



Pengaruh Cetakan Pasir Daur Ulang Berpengikat *Waterglass* Terhadap Permukaan Logam Hasil Pengecoran

Moch Iqbal Zaelana Muttahar¹, Hamdan Akbar Notonegoro^{2*}, Greida Frista¹, Bambang Soegijono³, Hasanudin Gufron Fachrudin¹, Ferry Budhi Susetyo⁴, Nazarudin⁵

¹Balai Besar Logam dan Mesin, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, KEMENPERIN, Jl. Sangkuriang 12 Dago Bandung, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Soedirman KM.3 Cilegon 42435, Indonesia

³Program Pasca Sarjana Material Sains, Dept. Fisika, Universitas Indonesia, Depok 16424

⁴Teknologi Mesin, Fakultas Teknik, Jl. Rawamangun muka, Rawamangu, Jakarta Timur, Indonesia

⁵Lembaga Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pertahanan RI, Jl. Jati No.1 12450 Jakarta Selatan, Indonesia

*Email Penulis: hamdan_an@untirta.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 01/05/2018
Naskah Direvisi 09/05/2018
Naskah Disetujui 09/05/2018
Naskah Online 09/05/2018

ABSTRAK

Penggunaan cetakan pasir dalam proses produksi industri pengecoran logam menghasilkan limbah pasir yang kian melimpah dan berdampak negatif bagi lingkungan. Salah satu upaya untuk mengatasi persoalan tersebut adalah mendaur ulang limbah pasir untuk dimanfaatkan kembali sebagai cetakan. Salah satunya adalah jenis limbah pasir dengan pengikat *waterglass* yang memiliki sifat keras dan tak mudah hancur dari Balai Besar Logam dan Mesin BPPI KEMENPRIN, Bandung. Untuk itu dalam penelitian ini diselidiki pengaruh penggunaan pasir cetak daur ulang berpengikat *waterglass* terhadap produk logam hasil pengecoran. Ditemukan bahwa pasir hasil daur ulang mengikat air lebih banyak dibandingkan pasir baru. Untuk itu variasi *waterglass* sebanyak 7% dan 10% (Vol. %) ditambahkan sebagai pengikat dalam membuat cetakan menggunakan pasir daur ulang tersebut. Dari kedua variasi tersebut nampak bahwa penambahan *waterglass* menurunkan nilai permeabilitas pasir cetak hasil daur ulang dan menaikkan nilai kuat tekannya. Nilai kekasaran permukaan logam hasil cetakan pun menjadi lebih tinggi dengan penambahan tersebut. Kandungan air dalam pasir daur ulang telah menyebabkan cacat permukaan pada logam hasil cetakan. Untuk itu kandungan air tersebut perlu hilangkan sebelum pasir daur ulang digunakan sebagai cetakan.

Kata kunci: Pengecoran logam, Pasir daur ulang, *Waterglass*, Permukaan

1. PENDAHULUAN

Pasir adalah salah satu bahan yang banyak digunakan dalam industri pengecoran logam. Pasir ini digunakan sebagai cetakan dari logam yang telah dilebur (Gambar 1) (Dong, Li, Shan, & Liu, 2009; Kumar, Satsangi, & Prajapati, 2011; Notonegoro, Soegijono, Aritonang, & Satria, 2017). Pasir yang digunakan sebagai cetakan bersifat mampu bentuk dan memiliki ukuran kehalusan butir (GFN) antara 40 s/d 220 mikron (Surdia & Chijiwa, 1982).

Metode pencetakan menggunakan pasir merupakan metode yang paling ekonomis untuk menghasilkan

berbagai bentuk dan ukuran benda logam yang diproduksi dalam jumlah terbatas (Fachrudin et al., 2017; Frista, Notonegoro, & Fachrudin, 2017). Hal ini menyebabkan besarnya kebutuhan pasir cetak dalam industri pengecoran logam (Kumar et al., 2011; Thiyagarajan, 2018). Namun demikian, penggunaan pasir cetak secara terus-menerus mengakibatkan jumlah limbah pasir cetak yang dihasilkan kian berlimpah. Limbah tersebut apabila tidak dimanfaatkan maka akan berdampak negatif terhadap lingkungan (Khan, Singh, Mahajani, Jadhav, & Mandre, 2018).

Upaya untuk mengurangi dampak limbah pasir cetak terhadap lingkungan telah dilakukan. Diantaranya

penggunaan limbah pasir cetak untuk membuat beton (Siddique & Singh, 2011), dalam industri keramik (Alonso-Santurde, Coz, Viguri, & Andrés, 2012), dan pemanfaatan kembali sebagai cetakan dalam industri logam (Cruz, Briens, & Berruti, 2009; Danko, 2010; Joseph, Banganayi, & Oyombo, 2017; Park, Kim, & Yu, 2012)



Sumber: <http://www.internationalcastingindia.com/sand-castings.htm>

Gambar 1. Penggunaan cetakan pasir untuk produk berbahan logam.

Ada berbagai jenis pasir yang digunakan sebagai cetakan dalam industri pengecoran logam. Jenisnya tersebut bergantung pada pengikat yang digunakan dalam pengecoran logam. Secara umum ada dua jenis pengikat pasir yang digunakan dalam industri pengecoran logam. Pengikat kimia dan pengikat lempung yang mengandung bentonit, dan karbon (Siddique & Singh, 2011). Salah satu pengikat kimia yang digunakan dalam membuat cetakan pasir adalah *waterglass* (Gambar 2) yang mengandung *Sodium silicate hydrate* ($\text{Na}_2\text{Si}_4\text{O}_9 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) sehingga akan mengeras setelah dialirkan gas CO_2 (Mitterpach, Hroncová, Ladomerský, & Balco, 2017). Kekerasan yang dihasilkan oleh *Waterglass* terhadap cetakan pasir terbilang tinggi dan tak mudah terdeformasi (Danko, 2010).



Sumber: http://cdn.shopify.com/s/files/1/1330/9905/products/2150654humco_g_rande.jpeg?v=1465830127

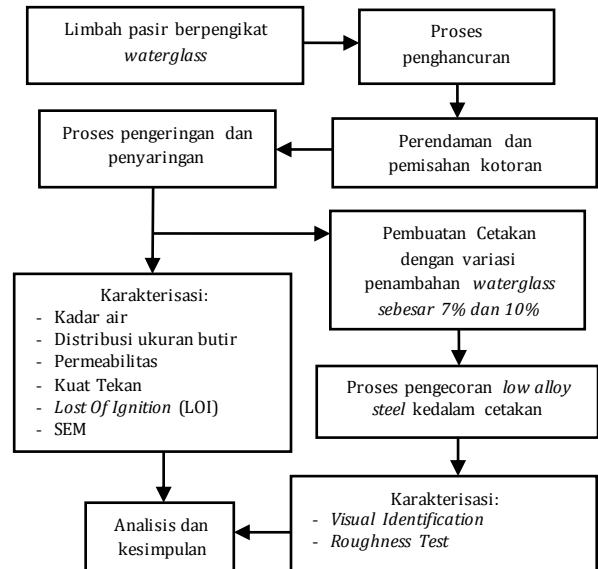
Gambar 2. Salah satu produk *waterglass* cair yang berfungsi

sebagai pengikat pasir cetak.

Pengaruh penggunaan cetakan pasir dari pasir hasil daur ulang dengan pengikat *waterglass* terhadap produk logam hasil cetakan perlu diselidiki lebih mendalam. Hal ini dikarenakan ikatan antar butir pasir dengan *waterglass* dari limbah pasir tersebut sifat keras dan tidak mudah hancur (Chun-Xi, 2007). Sifat ini tentunya akan berpengaruh terhadap kualitas cetakan yang dibuat. Untuk itu dalam penelitian ini akan diselidiki pengaruh penggunaan cetakan pasir hasil daur ulang berpengikat *waterglass* terhadap permukaan logam hasil pengecoran.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Limbah Pasir yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah cetakan pasir milik *Balai Besar Logam dan Mesin BPPI KEMENPERIN*, Bandung. Dua bagian limbah pasir cetak dengan ukuran proporsional dengan pengikat *waterglass* diproses melalui langkah-langkah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur penelitian pengaruh pasir cetak daur berpengikat *waterglass* terhadap produk logam hasil pengecoran.

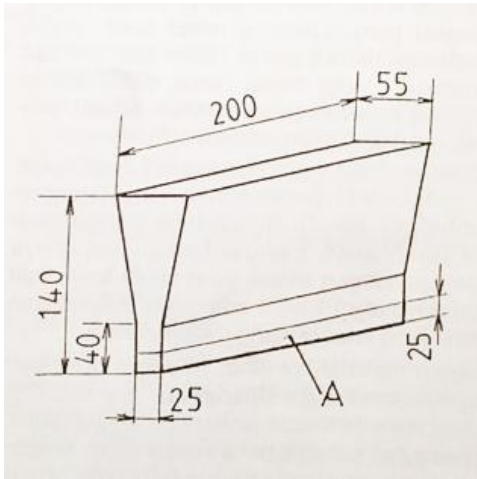
Limbah pasir ditumbuk secara perlahan hingga hancur merata dan halus sebelum dilakukan perendaman. Perendaman dan pemisahan kotoran dilakukan menggunakan media air. Variasi penambahan *waterglass* sebesar 7% dan 10% (vol.%) sebagai pengikat dilakukan untuk melihat pengaruh *waterglass* terhadap produk yang dihasilkan menggunakan cetakan pasir hasil daur ulang. Sebagai pembandingan, data-data dari pasir cetak baru turut digunakan.

Karakterisasi dilakukan terhadap pasir hasil daur ulang dan produk hasil cetakan. Pasir yang telah ditambahkan *waterglass* dibentuk menjadi cetakan Y-blok dengan pemadatan manual, seperti Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk cetakan pasir yang siap untuk digunakan.

Proses pengerasan dilakukan dengan mengalirkan gas CO₂ kedalam cetakan pasir selama 60 detik. Cetakan ini akan menghasilkan bentuk produk dan ukuran seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk dan ukuran produk hasil cetakan Y-block.

Identifikasi distribusi ukuran butir dilakukan dengan metode Ro-Tap dan sieve analysis, uji permeabilitas dilakukan menggunakan metode air flow test, uji kuat tekan dilakukan dengan metode laju pembebanan, uji Lost Of Ignition (LOI) dilakukan menggunakan suhu 980 °C selama 15 menit. Karakterisasi produk hasil pencetakan melalui visual Identification dan Roughness Test menggunakan standard JIS B 0659 (Tsai & Tseng, 1999) (Gambar 6) yang dilakukan setelah melewati proses sand blasting. Hasil karakterisasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menyusun analisis dan kesimpulan.



Gambar 6. Standard Roughness Test JIS B -0659.

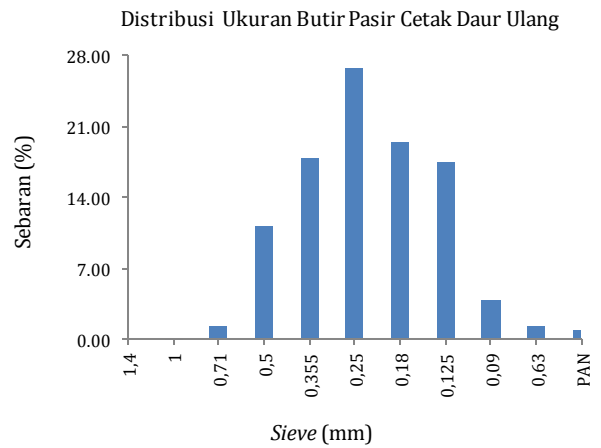
3. PEMBAHASAN

Dari data kadar air pada Tabel 1 tampak bahwa pasir hasil daur ulang memiliki sifat lebih mengikat air bila dibandingkan dengan pasir baru. Diperkirakan adanya residu *waterglass* pada permukaan butir pasir hasil daur ulang menjadi penyebabnya.

Tabel 1. Nilai kadar air pasir cetak

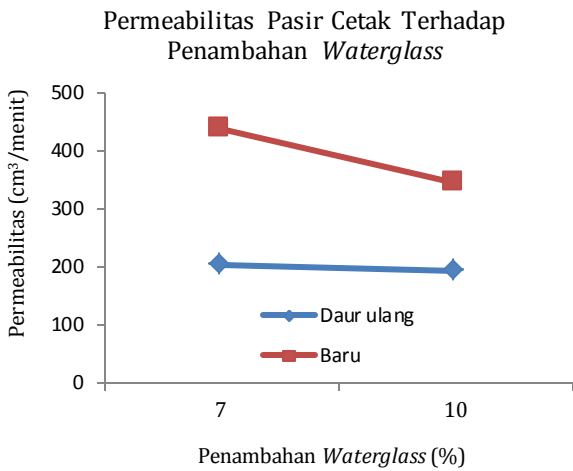
Pasir cetak	Kadar air (%)
Daur ulang	0,49
Baru	0,31

Dari Gambar 7 tampak bahwa sebaran ukuran butir pasir (x) terbesar berada pada rentang 0.355 > x > 0.25 mm. Sementara itu porsi sebaran ukuran butir terkecil berada pada rentang 1.4 > x > 1 mm. Ukuran ini ditentukan oleh penumbukan yang dilakukan saat proses penghancuran.



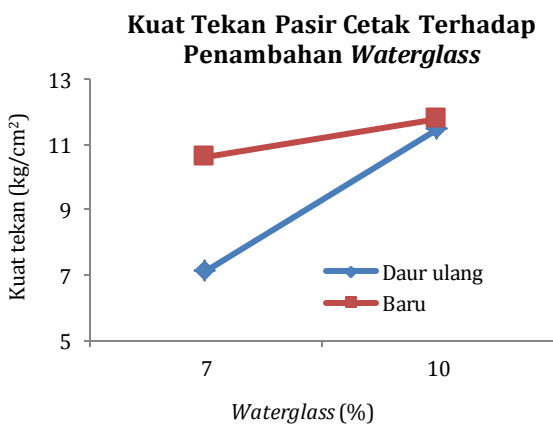
Gambar 7. Distribusi ukuran butir pasir hasil daur ulang menggunakan metode Ro-Tap berdasarkan ukuran sieve.

Penambahan *waterglass* kedalam pasir hasil daur ulang dilakukan pada proses *mixing* sebelum dibuat menjadi cetakan. Pada Gambar 8 nampak grafik nilai permeabilitas pasir hasil daur ulang pada penambahan *waterglass* sebesar 7% dan 10% yang cenderung konstan. Nilai tersebut sebesar 203.3 dan 193.3 cm³/menit, lebih rendah dibandingkan nilai permeabilitas pasir baru yang mengalami penurunan akibat penambahan *waterglass*. Nampak bahwa permeabilitas pasir hasil daur ulang lebih dipengaruhi oleh ukuran butir.



Gambar 8. Nilai Permeabilitas pasir cetak pada penambahan *waterglass* sebesar 7% dan 10%.

Uji kuat tekan terhadap pasir cetak dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan cetakan pasir saat menerima beban logam cair dalam proses pengecoran. Gambar 9 memperlihatkan grafik perubahan nilai kuat tekan pasir cetak hasil daur ulang terhadap variasi penambahan *waterglass*. terlihat bahwa kuat tekan pasir daur ulang lebih lemah daripada kuat tekan pasir baru. Hal ini nampak jelas pada penambahan 7% *waterglass*, dengan nilai kuat tekan sebesar 7.1 kg/cm², lebih rendah 3.5 kg/cm² dari pasir baru. Adanya sisa *waterglass* yang terdapat dipermukaan butir pasir mempengaruhi ikatan antar butir. Sehingga kuat tekan pasir hasil daur ulang sangat bergantung pada besarnya penambahan *waterglass*.



Gambar 9. Nilai kuat tekan pasir cetak pada penambahan *waterglass* sebesar 7% dan 10%.

Pada saat pengecoran, selain menerima beban dari massa logam cair, cetakan pasir juga menerima panas yang dimiliki logam cair. Untuk itu pengaruh sisa *waterglass* yang menempel pada permukaan butir pasir terhadap suhu pengecoran perlu diselidiki. Tabel 2 memperlihatkan besarnya nilai (%) kehilangan massa pasir hasil daur ulang dan pasir baru pada pemanasan

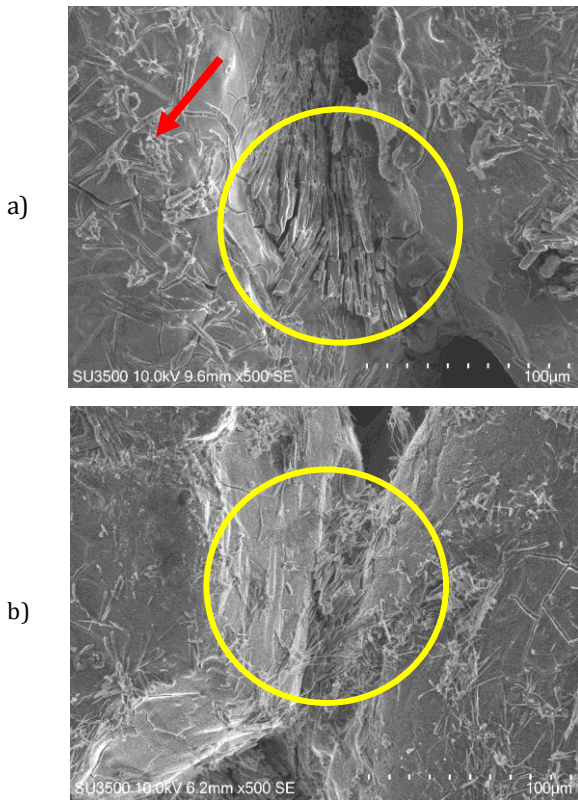
980 °C selama 15 menit terhadap nilai kehilangan massa pada pasir baru tanpa penambahan *waterglass*. Tampak besarnya kehilangan massa pada pasir daur ulang lebih besar dan meningkat seiring dengan penambahan *waterglass* bila dibandingkan dengan pasir baru. *Waterglass* yang terbakar akibat panasnya logam cair tentunya akan mempengaruhi bentuk logam hasil cetakan.

Untuk mengetahui ikatan antar butir yang dibentuk oleh *waterglass* terhadap pasir hasil daur ulang maka perlu diidentifikasi. Hasil identifikasi menggunakan SEM ditunjukkan oleh Gambar 9. Tampak pada pasir hasil daur ulang, adanya residu *waterglass* yang menempel di permukaan butir pasir hasil daur ulang (Gambar 9a - panah merah). *Waterglass* yang mengikat butir pasir daur ulang membentuk ikatan kasar dan memanjang (Gambar 9a - lingkaran kuning). Hal ini mengindikasikan adanya reaksi antara residu *waterglass* dari pasir daur ulang dengan *waterglass* yang ditambahkan saat membuat cetakan baru. Hal ini sangat berbeda dengan bentuk ikatan *waterglass* pada pasir baru, dimana ikatan *waterglass* antar butir pasir berbentuk halus dan berserabut (Gambar 9b - lingkaran kuning).

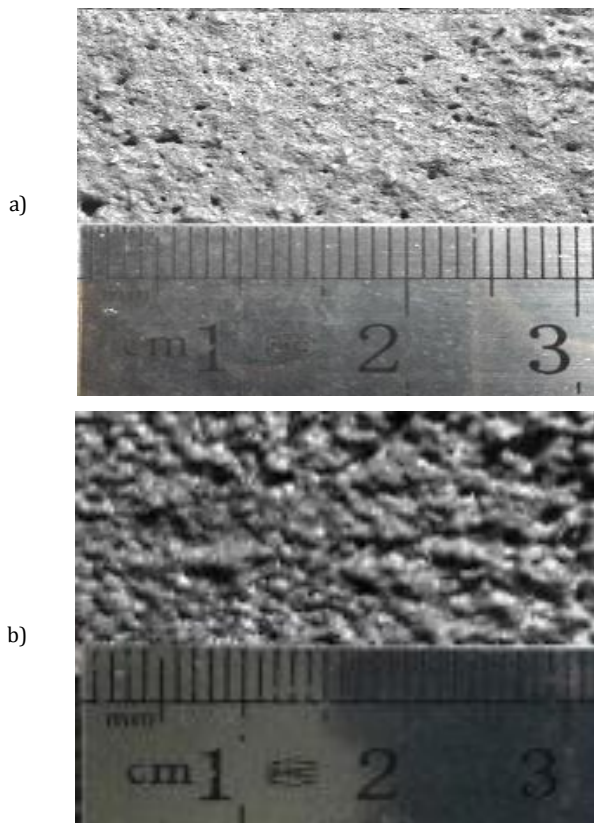
Tabel 2. Nilai *Lost of Ignition* (LOI) pasir cetak pada penambahan *waterglass* sebesar 7% dan 10% terhadap pasir baru 0%

Pasir cetak	LOI (%)	
	<i>waterglass</i>	
	7%	10%
Daur ulang	4,04	6
Baru	2,57	2.97

Kualitas bentuk permukaan produk logam hasil pengecoran sangat bergantung pada kualitas pasir yang digunakan. Pada Gambar 10 diperlihatkan gambar hasil *visual identification* terhadap permukaan produk logam hasil cetakan pasir daur ulang yang ditambahkan 7% *waterglass* (Gambar 10a), dan 10% *waterglass* (Gambar 10b). Pada kedua permukaan logam hasil cetakan pasir daur ulang menunjukkan bentuk permukaan yang tidak rata disertai cacat berbentuk lubang-lubang kecil. Cacat ini disebabkan kandungan air didalam pasir daur ulang. Air tersebut membentuk gelembung gas akibat panas yang diterima saat proses pengecoran (Serway & Jewett, 2004). Permeabilitas yang rendah menghambat pelepasan gas-gas tersebut keluar cetakan, menyisakan lubang-lubang halus dipermukaan saat logam membeku. Untuk itu, kandungan air dalam pasir daur ulang harus dihilangkan sebelum pasir tersebut digunakan.

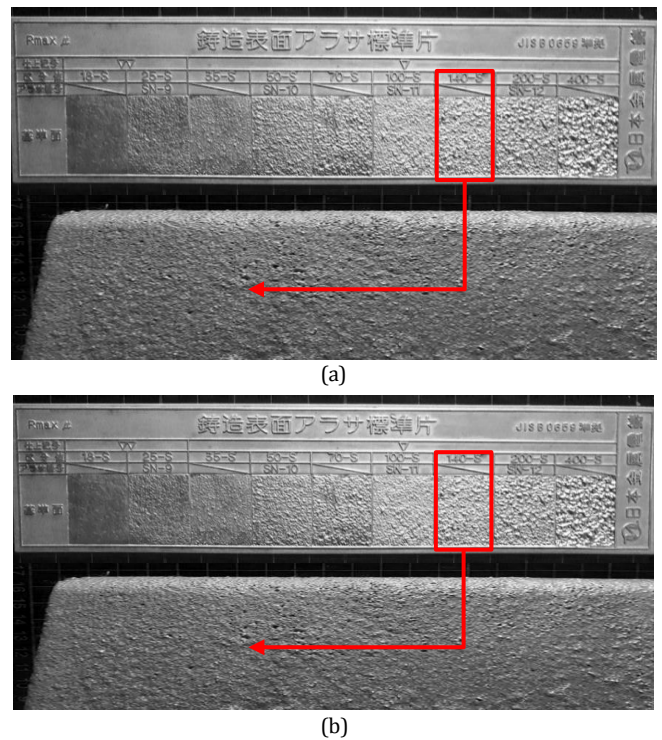


Gambar 9. Hasil SEM ikatan *waterglass* antar butir pasir a) hasil daur ulang, dan b) pasir baru (lingkaran kuning). Residu *waterglass* menempel dipermukaan pasir daur ulang (panah merah).



Gambar 10. Hasil *Visual Identification* terhadap kualitas permukaan produk hasil cetak menggunakan pasir daur ulang yang diberi penambahan *waterglass* sebesar a) 7% dan b) 10%.

Besarnya *waterglass* yang ditambahkan juga turut mempengaruhi kontur permukaan permukaan logam hasil cetakan. Gambar 11 memperlihatkan hasil *Roughness Test* pada permukaan logam hasil cetakan pasir daur ulang dengan variasi *waterglass* 7% dan 10%. Penambahan 7% *waterglass* menghasilkan nilai kekasaran sebesar 140-S skala *JIS B 0659*. Sementara itu, penambahan 10% *waterglass* menghasilkan nilai kekasaran sebesar 200-S skala *JIS B 0659*. Mengacu nilai LOI kedua varian, kenakan jumlah *Waterglass* yang terbakar saat pengecoran mengakibatkan bentuk permukaan logam semakin kasar (Gambar 11a-b).



Gambar 11. Hasil *Roughness Test* permukaan logam hasil pengecoran menggunakan cetakan pasir daur ulang, a) dengan nilai kekasaran sebesar 140-S dengan penambahan *waterglass* 7%, dan b) dengan nilai kekasaran sebesar 200-S dengan penambahan *waterglass* 10%, menggunakan standar *JIS B 0659*.

4. KESIMPULAN

Pasir daur ulang dapat digunakan kembali untuk membuat cetakan logam. Nilai permeabilitas pasir daur ulang dipengaruhi oleh ukuran butir yang dimilikinya. Pasir daur ulang mengikat air lebih banyak sehingga kandungan airnya perlu dihilangkan agar tidak menyebabkan cacat pada permukaan logam hasil cetakan. Adanya residu *waterglass* yang menempel pada permukaan pasir daur ulang mempengaruhi sifat kuat tekan yang dimilikinya. Hal ini disebabkan bentuk ikatan antar butir yang lebih kasar dibandingkan pasir baru. Pada penambahan *waterglass* sebesar 10% membuat nilai kuat tekan pasir daur ulang hampir sebanding dengan nilai kuat pasir baru. Namun demikian besarnya penambahan *waterglass* kedalam pasir daur ulang meningkatkan nilai kekasaran permukaan logam hasil

cetakan. Untuk itu dalam penggunaan pasir hasil daur ulang diperlukan metode penghancuran limbah pasir yang tepat. Selanjutnya, perlu ada perlakuan kimia dalam proses daur ulang pasir limbah agar residu *waterglass* yang menempel dipermukaan butir-butir pasir dapat dihilangkan. Kemudian, kandungan air dalam pasir hasil daur ulang harus dihilangkan sebelum digunakan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

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

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alonso-Santurde, R., Coz, A., Viguri, J. R., & Andrés, A. (2012). Recycling of foundry by-products in the ceramic industry: Green and core sand in clay bricks. *Construction and Building Materials*, 27(1), 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.022>
- Chun-Xi, Z. (2007). Recent advances in waterglass sand technologies. *Research & Development*, (February), 3–7.
- Cruz, N., Briens, C., & Berruti, F. (2009). Green sand reclamation using a fluidized bed with an attrition nozzle. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(1), 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.06.006>
- Danko, R. S. (2010). Experiences gathered during reclamation of used water glass and bentonite sands in extra low and ambient temperature. *International Journal of Cast Metals Research*, 23(2), 92–96. <https://doi.org/10.1179/174313309X451270>
- Dong, X., Li, X., Shan, Z., & Liu, F. (2009). Rapid Manufacturing of Sand Molds by Direct Milling. *Tsinghua Science and Technology*, 14(SUPPL. 1), 212–215. [https://doi.org/10.1016/S1007-0214\(09\)70094-X](https://doi.org/10.1016/S1007-0214(09)70094-X)
- Fachrudin, H. G., Notonegoro, H. A., Frista, G., Listijorini, E., Lusiani, R., & Nugraha, K. (2017). Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Peningkatan Sifat Mekanik Paduan Besi Tuang Putih Dengan Cr-Ni Untuk Bilah Shot Blasting. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, III(2), 64–68. Retrieved from <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl>
- Frista, G., Notonegoro, H. A., & Fachrudin, H. G. (2017). Peningkatan Sifat Mekanik AISI 4130 Low Alloy Steel Melalui Perlakuan Panas. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, III(2), 1–6.
- Joseph, M. K., Baganayi, F., & Oyombo, D. (2017). Moulding Sand Recycling and Reuse in Small Foundries. *Procedia Manufacturing*, 7, 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2016.12.022>
- Khan, M. M., Singh, M., Mahajani, S. M., Jadhav, G. N., & Mandre, S. (2018). Reclamation of used green sand in small scale foundries. *Journal of Materials Processing Technology*, 255(2010), 559–569. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.01.005>
- Kumar, S., Satsangi, P. S., & Prajapati, D. R. (2011). Optimization of green sand casting process parameters of a foundry by using Taguchi's method. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 55(1-4), 23–34. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-3029-0>
- Mitterpach, J., Hroncová, E., Ladomerský, J., & Balco, K. (2017). Environmental evaluation of grey cast iron via life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 148, 324–335. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.023>
- Notonegoro, H. A., Soegijono, B., Aritonang, S., & Satria, D. (2017). Mass Loss Pada Pemaduan Logam Ni - Fe - Mn - Al Metode Vacuum Arc Melting Furnace Terhadap Hume-Rothery Rules. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, III(2), 6–9.
- Park, C. L., Kim, B. G., & Yu, Y. (2012). The regeneration of waste foundry sand and residue stabilization using coal refuse. *Journal of Hazardous Materials*, 203-204, 176–182. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.11.100>
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2004). *Physics for Scientists and Engineers* (6th ed.). Thomson Brooks/Cole.
- Siddique, R., & Singh, G. (2011). Utilization of waste foundry sand (WFS) in concrete manufacturing. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(11), 885–892. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.05.001>
- Surdia, T., & Chijiwa, K. (1982). *Teknik pengecoran logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Thiyagarajan, K. (2018). Study of Aluminum Alloy 7075 : Sand Casting and Lost Foam Casting Methods, 14, 2482–2490.
- Tsai, D. M., & Tseng, C. F. (1999). Surface roughness classification for castings. *Pattern Recognition*, 32(3), 389–405. [https://doi.org/10.1016/S0031-3203\(98\)00077-6](https://doi.org/10.1016/S0031-3203(98)00077-6)