



**Optimasi kekilapan pada pengecatan pelat St37
dengan metode respon permukaan
(Optimization of shine in St37 plate painting
with the response surface method)**

Halmi Pawa Guna¹, Mahros Darsin², Ahmad Adib Rosyadi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121
Phone/Fax: +62 331 410243, email: mahros.teknik@unej.ac.id

Abstrak

Pengecatan adalah proses pelapisan permukaan dengan pelapis berbentuk cair dengan tujuan untuk perlindungan dan keindahan. Untuk tujuan keindahan, salah satu tolak ukurnya adalah kekilapan yang dapat diukur dengan glossimeter dalam satuan gloss unit (GU). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai GU optimum dengan memvariasi parameter yang berpengaruh. Eksperimen dirancang dengan metode respon permukaan (RSM) dengan desain Box-Behnken tiga faktor dan masing-masing faktor tiga level. Faktor dan level tersebut adalah tekanan (3 bar, 4 bar dan 5 bar), diameter nozzle (1.2 mm, 1.3 mm dan 1.4 mm) dan suhu pengeringan pada oven pasca pengecatan (55 °C, 60 °C dan 65 °C). Masing-masing kombinasi parameter diulang tiga kali. Mesin cat tipe semprot digunakan dalam eksperimen ini pada material St37. Pengolahan data dengan Minitab 18 menunjukkan bahwa ketiga faktor yang berpengaruh terhadap kekilapan secara urut adalah tekanan, diameter nozzle dan suhu pengeringan. Nilai kekilapan tertinggi sebesar 50.9 GU dicapai pada kombinasi faktor tekanan 5 bar, diameter 1.3 mm dan suhu oven pengering dijaga pada 55°C. Sebaliknya dengan kombinasi tekanan 4 bar, diameter nozzle 1.3 mm dan suhu oven 65°C diperoleh kekilapan minimum serendah 22.7 GU. Analisis biaya menunjukkan bahwa biaya antara penelitian dan bengkel resmi menggunakan cat *nitrocelullose* memiliki selisih harga Rp. 205.908. Sedangkan perbandingan biaya dengan penggunaan cat *polyurethane* adalah Rp. 698.348. Dari selisih biaya dapat dilihat bahwa pelapisan dengan menggunakan cat *polyurethane* menghasilkan kualitas cat yang lebih baik serta nilai *gloss unit* lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan cat *nitrocelullose*. Jadi, semakin meningkat nilai *gloss unit* maka semakin banyak biaya produksi yang dibutuhkan.

Kata Kunci: Pengecatan, Kekilapan, RSM, *Box-Behnken*, Analisis Biaya

Abstract

Painting is a coating type by application of liquid film onto a surface. Two main purpose of painting is protection and decoration. For the later purpose, a method to quantify is by its glossiness using gloss meter in gloss unit (GU). This research purpose is to optimize glossiness by varying the factors influencing the glossy using Response Surface Methodology (RSM) with Box-Behnken design. Three factors and their variations were: (i) pressure (3 bar, 4 bar and 5 bar), (ii) nozzle diameter (1.2 mm, 1.3 mm and 1.4 mm) and (iii) the drying oven temperature (55 °C, 60 °C and 65 °C). The machine for painting was paint demonstrator with which using spray type on St37 material. Each combination of factor were repeated three times. Minitab 18 was employed for processing the data. The maximum glossiness of 50.9 GU was achieved by using combination pressure of 5 bar, nozzle diameter of 1.3 mm and drying temperature of 55°C. While, combination of pressure of 4 bar, nozzle diameter of 1.4 mm and drying temperature of 65°C resulted in the lowest glossiness of 22.7 GU. Another analysis also carried out on the cost of painting between real workshop and this research using two kind of paints. Painting using polyurethane would have different cost of Rp689,348. While when using nitrocellulose the cost difference was Rp205,908. The polyurethane paint usually used by the real workshop outweigh in the glossy unit in compare to nitrocellulose which was used in this experiments.

Keywords: Coating, Gloss Units, RSM, *Box-Behnken Design*, Comparison of costs.

1. Pendahuluan

Pengecatan (*painting*) adalah suatu proses aplikasi cat dalam bentuk cair pada sebuah objek untuk membuat lapisan tipis yang kemudian membuat lapisan keras dengan berbagai metode

pengeringan cat. Fungsi dari pengecatan adalah untuk memberi lapisan pada suatu benda sehingga umur benda tersebut bisa semakin lama. Cat adalah suatu cairan yang dipakai untuk melapisi permukaan suatu bahan dengan tujuan memperindah

(*decorative*), memperkuat (*reinforcing*), serta melindungi (*protective*) suatu objek pengecatan [1].

Hasil pengecatan yang baik dilihat dari tingkat kekilapannya, semakin besar tingkat kekilapan maka menambah nilai plus untuk keindahan kendaraan. Kekilapan atau *gloss* dapat terjadi akibat adanya sudut selektivitas reflektans yang melibatkan pantulan cahaya pada suatu permukaan sehingga menimbulkan fenomena pencerminan suatu objek. Kekilapan diukur dengan satuan *gloss unit* dengan menggunakan alat yang bernama *glossmeter* [2].

Faktor yang menjadi pertimbangan untuk dilakukan pelapisan yang maksimal adalah besar tekanan pada *spray gun*. *Spray gun* merupakan media yang digunakan pada pelapisan sebagai pengabut cat yang sebelumnya cat dan *thinner* telah dicampur terlebih dahulu sebelum disemprotkan ke permukaan benda kerja. Pengabutan pada *spray gun* dapat terjadi karena udara dan cat bertemu pada tudung *spray gun* sehingga cat dan udara terpecah menjadi sekumpulan partikel yang halus dan lembut. Pada *spray gun* ini jarak dan tekanan udara sangat mempengaruhi hasil dari pelapisan yang dilakukan, jarak *spray* yang terjadi pada umumnya adalah 152,4 mm – 300 mm serta besar tekanan udara yang baik agar *spray gun* dapat beratomasi dengan baik sebesar 2 - 5 bar [3].

Faktor berikutnya yaitu diameter *nozzle spray gun*. Menurut Kristanto penggunaan diameter *nozzle* 1 mm mempunyai daya penyemprotan, tekanan udara dan pengabutan yang lebih baik. Sehingga pemilihan *nozzle* diameter 1 mm dalam proses pelapisan lebih efisien dibandingkan dengan diameter 1,5 mm dan diameter 2 mm [4].

Di sisi lain, suhu pengeringan mempengaruhi hasil dari proses pelapisan. Menurut Kusumadetya hasil kekilapan optimum yang didapatkan dengan jarak penyemprotan 17 cm menggunakan metode pengeringan *micro oven* didapatkan hasil dengan ketebalan cat sebesar 0.052 mm yaitu tingkat kekilapan sebesar 92.29 GU [5].

Dari beberapa penelitian yang telah dijelaskan di atas menyelidiki efek beberapa parameter terhadap *gloss* di antaranya tekanan *spray gun*, diameter *nozzle spray gun* dan suhu pengeringan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diperlukan suatu desain eksperimen yang dapat membantu dalam mengoptimalkan hasil pelapisan. Dan juga diusulkan metode respon permukaan karena metode ini digunakan dan berhasil dalam merancang percobaan, membuat model dan optimalisasi.

Metode respon permukaan merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis permasalahan di mana beberapa variabel independen mempengaruhi variabel respon dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon [6]. Metode respon permukaan telah digunakan pada berbagai aplikasi.

Salah satu contohnya Ongkowijoyo menggunakan metode respon permukaan untuk mengetahui kondisi optimum kecepatan mesin dan suhu mesin yang mempengaruhi nilai *bursting strength* pada proses *corrugating* [7].

2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 15 – 31 Januari 2019. Tempat penelitian pada penelitian ini dilakukan pada beberapa laboratorium yaitu Laboratorium Kerja Logam dan Laboratorium Uji Material Teknik Mesin Universitas Jember, Laboratorium Pengecatan Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya dan PT. Mataram *Paint Emco* Surabaya.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. *Spray gun* F75 dengan spesifikasi tekanan sebesar 0.25 – 0.45 MPa dan diameter *nozzle* 1.2, 1.3 dan 1.4 mm.
2. Kompresor dengan spesifikasi tekanan sebesar 0.7 MPa dan kapasitas tangki 25 liter.
3. *Glossmeter* dengan spesifikasi sudut pengukuran sebesar 20°, 60° & 85°, luasan pengukuran 9 X 10 / 9 X 16 / 5 X 39 dan kemampuan pengukuran 0 – 200 GU.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Spesimen berukuran 100 mm x 50 mm x 1 mm menggunakan material pelat baja St37
2. *Epoxy PR 204*
3. Cat *polyurethane 9950* (PU)
4. *Thinner polyurethane* (PU)

2.1 Rancangan Percobaan

Ada tiga parameter yang digunakan dalam percobaan ini, di mana setiap parameter proses coating memiliki tiga level pengaturan. Pengaturan level ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel proses penelitian

Faktor	Level bawah	Level menengah	Level atas
Kode	- 1	0	+1
Diameter (mm)	1.2	1.3	1.4
Tekanan (bar)	3	4	5
Suhu (°C)	55	60	65

Desain eksperimen yang digunakan pada penelitian ini adalah metode respon permukaan dengan rancangan percobaan *Box-Behnken* yang ditunjukkan pada Tabel 2. Dan dilakukan tiga kali

pengulangan pengambilan data untuk mendapatkan kevalidan data.

Tabel 2. Rancangan *Box-Behnken*

Tekanan udara (bar)	Diameter nozzle (mm)	Suhu pengeringan (°C)
3	1,2	60
5	1,2	60
3	1,4	60
5	1,4	60
3	1,3	55
5	1,3	55
3	1,3	65
5	1,3	65
4	1,2	55
4	1,4	55
4	1,2	65
4	1,4	65
4	1,3	60
4	1,3	60
4	1,3	60

2.2 Prosedur Percobaan

Percobaan dilakukan dengan melakukan proses pelapisan untuk tahap pengambilan data. Setelah itu, dilakukan proses pengujian nilai *gloss unit* dengan menggunakan *glossmeter*. Tahap selanjutnya yaitu analisis data *gloss unit* dengan melakukan pembentukan model, pengujian kesesuaian model dan pengujian residual. Setelah tahap analisis data *gloss unit* dilakukan perbandingan antara pelapisan dengan nilai *gloss unit* yang tinggi dan tanpa *gloss unit* terhadap biaya yang dibutuhkan.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Data Hasil Percobaan

Data hasil penelitian didapatkan nilai *gloss unit* seperti terlihat pada table 3 berikut:

Tabel 3. Data hasil percobaan

No	Parameter			Gloss Unit (GU)			Rata-Rata
	Tekanan (Bar)	Diameter (mm)	Tekanan (Bar)	A	B	C	
1	3	1,2	60	31,2	30,7	31,4	31,1
2	5	1,2	60	48,9	49,2	47,5	48,5
3	3	1,4	60	35	36,3	36,1	35,8
4	5	1,4	60	28,5	27,9	26,2	27,5
5	3	1,3	55	36,3	37	36,5	36,6

6	5	1,3	55	50,9	52,4	50,7	51,3
7	3	1,3	65	32,6	33,1	32,8	32,8
8	5	1,3	65	35,6	34,8	34,3	37,2
9	4	1,2	55	43,7	44,6	44,2	44,2
10	4	1,4	55	32,9	33,5	33,9	33,4
11	4	1,2	65	31,6	34,1	32,8	32,8
12	4	1,4	65	22,7	25,4	22,6	23,6
13	4	1,3	60	33,4	36	36,1	35,2
14	4	1,3	60	32,3	42,9	40,7	38,6
15	4	1,3	60	42,8	42,3	41,2	42,1

3.2 Analisis Data Gloss Unit

Langkah-langkah yaitu dengan melakukan pembentukan model, pengujian kesesuaian model dan pengujian residual. Pembentukan model merupakan hasil dari data percobaan yang telah diolah menggunakan Minitab 18 dan hasil pengolahan data yang didapatkan disebut "*estimated regression coefficient for GU*".

Kemudian dibentuk sebuah model persamaan kekilapan yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan Minitab 18. Kemudian langkah yang perlu dilakukan yaitu pengujian kesesuaian model. Pengujian kesesuaian model ini terdiri dari beberapa pengujian yaitu pengujian *lack of fit*, pengujian parameter serentak dan pengujian R^2 . Adapun langkah terakhir yang harus dilakukan yaitu pengujian residual yang pula terdiri dari pengujian identik, pengujian independen dan pengujian distribusi normal.

3.3 Pembentukan Model

Pengolahan data dilakukan menggunakan Minitab menghasilkan nilai koefisien penduga. Dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini menunjukkan nilai koefisien penduga model regresi *gloss unit*.

Tabel 4. Koefisien regresi penduga untuk *gloss unit*

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	36,17	2,23	16,25	0,000
Tekanan	3,60	1,36	2,64	0,046
Diameter	-4,54	1,36	-3,33	0,021
Suhu Pengeringan	-5,16	1,36	-3,79	0,013
Tekanan*Tekanan	2,93	2,01	1,46	0,204
Diameter*Diameter	-3,20	2,01	-1,59	0,172
Suhu				
Pengeringan*Suhu	-0,25	2,01	-0,12	0,907
Pengeringan				
Tekanan*Diameter	-6,05	1,93	-3,14	0,026
Tekanan*Suhu	-2,90	1,93	-1,50	0,193
Pengeringan				
Diameter*Suhu	0,48	1,93	0,25	0,815
Pengeringan				
S = 3,85459	R-sq = 90,85%		R-sq(adj) = 74,39%	

Tabel 4 menunjukkan hasil taksiran parameter model untuk *gloss unit*. Berdasarkan tabel tersebut kemudian didapatkan model persamaan *gloss unit* penduga model orde kedua sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{gu} = 36,17 + 3,60 X_1 - 4,54 X_2 - 5,16 X_3 + 2,93 X_1^2 - 3,20 X_2^2 - 0,25 X_3^2 - 6,05 X_1 X_2 - 2,90 X_1 X_3 + 0,48 X_2 X_3$$

3.4 Pengujian Kesesuaian Model

Ada beberapa pengujian yang dapat dilakukan untuk mengetahui kesesuaian model sebagai berikut:

a. Uji *lack of fit*

Tujuan dari uji *lack of fit* ini yaitu untuk mengetahui kesesuaian model yang telah dihasilkan.

Hipotesis:

H_0 = tidak ada *lack of fit* dalam model

H_1 = ada *lack of fit* dalam model

Daerah penolakan bila *p-value* kurang dari α atau 5%. Sebaliknya, hipotesis awal akan gagal tolak apabila *p-value* melebihi nilai α (5%).

Pemeriksaan kesesuaian model dapat dilihat pada Tabel 5 yang menunjukkan bahwa nilai *p-value* uji *lack of fit* sebesar 0,967. Dapat disimpulkan *p-value* uji *lack of fit* lebih besar dari 0,05 sehingga model tidak mengandung *lack of fit* atau model yang didapatkan telah sesuai.

Tabel 5. ANOVA untuk *gloss unit*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	737,900	81,989	5,52	0,037
Linear	3	481,602	160,534	10,80	0,013
Square	3	75,345	25,115	1,69	0,283
Interaction	3	180,952	60,317	4,06	0,083
Residual Error	5	74,289	14,858		
Lack-of-Fit	3	7,682	2,561	0,08	0,967
Pure Error	2	66,607	33,303		
Total	14	812,189			

b. Uji Parameter Serentak

Analisis statistik *p-value* akan digunakan untuk mengevaluasi output uji parameter serentak dengan nilai toleransi sebesar 5%. Pemeriksaan dilakukan pada 2 regresi, yaitu linear (β_1) dan kuadrat (β_2). Tabel 5 menunjukkan nilai *p-value* untuk linear sebesar 0,013 yang berarti lebih kecil dari 0,05. Sedangkan nilai *p-value* yang didapat untuk kuadrat sebesar 0,283 yang berarti lebih besar dari nilai toleransi 0,05. Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa hasil analisis regresi linear dari masing-masing variabel yaitu tekanan di dapatkan nilai sebesar 0,046, diameter sebesar 0,021 dan suhu pengeringan sebesar 0,013. Nilai regresi linear yang dihasilkan dari variabel tersebut menunjukkan bahwa tekanan semakin mendekati toleransi 5%, yang berarti semakin besar tekanan maka nilai *gloss unit* yang dihasilkan semakin tinggi [3]. Berbeda dari hasil yang didapatkan pada diameter dan suhu pengeringan dimana lebih kecil dari tekanan sehingga dapat diartikan semakin kecil diameter

maupun suhu pengeringan yang ditentukan maka semakin tinggi nilai *gloss unit*. Sedangkan untuk nilai regresi kuadrat didapatkan *p-value* melebihi batas signifikansi yang berarti pada model kuadrat ada beberapa variabel yang tidak memberikan dampak positif terhadap nilai *gloss unit*. Dapat disimpulkan bahwa kondisi yang berbeda atau parameter yang ditambahkan dalam penelitian ini tidak mengubah nilai *gloss unit* / hanya memberikan pengaruh yang kecil terhadap nilai *gloss unit* serta hubungan antara nilai *gloss unit* dengan kovariat secara statistik tidak signifikan [8].

c. Pengujian Koefisien Determinasi (R^2)

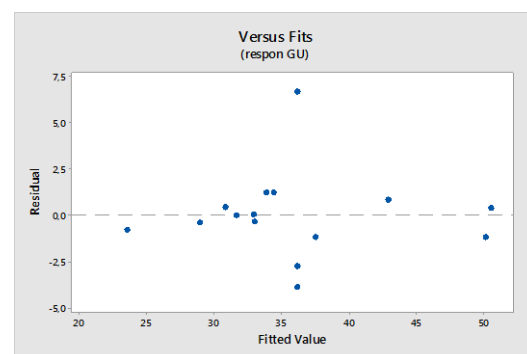
Nilai koefisien determinasi terletak antara $0 < R^2 < 1$. Apabila semakin besar nilai R^2 yang diperoleh maka akan semakin besar pengaruh variabel-variabel X terhadap variabel Y, Oleh karena itu untuk mendapatkan model yang baik nilai R^2 diharapkan mendekati 1. Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai R^2 untuk *gloss unit* adalah 90,85% yang berarti model regresi yang dihasilkan dapat mewakili persamaan yang menghubungkan faktor-faktor terhadap nilai *gloss unit*.

3.5 Pengujian Residual

Pengujian residual bertujuan untuk mengetahui apakah residual memenuhi asumsi *normally* dan *independently distributed*. Pengujian residual terdiri dari beberapa pengujian sebagai berikut:

a. Uji Identik

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa plot residual *versus fitted values* untuk nilai residualnya tersebar secara acak di sekitar harga nol dan tidak membentuk pola-pola tertentu sehingga ditarik kesimpulan asumsi bersifat identik terpenuhi.

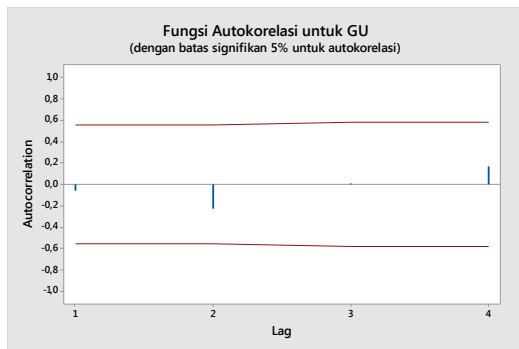


Gambar 1. Plot residual versus fitted values untuk *gloss unit*

b. Uji Independen

Pada Gambar 2 menunjukkan plot *Autocorrelation Function* (ACF) menyatakan semua korelasi berada pada interval $\pm 0,516$, dimana n adalah banyaknya jumlah pengamatan. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa tidak ada korelasi

antara pengamatan yang berarti, sehingga uji independen terpenuhi.



Gambar 2. Plot Autocorrelation Function untuk gloss unit

c. Uji Distribusi Normal

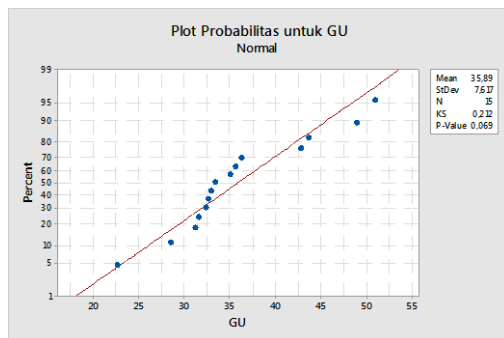
Pemeriksaan asumsi distribusi normal yaitu dengan melihat *probability plot*. Dari hasil yang didapat dikatakan bahwa residual terdistribusi normal karena plot mendekati garis lurus seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Hipotesisnya sebagai berikut:

H_0 : residual berdistribusi normal

H_1 : residual tidak berdistribusi normal

H_0 dapat diterima apabila $P\text{-value} > \alpha$

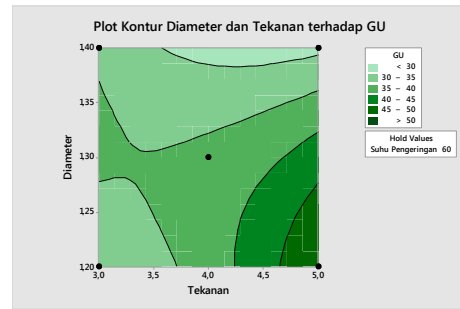
Hasil yang didapat dari grafik *probability plot of residual* untuk asumsi distribusi normal didapatkan $p\text{-value}$ sebesar 0,069 yang berarti lebih besar dari 0,05. Dari hasil tersebut diputuskan untuk gagal menolak H_0 yang berarti residual berdistribusi normal dan sebaran titik-titik pada plot membentuk pola linear atau garis lurus. Dapat disimpulkan residual data memenuhi asumsi distribusi normal.



Gambar 3. Plot *probability* untuk *gloss unit*

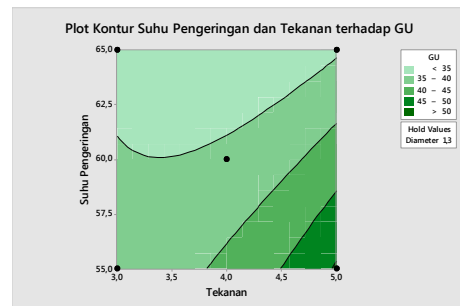
3.6 Analisis Contour Plot

Analisis ini merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara tingkat kekilapan / *gloss unit* yang didapatkan dengan variabel bebas yang mempengaruhi respon. Gambar 4, 5 dan 6 menjelaskan hubungan antara dua variabel bebas dengan respon kekilapan dan pada masing-masing plot ada satu parameter yang dibuat konstan yaitu pada nilai tengah.



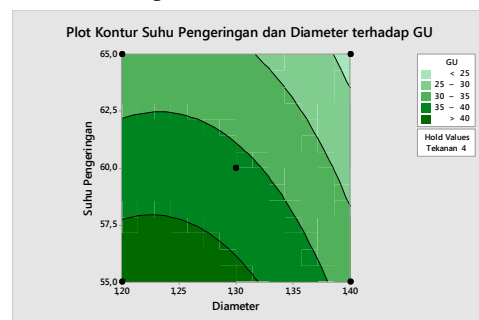
Gambar 4. Diameter dan tekanan terhadap *gloss unit* pada temperatur 60 °C

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai kekilapan / *gloss unit* didapatkan apabila diameter *nozzle spray gun* berada pada level 1,20 mm – 1,40 mm dan besar tekanan *spray gun* berada di antara 3,0 bar – 5,0 bar. Dengan parameter yang telah ditentukan menghasilkan tingkat kekilapan / *gloss unit* kurang dari 30 GU sampai 50 GU.



Gambar 5. Suhu pengeringan dan tekanan terhadap GU pada diameter 1,3 mm

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai kekilapan / *gloss unit* didapatkan apabila suhu pengeringan berada diantara level 55,0 °C – 65,0 °C dan tekanan *spray gun* berada pada 3,0 bar – 5,0 bar. Dengan parameter yang telah ditentukan menghasilkan tingkat kekilapan / *gloss unit* kurang dari 35 GU sampai 50 GU.



Gambar 6. Suhu pengeringan dan diameter terhadap GU pada tekanan 4 bar

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa tingkat kekilapan / *gloss unit* apabila suhu pengeringan berada diantara level 55,0 °C – 65 °C dan diameter

berada diantara 1,20 mm – 1,40 mm. Dengan pengaturan parameter tersebut menghasilkan tingkat kekilapan kurang dari 25 GU sampai 40 GU.

3.7 Analisis

Hubungan antara masing-masing variabel dan interaksi yang diperoleh disajikan pada persamaan model *gloss unit*. Adapun analisisnya adalah sebagai berikut:

- Tekanan *spray gun* memberikan pengaruh positif yang ditunjukkan oleh konstanta X_1 . Maknanya, semakin besar tekanan udara yang digunakan maka proses pengabutan yang dihasilkan lebih baik sehingga ketebalan cat meningkat dan porositasnya (butir hasil pengabutan) semakin baik. Dapat disimpulkan besar tekanan berbanding lurus atau semakin tinggi nilai *gloss unit* apabila tekanan yang digunakan semakin besar.
- Diameter *nozzle spray gun* memberikan pengaruh negatif yang ditunjukkan oleh konstanta X_2 . Maknanya, semakin besar diameter *nozzle* yang digunakan maka volume cat yang menempel semakin sedikit karena daya pengabutan dan pelebaran zat pelapis lebih luas sehingga tidak mendapatkan hasil yang maksimal. Akan tetapi apabila ukuran diameter yang digunakan semakin kecil maka akan terjadi penumpukan zat pelapis sehingga pelapisan tidak rata / seragam [4].
- Suhu pengeringan memberikan pengaruh negatif yang ditunjukkan oleh konstanta X_3 . Maknanya, suhu pengeringan yang terlalu tinggi mengakibatkan hasil akhir dari proses pelapisan tidak rata karena zat pelapis yang melindungi permukaan benda kerja semakin tipis. Hasil yang diakibatkan tidak ratanya proses pelapisan maka pengukuran nilai *gloss unit* tidak maksimal. Dapat disimpulkan bahwa suhu pengeringan berbanding terbalik atau semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin kecil nilai *gloss unit* yang dihasilkan [9].

3.8 Perhitungan Nilai Ekonomis

Perhitungan nilai ekonomis diperlukan untuk membandingkan biaya yang diperlukan pada masing-masing spesimen yang dilakukan proses pelapisan. Perhitungan nilai ekonomis yaitu dengan menentukan proses pelapisan dengan menggunakan cat *nitrocelullose* dan *polyurethane* serta perbandingan biaya antara proses pelapisan dengan *gloss unit* dan tanpa *gloss unit* antara percobaan penelitian dan bengkel resmi pengecatan. Tabel 6 menunjukkan alat dan bahan serta biaya yang dikeluarkan pada penelitian ini.

Tabel 6. Daftar harga bahan-bahan penelitian tahun 2019

No	Nama Barang	Total (Rp) / 2019	Volume Satuan	Harga per satuan (Rp)
1	Thinner PU Auto Bright	Rp. 45.000	1000 ml	Rp. 45
2	Epoxy PR 204	Rp. 70.000	800 ml	Rp. 87,5
3	Nippe 2000	Rp. 65.000	1000 ml	Rp. 65
4	Glossy MET 9950	Rp. 200.000	1000 ml	Rp. 200
5	Amplas No. 150	Rp. 15.000	6 lbr	Rp. 2.500
6	Masking Tape Sewa tempat	Rp. 21.000	1 pcs	Rp. 21.000
7	(Kompresor, Paint Test Demonstrator)	Rp. 750.000	6 hari	Rp. 125.000
8	Sewa Micro Oven	Rp. 100.000	90 menit	Rp. 1.111
9	Jasa pengecatan Duco	Rp. 350.000	48 jam	Rp. 7.291
10	Jasa pengecatan Auto 2000	Rp. 850.000	48 jam	Rp. 17.708

Tabel 7. Daftar harga bahan dan alat untuk pengecatan dengan cat *Nitrocelullose*

No	Nama Barang	Jumlah	Total
1	Thinner PU Auto Bright	100 ml	Rp. 4.500
2	Epoxy Primer Filler Dark Grey Auto Glow	50 ml	Rp. 4.375
3	Nippe 2000	50 ml	Rp. 3.250
4	Amplas Tempat dan Alat	2 lembar	Rp. 5.000
5	(Kompresor, Paint Test Demonstrator)	1 hari	Rp. 125.000
6	Sewa Micro Oven	30 menit	Rp. 2.777
			Rp. 144.902

Tabel 8. Daftar harga bahan dan alat untuk pengecatan dengan cat *polyurethane*

No	Nama Barang	Jumlah	Total
1	Thinner PU Auto Bright	100 ml	Rp. 4.500
2	Epoxy Primer Filler Dark Grey Auto Glow	50 ml	Rp. 4.375
3	Glossy Copper Brown Metallic 9950	50 ml	Rp. 10.000
4	Amplas Tempat dan Alat	2 lembar	Rp. 5.000
5	(Kompresor, Paint Test Demonstrator)	1 hari	Rp. 125.000
6	Micro Oven	30 menit	Rp. 2.777
			Rp. 151.652

Perhitungan nilai ekonomis dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8. Dapat dilihat bahwa keduanya menggunakan alat dan beberapa bahan yang sama, perbedaannya terletak pada jenis cat yang digunakan pada proses pelapisan yaitu cat *nitrocelullose* (NC) yang memiliki nilai *gloss unit* kecil dengan biaya pengecatan sebesar Rp. 144.902 (Tabel 7). Sedangkan pada Tabel 8 cat yang digunakan adalah cat *polyurethane* (PU) yang memiliki nilai *gloss unit* tinggi dengan biaya pengecatan sebesar Rp. 151.652.

3.9 Perbandingan Biaya Penelitian Dengan Biaya Pabrik

Biaya yang dibutuhkan pada penelitian ini dengan menggunakan dua jenis cat berbeda

dibandingkan dengan proses pengecatan pada bengkel pengecatan resmi Duco dan bengkel pengecatan resmi Auto 2000. Pada Tabel 9 dilihat perbandingan biaya yang dihasilkan pada percobaan pada penelitian ini dengan biaya jasa pada bengkel pengecatan resmi.[10]

Tabel 9. Perbandingan biaya pada percobaan penelitian dan bengkel pengecatan

Cat <i>nitrocelullose</i>		Cat <i>polyurethane</i>	
Percobaan penelitian	Bengkel pengecatan Duco	Percobaan penelitian	Bengkel resmi Auto 2000
Rp. 144.902	Rp. 350.000	Rp. 151.652	Rp. 850.000

Pada Tabel 9 menunjukkan hasil proses pelapisan menggunakan cat *nitrocelullose* pada percobaan penelitian dan pada bengkel pengecatan Duco dengan selisih harga Rp. 205.908. Sedangkan proses pelapisan menggunakan cat *polyurethane* pada percobaan penelitian dan bengkel pengecatan resmi Auto 2000 dengan selisih harga Rp. 698.348. Perbedaan proses pelapisan pada percobaan penelitian dengan proses pelapisan pada bengkel pengecatan dengan cat *polyurethane* menghasilkan selisih harga yang relatif mahal. Hal ini dikarenakan proses pelapisan yang dilakukan pada bengkel resmi pengecatan Auto 2000 menggunakan cat *polyurethane* dengan kualitas terbaik sehingga mempengaruhi nilai *gloss unit* yang didapat. Berbeda dengan proses pengecatan pada percobaan penelitian dan pada bengkel pengecatan Duco yang menggunakan cat *nitrocelullose* yang menghasilkan nilai *gloss unit* yang rendah serta perbedaan biaya yang tidak begitu signifikan antara metode percobaan dan pada bengkel pengecatan Duco.

4. Kesimpulan

1. Variabel proses yang berpengaruh terhadap *gloss unit* adalah tekanan *spray gun* dengan besar 3,60, selanjutnya diikuti oleh diameter *nozzle spray gun* dengan besar (- 4,54) dan suhu pengeringan dengan besar (- 5,16). Semakin besar tekanan *spray gun* maka nilai *gloss unit* meningkat, sedangkan semakin besar diameter *nozzle spray gun* dan suhu pengeringan maka nilai *gloss unit* menurun;
2. Nilai regresi linear sebesar 0,013 yakni berada di bawah nilai α yang berarti persamaan model yang dibuat telah cocok. Sedangkan pada nilai regresi kuadratik diperoleh nilai p sebesar 0,283 melebihi batas signifikansi yang berarti persamaan model untuk kuadratik tidak mengalami kecocokan;
3. Nilai *gloss unit* tertinggi yaitu 50,9 GU dengan besar tekanan *spray gun* sebesar 5 bar, diameter *nozzle spray gun* 1,3 mm dan suhu pengeringan sebesar 55 °C. Sebaliknya pelapisan dengan nilai *gloss unit* terendah yang dihasilkan yaitu sebesar

22,7 GU dengan tekanan *spray gun* 3 bar, diameter *nozzle spray gun* sebesar 1,4 mm dan suhu pengeringan 65 °C.

4. Perbandingan biaya antara percobaan penelitian dan bengkel resmi pengecatan dengan cat *nitrocelullose* memiliki selisih harga Rp. 205.908, sedangkan perbandingan biaya dengan menggunakan cat *polyurethane* sebesar Rp. 698.348. Dari selisih biaya dapat dilihat bahwa cat *polyurethane* menghasilkan nilai *gloss unit* yang tinggi dibandingkan dengan penggunaan cat *nitrocelullose*. Sehingga semakin mengkilap atau nilai *gloss unit* bodi kendaraan semakin tinggi maka semakin meningkat pula biaya produksi yang dibutuhkan.

Saran

1. Pengaturan parameter hasil pengolahan data yang optimal diharapkan dapat digunakan pada proses pelapisan selanjutnya;
2. Penelitian selanjutnya agar menggunakan parameter lain dan apabila mengulang dengan parameter yang sama pada penelitian diharapkan pada parameter sekitar titik optimum;
3. Diharapkan pada penelitian selanjutnya agar menggunakan *vernish* yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas dan juga nilai *gloss unit*.
4. Dalam pengolahan data selanjutnya, sebaiknya menggunakan metode statistika yang lain agar dapat dilakukan optimasi pada proses pelapisan.

Daftar Pustaka

- [1] H. Susyanto, Kontrol Kualitas produksi Cat. http://www.oocities.org/heri_susyanto/kontrolKualitasCat.htm, [Diakses 11 Oktober 2018], 2009
- [2] Y. S. R. Wijaya, "Pengaruh Jarak Penyemprotan *Spray Gun* Terhadap Keoptimalan Hasil Pengecatan". *Jurnal Teknik Mesin* 02 (3): 88-95, 2014.
- [3] M. F. Dzikriansyah, "Analisa Pengaruh Jarak *Nozzle* Dan Tekanan Udara Pada Pelapisan Dengan Metode *Air Spray* Terhadap Sifat Magnetik Komposit Barium Heksaferrit/ Polianilin". *Tugas Akhir*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017
- [4] Y. Kristanto, "Pengaruh Diameter Nossle *Spray Gun* Terhadap Efisiensi Pengecatan". *V-Mac* 02 (1): 5-8, 2017.
- [5] K. B. Hermianto, "Pengaruh *Drying Process* Tehadap *Finishing Top Coat* Pada Pengecatan Komponen Bodi Kendaraan Bermotor". *JPTM* 06 (3): 215-224, 2018.
- [6] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*. 5th Australia: John Willey & Sons, INC, 1997.

- [7] S. Ongkowiyo, "Penentuan Parameter *Setting* Mesin Pada Proses *Corrugating*". *Jurnal Teknologi* 11 (1): 22–28, 2016.
- [8] N. Iriawan, , dan S. P. Astuti. *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: Andi, 2006.
- [9] A. S. A. Nugroho, "Analisis Parameter Pelapisan Baja Karbon Rendah (St 37) Dengan Metode Respon Permukaan (mrp)". *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember, 2018.
- [10] A Maulana, Perbandingan Harga Pengecatan Duco Dan Bengkel Resmi. <https://otomotif.kompas.com/read/2017/12/26/082200615>, [Diakses 28 April 2019], 2017.