

PENGARUH VARIASI WAKTU *SHOT PEENING* PADA MATERIAL ST 37 TERHADAP SIFAT MEKANIS

Trio Nur Wibowo¹, Hartono²

^{1,2}, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto

Jl. Sumingkir No. 1 Purwokerto Barat, Jawa Tengah, Indonesia

Email : trionw@gmail.com

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 tingkat keausan dan nilai kekerasan yang terjadi akibat proses *shot peening* dengan durasi penembakan 0, 5, 10, 20, 30, dan 40 menit. Tekanan udara pada proses *shot peening* sebesar 7 bar. Diameter *steel shot* 0,8 mm yang memiliki nilai kekerasan 40-50 HRC dan jarak *nozzle* dengan permukaan spesimen sejauh 100 mm. Sifat mekanis yang diteliti dalam penelitian ini adalah keausan dan kekerasan permukaan. Pengujian keausan dilakukan guna mengetahui ketahanan material setelah di *treatment*. Pengujian kekerasan permukaan diuji dengan menggunakan alat uji kekerasan *micro Vickers* dengan menggunakan beban indentasi sebesar 10 gram selama 10 detik. Dari hasil penelitian menunjukan bahwa penurunan nilai keausan mengalami penurunan nilai keausan dari $6,59948 \times 10^{-8} \text{ mm}^3/\text{kg.mm}^3$ pada spesimen *raw* ke nilai keausan $4,85024 \times 10^{-8} \text{ mm}^3/\text{kg.mm}^3$ dan $6,12827 \times 10^{-8} \text{ mm}^3/\text{kg.mm}^3$ untuk spesimen *shot peening* 5 dan 10 menit. Dengan semakin lama durasi *shot peening* yaitu pada durasi 20, 30, dan 40 menit. Hasil pengujian kekerasan mengindikasikan terjadinya peningkatan kekerasan sebanding dengan durasi *shot peening* yang dilakukan. Perubahan signifikan terjadi pada spesimen *raw* material dengan nilai kekerasan sebesar 187,14 VHN meningkat drastis menjadi 215,02 VHN pada spesimen dengan durasi *shot peening* 5 menit. Peningkatan kekerasan cenderung menurun sebanding dengan peningkatan durasi *shot peening*, namun tidak begitu signifikan. Durasi 10, 20, 30, dan 40 menit memiliki nilai kekerasan sebesar 202,80, 180,43, 181,2, dan 180,01 VHN.

Kata Kunci: ST 37, *shot peening*, Keausan, *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 [1-2]. Salah satu material bangunan yang sering dipakai adalah batako. Batako memiliki kualitas dan harga yang relatif murah sehingga tetap menjadi pilihan konsumen [3-4]. 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 304 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. [5].

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 okidasi. 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. [6-7]

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 [8-9]. *Shot peening* dapat memberikan efek meningkatnya kekerasan, kerapatan butir dan jarak interplanar dari kisi kristal sehingga dapat menghambat laju rambat retak mikro [10-11]. Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh 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.

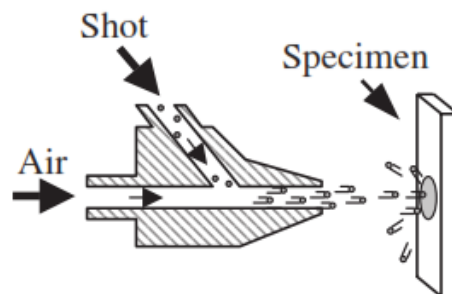
2. Metodologi

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 lima variasi waktu penembakan yaitu 5, 10, 20, 30 dan 40 menit dengan mengatur tekanan kompresor sebesar 7 bar 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* [12]

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.[13].

2.4. Pengujian Keausan

Pengujian keausan atau *wear testing* menggunakan alat *Ogoshi high-speed universal wear testing machine* milik. Pengujian keausan menggunakan beban 6,6 kg, *abrasion speed* 0,25 m/s dan waktu penggosoran selama 60 detik. Spesimen uji yang telah selesai dilakukan pengujian keausan menggunakan alat uji *Ogoshi high-speed universal wear testing machine*, selanjutnya dilihat hasil

keausannya menggunakan mikroskop optik *Olympus PM-10 AD*. Panjang dan lebar *sliding* diukur dengan menggunakan bantuan mikroskop optik. Lensa yang digunakan memiliki perbesaran 100×.

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] :

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

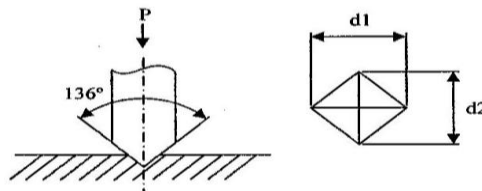
Dimana :

VHN = Nilai kekerasan spesimen (kg/mm²)

P = Beban terpasang (kg)

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

θ = Sudut piramida intan (136°)



Gambar 2. Skema pengujian Vickers [14].

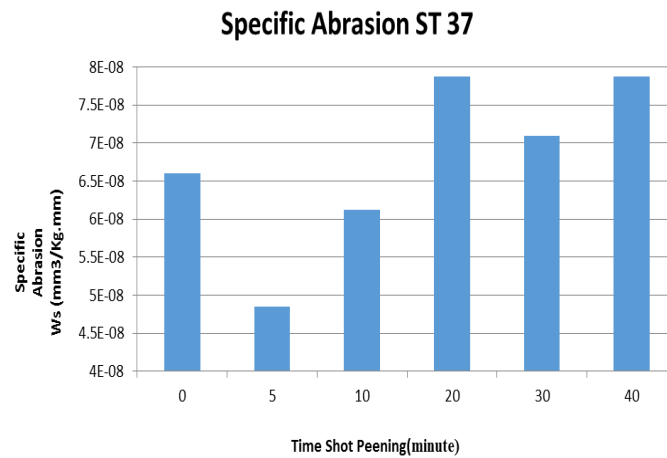
3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil uji struktur mikro

Pengujian ini dilakukan Data hasil pengujian keausan tersedia pada Tabel 1 dan Gambar 3. Data menunjukkan bahwa penurunan nilai keausan mengalami penurunan nilai keausan dari 6,59948 X10⁻⁸ mm³/kg.mm³ pada spesimen *raw* ke nilai keausan 4,85024 X10⁻⁸ mm³/kg.mm³ dan 6,12827 X10⁻⁸ mm³/kg.mm³ untuk spesimen *shot peening* 5 dan 10 menit. Dengan semakin lama durasi *shot peening* yaitu pada durasi 20, 30, dan 40 menit, terjadi kenaikan nilai keausan hingga mencapai dibawah nilai keausan raw material. Hal ini dikarenakan kerusakan permukaan yang terjadi akibat durasi *shot peening* yang terlalu lama dengan tekanan udara pendorong yang besar dan di aplikasikan pada material yang tidak terlalu keras. Karakteristik yang terjadi pada pengujian keausan memiliki kesamaan dengan karakteristik pengujian kekerasan. Hal ini menunjukan adanya korelasi yang erat antara tingkat kekerasan dan keausan yang terjadi. Dari fenomena diatas dapat disimpulkan bahwa, semakin keras suatu permukaan tingkat keausannya akan semakin menurun.

Tabel 1. Nilai *specific abrasion* pada permukaan spesimen ST 37

No	Durasi (menit)	Specific Abrasion (mm ³ /kg.mm)
1	0	6,59948 X10 ⁻⁸
2	5	4,85024 X10 ⁻⁸
3	10	6,12827 X10 ⁻⁸
4	20	7,88181 X10 ⁻⁸
5	30	7,09424 X10 ⁻⁸
6	40	7,88181 X10 ⁻⁸

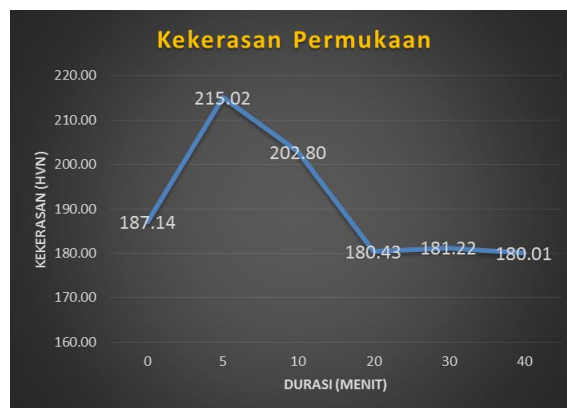


Gambar 3. Pengaruh *shot peening* terhadap *specific abrasion* permukaan spesimen

3.2. Hasil uji kekerasan

3.2.1. Hasil uji kekerasan permukaan

Penelitian ini dilakukan dengan 5 variasi lama proses *shot peening* (5, 10, 20, 30 dan 40) menit. Perbandingan nilai kekerasan permukaan material ST 37 sebelum dan setelah dilakukan *shot peening* ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.



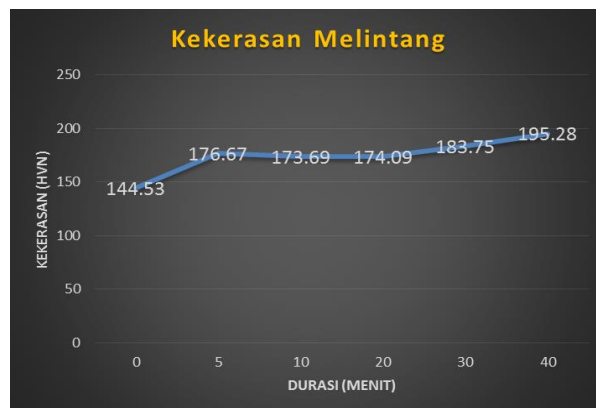
Gambar 4. Grafik nilai kekerasan permukaan material ST 37

Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa proses *shot peening* dapat meningkatkan kekerasan permukaan material ST 37. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada waktu penembakan 5 menit yang ditunjukkan dengan hasil uji kekerasan sebesar 215,02 HV, sehingga dapat meningkatkan kekerasan sebesar 104% dari sepesimen sebelum *shot 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 waktu 5 menit. Sedangkan setelah waktu 5 menit peningkatan kekerasan permukaan spesimen tidak terlalu signifikan dan bahkan pada spesimen 20, 30, dan 40 menit mengalami penurunan tetapi tidak signifikan. Hal ini terjadi karena setelah perlakuan *shot peening* sudah terjadi pengerasan regangan permukaan spesimen dari proses *shot peening* sebelumnya. Dimana diketahui bahwa tekanan kerja dan diameter bola-bola baja yang digunakan konstan, sehingga seiring dengan waktu energi kinetik yang dihasilkan oleh bola-bola baja yang ditembakkan kepermukaan spesimen sudah tidak mampu lagi membuat indentasi-indentasi yang menghasilkan deformasi plastis yang sama besar pada permukaan saat spesimen sebelum dilakukan perlakuan permukaan dengan *shot peening*. Hal tersebut mengindikasikan permukaan Material ST 37 mengalami kerusakan struktur pada bagian permukaan sehingga nilai kekerasannya menurun.

3.2.2. Hasil uji kekerasan melintang

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



Gambar 5. Nilai kekerasan melintang material ST 37 pada jarak 60 μm

Nilai distribusi kekerasan pada potongan melintang spesimen material ST 37 ditunjukkan pada Gambar 5, indentasi dilakukan pada jarak 60 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 rolling menyebabkan bagian permukaan memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibanding dengan bagian 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 meningkatkan kekerasan. Semakin meningkat nilai kekerasan semakin meningkat ketahanan terhadap keausan. Dengan menggunakan *shot peening* yang tepat dapat diaplikasikan untuk meningkatkan ketahanan aus dari cetakan batako yang menggunakan material ST 37, sehingga mampu meningkatkan *life time* cetakan batako.

5. Referensi

- [1]. <https://ekonomi.kompas.com/read/2018/01/19/090000226/pertumbuhan-ekonomi-di-2018-akan-didorong-permintaan-domestik>. [online, diakses 10 Agustus 2018].
- [2]. <https://www.bkkbn.go.id/detailpost/laju-pertumbuhan-penduduk-4-juta-per-tahun>. [online, diakses 10 Agustus 2018].
- [3]. <http://tokomesinovasi.com/artikel/proses-pembuatan-serta-alat-mesin-cetak-batako-paving-berkualitas>. [online, diakses 5 Februari 2018].
- [4]. http://futagoteknik.com/mesin-cetak-batako-hidrolik_113.htm. [online, diakses 5 Februari 2018].
- [5]. <http://www.swakaryamandiri.com/tag/mesin-cetak-batako>. [online, diakses 5 Februari 2018].
- [6]. Cho, K.T., Song, K., Oh, S.H., Lee, Y.K., 2012, Surface Hardening of Aluminum Alloy By Shot Peening Treatment with Zn Based Ball, *Journal Materials Science And Engineering*, Vol. 543, pp. 44-49.
- [7]. Wagiyono, H., 2010, Peningkatan Ketahanan Korosi material Implan SS 316L dengan Metode Nitridasi, *Jurnal Sains Material Indonesia*, Vol. 11, hal : 207-212.
- [8]. 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.
- [9]. 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.
- [10]. Cerný, I., 2011, Growth and Retardation of Physically Short Fatigue Cracks in an Aircraft Al-alloy after Shot Peening, *Procedia Engineering*, 10, 3411-3416.
- [11]. Gan, J., Sun, D., Wang, Z., 2016, The Effect of Shot Peening on Fatigue Life of Q345D T-welded Joint. *Journal of Constructional Steel Research*, 126, 74-82.
- [12]. Umemoto, M., 2013, Nanocrystallization of Steels by Severe Plastic Deformation, *Materials Transactions, The Japan Institute of Metals*, 44(10), 1900-1911.
- [13]. Campbell, F.C., 2008, *Elements of Metallurgy and Engineering Alloys*, editor, p 3-16.
- [14]. ASM Metal Handbook, 1994, Volume. 05, *Surface Engineering*.
- [15]. ASM Metals HandBook Volume 8, 2000, Mechanical Testing and Evaluation.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi Dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) Republik Indonesia yang telah memberikan dana untuk Pengabmas Program PKM Tahun Anggaran 2018-2019.