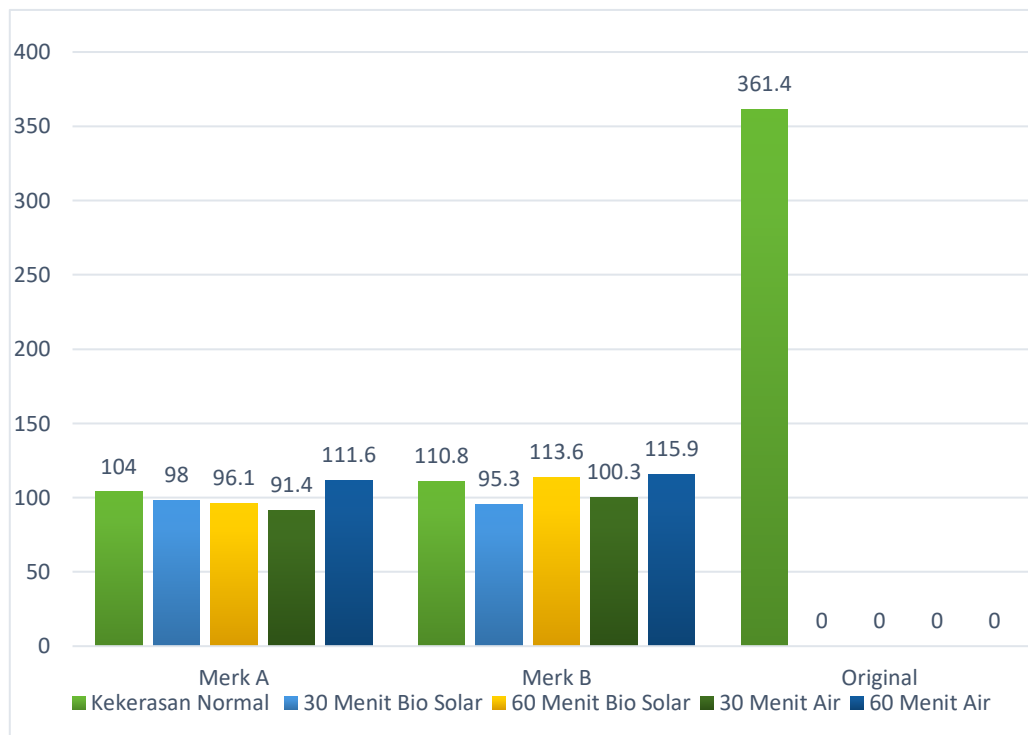
No	Waktu Penahanan	Merk B						Rata-rata (HRA)		Konversi (HRA to HB)	
		Bio Solar (HRA)			Air (HRA)			Bio Solar	Air	Bio Solar	Air
		1	2	3	1	2	3				
1.	30 Menit	43,8	37,3	38,4	41,1	41,9	41,6	39,9	41,5	97	101,3
2.		38,4	39,8	39	41,6	41,4	41,9	39,1	41,6	94	102
3.		39,5	41,2	38,7	40,3	38,9	41,4	39,8	40,2	95	97,7
		Rata-rata Kekerasan						39,6	41,1	95,3	100,3
4.	60 Menit	44,2	42,7	47,1	43,5	45,2	45,2	44,7	44,6	112,7	112,3
5.		47,1	44,5	42,7	46,8	47,7	46,4	44,8	46,7	113,3	122,7
6.		46,3	43,7	45,4	44,8	44,3	44,3	45,1	44,5	115	112,7
		Rata-rata Kekerasan						44,9	45,4	113,6	115,9

Selanjutnya hasil pengujian kekerasan dengan merk B menggunakan media pendingin bio solar dan waktu penahanan 30 menit berkisar antara 38,4 HRA - 43,8 bernilai rata-rata sebesar 39,6 HRA dan setelah dikonversi ke brinell bernilai rata-rata 95,3 HB, sedangkan dengan waktu penahanan 60 menit berkisar 42,7 HRA - 47,1

HRA bernilai rata-rata 44,9 HRA dan setelah dikonversi ke brinell bernilai rata-rata 113,6 HB. Kemudian merk B menggunakan media pendingin air dan waktu penahanan 30 menit berkisar 40,3 HRA - 41,9 HRA bernilai rata-rata 41,1 HRA dan setelah dikonversi ke brinell bernilai rata-rata 100,3 HB, sedangkan dengan waktu penahanan 60

menit berkisar 44,3 HRA - 46,96 HRA bernilai rata-rata 45,4 dan setelah dikonversi ke brinell bernilai rata-rata 115,9 HB. Hasil

kekerasan yang berbeda tiap merk telah dilakukan perbandingan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kekerasan

Dari grafik perbandingan di atas dapat disimpulkan bahwa kekerasan pada spesimen sangat dipengaruhi oleh waktu penahanan yang digunakan agar panas yang diterima oleh spesimen dapat terdistribusikan dengan baik dan juga media pendingin yang digunakan sangat berpengaruh pada saat proses pendinginan

agar karbon dapat bertambah pada seluruh permukaan spesimen.

Nilai yang telah didapatkan akan dianalisa dan dibandingkan kekerasannya dengan roda gigi original yamaha sebagai acuan kekerasan. Perbandingan kekerasan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan kekerasan

No	Merk	Waktu Penahanan	Media Pendingin	Rata-rata (HB)	Rata-rata Normal (HB)
1.	TMU	30 Menit	Bio Solar	98	104
			Air	91,47	
		60 Menit	Bio Solar	96,14	
			Air	111,6	
2.	GSN	30 Menit	Bio Solar	95,3	110,8
			Air	100,3	
		60 Menit	Bio Solar	113,6	
			Air	115,8	
3.	Original Yamaha	-	-	-	361,4

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil data nilai yang didapatkan menunjukkan bahwa metode perlakuan panas dapat digunakan sebagai

metode atau cara untuk meningkatkan kekerasan spesimen roda gigi sproket. Hal ini ditunjukkan dengan nilai kekerasan normal pada spesimen merk TMU yaitu 104

HB dapat menghasilkan kekerasan tertinggi dengan nilai 111,62 HB dan peningkatan kekerasan sebesar 7,3%. Nilai kekerasan normal pada spesimen merk GSN yaitu 110,8 HB dapat menghasilkan kekerasan tertinggi dengan nilai 115,8 HB dan peningkatan kekerasan sebesar 4,6%. Dari data pengujian yang didapatkan, media pendingin bio solar tidak lebih baik dibandingkan menggunakan media pendingin air, hal ini ditunjukkan nilai kekerasan tertinggi menggunakan air dapat menghasilkan nilai 115,8 HB sedangkan yang dihasilkan dari bio solar yaitu 113,6 HB. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa roda gigi sproket non original tidak bisa menyamai kekerasan dari roda gigi sproket original merk yamaha, dimana nilai kekerasan tertinggi yaitu pada merk GSN walaupun sudah dilakukan perlakuan panas untuk menambahkan kekerasan hanya menghasilkan nilai 115,8 HB, sedangkan kekerasan roda gigi sproket original memiliki nilai rata-rata 361,4 HB.

Saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya, sebagai contoh dengan menggunakan spesimen merk lain. 2) Pada proses pendinginan dapat dilakukan variasi media pendingin yang lainnya hal ini dibuktikan menggunakan bio solar ternyata tidak menghasilkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan air. 3) Pada penggunaan waktu penahanan dapat dilakukan penambahan hal ini ditunjukkan semakin lama waktu penahanan akan menghasilkan nilai yang lebih baik pula.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugito B. and Hariyanto A., "Pengaruh karburisasi roda gigi sprocket aspira dengan ahm terhadap perubahan sifat fisis dan mekanis ", 2007.
- [2] Soeleman S. and Isahudin M., "Analisis Karakteristik Gear Sprocket Standard dan Racing pada Sepeda Motor", *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2), 2008. Raul, Widiyanti, and Poppy, "Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kedalaman Potong pada Mesin Bubut terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja ST 41 ", *Jurnal Teknik Mesin*, 2016.
- [3] Sailon S. And Rizal S. "Analisis Perubahan Kekerasan Dan Struktur Mikro Hasil Perlakuan Panas Produk Pandai Besi Dengan Menggunakan Media Pendingin Batang Pisang. *Austenit* ", 6, 2014.
- [4] Zulfandy D., " *Analisa Uji Kekerasan Pada Material Baja ST37 Setelah Mengalami Perlakuan Panas Annealing* ", Doctoral dissertation, 2019.
- [5] Prapaskah C. B. (2020). *Pengaruh Karburisasi Padat Dan Quenching Pada Suhu 800 Dengan Waktu Penahanan 4,6,8 Jam Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Dan Kulit Telur Sebagai Katalisator Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah*.
- [6] Waas, K., & Danny, V. (2020). *Pengaruh Holding Time Dan Variasi Media Quenching Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah St 42 Pada Proses Pengkarbonan Padat Menggunakan Arang Batok Biji Pala (Myristica Fagrans)*. *Jurnal Simetrik*, 10(1).
- [7] Agustian E., (2021), *Analisis Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasanbaja Aisi 1045 Pada Proses Quenching*.
- [8] Arlingga A. (2021). *Pengujian Kekerasan Dan Struktur Mikro Plat Baja Karbon Rendah Setelah Proses Pemanasan Dengan Suhu 8000c Di Quenching Bio Solar*. *Majalah Teknik Simes*, 15(2), 8-14.
- [9] Purwanto H., "Analisa Quenching Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Solar ", *Momentum*, 7(1), 2011.
- [10] Adawiyah, R., & Hendrawan, A. (2014). *Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Strukturmikro Dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses Hardening*. *Poros Teknik*, 6(2), 96-102.