

Analisis Proses *Sandblasting* dengan Variasi Jarak, Sudut dan Waktu Terhadap Kekasaran Permukaan dengan Metode *Response Surface*

Dwi Djumhariyanto¹, Arif Bigwanto², Santoso Mulyadi²

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember

Korespondensi : dwidjumhariyanto@yahoo.com

ABSTRAK

Sandblasting adalah proses penyemprotan bahan abrasif berupa pasir atau partikel kecil dengan tekanan tinggi pada suatu permukaan material. Standart kekasaran yang digunakan pada penelitian ini yaitu 30 μm – 85 μm . Pada penelitian ini, variasi yang digunakan yaitu jarak 350 mm, 400 mm, 450 mm dengan sudut 30°, 60°, 90° dan waktu 4 detik, 8 detik, 12 detik. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen *Box-Behnken* pada metode *Response Surface* untuk mengetahui pengaruh hubungan antara variabel respon dan variabel bebas sehingga dapat mengetahui parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses *sandblasting*. Material yang diuji adalah pelat baja SS400 dengan partikel abrasif pasir silika. Uji kekasaran menggunakan *Portable Roughness Tester TR220* Penelitian ini menggunakan desain eksperimen *Box-Behnken* pada metode *Response Surface*. Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter Jarak, Sudut dan Waktu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Optimasi dengan menggunakan *Response Optimizer* menghasilkan kekasaran minimum 62,71 μm dengan *setting* parameter jarak 448,99 mm, sudut 30° dan waktu 4 detik.

Kata kunci: *Sandblasting*, kekasaran permukaan, penyemprotan

ABSTRACT

Sandblasting is the process of spraying abrasive materials, namely sand or small particles. The standard roughness used in this study is 30 μm - 85 μm . In this study, the rest were 350 mm, 400 mm, 450 mm with an angle of 30°, 60°, 90° and a time of 4 seconds, 8 seconds, 12 seconds. This study uses the *Box-Behnken* design on the *Surface Response* method to determine the relationship between response variables and independent variables that can affect unique parameters of the *sandblasting* process. Determined material is SS400 steel plate with silica sand abrasive particles. Test roughness using the *TR220 Portable Roughness Tester*. The results of the analysis show that the parameters of Distance, Angle and Time have a significant effect on roughness. Optimization using the *Response Optimizer* produces a minimum roughness of 62.71 μm with a parameter setting of 448.99 mm, a 30° angle and a time of 4 seconds.

Keyword: *Sandblasting*, surface roughness, spraying.

1. PENDAHULUAN

Proses *sandblasting* merupakan proses pembersihan permukaan dengan cara menembakkan partikel (pasir) ke suatu permukaan material sehingga menimbulkan gesekan/ tumbukan dengan tujuan untuk menghilangkan material-material yang terkontamiasi seperti karat, cat, garam, oli dan lain-lain. Selain itu juga bertujuan untuk membentuk profil kekasaran pada permukaan metal sehingga cat dapat lebih melekat. Kemudahan yang diberikan dari proses ini adalah kecepatan pengerjaan dan fleksibilitas dalam mengikuti bentuk benda kerja yang berlekuk dan rumit dari proses pembentukan benda kerja. Hal-hal yang menentukan hasil *sandblasting* antara lain adalah keahlian operator, tekanan udara untuk penyemprotan, ukuran pasir yang digunakan, waktu penyemprotan, dan jarak penyemprotan [1]. Tingkat kekasaran dan laju pengikisan permukaan benda kerja yang akan dilakukan pelapisan adalah sangat penting, mengingat tingkat kekasaran akan sangat berpengaruh terhadap daya lekat bahan pelapis terhadap logam yang akan dilapisi [2].

Pasir silika dan *steel grit* merupakan sebagian dari jenis abrasive yg digunakan untuk blasting. *Steel grit* umumnya digunakan pada *fabrication shop* untuk bisa digunakan kembali (daur ulang) karena harganya cukup mahal. Kedalaman profil kekasaran tergantung dari jenis cat atau *coating* yang akan diaplikasikan. Untuk mendapatkan profil kekasaran tertentu, selain dari ukuran pasir juga dapat dipengaruhi dari ukuran *nozzel* dan besar *pressure* dari blasting prosesnya [3].

PT. Bromo Steel Indonesia merupakan perusahaan penyedia jasa di bidang konstruksi, salah satu jasa yang ditawarkan yaitu *sandblasting* dan *coating*. Proses pengerjaan *sandblasting* yang dilakukan di perusahaan ini tergantung dari permintaan konsumen. Dari survei yang telah dilakukan pada PT. Bromo Steel Indonesia bahwasanya proses pengerjaan *sandblasting* yang dilakukan menghasilkan kekasaran permukaan di atas standar. Pemilihan tinggi rendahnya tekanan penembakan, jarak dan waktu penembakan juga dapat berpengaruh pada hasil akhir penyemprotan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kekasaran permukaan pada variasi jarak, waktu dan tekanan untuk menentukan parameter yang tepat pada proses *sandblasting* agar mendapatkan kekasaran yang diinginkan [4].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen *Box-Behnken* pada metode *Response Surface*. Bahan yang digunakan baja SS400 dan bahan penyemprotan berupa pasir silika. *Sandblasting* pada bahan dilakukan untuk mendapatkan kekasaran permukaan dengan variasi jarak 350 mm, 400 mm, 450 mm dan sudut 30°, 60°, 90° dan waktu 4 detik, 8 detik, 12 detik [5]. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu *sandblasting*. Kekasaran permukaan diukur dengan menggunakan *Portable Roughness Tester TR220*. Alat bantu penyemprotan *sandblasting* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain alat bantu *sandblasting*

Keterangan:

1. Pengikat benda kerja sebagai dudukan benda kerja agar tidak lepas.
2. Pengikat *nozzle* sebagai dudukan agar *nozzle* tidak bergerak.
3. Pelat penyangga sudut untuk mengatur dan mempertahankan sudut yang diinginkan.
4. Pelat penahan keseimbangan sebagai dudukan alat bantu supaya posisinya tetap.
5. Pelat alur dudukan benda kerja untuk menggeser posisi benda kerja sesuai sudut yang ditentukan.
6. Pelat sebagai alur jarak untuk mengatur jarak benda kerja terhadap jarak penembakan.

Data penelitian yang diperoleh diolah menggunakan metode *Response Surface* dengan software *minitab 17*. Langkah-langkah yang diambil untuk menganalisis data kekasaran permukaan adalah dengan melakukan pengujian kesesuaian model, kemudian dilanjutkan dengan pembentukan model, dan pengujian residual. Pengujian residual ini terdiri dari pengujian normalitas, uji identik, uji independen dan uji multikolinieritas. Selanjutnya melakukan pembentukan model yaitu hasil dari data percobaan yang telah diolah dengan menggunakan software *minitab 17*, kemudian dibentuk suatu model persamaan untuk kekasaran permukaan, dan dilakukan juga pengujian kesesuaian model yang terdiri dari uji *lack of fit*, uji parameter serentak dan uji R^2 .

3. HASIL DAN ANALISIS

Telah dilakukan penelitian *sandblasting* menggunakan desain eksperimen *Box-Behnken* pada metode *Response Surface*. Hasil pengambilan data dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 1. Kekasaran permukaan pada proses *sandblasting*

No	Jarak (mm)	Sudut (°)	Waktu (detik)	Kekasaran (µm)			kekasaran rata-rata (µm)
				1	2	3	
1	350	30	8	54,39	73,37	64,90	64,22
2	450	30	8	66,79	74,19	53,39	64,79
3	350	90	8	81,11	71,40	51,52	68,01
4	450	90	8	77,12	81,03	73,47	77,21
5	350	60	4	70,93	81,95	59,43	70,77
6	450	60	4	52,94	85,29	76,93	71,72
7	350	60	12	91,05	94,04	50,41	78,50
8	450	60	12	76,99	96,97	67,26	80,41
9	400	30	4	56,87	71,23	65,05	64,38
10	400	90	4	65,15	76,26	62,57	67,99
11	400	30	12	50,56	77,55	71,03	66,38
12	400	90	12	64,96	86,75	75,09	75,60
13	400	60	8	68,08	83,26	70,68	74,01
14	400	60	8	74,60	80,82	69,58	75,00
15	400	60	8	70,35	88,32	64,60	74,42

Pada Gambar 1 ditunjukkan hasil kekasaran permukaan dari *sandblasting* dengan variasi jarak, sudut dan waktu. Didapatkan nilai kekasaran permukaan terkecil dengan variasi jarak penyemprotan 350 mm, sudut penyemprotan 30° dan waktu penyemprotan 8 detik, menghasilkan kekasaran permukaan 64,22 µm, dan kekasaran permukaan yang terbesar dengan variasi jarak penyemprotan 450 mm, sudut penyemprotan 60° dan waktu penyemprotan 12 detik, menghasilkan kekasaran permukaan 80,41 µm. Dari data tersebut terlihat bahwa semakin jauh jarak penyemprotan, semakin kecil sudut penyemprotan dan semakin rendah waktu penyemprotan maka kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin kecil.

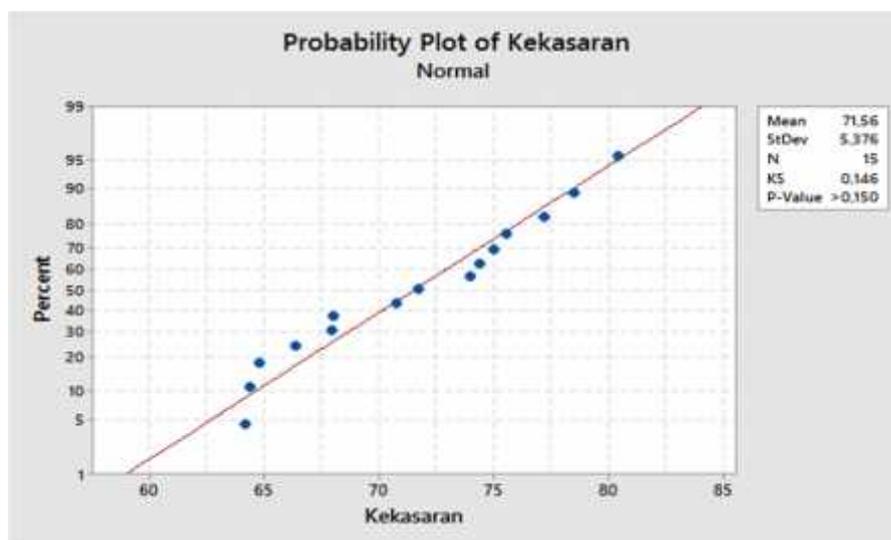
Pengujian Residual

Pengujian residual dilakukan untuk mengetahui apakah residual memenuhi asumsi atau tidak. Pengujian ini terdiri dari pengujian normalitas, uji identik, uji independen dan uji multikolinieritas. Berikut adalah pengujian yang dilakukan terhadap residual.

a. Uji Distribusi Normal

Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai statistik *Kolmogorof-Smirnov* adalah $0,146 < 0,388$ yang berarti bahwa H_0 diterima. Hal ini dikarenakan nilai yang diperoleh dari hasil pengamatan kurang dari nilai *Kolmogorof-Smirnov* pada Tabel [6]

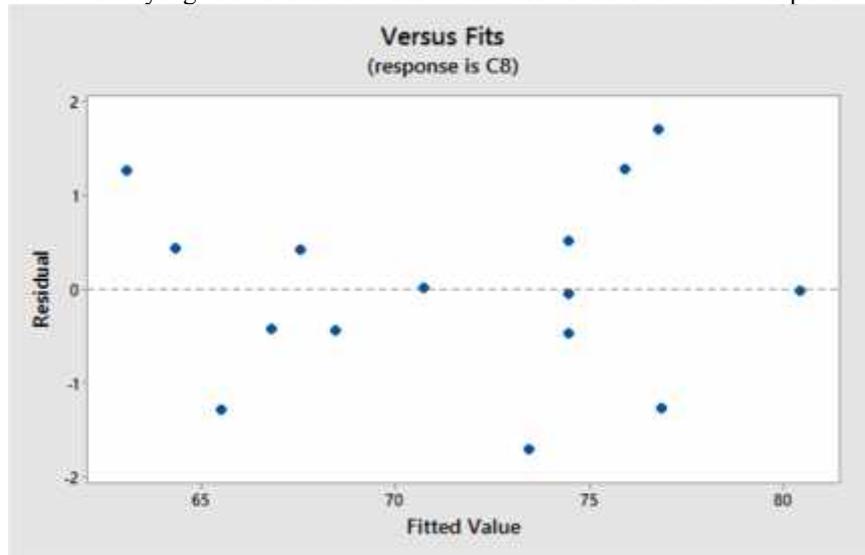
Kesimpulan dari hasil uji normalitas yang telah dilakukan menunjukkan model regresi yang telah dibuat mengikuti distribusi normal. Jadi, asumsi kenormalan residual pada suatu regresi telah dipenuhi.



Gambar 2. Uji Distribusi Normal

b. Uji identik

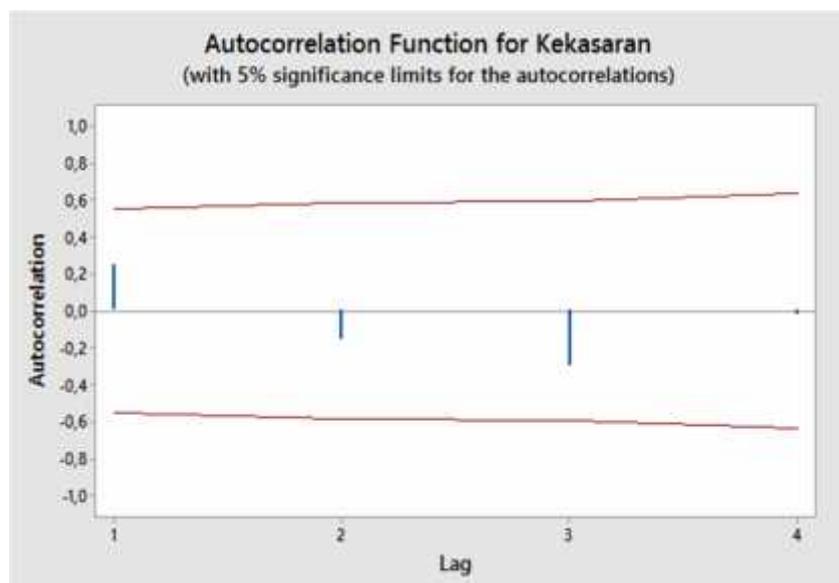
Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa plot residual versus fitted values menunjukkan titik-titik yang tersebar dan membentuk pola acak di sekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang telah dibuat telah sesuai dan asumsi bersifat identik terpenuhi.



Gambar 3. Versus Fits

c. Uji Independen

Dari plot *Autocorrelation Function* (AFC) pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa semua korelasi berada pada interval $\pm \frac{2}{\sqrt{n}}$ dimana n adalah jumlah pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada korelasi antar pengamatan yang dilakukan secara independen terpenuhi.



Gambar 4. *Autocorrelation Function*

d. Uji Multikolinieritas

Asumsi menunjukkan adanya hubungan yang kuat diantara variabel-variabel prediktor dalam suatu model regresi linier berganda. Model regresi yang baik adalah antar variabel prediktor tidak memiliki korelasi. Untuk mendeteksi model regresi memiliki sifat multikolinieritas yaitu dengan menggunakan nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Jika nilai VIF > 5 berarti antar variabel prediktor terjadi multikolinieritas yang serius pada model regresi.

Pada Gambar 5 ditunjukkan bahwa nilai dari *Variance Inflation Factor* menunjukkan bahwa semua variabel yang diteliti memiliki nilai VIF < 5. Jadi, kesimpulan dari pengujian multikolinieritas yang telah dilakukan menunjukkan bahwa model yang telah dibuat tidak memiliki kerolasi dan asumsi korelasi pada model telah dipenuhi.

Model Summary							
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)				
1,65494	96,62%	90,52%	47,55%				

Coded Coefficients							
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant		74,477	0,955	77,95	0,000		
Jarak	3,156	1,578	0,585	2,70	0,043	1,00	
Sudut	7,259	3,630	0,585	6,20	0,002	1,00	
Waktu	6,505	3,252	0,585	5,56	0,003	1,00	
Jarak*Jarak	0,840	0,420	0,861	0,49	0,646	1,01	
Sudut*Sudut	-12,680	-6,340	0,861	-7,36	0,001	1,01	
Waktu*Waktu	0,905	0,452	0,861	0,53	0,622	1,01	
Jarak*Sudut	4,313	2,157	0,827	2,61	0,048	1,00	
Jarak*Waktu	0,478	0,239	0,827	0,29	0,784	1,00	
Sudut*Waktu	2,805	1,402	0,827	1,69	0,151	1,00	

Gambar 5. Model Summary

Pembentukan Model

Pengolahan menggunakan minitab menghasilkan sebuah nilai koefisien penduga. Nilai koefisien penduga tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan penduga untuk model orde kedua. Nilai koefisien penduga model regresi kekasaran dapat dilihat pada Gambar 5 [7].

Berdasarkan Gambar 5 kemudian dibuat model persamaan kekasaran penduga model orde kedua. Dan didapatkan model persamaan kekasaran permukaan sebagai berikut :

$$Y_k = 74,477 + 1,578 J + 3,630 S + 3,252 W + 0,420 J^2 - 6,340 S^2 + 0,452 W^2 + 2,157 (J S) + 0,239 (J W) + 1,402 (S W).$$

Pengujian Kesesuaian Model

Untuk mengetahui kesesuaian model yang telah dibentuk maka dilakukan pengujian kesesuaian model sebagai berikut.

Tabel 2. Anova

Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Model	9	390,977	43,442	15,86	0,004	
Linear	3	209,940	69,980	25,55	0,002	
Jarak	1	19,919	19,919	7,27	0,043	
Sudut	1	105,391	105,391	38,48	0,002	
Waktu	1	84,630	84,630	30,90	0,003	
Square	3	154,335	51,445	18,78	0,004	
Jarak*Jarak	1	0,651	0,651	0,24	0,646	
Sudut*Sudut	1	148,415	148,415	54,19	0,001	
Waktu*Waktu	1	0,756	0,756	0,28	0,622	
Interaction	3	26,702	8,901	3,25	0,119	
Jarak*Sudut	1	18,605	18,605	6,79	0,048	
Jarak*Waktu	1	0,229	0,229	0,08	0,784	
Sudut*Waktu	1	7,868	7,868	2,87	0,151	
Error	5	13,694	2,739			
Lack-of-Fit	3	13,196	4,399	17,68	0,054	
Pure Error	2	0,498	0,249			
Total	14	404,671				

a. Uji lack of fit

Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa nilai *p-value lack of fit* adalah 0,054 yang berarti lebih besar daripada nilai $\alpha = 0,05$. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa model tidak mengandung *lack of fit* atau model telah sesuai [8].

b. Uji Parameter Serentak

Ada dua regresi yang harus diperiksa yaitu linier (β_i) dan kuadrat (β_{ii}). Pada Tabel 2 terlihat bahwa nilai *p-value* untuk regresi linier (*linear*) adalah 0,02 yang berarti lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Untuk nilai dari kuadrat (*square*) adalah 0,04 yang berarti lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Sebaliknya, model non linier yang mengikutsertakan interaksi antar faktor memiliki nilai *p-value* 0,119 yang berarti lebih besar dari $\alpha = 0,05$ hal ini menunjukkan bahwa pada model interaksi (*interaction*) tidak memiliki pengaruh yang signifikan [9].

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa permodelan yang tepat untuk kasus ini adalah model regresi linier dan regresi kuadratik dimana kedua model tersebut dapat memberikan kontribusi yang nyata terhadap model yang terbentuk.

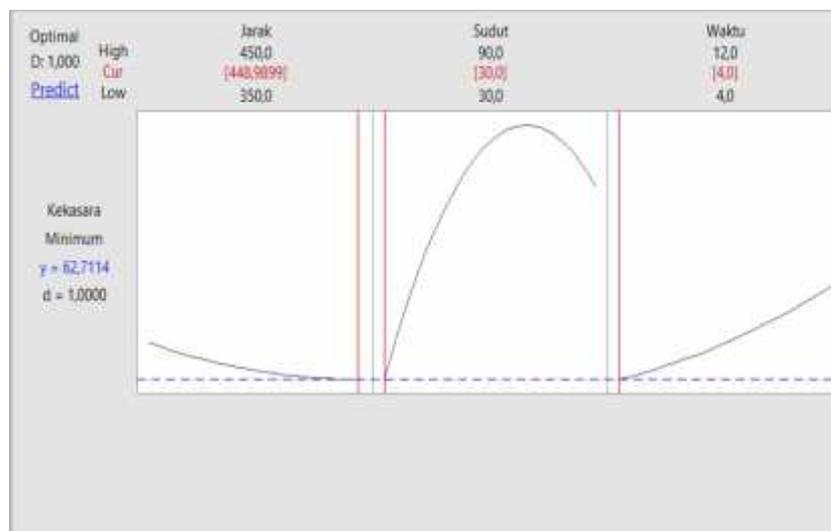
c. Pengujian Koefisien Determinasi (R^2)

Nilai koefisien determinasi terletak antara $0 < R^2 < 1$. Semakin besar nilai R^2 maka semakin besar pula pengaruh semua variabel X terhadap Y. Untuk mendapatkan model yang baik maka nilai R^2 diharapkan mendekati 1. Dari gambar 6. nilai R^2 rata-rata adalah 96,62% hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat variabel bebas lain yang memiliki pengaruh terhadap variabel respon. Semakin banyak variabel yang digunakan kedalam model, maka nilai R^2 akan semakin meningkat. Tetapi pada dasarnya, semakin banyak variabel yang digunakan maka model menjadi kurang efektif.

Optimasi Respon

Untuk mencari kombinasi level-level variabel proses yang dapat menghasilkan respon yang optimum (target, minimum dan maksimum) maka digunakan metode permukaan respon dengan pendekatan fungsi *desirability*, karena fungsi *desirability* merupakan sebuah fungsi yang diperoleh dengan menggabungkan beberapa persamaan model sehingga diperoleh nilai respon yang diinginkan [10].

Pendekatan fungsi *desirability* ini digunakan untuk mencari nilai kombinasi variabel proses jarak, sudut dan waktu agar mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang optimum (minimum).



Gambar 6. Optimasi Respon

Dari kombinasi di atas, dengan mengatur jarak pada 448,98 mm sudut sebesar 30° dan waktu penembakan selama 4 detik, maka diperkirakan akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan sebesar $62,71 \mu\text{m}$ dengan nilai *desirability* sebesar 1,00.

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas, bisa diambil kesimpulan bahwa semakin besar jarak penyemprotan, semakin kecil sudut penyemprotan dan semakin rendah waktu penyemprotan menyebabkan kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin kecil. Dari ketiga variabel proses dengan menggunakan teknik-teknik statistika yang berguna untuk menduga pengaruh linier, kuadratik dan interaksi faktor antar variabel yang ada serta mengoptimalkan respon dengan menggunakan jumlah data yang minim, maka akan didapatkan hasil yang optimum, dengan mengatur variabel jarak pada 448,99 mm, variabel sudut pada 30° dan variabel waktu pada 4 detik maka akan menghasilkan nilai kekasaran yang telah ditargetkan oleh perusahaan yaitu $62,71 \mu\text{m}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setyarini, H.P. 2011. *Optimasi Proses Sand Blasting Terhadap Laju Korosi Hasil Pengecatan Baja Aisi 430*. Malang : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia
- [2] As'ad, Muhammad. 2008. *Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Nilai Kekasaran pada Benda Kerja Plat dengan Bahan ST 37 Pada Proses Sand Blasting*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta

- [3] JPCL eBook. 2012. *Achieving Efficiency in Abrasive Blast Cleaning*. Pittsburgh : Technology Publishing Company 2100 Wharton Street, Suite 310 Pittsburgh, PA 15203
- [4] Nuryanti, D. H. (2008). Metode Permukaan Respon dan Aplikasinya pada Optimasi Eksperimen Kimia. *Nasional*, 374
- [5] ASTM D7127 – 13. 2013. *Standard Test Method for Measurement of Surface Roughness of Abrasive Blast Cleaned Metal Surfaces Using a Portable Stylus Instrument*. United States, West Conshohocken, PA 19428-2959.
- [6] Sulistyanto, D. 2017. “Analisis parameter *injection moulding* terhadap waktu siklus tutup botol 500 ml menggunakan desain *box-behnken*”. Skripsi. Jember: Teknik Mesin Universitas Jember
- [7] Montgomery, Douglas. C. 1997. *Design and Analysis of Experiments*. 5th Australia : John Wiley & Sons Inc
- [8] Irawan, Nur 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab14*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta
- [9] Faulina, Ria., Ahyani, Shofi. 2011. *Response Surface Methodology (RSM) dan Aplikasinya*. Surabaya : Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- [10] Yusuf, Muhammad. 2009. *Optimasi Pengurangn Cacat Porositas Produk Coran Logam Velg Rubber Roll dengan Response Surface Methodology*. Jember: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember