

PENGUKURAN KEKERASAN, *CASE DEPTH*, DAN PANJANG PEMBAKARAN *CRANKSHAFT* R TIPE A123 HASIL INDUKSI HARDENING DAN PENGUJIAN KESESUAIAN DENGAN STANDART DI PT XYZ

*Muhammad Rafi Saptohadi¹, Rifky Ismail², Sulardjaka²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: muhammadrafisaptohadi@gmail.com

Abstrak

PT XYZ sebagai produsen motor dengan skala besar di Indonesia memiliki tuntutan produksi yang tetap harus dijaga setiap harinya dari segi kuantitas dan kualitas *part*. PT XYZ memiliki kewajiban untuk memproduksi *part* sepeda motor dari yang terkecil hingga *part* untuk merakit sepeda motor tersebut menjadi suatu unit utuh sepeda motor. Crankshaft yang menjadi pokok bahasan pada penelitian ini adalah suatu *part* pada sepeda motor dengan fungsi signifikan untuk membuat motor bergerak. Crankshaft tipe A123 yang diproduksi di PT XYZ adalah jenis *crankshaft* yang didesain untuk motor 160CC dengan tipe *matic* pada merk XYZ. Pada penelitian ini dilakukan uji pengukuran untuk *crankshaft* dari segi kekerasan, panjang pembakaran, dan *case depth* dengan metoda pengujian langsung dengan pengukuran menggunakan alat ukur yang tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk menjaga kualitas suatu *part* dari parameter kekerasan, panjang pembakaran, dan *case depth* berdasarkan standar yang digunakan pada PT XYZ. Dengan pengujian beberapa *sample part* diharapkan penelitian ini dapat mengetahui kesesuaian *part* hasil *hardening* dengan parameter yang ingin dicapai. Pada penelitian ini digunakan alat ukur serta alat pendukung untuk membantu pengukuran *part* serta ditemukan data valid hasil suatu *part*. Standar dan target yang ingin dicapai pada proses *hardening* juga dilampirkan pada penelitian ini untuk menunjang validasi data penelitian ini dengan acuan aktual perusahaan dalam produksi *part*. Berbagai bentuk perbandingan *part* sebelum dan setelah *hardening* juga dilampirkan dalam penelitian ini untuk menunjukkan kesesuaian *part* hasil *hardening* secara konkret. Studi literatur juga dilakukan untuk menunjang penelitian ini demi mendapatkan perbandingan serta pandangan dari berbagai penelitian yang telah dilakukan. Secara keseluruhan, penelitian ini mencakup bentuk pengukuran secara manual dan wawancara dengan pihak-pihak terkait di perusahaan dalam pengambilan data serta perbandingan melalui berbagai literatur dalam proses pengolahan data. Setelah data diolah dan dianalisis ditarik suatu kesimpulan hasil uji dengan kesesuaiannya dengan standar yang ada.

Kata kunci: *crankshaft*; *hardening*

Abstract

PT XYZ as a large-scale motorcycle manufacturer in Indonesia has production demands that must be maintained every day in terms of part quantity and quality. PT XYZ has an obligation to produce motorcycle parts from the smallest to the parts to assemble the motorcycle into a complete motorcycle unit. The crankshaft which is the subject of this study is a part on a motorbike with a significant function to make the motorbike move. The type A123 crankshaft produced at PT XYZ is a type of crankshaft designed for 160CC motorbikes with an automatic type on the XYZ brand. In this study, a measurement test was carried out for the crankshaft in terms of hardness, combustion length, and case depth using the direct test method with measurements using the available measuring instruments. This study aims to maintain the quality of a part from the parameters of hardness, burning length, and case depth based on the standards used at PT XYZ. By testing several sample parts, it is hoped that this research will be able to determine the suitability of the hardened parts with the parameters to be achieved. In this study measuring tools and supporting tools were used to help measure parts and found valid data on the results of a part. The standards and targets to be achieved in the hardening process are also attached to this study to support the validation of this research data with the actual reference of the company in part production. Various forms of comparison of parts before and after hardening are also attached in this study to concretely show the suitability of hardened parts. Literature studies were also carried out to support this research in order to obtain comparisons and views from various studies that have been conducted. Overall, this study includes manual measurements and interviews with relevant parties in the company in data collection and comparisons through various literature in data processing. After the data is processed and analyzed, a conclusion is drawn from the test results in accordance with existing standards.

Kata kunci: *crankshaft*; *hardening*

1. Pendahuluan

Pengerasan induksi adalah metode yang populer untuk perawatan permukaan berbagai komponen otomotif, termasuk poros bubungan. Pengerasan induksi adalah ketika panas dihasilkan langsung pada benda kerja dengan tahap preheating, heating, quenching, dan tempering. Cara ini lebih hemat dan ramah lingkungan karena energi panas dihasilkan menggunakan listrik tanpa membakar bahan bakar fosil. Selain itu, pemanasan induksi dapat dikontrol dengan tepat melalui jumlah dan desain koil, diameter spesimen, arus masukan, frekuensi, waktu pemanasan, dan suhu. Ini meminimalkan deformasi pada benda kerja dan memastikan efisiensi proses pengerasan dan kedalaman kekerasan.[1][2].

Suatu *engine* terdiri dari beberapa sistem, dan setiap sistem terdiri dari beberapa komponen. Komponen – komponen tersebut bekerja sama untuk mencapai suatu tujuan yaitu memenuhi fungsi dari sistem itu sendiri. Pada saat langkah pembakaran, komponen bekerja sama untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna, sehingga engine dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna, sehingga engine dapat menghasilkan tenaga yang diinginkan dan konsumsi fuel yang efisien. Tujuan tersebut tidak akan tercapai apabila suatu komponen dari sistem mengalami kerusakan. Salah satu komponen engine ialah *crankshaft*. *Crankshaft* berfungsi untuk memutar komponen yang ada di bagian bawah engine block. *Crankshaft* merubah gerak translasi piston menjadi gerak putar yang dipakai untuk melakukan kerja. *Crankshaft* memindahkan gerakan berputar ke flywheel dan menghasilkan energi untuk melakukan kerja [3]. Kinerja *crankshaft* dengan torsi tinggi serta waktu yang terus-menerus mengharuskan *crankshaft* memiliki tingkat kekerasan yang cukup tinggi untuk mengurangi keausan *part* serta menambah umur dari *crankshaft* tersebut. [4].

Crankshaft merupakan komponen otomotif hasil proses forging dengan metode closed-die forging yang mempertimbangkan ketepatan bentuk, kecepatan produksi dan kemampu bentuk kembali serta memberikan perlakuan panas (Heat Treatment) agar memperoleh sifat-sifat material yang diinginkan. Heat Treatment mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan kekerasan, meningkatkan tegangan tarik logam dan sebagainya. Salah satu proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (hardening), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau diatas daerah kritis, disusul dengan pendinginan yang cepat atau quench [5]

Terdapat beberapa *paper* yang telah diterbitkan untuk menganalisis pengerasan induksi, seperti analisis kekerasan pada *camshaft*, mobil diesel, serta berbagai *paper* tersedia yang sudah dipublikasi. Penulis membuat *paper* ini dengan tujuan sebagai pembandingan serta penelitian dengan objek berbeda yaitu *crankshaft* S48C dan merujuk pada *paper* terpublikasi sebelumnya[6].

Crankshaft pada PT XYZ menggunakan material S48C, untuk mencapai suatu tingkat kekerasan tertentu PT XYZ menggunakan suatu proses *induction hardening*. PT XYZ menggunakan JIS serta HES sebagai acuan hasil produk dari proses *induction hardening*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa kesesuaian hasil pengerasan induksi di PT. XYZ terhadap *standart* JIS dan HES yang berlaku.

2. Material dan Metode Penelitian

1. Bahan Uji

Bahan uji yang digunakan adalah *crankshaft* sisi sebelah kanan (R), tipe A123 dengan material S48C, yang berupa baja karbon dengan kadar karbon 48%. Gambar 1 menunjukkan *crankshaft* R dengan tipe A123.



Gambar 1. Crankshaft S48C

Berikut terlampir pada tabel 1 di bawah ini kandungan pada *crankshaft* S48C.

Tabel 1. Kandungan material S48C

| C(%) | Si(%) | M N(%) | P(%) | S(%) | Kr(%) | Ni(%) | Cu(%) |
|-----------|-----------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 0.45-0.51 | 0.15-0.35 | 0.6-0.9 | ≤0.03 | ≤0.035 | ≤0.2 | ≤0.2 | ≤0.3 |

2. Alat

Pada penelitian ini, terdapat berbagai alat untuk menunjang penelitian diantaranya adalah sebagai berikut. Alat utama yang diperlukan adalah mesin induksi *hardening* seperti dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Mesin pengerasan induksi.

Spesifikasi mesin induksi *hardening* yang digunakan PT XYZ ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Spesifikasi mesin pengerasan induksi.

| | |
|-------------------------------------|--------------------|
| Jenis Hardening | Pengerasan Induksi |
| Sistem | <i>Scanning</i> |
| Jenis Penyemprotan Coolant | <i>Water Based</i> |
| Suhu Coolant (<i>upon</i>) | 25-32°C |
| Konsentrasi Coolant (<i>upon</i>) | 2-4% |
| Diameter Coil | 29 mm |
| Rotation Mesin | 550 rpm |
| Chiller | Max 20°C |

Pada tabel di atas terlampir keterangan mesin serta sistim induksi *hardening* yang digunakan PT XYZ. Pada PT XYZ jenis *hardening* yang digunakan adalah induksi *hardening* dengan sistim *scanning*, jenis penyemprotan *coolant* yang digunakan adalah *water based* dengan suhu *coolant* 25-32°C. Diameter *coil* pada mesin induksi *hardening* adalah 29 mm dengan *rotation* mesin sebesar 550 rpm serta suhu chiller dijaga pada maksimal 20°C.

Tabel 3. Keterangan *coolant*.

| Penyemprotan Coolant | Debit Coolant(L/min) | Jenis Coolant | Suhu (°C) |
|----------------------|----------------------|---------------|-----------|
| 1 | 28-43°C | Upon + Air | 29 |
| 2 | 28-40°C | | |
| 3 | 28-36°C | | |

Pada mesin induksi *hardening* yang digunakan di PT XYZ didapatkan pula data terkait penyemprotan *coolant*. *Coolant* disemprotkan sebanyak tiga kali dengan debit fluktuatif namun tetap berada pada rentang 28-43 L/min. Untuk keterangan terkait penyemprotan *coolant* telah dituliskan dalam tabel di atas.

3. Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Hardness Rockwell* sebagai alat ukur kekerasan, *Hardness Vickers* sebagai alat ukur *case depth*, serta *Vernier Caliper* sebagai alat ukur panjang pembakaran. Keterangan alat akan dijelaskan sebagai berikut.

- Hardness Rockwel.*
- Hardness Vickers.*
- Vernier Caliper.*

4. Standart Pengukuran

Standart atau besar maksimal kekerasan, *case depth*, dan panjang pembakaran *crankshaft* disesuaikan dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh tim *engineering crankshaft* PT XYZ dengan melalui berbagai pertimbangan. Ketentuan tersebut juga mengacu pada JIS Z2244, Z225, dan HES A 3030. JIS Z2244 dan Z225.

a. JIS

Undang-undang Standardisasi Industri Jepang (JIS Act), yang diundangkan pada tahun 1949 untuk meningkatkan kualitas dan merasionalisasi produksi produk mineral dan industri, telah memainkan peran penting

dalam standarisasi Jepang. Secara khusus, memberikan dasar hukum untuk: Komite Standar Industri Jepang (JISC), badan standarisasi nasional Jepang; Standar Industri Jepang (JIS), standar nasional Jepang; dan tanda JIS dan Sistem Akreditasi Laboratorium Nasional Jepang (JNLA), sistem penilaian kesesuaian nasional Jepang. Per Desember 2017, ada 10.622 JIS aktif berdasarkan Undang-Undang tersebut. Selain itu, per Maret 2018, terdapat 24 lembaga sertifikasi terakreditasi JIS, termasuk tiga di luar Jepang, yang telah menerbitkan sekitar 8.700 sertifikasi untuk JIS [7].

b. HES A 3030

HES atau Honda Engineering Standart adalah acuan internal *engineering* PT XYZ yang diaplikasikan pada seluruh perusahaan dibawah naungan PT XYZ.

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh berupa hasil pengukuran kekerasan, *case depth*, dan panjang pembakaran pada *crankshaft* sisi kanan tipe A123. Data yang diperoleh pada penelitian ini menggunakan empat *sample crankshaft* untuk memvalidasi hasil penelitian.

1. Kekerasan

Pengukuran kekerasan *crankshaft* R tipe A123 di PT XYZ menggunakan alat ukur *Hardness Rockwell*. Titik yang diukur dalam pengukuran kekerasan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



(a) Hasil pengukuran *inside*.



(b) Hasil pengukuran *surface*.

Gambar 3. Hasil Pengukuran Inside dan Surface

Pada pengukuran empat *sample* didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut.

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Kekerasan.

| Pengukuran | Standart | Hasil | | Pengukuran ke- |
|-------------------|-----------|------------|------------|----------------|
| | | Spesimen a | Spesimen b | |
| Hardness(Surface) | HRC 50-60 | 57,2 | 58,6 | 1 |
| Hardness(Inside) | HRC 17-25 | 17 | 17 | |
| Hardness(Surface) | HRC 50-60 | 51,6 | 53,4 | 2 |
| Hardness(Inside) | HRC 17-25 | 20,3 | 18,2 | |

2. *Case Depth*

Pengukuran *case depth crankshaft* R tipe A123 di PT XYZ menggunakan alat ukur *Hardness Vickers*. Titik yang diukur dalam pengukuran *case depth* dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Pada pengukuran empat *sample* didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut.



Gambar 4. Hasil pengukuran *case depth*

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran *Case Depth*.

| Pengukuran | Standart | Hasil | | Pengukuran ke- |
|------------|-----------|------------|------------|----------------|
| | | Spesimen a | Spesimen b | |
| Case Depth | 1,6-2,6mm | 1,7mm | 1,8mm | 1 |

3. Perbandingan Hasil Penelitian

Berdasarkan data hasil penelitian yang dilakukan terdapat perbandingan hasil uji dengan penelitian dari sumber-sumber lain untuk menunjang validasi uji serta sebagai data pembandingan penelitian dengan penelitian lainnya.

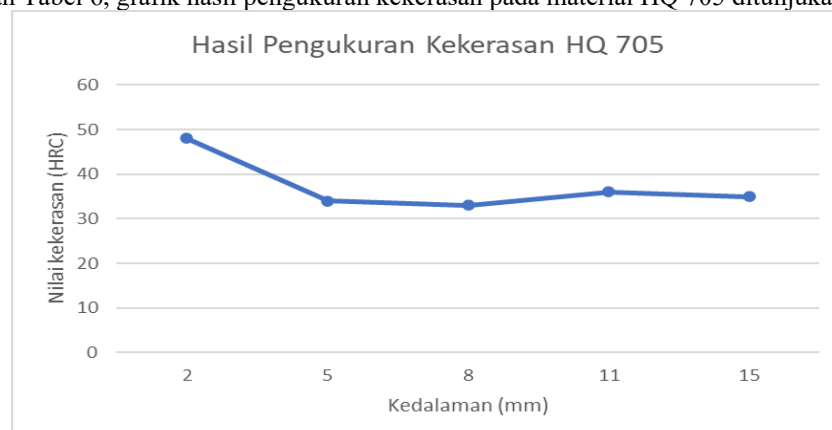
a. Kekerasan dan Kedalaman

Pada data berikut dilampirkan perbandingan kekerasan pada *crankshaft* tipe A123 dengan *camshaft* dengan material HQ 705 setelah mengalami proses induksi *hardening*.

Tabel 6. Hasil Pengukuran *Camshaft HQ 705* [8].

| Spesimen 1 | |
|---------------------------|-----------------------|
| Kedalaman Pengerasan (mm) | Nilai Kekerasan (HRC) |
| 2 | 48 |
| 5 | 34 |
| 8 | 33 |
| 11 | 36 |
| 15 | 35 |

Berdasarkan Tabel 6, grafik hasil pengukuran kekerasan pada material HQ 705 ditunjukkan pada Gambar 5.

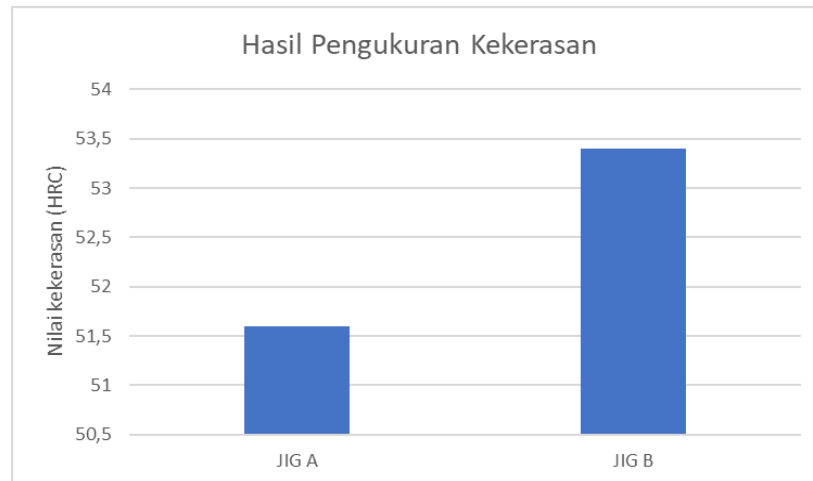


Gambar 5. Grafik nilai kekerasan material HQ 705 berdasarkan kedalamannya.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Crankshaft

| Pengukuran | Standart | Hasil | | Pengukuran ke- |
|-------------------|-----------|-------|-------|----------------|
| | | JIG A | JIG B | |
| Case Depth | 1,6-2,6mm | 1,7mm | 1,8mm | 1 |
| Hardness(Surface) | HRC 50-60 | 51,6 | 53,4 | 1 |

Berikut pada gambar 6 merupakan grafik hasil pengukuran *crankshaft* pada percobaan pengukuran 1.

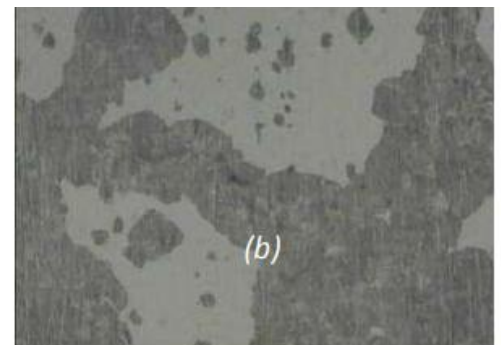
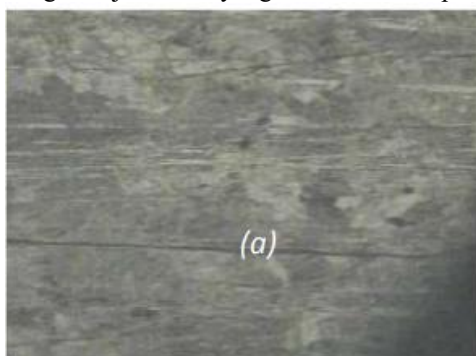


Gambar 6. Grafik hasil pengukuran kekerasan crankshaft.

Pada keterangan tabel didapat data, untuk pengukuran *camshaft* material HQ 705 dengan frekuensi *hardening* 56kHz didapatkan kenaikan nilai kekerasan *camshaft* menjadi 48-50 HRC dengan kedalaman maksimal 8 mm dengan waktu pemanasan selama 20 detik. Hasil ini sudah sesuai dengan target BPPT dalam hal kekerasan dan kedalaman yaitu untuk kekerasan sebesar 45 HRC. [8]. Sementara untuk *crankshaft* terdapat nilai perubahan nilai kekerasan dengan target 50-60 HRC sesuai dengan keterangan dan spesifikasi mesin terlampir didapat kesimpulan bahwa *crankshaft* tipe A123 sudah memenuhi *standart* dan target pada PT XYZ.

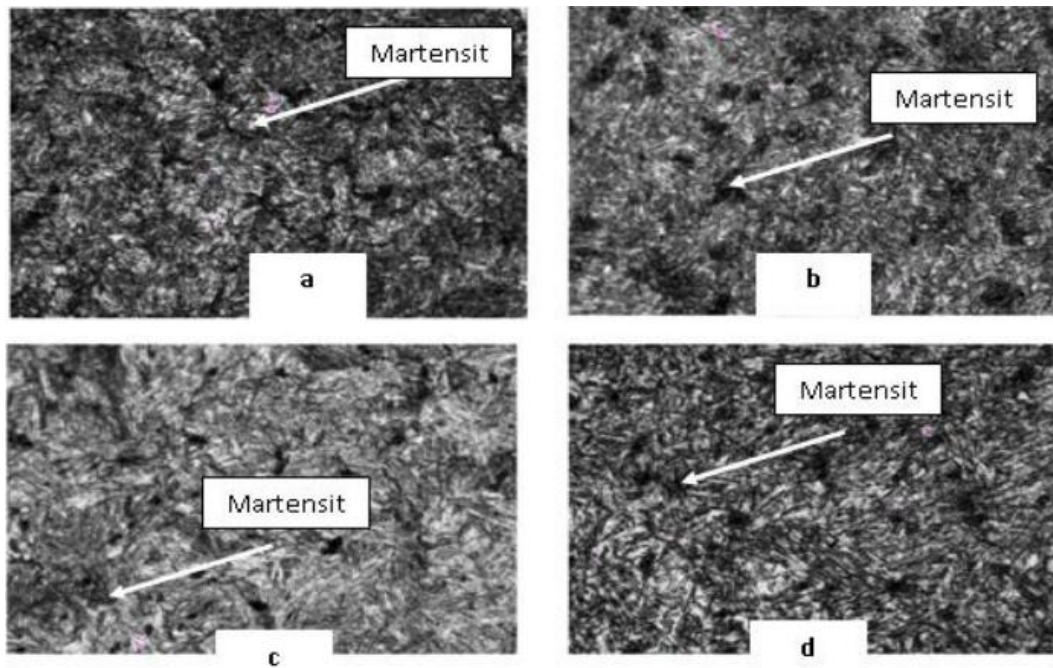
b. Struktur Mikro

Pada penelitian ini digunakan *sampling* baja karbon yang telah melewati proses *carburizing* dibandingkan dengan baja karbon yang telah melewati proses *quenching*.



Gambar 7. Struktur Mikro Baja setelah Proses *Carburizing* [9]

Pada gambar 7, baja yang telah melewati proses *carburizing* memiliki struktur mikro yang terbentuk sebagian martensite, material menjadi keras dan getas gambar (a) dibagian tengah terbentuk ferrite (putih) dan pearlite (hitam) menjaga ketangguhan material gambar (b). Kekerasan $\pm 84,6$ HRB dengan Nilai impact $\pm 0,33$ J/mm² [9].



Gambar 8. Struktur Mikro Spesimen Tebal Sampel 10, 15, 20, dan 25 mm dengan Volume Air Quenching 10 L dengan pada perbesaran 500X [10]

Pada volume air quenching 10 liter, sampel dengan tebal 10 mm dan 15 mm distribusi martensit tersebar merata dapat dilihat pada Gambar 8 (a) dan (b). Pada sampel dengan tebal 20 mm fasa martensit sangat jarang dan fasa ferit lebih dominan dapat dilihat pada Gambar 8 (c). Sedangkan sampel dengan tebal 25 mm distribusi martensit lebih banyak dan tersebar merata dengan nilai kekerasan yang tinggi sebesar 60,25 HRC. Jadi dengan holding time yang cukup dapat menghasilkan distribusi martensit yang merata dapat dilihat pada Gambar 8 (d) [10]. Untuk karakteristik material sendiri, baja hasil *quenching* tersebut memiliki karakteristik keras dan ulet.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini, berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa induksi *hardening* yang ada pada PT XYZ dengan spesifikasi mesin yang tersedia masih memenuhi *standart* produksi berdasarkan acuan JIS dan HES.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. Nugroho, D. F. Fitriyana, R. Ismail, T. A. Nurcholis, T. Cionita, and J. P. Siregar, "The Effect of Surface Hardening on The HQ 705 Steel Camshaft Using Static Induction Hardening and Tempering Method," *Automot. Exp.*, vol. 2, no. 2, pp. 41–46, 2019.
- [2] H. Purwanto, M. Dzulfikar, M. Tauviqirrahman, R. Ismail, and A. Jumain, "The Effect of Austenization Temperature in Surface Hardening Process on Steel Plate as Ballistic Plate," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1908, no. 1, pp. 0–8, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1908/1/012030.
- [3] Ponidi, "Pengaruh Kedalaman Keretakan Crankshaft Dg Iii Kri.Kerapu-812 Merk Mwm Tbd 234 V8 Terhadap Performance Mesin," *J. Midsh.*, vol. 2, no. 4, pp. 13–19, 2019.
- [4] H. Purwanto, M. Tauviqirrahman, M. Dzulfikar, R. Ismail, Purnomo, and A. Syifauddin, "an Analysis of Coil Dimensions on Induction Heating Machine Against Microstructure and Hardness Distribution As New Candidate of Projectile-Resistant Steel Plates Materials," *Eastern-European J. Enterp. Technol.*, vol. 6, no. 12, pp. 37–44, 2020, doi: 10.15587/1729-4061.2020.217297.
- [5] Y. Handoyo, "Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis," *Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mek.*, vol. 3, no. 2, pp. 102–115, 2015, [Online]. Available: <http://ejournal.unismabekasi.ac.id/>
- [6] H. Purwanto, M. Dzulfikar, M. Tauviqirrahman, R. Ismail, and N. Lestari, "The Effect of Tempering Temperature on Medium Carbon Steel Plate of Surface Hardening Result Using Induction Heating as Ballistic Resistant Material Study," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 694, no. 1, pp. 0–7, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/694/1/012041.
- [7] K. Ozaki, "Revision of the Japanese Industrial Standardization Act," *SHS Web Conf.*, vol. 49, p. 01013, 2018, doi: 10.1051/shsconf/20184901013.
- [8] R. Ismail *et al.*, "Pengaruh Frekuensi Arus Induksi Terhadap Distribusi Kekerasan Pada Teknik Pengerasan Quenching Permukaan Menggunakan Teknik Induksi Statis Pada Camshaft Mesin Diesel 2 Silinder," *Simp.*

-
- Nas. RAPI XVII*, pp. 141–147, 2018.
- [9] S. Effendi, S. Pengajar, J. Teknik, M. Politeknik, N. Sriwijaya, and L. Belakang, “Multi Quenching Terhadap Hasil Pack Carburizing,” vol. 10, no. April, pp. 34–42, 2018.
- [10] A. Pramono, “Karakteristik Struktur Mikro Hasil Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai,” *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, p. 115, 2011, doi: 10.36055/tjst.v8i2.6710.