


Effect of Shoot Peening Air Pressure Variations on Hardness and Microstructure of ST-37 Material

Nota Ali Sukarno¹ , Carolus Borrromeus Krishna Samporno², Trio Nur Wibowo³

^{1,2} Department of Mechanical Engineering Universitas Perwira Purbalingga, Indonesia

³ Department of Mechanical Engineering Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

 notalisukarno@unperba.ac.id

Abstract

ST 37 material is a type of material that is easily available on the market at a relatively cheaper cost. However, the mechanical properties need to be improved so that they are better and have a longer life time. By using the shot peening method, it is hoped that changes in the shape of the microstructure will occur and the hardness value will increase. This research is focused on determining changes in microstructure and hardness values that occur as a result of the shot peening process with variations in air pressure of 2, 4, 6, and 8 kg/cm². Shooting duration is 5 minutes. The diameter of the steel shot is 0.8 mm which has a hardness value of 40-50 HRC and the distance between the nozzle and the specimen surface is 100 mm. The microstructure was analyzed using an optilab microscope with 100 times magnification and photographed using an optilab connected to a computer. Surface hardness testing was tested using a micro Vickers hardness tester using an indentation load of 10 grams for 10 seconds. The research results show that a smoother microstructure layer is formed on the shot peened surface. The hardness test results indicate an increase in hardness proportional to the air pressure in the shot peening treatment method. Changes occurred in the raw material specimen with a hardness value of 187.14 VHN increasing to 194.20 VHN in the specimen with a shot peening air pressure of 2 kg/cm². The increase in hardness tends to increase in proportion to the increase in shot peening air pressure, but is not very significant. Air pressures of 4, 6, and 8 kg/cm² have hardness values of 199.41, 201.64, and 204.31 VHN. The data shows that the surface treatment method of shootpeening with varying pressure has had a positive impact in the form of increasing hardness in proportion to the increase in pressure.

Keywords: *ST 37, shot peening, struktur mikro, Vickers hardness*

Pengaruh Variasi Tekanan Udara *Shoot Peening* Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Material ST-37

Abstrak

Material ST 37 merupakan jenis material yang mudah didapat dipasaran dengan biaya yang relatif lebih murah. Namun, sifat mekaniknya perlu ditingkatkan sehingga lebih baik dan memiliki life time yang lebih lama. Dengan menggunakan metode shot peening maka diharapkan terjadi perubahan bentuk struktur mikro dan nilai kekerasan menjadi lebih meningkat. Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui perubahan struktur mikro dan nilai kekerasan yang terjadi akibat proses shot peening dengan variasi tekanan udara 2, 4, 6, dan 8 kg/cm². Durasi penembakan selama 5 menit. Diameter steel shot 0,8 mm yang memiliki nilai kekerasan 40-50 HRC dan jarak nozzle dengan permukaan spesimen sejauh 100 mm. Struktur mikro dianalisa dengan mikroskop optilab dengan pembesaran 100 kali dan difoto menggunakan optilab yang terhubung dengan komputer. Pengujian kekerasan permukaan diuji dengan menggunakan alat uji kekerasan micro Vickers dengan menggunakan beban indentasi sebesar 10 gram selama 10 detik. Dari hasil penelitian menunjukkan terbentuknya lapisan struktur mikro yang lebih halus pada permukaan yang di shot peening. Hasil

pengujian kekerasan mengindikasikan terjadinya peningkatan kekerasan sebanding dengan tekanan udara pada treatment metode shot peening. Perubahan terjadi pada spesimen raw material dengan nilai kekerasan sebesar 187,14 VHN meningkat menjadi 194,20 VHN pada spesimen dengan tekanan udara shot peening 2 kg/cm². Peningkatan kekerasan cenderung naik sebanding dengan peningkatan tekanan udara shot peening, namun tidak begitu signifikan. Tekanan udara 4, 6, dan 8 kg/cm² memiliki nilai kekerasan sebesar 199,41, 201,64, dan 204,31 VHN. Data menunjukkan surface treatment metode shootpeening dengan variasi tekanan telah memberikan dampak positif berupa peningkatan kekerasan sebanding dengan peningkatan tekanan.

Kata kunci: ST 37, shot peening, struktur mikro, Vickers hardness

1. Pendahuluan

Pembangunan sarana fisik, berupa perumahan dan gedung terus berjalan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang menyebabkan kebutuhan akan material bangunan meningkat [1]. Salah satu material bangunan yang sering dipakai adalah batako. Batako memiliki kualitas dan harga yang relatif murah sehingga tetap menjadi pilihan konsumen [2]. Dalam pembuatan batako sering terjadi keausan dan korosi pada permukaan dalam dari cetakan. Keausan pada bagian dalam cetakan disebabkan adanya gesekan partikel material batako yang mendapat tekanan dari mesin pres hidrolik dengan tekanan yang tinggi. Kerusakan akibat korosi terjadi karena adanya proses oksidasi, yang menyebabkan material cetakan menjadi mudah aus. ST 37 merupakan jenis material logam yang sering digunakan pada keperluan permesinan yaitu sebagai material dasar pembuatan mesin-mesin perkakas dan pertukangan lainnya. Dalam perkembangannya cetakan batako dibuat dari material SS 306 ataupun logam monel yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik dari ST 37, meskipun harganya jauh lebih mahal. Sifat fisik dan mekanik pada ST 37 perlu ditingkatkan sehingga lebih tahan aus dan korosi.

Penggunaan material ST 37 untuk pencetakan batako mensyaratkan tahan terhadap korosi, dan keausan permukaan dikarenakan pada saat aplikasi mengalami gesekan dengan material bahan bangunan yang telah dicampur dengan air. hal tersebut menyebabkan material ST 37 mengalami gesekan dan oksidasi. Kondisi tersebut mensyaratkan ketahanan yang tinggi terhadap keausan dan ketahanan terhadap korosi. Dengan diberikan perlakuan permukaan (surface treatment) metode shot peening diharapkan mampu memperbaiki sifat fisik dan mekanik dari material ST 37.

Shot peening merupakan proses perlakuan permukaan menggunakan bola-bola baja yang ditembakkan dengan kecepatan tinggi pada permukaan logam dengan kondisi terkontrol, dimana proses ini ditujukan untuk menghasilkan deformasi plastis dan memberikan compressive residual stress pada permukaan [3]. Shot peening dapat memberikan efek meningkatnya kekerasan, kerapatan butir dan jarak interplanar dari kisi kristal sehingga dapat menghambat laju rambat retak mikro [4-5]. Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi tekanan udara sebagai pelontar steel shot pada proses shot peening pada material ST 37. Suatu lapisan baru diharapkan akan terbentuk pada material ST 37, selanjutnya akan dianalisis pengaruh terhadap sifat dari material ST 37 ditinjau dari kekerasan, dan struktur mikro untuk aplikasi material cetakan batako dengan tekanan hidrolik.

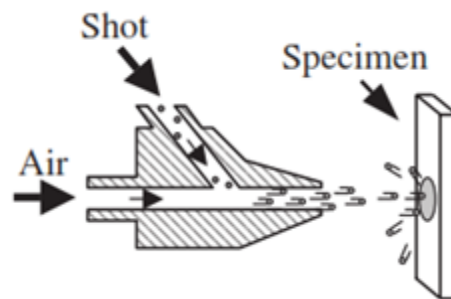
2. Metode

2.1. Preparasi spesimen

Spesimen menggunakan material ST 37. Permukaan spesimen dihaluskan menggunakan amplas dan dipoles dengan metal polish sehingga didapatkan permukaan yang halus dan mengkilat. Spesimen direndam dalam cairan alkohol selama kurang lebih 15 menit selanjutnya dikeringkan dan siap untuk dilakukan shot peening.

2.2. Shot peening

Proses shot peening pada penelitian ini menggunakan empat variasi tekanan udara penembakan yaitu 2, 4, 6, dan 8 kg/cm² dengan durasi penembakan 5 menit serta menggunakan steel shot berukuran 0,8 mm dengan kekerasan steel shot sebesar 40-50 HRC. Jarak tembak antara nozzle dengan permukaan spesimen berjarak 100 mm.



Gambar 1. Skema proses shot peening

2.3. Uji komposisi

Pengujian komposisi menggunakan alat Desktop Metals Analyser dengan merk Metalscan 2500 series. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan komposisi dari spesimen sebelum dilakukan shot peening. Hasil dari pengujian komposisi dari logam induk ini dijadikan acuan untuk menentukan jenis spesimen dan parameter dalam pengujian

2.4. Pengamatan struktur mikro

Pada pengamatan struktur mikro, pengujian dilakukan pada penampang melintang spesimen hasil uji shot peening. Pengujian ini bertujuan untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi pada spesimen akibat perlakuan shot peening. Spesimen dihaluskan menggunakan amplas dan finishing menggunakan metal polish hingga permukaan kembali mengkilat tanpa goresan. Selanjutnya spesimen dietsa sehingga terjadi korosi pada batas butir. Spesimen kemudian diamati dengan mikroskop optik dengan perbesaran 100 kali dan difoto menggunakan optilab yang dihubungkan dengan komputer. Hasil dari foto struktur mikro disimpan dalam bentuk gambar

2.5. Uji kekerasan

..Pengujian kekerasan menggunakan micro Vickers hardness tester, dengan beban indentasi 10 gr, waktu 10 detik. Kemudian diukur bekas indentasinya dan dihitung kekerasannya. Pengujian kekerasan akan menganalisa perbandingan hasil kekerasan antara spesimen non-treatment dengan spesimen yang sudah dilakukan shot peening. Nilai kekerasan Vickers dapat dinyatakan dengan dengan rumus[6] :

$$\text{VHN} = \frac{2 \cdot P \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$

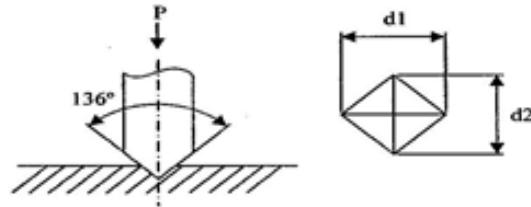
Dimana :

VHN = Nilai kekerasan spesimen (kg/mm²)

P = Beban terpasang (kg)

d = Diameter rata-rata bekas injakan indenter(mm)

θ = Sudut piramida intan (136°)

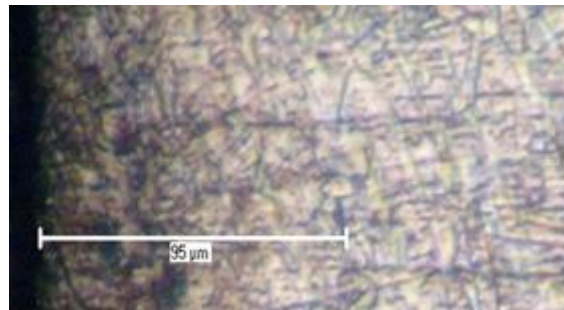


Gambar 2. Skema pengujian Vickers [7].

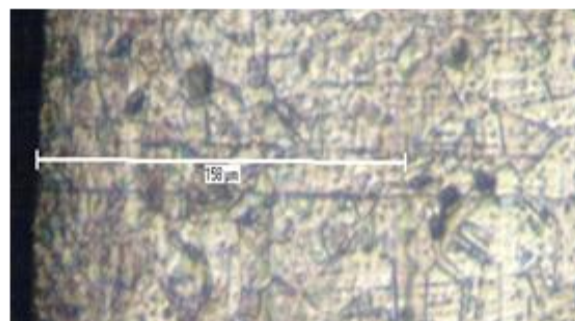
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil uji struktur mikro

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk struktur mikro akibat proses shot peening. Spesimen yang telah diutsa ketika dilihat melalui mikroskop akan terlihat butiran-butiran struktur mikro dari spesimen uji. Hasil pengujian struktur mikro spesimen material ST 37 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.a. dan 3.b.



(3.a.)



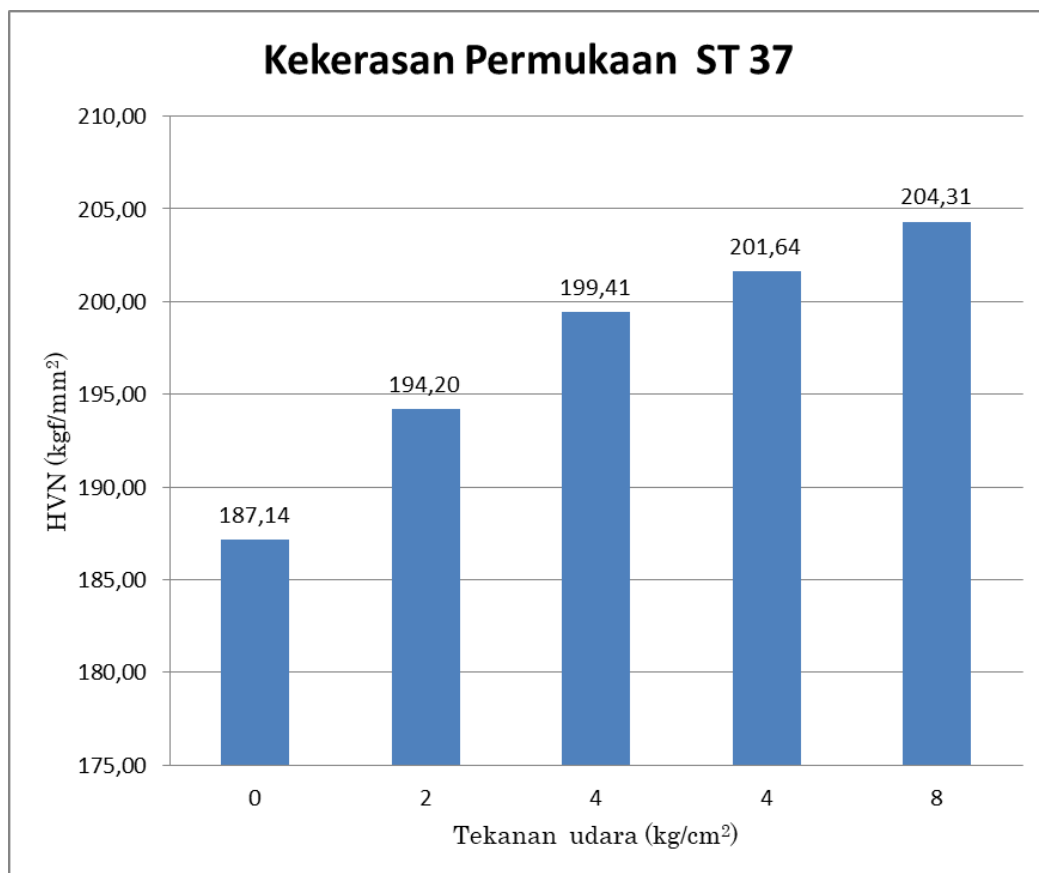
(3.b.)

Gambar 3.a menunjukkan struktur mikro pada spesimen dengan tekanan udara sebesar 4 kg/cm², dimana pengecilan struktur mikro terjadi sampai kedalaman 95 μ m dan Gambar 3.b menunjukkan struktur mikro pada spesimen dengan perlakuan shot peening menggunakan tekanan udara 8 kg/cm², dimana pengecilan struktur mikro terjadi sampai kedalaman 158 μ m. Dapat disimpulkan bahwa kedalaman perubahan struktur mikro sangat tergantung pada besarnya tekanan udara yang digunakan pada proses shot peening. Semakin besar tekanan udara pada proses shot peening semakin dalam perubahan struktur mikro yang terjadi..

3.2. Hasil uji kekerasan

3.2.1. Hasil uji kekerasan permukaan

Penelitian ini dilakukan dengan 4 variasi tekanan udara 2, 4, 6 dan 8) kg/cm². Perbandingan nilai kekerasan permukaan material ST 37 sebelum dan setelah dilakukan shot peening ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar.4



Gambar 4. Grafik nilai kekerasan permukaan material ST 37

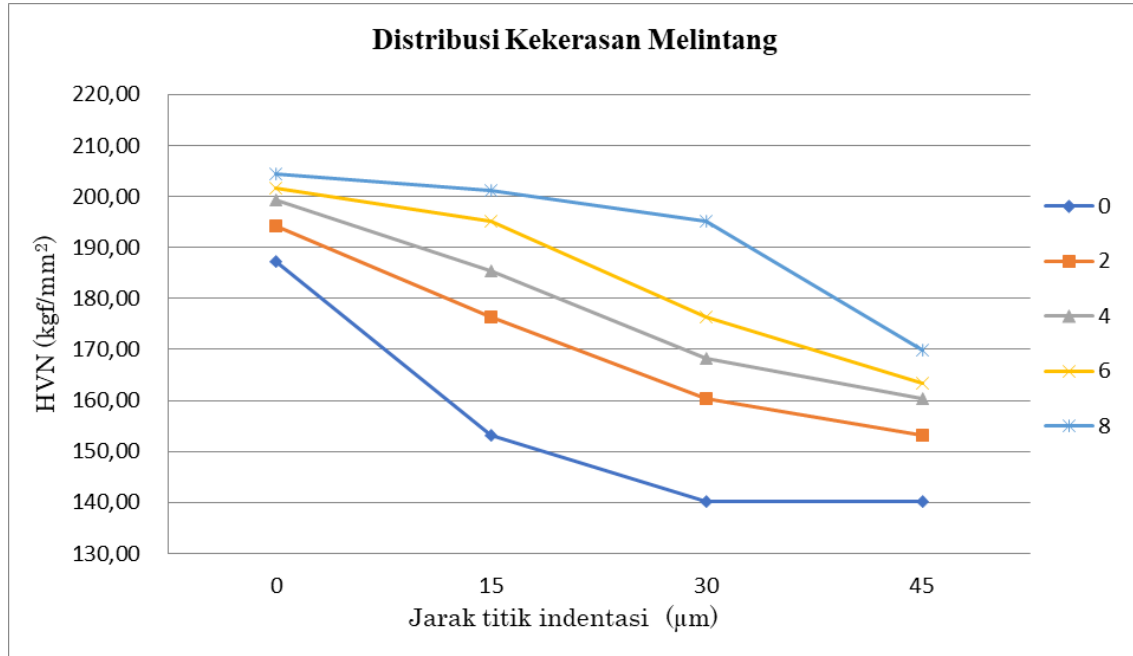
Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa proses shot peening dapat meningkatkan kekerasan permukaan material ST 37. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada tekanan udara penembakan 8 kg/cm² yang ditunjukkan dengan hasil uji kekerasan sebesar 204,31 HVN, sehingga dapat meningkatkan kekerasan sebesar 9,17 % dari spesimen sebelum dishot peening. Semakin lama proses shot peening, kekerasan permukaan juga semakin meningkat. Peningkatan kekerasan permukaan diakibatkan adanya tegangan sisa tekan yang dihasilkan selama proses shot peening, hal ini disebabkan adanya peningkatan deformasi plastis yang terjadi pada permukaan spesimen setelah proses shot peening sehingga dapat menimbulkan kerapatan dislokasi. Semakin besar deformasi plastis yang

diberikan, maka akan menyebabkan bertambahnya dislokasi yang akan membentuk interaksi antar dislokasi yang satu dengan yang lainnya. Interaksi ini menyebabkan kerapatan dislokasi yang tinggi terutama pada batas butirnya dan akan saling menghambat, sehingga dapat menimbulkan efek pengerasan regangan (strain hardening effect) [7].

Pada gambar 4 juga menunjukkan nilai kekerasan optimum saat proses shot peening diperoleh pada tekanan 2 kg/cm². Sedangkan setelah tekanan 2 kg/cm² peningkatan kekerasan permukaan spesimen tidak terlalu signifikan, dimana peningkatan kekerasan rata-rata hanya sebesar 3 HVN. Hal ini terjadi karena setelah perlakuan shot peening sudah terjadi pengerasan regangan permukaan spesimen dari proses shot peening sebelumnya. Dimana diketahui bahwa peningkatan tekanan kerja juga tidak signifikan. Diameter bola-bola baja yang digunakan konstan, Peningkatan nilai kekerasan berbanding lurus dengan peningkatan tekanan udara. Seiring dengan peningkatan tekanan udara, energi kinetik yang dihasilkan oleh bola-bola baja yang ditembakkan ke permukaan spesimen juga bertambah besar sehingga mampu membuat indentasi-indentasi yang menghasilkan deformasi plastis yang lebih besar pada permukaan saat spesimen sebelum dilakukan perlakuan permukaan dengan shot peening.

3.2.2. Hasil uji kekerasan permukaan

Selain pengujian kekerasan permukaan, juga dilakukan pengujian kekerasan pada potongan melintang. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekerasan dari permukaan sampai kedalaman tertentu dan mengetahui tebal lapisan yang terpengaruh shot peening. Data hasil pengujian kekerasan melintang spesimen material ST 37 ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Nilai kekerasan melintang material ST 37

Nilai distribusi kekerasan pada potongan melintang spesimen material ST 37 ditunjukkan pada Gambar 5, indentasi dilakukan pada jarak 45 μm dari permukaan yang terkena shot peening. Data menunjukkan terjadi penurunan kekerasan pada spesimen raw material. Kekerasan spesimen raw material pada bagian permukaan, memiliki

kekerasan yang lebih tinggi disebabkan oleh proses rolling pada saat pembuatan plat ST 37. Akibat proses roling menyebabkan bagian permukaan memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibanding dengan dalam.

seiring dengan semakin jauh jarak dari permukaan yang diberi perlakuan shot peening. Hal ini disebabkan tekanan yang diterima pada bagian permukaan lebih besar dan semakin mengecil pada bagian yang lebih dalam, sehingga struktur pada permukaan lebih kecil. Hal ini berakibat pada tingkat kekerasan yang semakin menurun pada area yang lebih dalam.

4. Kesimpulan

Shot peening dapat digunakan untuk memperhalus struktur mikro dan meningkatkan kekerasan. Semakin lama proses shot peening semakin dalam pengecilan struktur mikro dan semakin meningkat pula nilai kekerasan permukaannya.

Referensi

- [1] Syarif Junaidi, 2009, “Biomaterial Berbasis Logam”, [http://www.infometrik.com/biomaterial-berbasis-logam/Aplikasi Teknologi Featured](http://www.infometrik.com/biomaterial-berbasis-logam/Aplikasi_Teknologi_Featured), Material Sains. Diakses November 2015.
- [2] Manivasagam G, Dhinasekaran D, Rajaminickam A. 2010. “Biomedical implants: corrosion and its prevention – a review”. *Recent Patents on Corrosion Science* 2: 40-54.
- [3] Benedetti, M., Fontanari, B. Winiarski, P.J. Withers, M. Allahkarami, J.C. Hanan., 2015, Fatigue Behavior of Shot Peened Notched Specimens: Effect of The Residual Stress Field Ahead of The Notch Root, *Procedia Engineering* 109, pp. 80-88, Elsevier.
- [4] Dalaeia, K., Karlssona, B., Svensson, L. E., 2010, Stability of Residual Stresses Created by Shot Peening of Pearlitic Steel and Their Influence on Fatigue Behaviour, *Procedia Engineering* 2, pp. 613–622, Elsevier.
- [5] Zhan, K., Jiang, C. H., Wu, X. Y. and Ji, V., 2012, Surface Layer Characteristics of S30432 Austenite Stainless Steel after Shot Peening, *Materials Transactions*, Vol. 53, No. 5, pp. 1002-1006, Elsevier.
- [6] ASM Metals HandBook Volume 8, 2000, Mechanical Testing and Evaluation. Feng,
- [7] Q., Jiang, C., and Xu, Z., 2014, Residual Stress Relaxation of Shot-Peened Deformation Surface Layer on Duplex Stainless Steel Under Applied Loading, *JMEPEG*, pp. 408–412, Elsevier



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)