

Pengaruh Variasi Tekanan *Gravity Shot Peening* Pada Proses Pengerasan Permukaan terhadap Sifat Mekanis dan Morfologi Struktur Baja S45C

Ago Edli Pratama¹⁾, Sakuri Sakuri¹⁾, Nugrah Rekto Prabowo¹⁾.
¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, STT Wiworotomo Purwokerto Indonesia
^{a)} Corresponding author : sakuridahlan33@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian bertujuan mengetahui *surface treatment* dengan metode *gravity shot peening* menggunakan variasi tekanan terhadap kekerasan, pengamatan struktur mikro dan foto makro dari baja S45C. Baja S45C merupakan jenis baja yang memiliki kadar karbon (0.3-0.5% C) memungkinkan baja ini untuk ditingkatkan lagi sifat mekaniknya. Parameter penelitian metode *gravity shot peening* pada material baja S45C dengan variasi tekanan penembakan 5 kg/cm², 6 kg/cm² dan 7 kg/cm². Jarak penembakan 100 mm. Waktu 7 menit, dan menggunakan bola baja tipe S23 dengan diameter 0,6 mm. Diameter nozzle 5 mm. Spesimen diletakkan tegak lurus (90⁰). Metode *shot peening* dapat meningkatkan kekerasan suatu material. Nilai rata-rata kekerasan terbesar ada pada variasi tekanan 6 kg/cm² yaitu sebesar 202,8 VHN, sedangkan nilai rata-rata kekerasan terkecil pada ada variasi tekanan 5 kg/cm² yaitu sebesar 180,37 VHN. Struktur mikro pada tekanan 7 kg/cm² struktur perlit dan martensit lebih banyak dibandingkan *shot peening* dengan variasi tekanan yang lainnya, hal ini semakin menguatkan bahwa semakin besar tekanan shot peening maka material akan mengalami peningkatan kekerasan. Hasil foto makro *raw material* memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan spesimen sesudah dilakukan *shot peening*. Data menunjukkan semakin besar tekanan *shot peening* maka semakin dalam bekas penembakan bola baja dan semakin tinggi nilai kekasaran dari struktur permukaan baja S45C.

Kata kunci : *Shot Peening*, Kekerasan, Struktur Mikro, Makro, Baja S45C.

PENDAHULUAN

Baja merupakan jenis material yang banyak digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan berbagai macam spare part pada mesin-mesin otomotif dan industri. Dalam penggunaannya sebagai komponen didalam mesin tentunya harus memiliki kekuatan mampu menahan segala bentuk pembebanan (gaya). Baja mempunyai suatu nilai kekerasan tertentu, pada hal ini baja karbon yang memiliki klasifikasi yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi. Baja yang tergolong rendah dan sedang biasanya memiliki tingkat kekerasan yang kurang, dan bisa dilakukan proses pengerasan permukaan (*surface treatment*) agar struktur dari baja tersebut berubah menjadi lebih tinggi nilai kekerasannya. Perlakuan permukaan memiliki fungsi yang sangat penting karena dapat merubah sifat mekanis dan morfologi dari baja tersebut sesuai dengan kebutuhan.. Salah satu contoh perlakuan permukaan adalah *steel ball peening (shot peening)* perlakuan permukaan pada material dengan suhu rendah, kemudian menembakan bola-bola baja yang bisa diatur kecepatan dan tekanannya secara kontinyu sampai dihasilkan deformasi plastis.

Baja S45C adalah baja karbon sedang (medium) dengan kandungan karbon 0,3 – 0,5 % C. Kandungan karbon sedang pada material dapat meningkatkan sifat mekanik material. Salah satu cara meningkatkan sifat mekanik suatu logam dan membuatnya lebih keras dan lebih tahan korosi adalah dengan menggunakan proses *shot peening*. Dalam penggunaannya Baja S45C diaplikasikan dalam pembuatan dari komponen seperti roda gigi, rails, pully, sprocket, axlel. [1]

Perubahan dari nilai kekerasan dan perubahan struktur mikro pada JIS S45C dari pengaruh perlakuan annealing dan shot peening. Kekerasan tertinggi pada perlakuan panas annealing dan perlakuan 15 menit shot peening sebesar 251,88 kgf/mm². Perlakuan shot peening menyebabkan butiran menjadi lebih halus dari permukaan ke bawah permukaan tergantung pada jarak dari permukaan ke kedalaman permukaan. Perubahan tersebut menyebabkan permukaan dan sub permukaan baja karbon JIS S45C mengalami kenaikan sifat mekanik. [2]

Semakin besar nilai tekanan dan lama waktu yang digunakan maka nilai kekasaran dan nilai kekerasan akan semakin bertambah dan mengurangi nilai keausan. Sedangkan semakin jauh nilai jarak penembakan maka nilai kekasaran akan naik dan nilai kekerasan dan keausan akan menurun. [3]

Shot peening dapat meningkatkan kekerasan permukaan dengan adanya perubahan struktur mikro. Perubahan ini disebabkan oleh deformasi plastis dan tegangan sisa. Penelitian ini membahas pengaruh durasi variasi waktu 2, 4, 10, 20, dan 30 menit terhadap struktur mikro dan kekerasan permukaan. Bola baja yang digunakan berdiameter 0,6 mm dan dengan tekanan udara 8 bar selama penembakan. Hasil kekerasan permukaan. Hasil dari nilai kekerasan yang paling optimal dengan durasi 2 menit waktu penembakan yaitu sebesar 380,8 HV, sedangkan

kekerasan paling maksimal dengan waktu durasi penembakan selama 30 menit yaitu sebesar 523,1 HV. Kekerasan permukaan meningkat karena perubahan struktur pada permukaan dan sub-permukaan bahan shot peening. Hasil pengujian struktur mikro yang didapat dengan meningkatnya durasi shot peening dan meningkatnya nilai kekerasan permukaan maka ukuran struktur mikro di bawah permukaan yang lebih kecil setelah dilakukan shot peening. Berdasarkan hasil tersebut kedalam struktur mikro sangat bergantung dari pengaruh durasi shot peening, semakin lama durasi yang ditembakkan maka kedalaman penghalusan batas butir akan semakin dalam. [4]

Shot peening dapat memperhalus struktur mikro dan meningkatkan nilai kekerasan. Semakin lama proses *shot peening* semakin dalam pengecilan struktur mikro dan semakin meningkat nilai kekerasan permukaannya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur mikro dan kekerasan AISI 304 pada proses *shot peening*. [5]

Perlakuan permukaan dengan proses *shot peening* dilakukan dengan mengatur variasi waktu penembakan 0, 5, 10, 20, 30 dan 40 menit pada tekanan udara 7 bar menggunakan *steel shot* diameter 0,6 mm. Jarak antara nozzle dan permukaan spesimen diatur pada 100 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan struktur mikro halus terbentuk pada permukaan *shot peening* dengan waktu 5 menit penembakan dengan nilai kedalaman 95 μm kemudian nilai tersebut semakin bertambah menjadi 158 μm pada waktu 20 menit, artinya perubahan struktur mikro sangat tergantung pada proses *shot peening*. Hasil kekerasannya juga meningkat secara bertahap serta waktu *shot peening* 0, 5, 10, 20, 30 dan 40 menit. Hal ini juga meningkatkan angka kekerasan 241, 404, 418, 437, 481 dan 496 VHN. Hasil tersebut menunjukkan nilai kekerasan diperoleh pada waktu 0 menit sampai dengan 5 menit kekerasan mengalami kenaikan yang signifikan sedangkan setelah waktu 5 menit kekerasan permukaan tidak terlalu meningkat dengan signifikan. Dapat disimpulkan bahwa *shot peening* dapat digunakan untuk menghaluskan butiran dan meningkatkan kekerasan permukaan. [6]

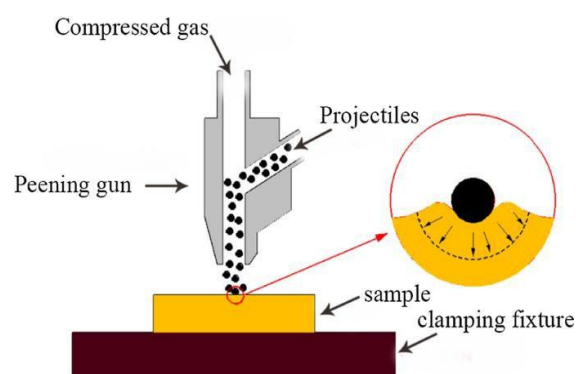
Shot peening adalah proses pengerjaan dingin dimana suatu bagian permukaan ditembakkan dengan media bulat kecil yang dinamakan *steel shot* (bola baja). Setiap tembakan yang mengenai logam akan memberikan lekukan kecil di permukaan. Dimana proses penembakan bola baja harus menggunakan tekanan udara yang bertekanan tinggi secara berulang sehingga menghasilkan butiran kecil pada permukaan. Proses shot peening menjadi sangat penting karena dapat meningkatkan sifat mekanis material bahan tersebut.[7].

Shot peening adalah proses pengerjaan dingin dimana suatu bagian permukaan ditembakkan dengan media bulat kecil yang dinamakan *steel shot* (bola baja). Setiap tembakan yang mengenai logam akan memberikan lekukan kecil di permukaan. Dimana proses penembakan bola baja harus menggunakan tekanan udara yang bertekanan tinggi secara berulang sehingga menghasilkan butiran kecil pada permukaan. Proses *shot peening* menjadi sangat penting karena dapat meningkatkan sifat mekanis material bahan tersebut. [8]

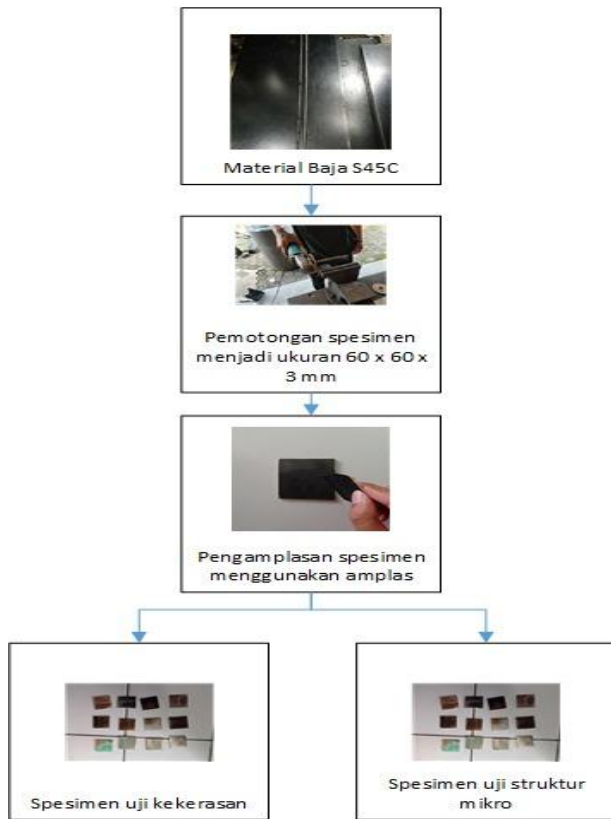
MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Baja S45C diperoleh dari CV Mega Baja Purwokerto Indonesia. Pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Material Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Material S45C memiliki kandungan carbon (C) 0,51 %, sulfur 0,035 %, dan mangan (Mn) 0,8 %. Baja S45C memiliki sifat mampu dilakukan proses perlakuan untuk mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik. Baja S45C memiliki kemampuan las dan permesinan yang baik. Kemampuan benturan yang tinggi dengan nilai kekerasan 167 HB. [9]

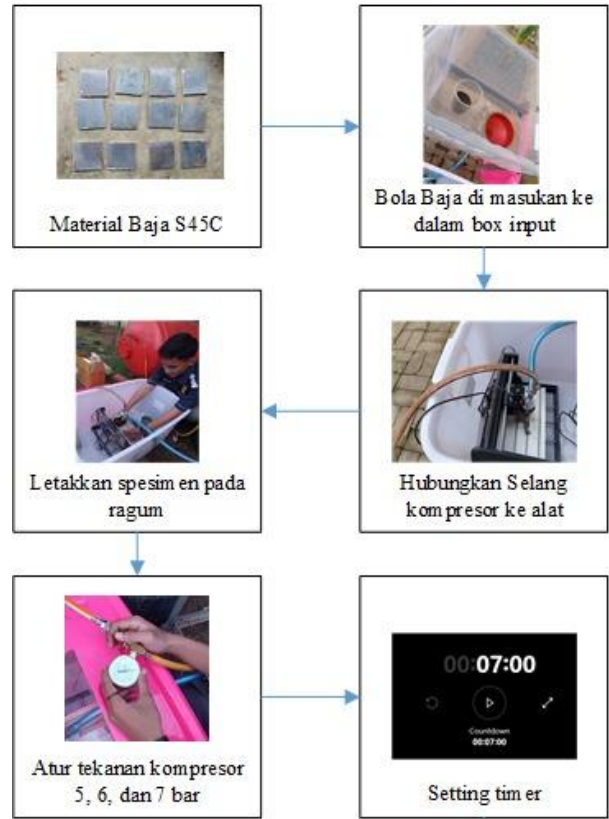
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Objek penelitian yang diteliti adalah proses shot peening dengan specimen yang digunakan adalah baja S45C, penelitian ini menggunakan variabel bebasnya adalah variasi tekanan 5 bar (kg/cm^2), 6 bar, dan 7 bar. Variabel tetap bola baja 0,6 mm, sudut 90° , jarak penembakan 100 mm. Skema proses shot peening seperti terlihat pada ilustrasi skema shot peening dapat dilihat pada Gambar 1. Skema Proses *Shot Peening* Persiapan pembuatan specimen seperti terlihat pada Gambar 2. Proses pengerjaan shot peening dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Skema Proses *Shot Peening*



Gambar 2. Pembuatan Spesimen

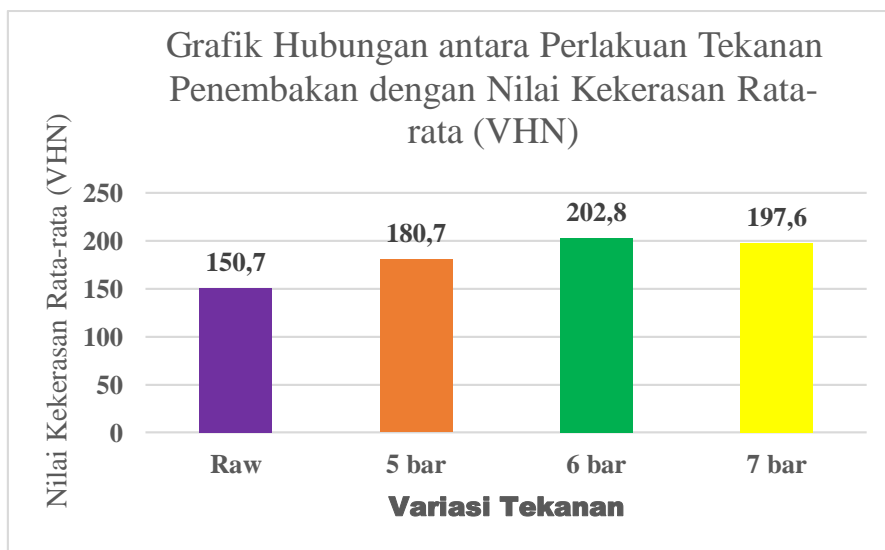


Gambar 3. proses shot peening

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan

Analisa Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode kekerasan Vickers dimana pengujian dilakukan pada spesimen sebelum dan sesudah proses *Automated Gravity Shot Peening*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan tertinggi pada spesimen baja S45C. Pengujian dilakukan pada 3 titik permukaan spesimen dengan beban 40 kgf selama 40 detik. Dari hasil pengujian kekerasan permukaan yang telah dilakukan terhadap baja S45C dengan variasi tekanan *gravity shot peening*, diperoleh data sebagai berikut



Gambar 4. Data Nilai Rata –Rata Kekerasan Permukaan

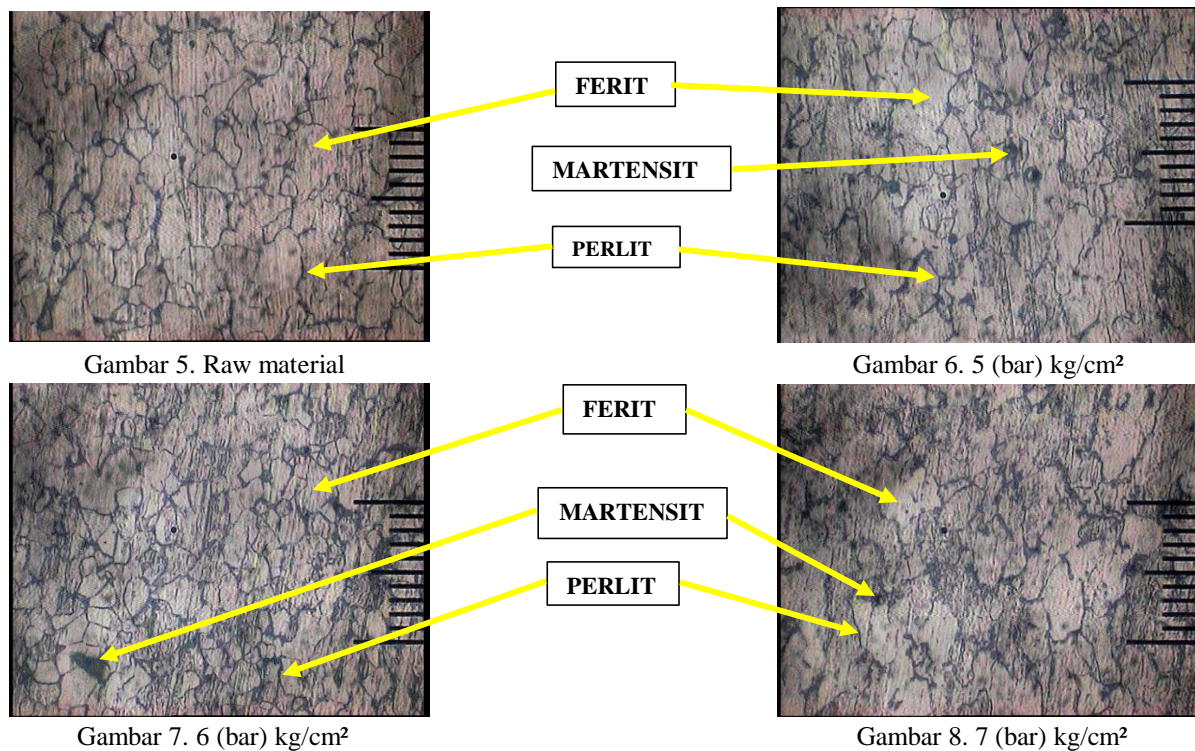
Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai kekerasan spesimen pada proses *shot peening* terhadap kekerasan baja S45C dengan variasi tekanan 5 kg/cm², 6 kg/cm², dan 7 kg/cm². Nilai rata-rata kekerasan pada tekanan 5 kg/cm² sebesar 180,37 VHN jika dipresentasikan mengalami kenaikan sebesar 19,7 % dari spesimen *raw material*. Kemudian pada variasi tekanan 7 kg/cm² yang memiliki nilai rata-rata kekerasan 197,6 VHN mengalami kenaikan sebesar 31,1 % dari spesimen *raw material*. Kemudian pada variasi tekanan 6 kg/cm² yang memiliki nilai rata-rata kekerasan 202,8 VHN mengalami kenaikan kembali sebesar 34,6 % dari *raw material*. Nilai

kekerasan tertinggi didapat pada spesimen dengan variasi tekanan penembakan yaitu 6 kg/cm^2 pada proses *shot peening* yaitu dengan nilai 202,8 VHN, kemudian nilai terendah didapat pada spesimen dengan variasi tekanan penembakan 5 kg/cm^2 pada proses *shot peening* dengan nilai 180,37 VHN. Berdasarkan hasil tersebut tekanan pada proses *shot peening* berpengaruh pada nilai kekerasan permukaan, semakin besar tekanan penembakannya yang dipakai maka akan mengalami kenaikan nilai kekerasan. Perlakuan shot peening mampu meningkatkan kekerasan pada baja AISI 316 L. [10]

Kenaikan kekerasan pada baja S45C akibat perlakuan shot peening karena tingginya densitas dislokasi pada struktur mikro akibat tumbukan bola baja [11]

2. Data Hasil Struktur Mikro

Material yang telah dilakukan pengujian kekerasan Vickers pada permukaan spesimen kemudian dilanjutkan dengan pengujian struktur mikro, yang bertujuan untuk mengetahui fasa-fasa apa saja yang terbentuk pada material uji setelah dilakukannya proses Shot Peening dengan variasi jarak. Pengujian struktur mikro ini dilakukan pembesaran 200x



Struktur mikro dapat dianalisa seberapa pengaruh shot peening pada spesimen baja S45C. Pada Gambar diatas menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro spesimen baja S45C raw diperoleh pengamatan memiliki alur butir yang merata. Spesimen yang telah diberi perlakuan shot peening mengalami perubahan yaitu terjadi pengecilan ukuran butir pada permukaan specimen. Hal ini terjadi karena tumbukan bola baja yang bertekanan pada saat proses shot peening sehingga menimbulkan terjadinya pengecilan ukuran butir dan kerapatan dislokasi. Pengaruh residual stress S45C akibat bola shot peening yang bertumbukan dapat berakibat pada perubahan struktur mikro material. [12]

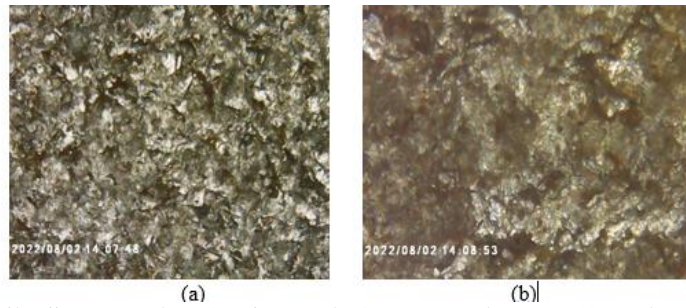
Struktur mikro yang terbentuk pada permukaan raw material didominasi oleh fasa perlit dan ferit yang seimbang ini menandakan bahwa baja S45C merupakan baja karbon sedang. Pada proses shot peening dengan tekanan 5 kg/cm^2 terbentuk fasa baru yaitu fasa martensit yang ditandai dengan garis hitam memanjang seperti jarum atau berbentuk (lath martensit), dan terbentuknya struktur martensit yang ditandai dengan warna hitam berbentuk garis. Pada tekanan 6 kg/cm^2 struktur perlit dan martensit lebih banyak daripada perlakuan shot peening dengan tekanan 5 kg/cm^2 menyebabkan kekerasan mengalami kenaikan, hal tersebut menunjukkan semakin besar tekanan shot peening maka kekerasan akan mengalami kenaikan. Begitupun dengan tekanan 7 kg/cm^2 struktur perlit dan martensit lebih banyak lagi dibandingkan pada shot peening dengan variasi tekanan yang lainnya, hal ini semakin menguatkan bahwa semakin besar tekanan shot peening maka material akan mengalami peningkatan kekerasan.

Terbentuknya struktur martensit yang ditandai dengan warna hitam berbentuk garis. Dimana jarak antar butir martensit yang terbentuk lebih rapat dan persebaran butir yang lebih merata. Struktur perlit dan martensit mendominasi yang berarti bahwa kekerasan mengalami kenaikan. Kenaikan kekerasan pada material karena factor jarak tembak dan tekanan tembak. Perlakuan shot peening mampu merubah struktur material menjadi pada batas butir. [13]

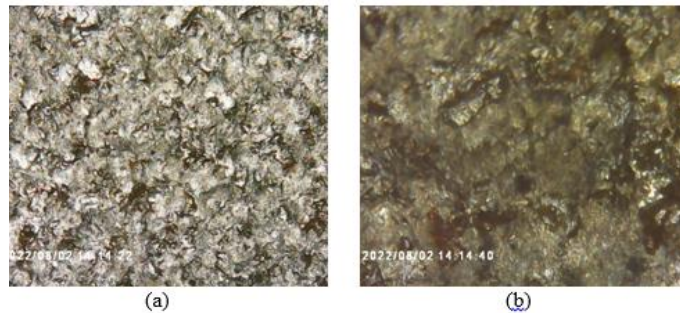
3. Data Hasil Foto Makro



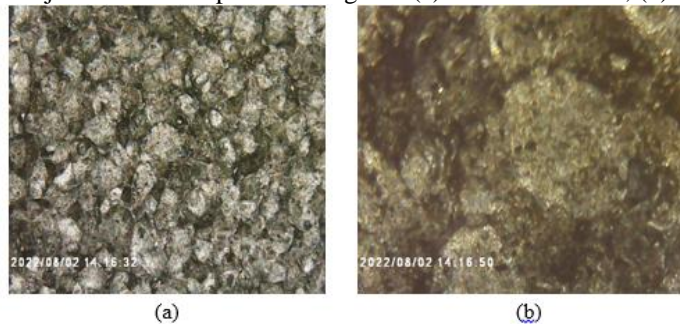
Gambar 9. Hasil Uji Foto Makro Spesimen Raw Material (a) Perbesaran 500x, (b) Perbesaran 1000x



Gambar 10. Hasil Uji Foto Makro Spesimen 5 kg/cm² (a) Perbesaran 500x, (b) Perbesaran 1000x



Gambar 11. Hasil Uji Foto Makro Spesimen 6 kg/cm² (a) Perbesaran 500x, (b) Perbesaran 1000x

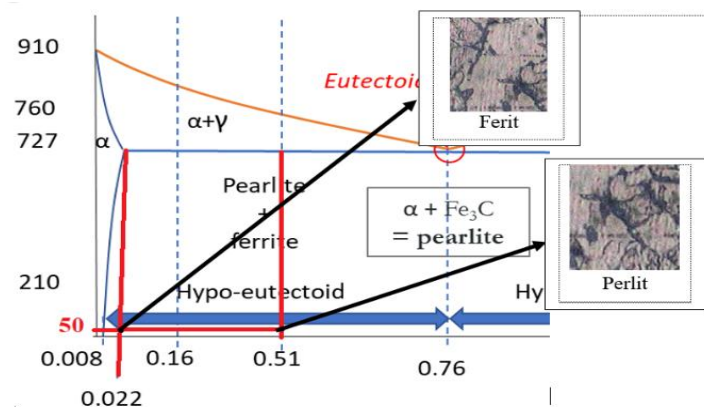


Gambar 12. Hasil Uji Foto Makro Spesimen 7 kg/cm² (a) Perbesaran 500x, (b) Perbesaran 1000x

Hasil pengujian foto makro digunakan untuk mengetahui dan membedakan secara visual pada hasil foto makro bahwa terdapat deformasi akibat tumbukan proses *shot peening*. Pada hasil foto makro *raw material* memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan spesimen sesudah dilakukan *shot peening*. Kemudian pada variasi tekanan 7 kg/cm² struktur permukaannya mengalami deformasi yang cukup dalam dibuktikan pada gambar 12. Berbeda dengan variasi tekanan 5 kg/cm² struktur permukaannya lebih halus dibanding dengan variasi tekanan 6 kg/cm² dan 7 kg/cm² dibuktikan pada gambar 10 dan gambar 11.

Dari data menunjukkan bahwa semakin besar tekanan *shot peening* maka semakin dalam bekas penembakan bola baja dan semakin tinggi nilai kekasaran struktur permukaan baja S45C.

4. Menghitung Fasa Ferrit dan Perlit



Gambar 13. Fasa Ferrit dan Perlit Pada Diagram Fe₃C

1. Fraksi Fasa Ferrit

$$W_F = \frac{U}{(T+U)}$$

$$= \frac{0,8 - C_o}{(0,8 - 0,02)}$$

$$= \frac{0,8 - 0,5}{(0,8 - 0,02)}$$

$$= \frac{0,3}{0,78}$$

$$W_F = 0,384 \times 100 \% = 38,4 \%$$

2. Fraksi Fasa Perlit

$$W_P = \frac{T}{(T+U)}$$

$$= \frac{C_o - 0,02}{(0,8 - 0,02)}$$

$$= \frac{0,5 - 0,02}{(0,8 - 0,02)}$$

$$= \frac{0,48}{0,78}$$

$$W_P = 0,615 \times 100 \% = 61,5 \%$$

Jadi kandungan fasa ferrit pada spesimen hasil uji kekerasan struktur baja S45C terbaik adalah 38,4 %, kemudian kandungan fasa perlit pada spesimen hasil uji kekerasan terbaik adalah 61,5 %.

KESIMPULAN

Nilai rata-rata kekerasan terbesar ada pada variasi tekanan 6 kg/cm² yaitu sebesar 202,8 VHN. Nilai rata-rata kekerasan terkecil pada ada variasi tekanan 5 kg/cm² yaitu sebesar 180,37 VHN. Hal ini menunjukkan bahwa pada proses *shot peening* berpengaruh pada nilai kekerasan permukaan, semakin besar tekanan penembakan maka akan mengalami kenaikan nilai kekerasan.

Proses Shot Peening merubah struktur mikro pada spesimen baja S45C, ditandai dengan kandungan fasa perlit sebesar 61,5 %, fasa ferrit dengan kandungan sebesar 38,4 %, dan juga mengakibatkan terbentuknya fasa baru akibat proses Shot Peening, yaitu fasa martensit.

Hasil foto makro gravity shot peening dengan variasi tekanan 7 kg/cm² struktur permukaannya mengalami deformasi yang cukup dalam, berbeda dengan variasi tekanan 5 kg/cm² struktur permukaannya lebih halus dibanding dengan variasi tekanan 6 kg/cm² dan 7 kg/cm². Dari data menunjukkan bahwa semakin besar tekanan *shot peening* maka semakin dalam bekas penembakan bola baja dan semakin tinggi nilai kekasaran struktur permukaan baja S45C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurdianysah. M.S.A., 2022., *Analisa Pengaruh Hardening Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Baja S45C Dengan Media Pendingin Air Garam dan Oli Untuk Aplikasi Poros Motor Roda Tiga.*, JTM., Vol 10 no 01., hal. 123.
- [2] Bambang, H.P., Rizqi, Y.Q., Margono., Kaeuk, C.N., 2021., *Pengaruh Perlakuan Annealing dan Shot Peening Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon JIS S45C.*, JJT., Vol. 7 No.2., hal. 139-142.
- [3] Trio, N.W., Bambang, S., Hartono., 2021., *Optimasi Parameter Gravitasi Shot Peening Terhadap Kekerasan, Kekasaran, dan Struktur Mikro ST 45 dengan Metode Taguchi.*, Infoteknikmesin., Vol.12 No 01.,hal. 29 – 34.

- [4] Yaqin.R.I., Iswanto, P.T., Priyambodo, B.H., Kondi, E.U., 2017., *Pengaruh Durasi Shot Peening Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pada AISI 316L.*, SENATIK., hal. 18-19.
- [5] Kubit, A., Bucior, M., Zielecki, W., Stachowicz, F. 2016. *The impact of Heat Treatment and Shot Peening on fatigue strength of 51CrV4 Steel.*, ScienceDirect., hal. 3331-3335
- [6] Wibowo, T.N., Iswanto, P.T., Priyambodo, B.H., Amin, N., 2016., *Pengaruh Variasi Waktu Shot Peening Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Permukaan Pada Material Implan AISI 304.*, ROTOR., hal. 71-73.
- [7] Widodo, T.D., Raharjo, R. 2016. *Pengaruh Ball Peening Terhadap Kekerasan Baja Tahan Karat AISI 316 L.*, Jurnal Rekayasa Mesin., Vol. 7, No.3.
- [8] Rachman, M. R. A., & Sakti, A. M. (2020). Analisa Perbedaan Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Baja S45C Dengan Perlakuan Quenching dan Tempering Pada Media Udara, Air, Dan Oli Untuk Aplikasi Poros Motor Roda Tiga. Jurnal Teknik Mesin, 8(2), 89-94.
- [9] Fendri, R., Darmawi., Syahrul., Jasman., 2018., *Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja AISI 4140 Akibat Perbedaan Temperatur Pada Perlakuan Panas Tempering.*, Researchgate., hal. 36-46
- [10] Yaqin, R. I., Iswanto, P. T., & Priyambodo, B. H. (2017, December). Pengaruh durasi shot peening terhadap struktur mikro dan kekerasan permukaan pada AISI 316L. In Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta (Vol. 3, pp. 16-20).
- [11] Iswanto, P. T., Maliwemu, E. U. K., Malau, V., Imaduddin, F., & Sadida, H. M. (2020). Surface roughness, hardness, and fatigue-corrosion characteristic of AISI 316L by shot peening. Metalurgija, 59(2), 183-186.
- [12] Sakamoto, J., Lee, Y. S., & Cheong, S. K. (2015). Effect of shot peening coverage on fatigue strengths of steels and aluminum alloy. In Advanced Materials Research (Vol. 1102, pp. 33-36). Trans Tech Publications Ltd.
- [13] Saputra, E. (2020). Analisa Koro Si Retak Tegang Pada Material Aisi 304 Dengan Variasi Pembebanan Pada Media Air Laut (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau)