

# PENGARUH *SHOT PEENING* TERHADAP KARAKTERISTIK PERMUKAAN SS 301 SETELAH PROSES ANIL

Ratna Kartikasari<sup>1\*</sup>, Wartono<sup>1</sup> dan Muhammad Oky Sadewa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Yogyakarta, Jl. Babarsari No.1 Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 55281, Indonesia

\*E-mail: ratna@itny.ac.id

## ABSTRAK

SS 301 merupakan baja tahan karat austenitik yang memiliki sifat ulet, ketahanan korosi yang sangat tinggi dan *non-hardenable*. Pengembangan aplikasi SS 301 menuntut kombinasi sifat yang baik antara ketahanan korosi dan kekerasan permukaan. Perlu upaya untuk meningkatkan kekerasan permukaan SS 301 dengan pengerjaan dingin. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh *shot peening* terhadap karakteristik permukaan SS 301 setelah proses anil. Proses anil dilakukan pada temperatur 800°C, 900°C dan 1000°C. Proses *shot peening* dilakukan menggunakan partikel alumina dengan ukuran 0,8-1 mm selama 20 menit dengan tekanan 6-8 bar. Pegujian yang dilakukan adalah uji komposisi kimia, struktur mikro, kekerasan dan ketahanan korosi. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa SS 301 mengandung Cr 18,32% dan Ni 7,84%, Mn 1,5% dan C 0,31%. Struktur mikro SS 301 terdiri atas struktur austenit dengan pola semi dendritik. Proses anil dan hardening mengubah struktur austenit menjadi equiaxed, setelah *shot peening* terlihat butiran austenit yang halus di permukaan. Secara umum proses *shot peening* meningkatkan kekerasan tetapi menurunkan ketahanan korosi SS 301.

Kata Kunci: SS 301, *shot peening*, anil, kekerasan, ketahanan korosi

## ABSTRACT

SS 301 is an austenitic stainless steel which has ductile properties, very high corrosion resistance and non-hardenable. The development of the SS 301 application demands a good combination of corrosion resistance and surface hardness properties. Efforts are needed to increase the surface hardness of the SS 301 by cold working. This research aims to study the effect of *shot peening* on the surface characteristics of SS 301 after annealing process. The annealing process was carried out at temperatures of 800 ° C, 900 ° C and 1000 ° C. The *shot peening* process is carried out using alumina particles with a size of 0.8-1 mm for 20 minutes with a pressure of 6-8 bar. The tests carried out are chemical composition, microstructure, hardness and corrosion resistance. The chemical composition result showed that SS 301 contained Cr 18.32%, Ni 7.84%, Mn 1.5% and C 0.31%. The microstructure of SS 301 consists of austenite structure with a semi-dendritic pattern. The annealing and hardening process changed the structure of the austenite into equiaxed and the *shot peening* resulted in fine austenite grains on the surface. In general, the *shot peening* process increased hardness but decreased SS 301 corrosion resistance.

Keywords: SS 301, *shot peening*, annealing, hardness, corrosion resistance

## PENDAHULUAN

SS 301 adalah salah satu jenis baja tahan karat austenitik, memiliki ketahanan korosi yang sangat baik dan *non hardenable*, tetapi mampu memiliki kekuatan tinggi dengan proses mekanik dan pengerjaan dingin. Kombinasi yang baik antara kekuatan dan keuletan menyebabkan SS 301

menempati aplikasi yang sangat luas dan dapat menggantikan komponen pegas elektronik dan komputer. SS 301 bersifat non magnetik dalam keadaan anil namun dapat dimodifikasi bersama sifat yang lainnya. Berbagai cara dilakukan untuk mengubah sifat mekanik baja tahan karat austenitik antara lain *shot peening*, *sandblasting*, *sliding wear*, dan *high pressure torsion* (Elias dkk., 2008). *Shot peening* merupakan metode perlakuan permukaan

dengan menembakkan bola-bola baja dengan tekanan tinggi pada permukaan logam secara berulang dan *progressive* (Cahyandari, 2005). Secara umum *shot peening* menyebabkan permukaan logam menjadi kasar dan rata, mengalami deformasi plastis, pengerasan regang, dan tegangan sisa tekan, menutup pori, meningkatkan ketahanan terhadap *fretting*, merubah struktur mikro dan sifat mekanik (Chaib dan Megueni, 2016). *Dry-shot peening* diharapkan dapat merubah ukuran butiran pada bagian permukaan spesimen uji akibat terjadinya deformasi plastis terjadi peningkatan kekerasan bahan (Harada, dkk., 2007; Carvalho, dkk., 2007).

Proses *shot peening* untuk meningkatkan karakteristik permukaan pada baja tahan karat austenitik seringkali dilakukan, Teguh Dwi Widodo, dkk., (2017) mengatakan bahwa *shot peening* dapat meningkatkan kekerasan permukaan baja SS 316L. Baja tahan karat merupakan bahan yang memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi, akan tetapi secara mekanik baja tahan karat masih kalah unggul dibandingkan dengan titanium. Baja tahan karat khususnya jenis austenitik sulit diubah sifat mekaniknya dengan *heat treatment* karena kadar karbonnya yang rendah, sehingga perubahan sifat mekanik lebih sering dilakukan dengan perlakuan dingin (Elias, 2008). *Sand blasting, shotpeening, anodizing* (Elias dkk, 2008), dan *surface mechanical attrition treatment* yang biasa disingkat SMAT (Arifvianto dkk., 2011) adalah jenis perlakuan dingin yang seringkali dilakukan pada baja tahan karat jenis austenitik.

Proses *dry shot peening* dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan merubah struktur butiran logam. Penggunaan bola baja berdiameter 3 mm dengan tekanan kompresor sebesar 7-8 bar selama 15 menit dapat memberikan peningkatan nilai kekerasan tertinggi pada baja SS 316L. Nilai kekerasan yang dihasilkan mencapai 560 VHN pada permukaan specimen dan semakin ke dalam kekerasan semakin menurun (Pramudia dan Romadhon, 2018). Badarudin dan Sugiyanto (2005) menyatakan bahwa semakin lama waktu *peening*, kekerasan yang dihasilkan semakin meningkat. Sementara itu korosi retak tegang (SCC) tidak terjadi pada bahan yang mengalami *shot peening*, artinya proses *shot peening* dapat digunakan sebagai salah satu metode yang dapat diaplikasikan untuk mencegah terjadinya SCC pada logam dalam lingkungan korosif.

Berbagai upaya dilakukan untuk mengembangkam aplikasi baja tahan karat SS 301. Penelitian ini

mempelajari pengaruh proses *shot peening* pada baja SS 301 setelah proses *anil*.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah SS 301 berbentuk silinder dengan diameter 2,5 cm dan dipotong menjadi benda uji yang berukuran tinggi 1,5 cm. Uji komposisi SS 301 dilakukan menggunakan spektrometer. Proses anil dilakukan pada temperatur yang divariasikan yaitu 800°C, 900°C dan 1000°C, selama 1 jam dilanjutkan dengan pendinginan di dalam dapur. Setelah proses anil dilanjutkan proses *shot peening* menggunakan partikel alumina dengan ukuran 0,8-1 mm selama 20 menit dengan tekanan 6-8 bar. Setelah proses *shot peening* permukaan benda uji difoto makro dengan perbesaran 20x. Selanjutnya benda uji di potong melintang untuk mengetahui pengaruh *shot peening* pada kedalaman benda uji. Persiapan permukaan benda uji dilakukan dengan pengamplasan dengan kertas amplas berukuran 400#, 600#, 800#, 1000#, 1500# dan dilanjutkan pemolesan menggunakan pasta autosol. Pengujian yang dilakukan uji struktur mikro menggunakan mikroskop optik, uji kekerasan menggunakan metode micro Vickers, dan uji ketahanan korosi dengan metoda kehilangan berat menggunakan media larutan HCl 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis hasil pengujian komposisi kimia

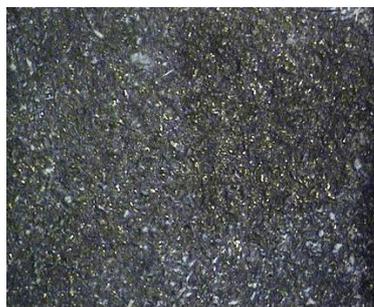
Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian komposisi kimia SS 301 di PT. Itokoh Ceperindo. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa SS 301 mengandung unsur paduan Cr (*Cromium*) sebesar 18,32% yang berguna untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan, ketahanan aus dan ketahanan korosi. Ni sebagai unsur yang kedua dalam baja ini sebesar 7,84% merupakan pembentuk karbida yang memiliki keuletan dan dapat juga digunakan sebagai elemen pengerasan, juga sering digunakan dengan elemen ketangguhan untuk menghasilkan sifat kemampu-kerasan yang sangat baik. Kandungan unsur C sebesar 0,31 dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja dan bersama dengan Ni berfungsi sebagai penstabil struktur austenite sedangkan Cr berfungsi sebagai pembentuk dan penstabil struktur ferit (Ratna Kartikasari, 2019). Mn sebesar 1,50% termasuk dalam golongan penstabil struktur *austenit*, dan menguntungkan untuk memperbaiki kualitas permukaan. Unsur Si (*Silisium*) sebesar 0,46% dalam baja tertentu, berfungsi meningkatkan kekuatan, kekerasan dan ketahanan terhadap korosi.

**Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Kimia**

No	Unsur	%
1	Fe	balanced
2	Cr	18,32
3	Ni	7,84
4	C	0,13
5	Mn	1,50
6	Si	0,46
7	Al	0,87
8	Cu	0,5
9	Mo	0,37
10	P	0,34
11	S	0,18
12	V	0,72
13	W	0,28

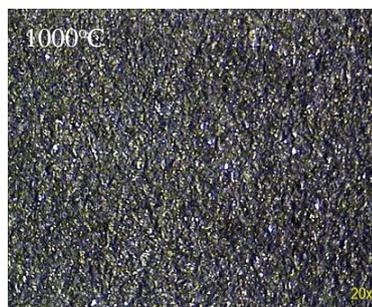
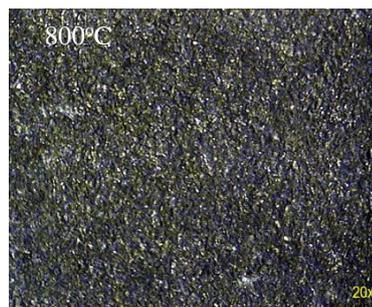
**Analisis hasil pengujian struktur makro**

Pengujian struktur makro dilakukan menggunakan Lensa Okuler. Benda uji terdiri atas spesimen *Raw material* dan spesimen setelah anil pada temperatur 800°C, 900°C, 1000°C dilanjutkan proses *shot peening*. Pengujian struktur makro dilakukan dengan perbesaran 20x. Hasil pengujian struktur makro dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



**Gambar 1 Foto makro permukaan baja SS 304 raw material shot peening.**

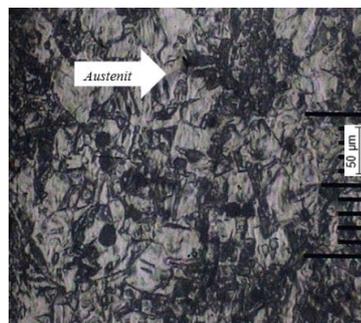
Foto makro (Gambar 1) menunjukkan permukaan *Raw material* setelah proses *shot peening* terlihat kasar beraturan. Pada specimen setelah anil (Gambar 2) terlihat sangat mirip (hampir sama) dengan kecenderungan permukaan semakin kasar dengan semakin tinggi temperatur proses anil. Perubahan besar butir austenit yang terjadi akibat proses anil dimana semakin tinggi temperature anil semakin besar butir austenite yang terbentuk, memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaan yang terbentuk setelah proses *shot peening*. Proses *shot peening* menyebabkan terjadinya deformasi pada permukaan benda uji, dimana semakin besar struktur austenit permukaan hasil *shot peening* semakin kasar.



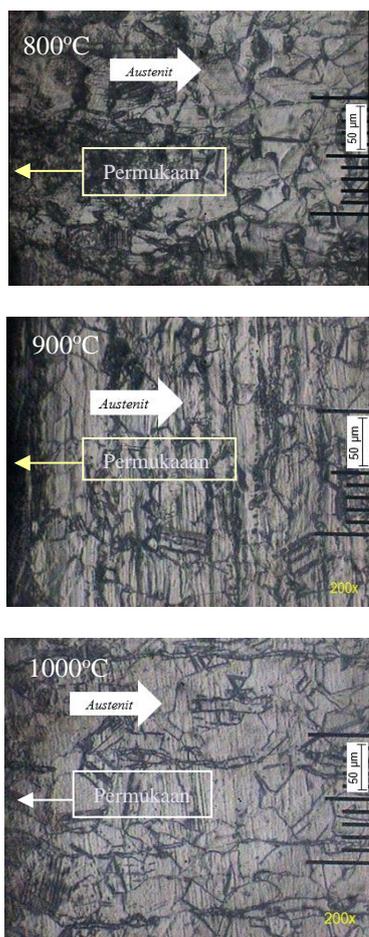
**Gambar 2. Foto makro permukaan SS 301 setelah anil dilanjutkan shot peening.**

**Analisis hasil pengujian struktur mikro**

Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik. Spesimen terdiri atas *raw material*, spesimen setelah proses anil pada temperatur 800°C, 900°C dan 1000°C. Pengujian struktur mikro dilakukan dengan perbesaran 200x. Hasil pengujian struktur dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 3.



**Gambar 3. Struktur mikro baja SS 301 raw material**



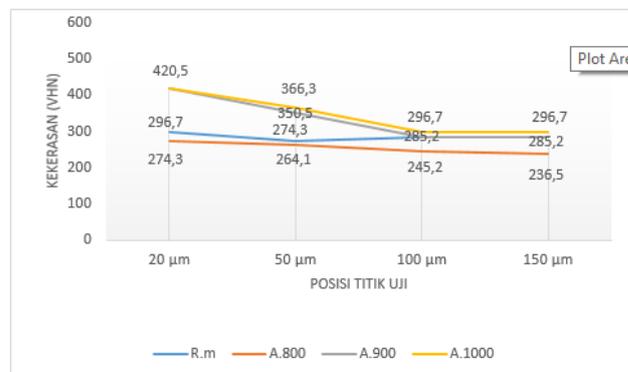
**Gambar 4. Struktur mikro SS 301 setelah anil dilanjutkan shot peening anil 800°C.**

Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa SS 301 *raw material* (Gambar 3) mempunyai struktur *austenit* dengan pola cenderung semi dendritik dan terlihat ada bercak hitam pengotor kemungkinan disebabkan proses pembuatan yang kurang sempurna. Proses anil menyebabkan butir *austenite* semakin besar, semakin tinggi temperatur anil ukuran butir *austenit* semakin bertambah besar (Gambar 4). Hal ini disebabkan terjadinya proses rekristalisasi yang diikuti dengan pertumbuhan butir, semakin tinggi temperatur proses anil proses rekristalisasi berjalan semakin sempurna dan butir *austenit* tumbuh semakin besar.

Setelah proses *shot peening* menunjukkan bahwa pada bagian permukaan SS 301 butir *austenit* lebih halus sedangkan semakin kedalam semakin besar (Chaib dan Megueni, 2016). Hal ini disebabkan tumbukan bola-bola alumina di permukaan baja menyebabkan terjadinya deformasi sehingga ukuran butir menjadi lebih kecil.

### Analisis hasil pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode pengujian kekerasan Vickers. Penetrator piramida intan dengan  $\alpha = 136$ , ditekan ke permukaan spesimen dengan beban (P) 25 gr.



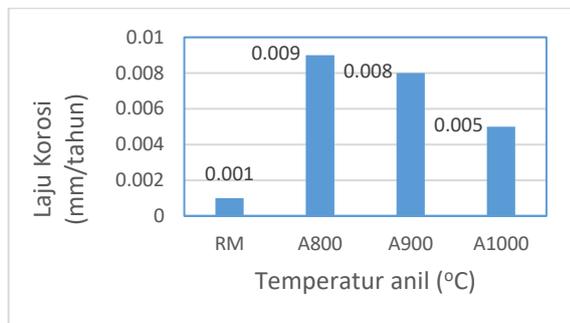
**Gambar 5. Pengaruh proses shot peening terhadap distribusi kekerasan pada baja SS 301 setelah anil.**

Pengujian kekerasan dilakukan di permukaan potong spesimen setelah dilakukan *shot peening* pada 4 titik dari permukaan ke arah dalam pada jarak 20µm, 50µm, 100µm dan 150µm untuk mengetahui distribusi kekerasan dari permukaan ke dalam baja setelah proses *shot peening*. Hasil uji kekerasan (Gambar 5) menunjukkan bahwa SS 301 memiliki harga kekerasan sebesar 285,3 VHN. Nilai kekerasan tertinggi pada spesimen setelah proses anil pada temperatur 900°C dan 1000°C dilanjutkan *shot peening* terjadi pada jarak 20µm dari permukaan dengan nilai kekerasan sebesar 420,5 VHN. Pada jarak 50µm kekerasan turun menjadi 366,5 VHN (turun 12,8%), pada anil 1000°C dan 350,5 VHN (turun 16,7%) pada anil 900°C. Pada jarak 100µm dan 150µm nilai kekerasan tetap yaitu sebesar 296,7 VHN, mendekati nilai kekerasan specimen tanpa perlakuan. Fenomena ini disebabkan adanya deformasi di permukaan SS 301 akibat tumbukan bola baja yang terjadi secara kontinue pada waktu yang cukup lama menyebabkan terjadinya deformasi di permukaan dan semakin padatnya susunan atom-atom di bawah permukaan baja sampai dengan jarak tertentu dari permukaan. Peningkatan kepadatan atom-atom ini akan memperpendek jarak antar kisi, secara mekanik akan berakibat terjadinya peningkatan nilai kekerasan di permukaan. Tumbukan-tumbukan tersebut juga menyebabkan penurunan ukuran besar butir dan terjadinya penumpukan dislokasi di permukaan. Tumbukan-tumbukan tersebut juga mempengaruhi susunan atom di permukaan SS 301. Akibat tumbukan tersebut atom-atom bergeser dari tempat normalnya dan

berhenti pada tempat tertentu menyebabkan terjadinya pemadatan susunan atom hingga jarak tertentu dari permukaan. Pada permukaan dimana ukuran butir terkecil, dislokasi terbanyak dan susunan atom terpadat menghasilkan nilai kekerasan tertinggi. Semakin ke dalam ukuran butir semakin besar, dislokasi dan kepadatan atom semakin berkurang sehingga nilai kekerasan semakin menurun. Pada jarak tertentu kekerasan akan tetap dan besarnya sama dengan nilai kekerasan spesimen raw material (Harada, dkk., 2007 dan Carvalho, dkk., 2007).

### Analisis hasil pengujian korosi

Pengujian ketahanan korosi dilakukan dengan metoda kehilangan berat menggunakan media larutan HCl 5% dengan waktu perendaman selama 100 jam. Hasil pengujian ketahanan korosi SS 301 dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Histogram hasil uji korosi SS 301 sebelum dan sesudah proses shot peening.**

Hasil pengujian korosi menunjukkan bahwa, laju korosi SS 301 sebesar 0,001 mm/tahun, laju korosi sebesar ini termasuk katagori luar biasa (Fontana, 1987). Kandungan unsur Cr dan Ni menyebabkan ketahanan korosi SS 301 sangat tinggi. Struktur mikro yang 100% austenit memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap ketahanan korosi SS 301. Setelah proses anil yang dilanjutkan *shot peening* laju korosi meningkat sebesar menjadi 0,009 mm/tahun pada 800°C dan menurun dengan semakin tinggi temperatur anil hingga 0,009 mm/tahun pada 1000°C. Hal ini menunjukkan bahwa proses *shot peening* yang menyebabkan terjadinya deformasi di permukaan SS 301 menyebabkan internal stress dan dislokasi yang menyebabkan terjadinya beda potensial yang merupakan awal terjadinya korosi. Jika dilihat hasil uji struktur mikro terlihat jelas bahwa, paduan baja SS 301 setelah anil yang dilanjutkan *shot peening* menyebabkan struktur menjadi halus di permukaan. Laju korosi akan semakin tinggi dengan semakin halus ukuran butir. Pada temperatur proses anil yang lebih rendah dan dilanjutkan proses *shot peening* menghasilkan besar butir SS 301 semakin halus.

## KESIMPULAN

1. Proses *shot peening* merubah permukaan SS 301 menjadi kasar beraturan. Permukaan SS 301 tanpa *heat treatment* terlihat paling kasar dibanding permukaan 301 setelah anil.
2. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan permukaan baja SS 301 spesimen *raw material* sebesar 285,3 VHN. Proses *shot peening* meningkatkan nilai kekerasan permukaan SS 301 setelah anil sebesar 47,39% menjadi 420,5 VHN.
3. Proses *shot peening* setelah anil pada SS 301 meningkatkan kekerasan permukaan hingga jarak 50µm semakin ke dalam semakin menurun hingga pada jarak 100µm nilai kekerasan sama dengan kekerasan SS 301 tanpa perlakuan.
4. Proses *shot peening* setelah anil menurunkan ketahanan korosi SS 301.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan serta sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Penulis memberikan apresiasi khusus kepada Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah memberikan dukungan penuh hingga terselesaikannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifvianto, B., Mahardika, M., Dewo, P., Iswanto, PT., Salim, UA., 2011, Effect of surface mechanical attrition treatment (SMAT) on microhardness, surface roughness and wettability of AISI 316L, *Materials Chemistry and Physics*, vol. 125, no. 3, 418-426.
- Badarudin, M., & Sugiyanto, (2005). Efek shot Peening terhadap Korosi Retak Tegang (SCC) Baja Karbon Rendah dalam Lingkungan Air Laut. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 11-14.
- Chaib, M., & Megueni, A., (2016). Experimental study of the shot peening treatment effect on austenitic stainless steel. *Int. J. Materials and Product Technology*, 53(3/4), 298-314.
- Carvalho, A. L. M., & Voorwald, H. J., (2007). Influence of Shot Peening and Hard Chromium Electroplating on the fatigue strength of 7050-T7451 aluminum alloy. *International Journal of Fatigue*, 29(7). 1282-1291.
- Chaib, M., dan Megueni, A., (2016). Experimental study of the shot peening treatment effect on austenitic stainless steel. *J. Materials and Product Technology*, 53(3/4), 298-314.

- Cahyandari, D., (2005). Karakteristik Mekanik Statis Baja Uns G10450 Yang Mengalami Proses Shot Peening. *Traksi*, 3(2), 82-85.
- Elias, C. N., Oshida, Y., Lima, J. H. C., & Muller, C.A. (2008). Relationship Between Surface Properties (Roughness, Wettability and Morphology) of Titanium and Dental Implant Removal Torque. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 1(3), 234–242.
- Fontana, G. M., (1987). *Corrosion Engineering*. 3th ed, McGraw Hill Inc, Singapore.
- Harada, Y., Fukaura, K., & Haga S. (2007). Influence of Microshot Peeningon Surface Layer Characteristic of Structural Steel. *Journal of Material Processing Technology*, 32, 3287-3292.
- Pramudia, M., & Romadhon, A. S. (2018). Pengaruh Variasi Ukuran Bola Baja Pada Proses Dry Shot Peening terhadap Mikrostruktur Dan Kekerasan material Implan AISI 316L. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 9(3). 169-172.
- Kartikasari, R., Wijaya, A.E., Iskandar, A.D., Subardi, & Triyono. (2019). Mechanical properties and corrosion resistance of grinding ball Fe-xMn-10Al-1.25 C alloys. *Journal of Physics: Conference Series*, 1375 (1), 012076.
- Widodo, T.D., Raharjo, R., & Ramadhan, R., (2017). Pengaruh *Post Heat* Terhadap Kekerasan Baja Tahan Karat Hasil Perlakuan Mekanik. *Jurusan Teknik Mesin, Saintek II*, M10, 352-354.