



## Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Peningkatan Sifat Mekanik Paduan Besi Tuang Putih Dengan Cr-Ni Untuk Bilah *Shot Blasting*

Hasanudin Gufron Fachrudin<sup>1</sup>, Hamdan Akbar Notonegoro<sup>2\*</sup>, Greida Frista<sup>1</sup>, Yusvardi Yusuf<sup>2</sup>, Erny Listijorini<sup>2</sup>, Rina Lusiani<sup>2</sup>, Kurnia Nugraha<sup>2</sup>, Aswata<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Logam dan Mesin, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, KEMENPERIN, Jl. Sangkuriang 12 Dago Bandung, Indonesia  
<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Soedirman KM.3 Cilegon 42435, Indonesia

\*Email Penulis: hamdan\_an@untirta.ac.id

### INFORMASI ARTIKEL

NaskahDiterima 03/12/2017  
NaskahDirevisi 08/12/2017  
NaskahDisetujui 08/12/2017  
Naskah Online 08/12/2017

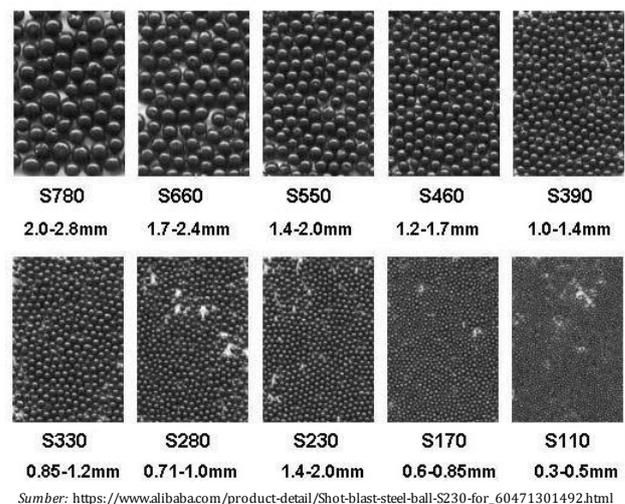
### ABSTRAK

Bilah sebagai salah satu komponen yang berfungsi sebagai pelontar bola-bola logam dalam mesin *shot blasting*, sebagian besar diimpor dari luar negeri. Namun demikian, masih ditemukan kegagalan ataupun umur pakai yang pendek. Hal ini disebabkan bilah-bilah tersebut rentan terhadap gesekan dan benturan akibat kondisi operasional. Untuk itu, dalam penelitian ini dikembangkan bahan bilah berbasis paduan besi tuang putih dengan Cr-Ni. Peningkatan sifat mekaniknya dilakukan melalui variasi perlakuan panas, baik *hardening* (900-1000 °C) maupun *tempering* (400 °C, 500 °C, dan 1000 °C). Dari penelitian ini didapati bahwa nilai optimal kenaikan sifat mekanik, baik kekerasan dan ketahanan gesek, dihasilkan melalui *hardening* pada suhu 1000 °C yang dilanjutkan *tempering* pada suhu 400 °C. Pada kondisi tersebut, struktur fasa yang terbentuk berupa ferit acicular, perlite dan karbida berbentuk bulat-bulat kecil. Struktur fasa ini membuat sifat mekanik sampel menjadi lebih keras dan lebih tahan terhadap gerusan saat terjadi gesekan.

**Kata kunci:** Besi tuang putih, Bilah, *shot blasting*, perlakuan panas, sifat mekanik

### 1. PENDAHULUAN

Mesin *shot blasting* adalah mesin yang berfungsi untuk membersihkan permukaan suatu material dengan metode menembak-nembakkan butiran bola logam kecil secara kontinyu terhadap permukaan material tersebut. Ukuran butiran bola yang digunakan tersebut bervariasi sesuai spesifikasi yang diperlukan, antara lain seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 ([www.alibaba.com](http://www.alibaba.com), 2017). Ada pula yang menggunakan mesin jenis ini untuk memberi kekasaran (*roughness*) pada permukaan bidang berbahan logam (Auliyachman *et al.*, 2012). Ada pula yang menggunakannya pada kondisi *fatigue* suatu material (Naidu and Raman, 2005). Ada pula yang menggunakan mesin ini untuk mencegah terjadinya oksidasi pada permukaan bahan logam (Xingeng and Jiawen, 2006).



**Gambar 1.** Salah satu contoh jenis butiran bola logam *shoot blasting* dalam berbagai ukuran.

Salah satu komponen terpenting dalam mesin *shot blasting* adalah bilah logam (Gambar 2) yang berfungsi sebagai pelontar butir-butir logam (Holzknecht, 2007). Butir-butir logam tersebut akan terlontar saat mengalami tumbukan dengan permukaan bilah.



Sumber: [http://imgweiku.com/waterpicture/000/983/Shot\\_blasting\\_machine\\_part\\_Blade\\_5493\\_1.jpg](http://imgweiku.com/waterpicture/000/983/Shot_blasting_machine_part_Blade_5493_1.jpg)

**Gambar 2.** Bilah pelontar butiran bola-bola logam.

Bilah-bilah tersebut terpasang pada impeller (Gambar 3) yang akan berputar sangat kencang. Putaran ini juga akan menghasilkan hembusan angin yang sangat kuat, yang memberi tekanan untuk ikut mendorong butiran logam yang dilontarkannya (Li *et al.*, 2016).

Karena proses operasionalnya tersebut, permukaan bilah rentan mengalami gesekan dan benturan. Sehingga bilah logam harus memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang baik agar mampu digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama (Pollock and Tin, 2006). Bilah-bilah tersebut umumnya dibuat menggunakan besi tuang putih (Chen *et al.*, 2015; Kusumoto *et al.*, 2017).



Sumber: <http://www.pshotblast.com/images/shotblasting1/monogram12.jpg>

**Gambar 3.** Letak bilah pada *impeller* yang akan berputar kencang.

Saat ini kebutuhan bilah mesin *shot blasting* dalam negeri sebagian besar masih harus diimpor dari luar negeri. Dalam penggunaannya, bilah-bilah tersebut masih banyak ditemukan mengalami kegagalan ataupun umur pakai yang pendek (Bombek and Hribernik, 2010; UNDAYAT, 2010). Hal ini disebabkan karena bahan bilah yang sifat kekerasannya rendah dan tidak tahan gesek (Jin *et al.*, 2013).

Untuk itu, dalam penelitian ini dikembangkan bahan bilah berbasis paduan besi tuang putih dengan Cr-Ni. Selanjutnya perlakuan panas diberikan bahan bilah tersebut untuk meningkatkan sifat mekanik yang dimilikinya.

**2. METODOLOGI PENELITIAN**

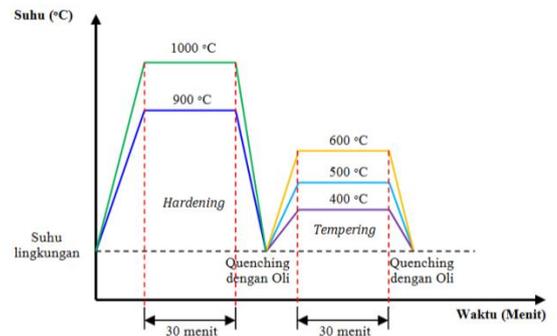
Spesimen sampel hasil paduan baja tuang putih dengan Ni-Cr yang telah dibuat memiliki komposisi elemen seperti yang tercantum pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kandungan

Unsur	Kandungan (wt.%)		Ket.
	Sample (average)	ASTM A532 Class II type D	
Fe	72.03	-	-
C	2.8	2.8-3.1	Ok
Cr dan Ni	24.77	18-25	Ok
Lain-lain	0.39	-	-

Sumber: analisa lab.

Selanjutnya, sampel tersebut diberi variasi perlakuan panas, berupa *Hardening* untuk mengubah struktur mikro dan *tempering* untuk memperoleh keuletan dan ketangguhan bahan tersebut dengan alur seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Pemberian perlakuan panas terhadap sampel

Kecepatan pendinginan untuk setiap tahap pemanasan diatur menggunakan metode *quenching* dengan oli. Sampel-sampel tersebut kemudian diberi label sesuai dengan perlakuan panas yang diterima (Tabel 2). Sementara itu, OC merupakan sampel dengan kondisi awal sebelum mengalami perlakuan, yang digunakan sebagai sampel pembanding.

**Tabel 2.** Perlakuan panas yang diberikan untuk tiap sampel.

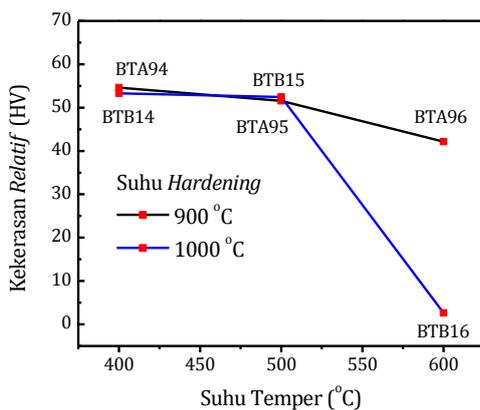
Sampel	Holding time	Hardening (°C)	Tempering (°C)
BTA94	30 menit	900	400
BTA95			500
BTA96			600
BTB14			400
BTB15			500
BTB16			600
OC	0	0	0
Media Quench		Oli	Oli

Untuk mengidentifikasi dan membandingkan hasil yang diperoleh dari perlakuan panas yang berbeda terhadap sampel-sampel tersebut, maka dilakukan uji kekerasan menggunakan skala Vickers, uji ketahanan aus dengan beban seberat 10 kg selama 30 menit, dan identifikasi metalografi untuk melihat struktur fasa yang terbentuk pada sampel.

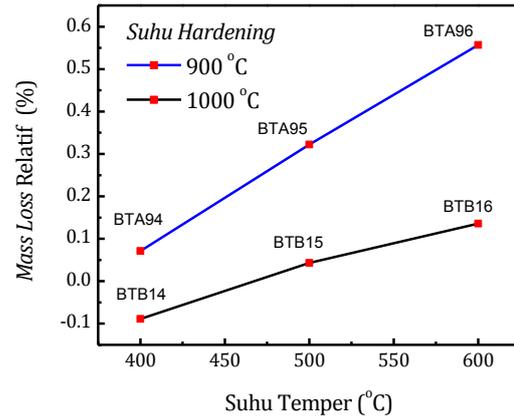
### 3. PEMBAHASAN

Pada Gambar 5 ditampilkan hasil uji kekerasan terhadap sampel yang telah mengalami perlakuan panas relatif terhadap sampel dengan kondisi awal. Tampak bahwa kekerasan tertinggi dimiliki oleh sampel BTA94 kemudian diikuti oleh sampel BTB14. Kekerasan terendah dimiliki oleh sampel BTB16 bila dibandingkan dengan kekerasan yang dimiliki oleh sampel BTA96. Hal ini memperlihatkan bahwa kenaikan suhu *tempering* sebesar 100 °C dari suhu sebelumnya, 500 °C pada sampel hasil *hardening* sebesar 1000 °C telah merubah sifat keras yang dimiliki oleh sampel.

Pada Gambar 6 ditampilkan hasil uji *mass loss* terhadap sampel yang telah mengalami perlakuan panas relatif terhadap sampel pada kondisi awal. Besarnya nilai *mass loss* memperlihatkan besarnya massa yang hilang akibat gesekan yang terjadi. Sehingga semakin kecil nilai *mass loss* relatifnya, maka semakin besar kemampuan bahan tersebut menahan kerusakan akibat gesekan. Tampak bahwa sampel hasil perlakuan *hardening* 1000 °C lebih baik dalam kemampuan tahan gesek dibanding sampel hasil perlakuan *hardening* 900 °C. Tampak pula bahwa penurunan ketahanan gesek pada sampel hasil *hardening* pada suhu 900 °C cenderung linier terhadap kenaikan suhu *tempering*. Didapati pula bahwa ketahanan gesek terbaik dimiliki oleh sampel BTB14, hasil perlakuan *hardening* pada suhu 1000 °C yang *ditempering* pada suhu 400 °C.



**Gambar 5.** Nilai kekerasan dari masing-masing sampel yang telah mendapat perlakuan panas relatif terhadap kondisi sebelum perlakuan. Nampak nilai kekerasan menurun terhadap kenaikan suhu *temper*. Penurunan drastis terjadi pada sampel BTB16 yang mengalami *hardening* sebesar 1000 °C.

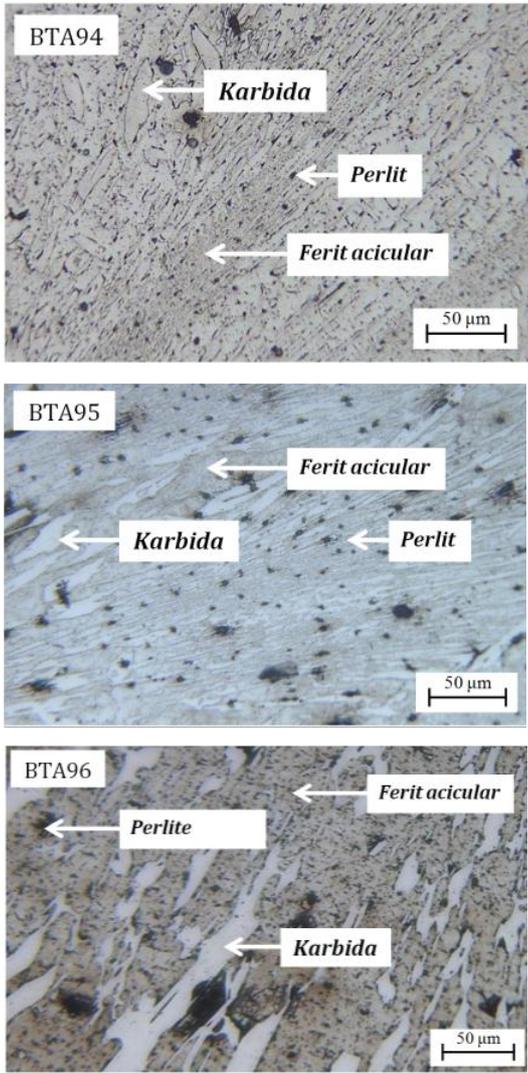


**Gambar 6.** Nilai *mass loss* dari masing-masing sampel yang telah mendapat perlakuan panas relatif terhadap kondisi sebelum perlakuan. Nampak nilai *mass loss* membesar terhadap kenaikan suhu *temper*. Namun demikian, nilai *mass loss* terendah terjadi pada sampel BTB14 yang mengalami *hardening* sebesar 1000 °C.

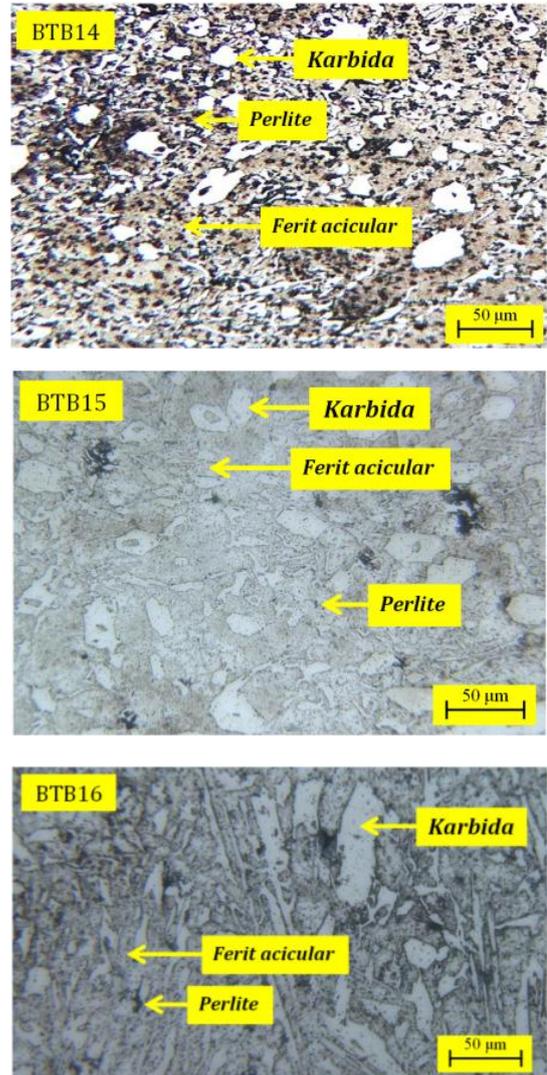
Gambar 7 menampilkan hasil identifikasi metalografi terhadap sampel hasil *hardening* pada suhu 900 °C yang telah mengalami proses *tempering* pada suhu 400 °C, 500 °C, dan 600 °C. Nampak secara umum sampel terdiri dari tiga fasa, yaitu: perlite, ferit acicular, dan karbida. *Grain-grain* karbida tersebut berbentuk *lamellar* pada setiap suhu *temper*. Nampak pula pembesaran bentuk *grain* karbida linier dengan kenaikan suhu *tempering*, 400 °C → 500 °C → 600 °C.

Mengacu pada hasil pengujian kekerasan dan keausan, pembesaran *grain* karbida tersebut menyebabkan turunnya nilai sifat mekanik yang dimiliki sampel hasil *hardening* suhu 900 °C. Struktur *lamellar* dengan butir besar-besar memiliki ketahanan gesek yang rendah (Ageorges *et al.*, 2006). Jarak antar karbida terlalu lebar dan jumlah *ferit acicular* yang lebih banyak mengakibatkan permukaan sampel lebih mudah tergerus saat mengalami gesekan.

Hasil identifikasi metalografi terhadap sampel hasil *hardening* pada suhu 1000 °C yang telah mengalami proses *tempering* pada suhu 400 °C, 500 °C, dan 600 °C ditampilkan pada Gambar 8. Nampak secara umum sampel tersebut juga terdiri dari tiga fasa, yaitu: perlite, ferit acicular, dan karbida. Pada sampel hasil *hardening* pada suhu 1000 °C ini, *Grain-grain* karbida tersebut cenderung berbentuk bulat-bulat kecil dengan ukuran yang cenderung sama pada suhu *temper* 400 °C dan 500 °C. Namun pada suhu *tempering* 600 °C, tampak *grain-grain* tersebut membesar dan cenderung membentuk struktur *lamellar*. Dampak dari pembesaran tersebut membuat nilai sifat kekerasannya menurun drastis dan cenderung sama dengan sifat mekanik dari sampel tanpa perlakuan panas.



Gambar 7. Hasil metalografi permukaan sampel hasil *hardening* pada suhu 900 °C dan telah melewati proses *tempering* pada suhu a) 400 °C, b) 500 °C, dan c) 600 °C.



Gambar 8. Hasil metalografi permukaan sampel hasil *hardening* pada suhu 1000 °C dan telah melewati proses *tempering* pada suhu a) 400 °C, b) 500 °C, dan c) 600 °C.

Bila membandingkan dengan nilai hasil uji kekerasan pada sampel hasil *hardening* suhu 900 °C, maka sample hasil *hardening* pada suhu 1000 °C memiliki ketahanan aus jauh lebih baik di setiap suhu *temper*. Nilai ketahanan aus terbaik diperoleh pada sampel BTB14 yang mengalami *tempering* pada suhu 400 °C.

Mengacu pada hasil uji mekanik, baik itu uji kekerasan maupun uji keausan, bentuk bulat-bulat dengan ukuran kecil memiliki ketahanan gesek yang cukup baik. Jarak antar karbida lebih rapat dan jumlah *ferit acicular* yang lebih sedikit membuat permukaan sampel lebih tahan terhadap gerusan saat bergesekan.

Dari semua hasil yang diperoleh tersebut, tampak bahwa untuk paduan besi tuang putih dengan Ni-Cr pada komposisi tersebut, nilai optimal kekerasan dan ketahanan aus diperoleh melalui *hardening* pada suhu 1000 °C yang diikuti dengan *tempering* pada suhu 400 °C. Pada kondisi tersebut nampak bahwa sampel terdiri dari tiga fasa, yaitu ferit acicular, perlit dan karbida yang membentuk *grain* bulat-bulat kecil. Sampel dengan struktur fasa ini menjadi lebih keras dan lebih tahan terhadap gerusan saat terjadi gesekan.

#### 4. KESIMPULAN

Bilah sebagai pelontar bola-bola logam, merupakan salah satu komponen penting dalam mesin *shot blasting* yang masih harus diimpor. Kendala utama dari bilah tersebut adalah umur pakai terbatas akibat kondisi operasional. Untuk meningkatkan kemampuan sifat mekaniknya, baik terhadap nilai kekerasan maupun ketahanan aus, bahan bilah hasil paduan besi tuang putih dengan Ni-Cr diberi perlakuan panas, baik itu proses *hardening* maupun proses *tempering*.

Dari hasil penelitian ini diperoleh hasil bahwa nilai optimal terhadap sifat mekanik bilah tersebut diperoleh melalui proses *hardening* pada suhu 1000 °C yang diikuti dengan proses *tempering* pada suhu 400 °C.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Balai Besar Logam dan Mesin-BPPI - KEMENPERIN dan Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA yang telah mendukung kerjasama penelitian ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Ageorges, H. *et al.*, 2006. Influence of the metallic matrix ratio on the wear resistance (dry and slurry abrasion) of plasma sprayed cermet (chromia/stainless steel) coatings. *Surface and Coatings Technology* Vol.201, No.5. pp. 2006–2011. doi: 10.1016/j.surfcoat.2006.04.038.
- Auliyaurochman *et al.*, 2012. Implementasi Software Proficy HMI/SCADA - CIMPLICITY 6.1 Untuk Visualisasi Human Machine Interface (HMI) Pada Mesin SHOTBLAST Divisi Cold Rolling Mill (CRM) PT.Krakatau Steel (Persero) Tbk. *EEPIS Repository* pp. 1–6. Available at: <http://repo.pens.ac.id/id/eprint/1374>.
- Bombek, G. and Hribernik, A., 2010. Measuring the velocities of particles in a shot-blasting chamber. *Measurement Science and Technology* Vol.21, No.8. doi: 10.1088/0957-0233/21/8/085101.
- Chen, L. *et al.*, 2015. Influences of micro mechanical property and microstructure on performance of machining high chromium white cast iron with cBN tools. *Procedia CIRP*. Elsevier B.V. Vol.31, . pp. 172–178. doi: 10.1016/j.procir.2015.03.092.
- Holzknacht, E., 2007. Economic blast cleaning with rotary barrel shot blast machines. *Metal Finishing*. Elsevier Inc. Vol.105, No.5. pp. 37–40. doi: 10.1016/S0026-0576(07)80549-6.
- Jin, X. *et al.*, 2013. Characterization of wear-resistant coatings on 304 stainless steel fabricated by cathodic plasma electrolytic oxidation. *Surface and Coatings Technology*. Elsevier B.V. Vol.236, . pp. 22–28. doi: 10.1016/j.surfcoat.2013.04.056.
- Kusumoto, K. *et al.*, 2017. Abrasive wear characteristics of Fe-2C-5Cr-5Mo-5W-5Nb multi-component white cast iron. *Wear*. Elsevier BV. Vol.376-377, . pp. 22–29. doi: 10.1016/j.wear.2017.01.096.
- Li, M. Z. *et al.*, 2016. Feasibility study of a new approach to removal of paint coatings in remanufacturing. *Journal of Materials Processing Technology*. Elsevier B.V. Vol.234, . pp. 102–112. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2016.03.014.
- Naidu, N. K. R. and Raman, S. G. S., 2005. Effect of shot blasting on plain fatigue and fretting fatigue behaviour of Al-Mg-Si alloy AA6061. *International Journal of Fatigue* Vol.27, No.3. pp. 323–331. doi: 10.1016/j.ijfatigue.2004.07.007.
- Pollock, T. R. and Tin, S., 2006. Nickel based superalloys for advanced turbine engines: chemistry, microstructure and properties. *Journal of propulsion and power* Vol.22, No.2. pp. 361–374.
- UNDAYAT, D. F., 2010. *PERANCANGAN, PEMBUATAN DAN PENGUJIAN BLADE MESIN SHOT BLASTING DESIGNING*. Institut Teknologi Bandung. Available at: <https://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpp-gdl-darmafirma-18467>.
- www.alibaba.com, 2017. Shot Blast Steel Ball S230 For Metal Bl...Steel Ball S230 Product on Alibaba.pdf. www.alibaba.com. Available at: [https://www.alibaba.com/product-detail/Shot-blast-steel-ball-S230-for\\_60471301492.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Shot-blast-steel-ball-S230-for_60471301492.html).
- Xingeng, L. and Jiawen, H., 2006. Effect of shot blasting on oxidation behavior of TP304H steel at 610-770 °C in water vapor. *Materials Letters* Vol.60, No.3. pp. 339–344. doi: 10.1016/j.matlet.2005.08.046.