

Pemodelan *Cathodic Electrodeposition Coating* pada Rangka Sepeda Motor Matic

Linda Safira, Andi Nuraliyah, Pandit Hernowo

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya
Jl. Raya Perjuangan No.81, RT.003/RW.002, Kota Bekasi, Jawa Barat
e-mail : pandit.hernowo@dsn.uharajaya.ac.id

Received 14 Maret 2025 | Revised 10 Mei 2025 | Accepted 1 Juni 2025

ABSTRAK

Pengecatan merupakan suatu proses pelapisan warna terhadap permukaan benda dalam bentuk cair atau bubuk. Dalam pengecatan rangka sepeda motor matic metode yang digunakan berupa cathodic electrodeposition coating, penggunaan metode ini bertujuan agar cat yang menempel pada rangka sepeda motor memiliki ketebalan yang sama. Daya rekat cat yang menempel pada rangka sepeda motor matic yang berbahan dasar baja (steel) dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti pH larutan cat, kemampuan tidak menguap cat dan kuat arus listrik pada tangki cat. Untuk menentukan faktor yang paling mempengaruhi ketebalan cat dapat menggunakan metode statistic regresi linear berganda menggunakan microsoft excel 2019. Berdasarkan metode yang digunakan diperoleh persamaan $Y=69,9000+8,0647P-0,0504Q+0,0203R\pm 1,3575$. Melalui uji t student dan uji simultan (uji F) dengan nilai signifikansi sebesar 5% maka didapatkan hipotesis bahwa kuat arus listrik merupakan faktor yang paling mempengaruhi ketebalan cat pada rangka sepeda motor.

Kata kunci: *Thickness, Regresi Linear, ED Coating*

ABSTRACT

Air to hydraulic pressure booster (AHPB) or called intensifier, is a component used to increase the air pressure (air pressure) of the pneumatic system to hydraulic pressure (hydraulic pressure) to produce large hydraulic power / pressure on the actuator. In using air to hydraulic pressure booster (AHPB), it is necessary to know the working principles and energy requirements for using air to hydraulic pressure booster. This research was conducted to determine the energy requirements for the use of air to hydraulic pressure booster (AHPB) as a pressure booster on the lift table, and compare the calculation results with direct testing on the tool. As well as developing tools to overcome the performance of tools that are less than optimal. The steps taken in finding the energy requirements for using water to hydraulic pressure booster (AHPB) as a pressure booster on the lift table are calculating and testing the tool, where the pressure required to move the lift table is 3 bar for pneumatic system input and produces an output pressure of 24.5 bar. In the results of energy demand analysis, the use of air to hydraulic pressure booster (AHPB) can multiply the pressure 9 to 10 times the input pressure.

Key words: *Air to Hydraulic Pressure Booster (AHPB), Lift table, Energy Requirements.*

1. Pendahuluan

Pelapisan merupakan aspek yang sangat penting dalam dunia berbasis teknologi modern. Pelapisan polimer pelindung telah menjadi bagian vital dari berbagai industri, termasuk otomotif, elektronik, infrastruktur, dan industri medis, karena mampu meningkatkan masa pakai produk secara signifikan [1]. Salah satu teknologi pelapisan yang inovatif adalah pelapisan elektrodeposisi katodik (CED). CED menawarkan berbagai keuntungan dibandingkan metode pelapisan tradisional, terutama dalam hal efisiensi dan ramah lingkungan. Salah satu keunggulan utamanya adalah membatasi penggunaan resin berbasis pelarut dan menggantinya dengan resin berbasis air seperti resin akrilik, epoksi, epoksi-akrilat, serta poliuretan.

Proses pelapisan dengan teknik *cathodic electrodeposition coating* (CED) dapat diterapkan pada berbagai komponen logam yang mampu menghantarkan listrik [2]. Pelapisan dengan metode ini membutuhkan resin yang telah dimodifikasi secara khusus agar dapat mengalami elektroforesis dan diendapkan pada material katoda. Salah satu keunggulan utama pelapisan CED adalah kemampuannya untuk meminimalkan emisi senyawa organik yang mudah menguap (VOC) [3]. Pelapisan logam menggunakan metode cathodic electrodeposition (CED) mampu menghasilkan lapisan pelindung yang padat dan merata karena partikel cat yang bermuatan positif bergerak secara elektroforesis menuju permukaan substrat yang bermuatan negatif (katoda).

Pelapisan permukaan logam secara elektroforesis cenderung membuat cat lebih tahan lama dan mengurangi risiko korosi karena beberapa faktor utama. Pertama, proses elektroforesis memanfaatkan medan listrik untuk menggerakkan partikel cat bermuatan menuju permukaan logam secara merata, sehingga menghasilkan lapisan pelindung yang lebih tebal, padat, dan seragam dibandingkan metode pelapisan konvensional [4]. Lapisan yang rapat ini mampu menghambat penetrasi ion dan oksigen yang menjadi penyebab utama korosi pada logam.

Transportasi merupakan suatu alat otomotif atau kendaraan yang digunakan untuk memindahkan manusia atau barang dari suatu tempat ke tempat lainnya baik digerakan oleh manusia, hewan maupun mesin. Perkembangan transportasi yang sangat pesat menciptakan berbagai jenis transportasi modern seperti sepeda motor. Saat ini banyak konsumen yang beralih menggunakan motor matic karena dianggap lebih nyaman dan model yang dikeluarkan mengikuti jaman [5]. Sepeda motor terdiri dari berbagai bagian yang disusun menjadi satu, bagian utama sepeda motor ialah rangka sepeda motor. Rangka sepeda motor terbentuk dari material berbahan dasar baja (steel) yang dilapisi oleh pigmen cat berwarna hitam.

Pengecatan merupakan pelapisan pewarna dalam bentuk cair atau bubuk terhadap permukaan benda. Cat pada rangka sepeda motor berfungsi untuk melindungi dari korosi [6]. Korosi merupakan suatu pelapukan baja yang terjadi karena ada serangan destruktif melalui reaksi kimia terhadap baja (steel) secara terus menerus [7].

Pelapisan baja menggunakan suatu pigmen cat dapat dilakukan dengan berbagai macam salah satunya berupa pengecatan secara elektrodeposisi. Pengecatan elektrodeposisi dikenal juga dengan *electrodeposition coating*, adalah suatu metode pengecatan dimana cat terdispersi di dalam air secara elektrolisis terdeposit di atas substrat dan membentuk suatu lapisan yang seragam tidak larut dalam air. Pembentukan lapisan cat ini dibantu dengan menggunakan tegangan listrik sebesar 210-220 Volt. Jenis pelapisan ED yang digunakan yaitu cathodic electrodeposition (CED) atau pelapisan secara katodik [8].

Di dalam tanki pelapisan yang sebelumnya telah dialiri dengan listrik menyerap anoda pada rangka sepeda motor dan menggantikannya menjadi katoda, sehingga permukaan material menjadi katodik relative terhadap karbon. Adanya pertukaran anoda yang katoda yang terjadi pada permukaan kerangka sepeda motor tersebut. Pelapisan cat secara katodik berjalan dengan cara pencelupan (*dipping*), hal ini bertujuan agar seluruh kerangka sepeda motor dapat terlapis dengan sempurna.

Metode pelapisan secara pencelupan ini mencegah agar seluruh bagian kerangka sepeda motor memiliki ketebalan cat yang seragam, cat yang terlalu tipis juga dianggap kurang baik karena dapat dengan mudah terkelupas saat bergesekan dengan permukaan yang kasar, cat yang terkelupas membuat permukaan akan dengan mudah berkontak langsung dengan air dan udara. Korosi sendiri merupakan penurunan mutu material akibat adanya reaksi elektrokimia dengan lingkungan yang menyebabkan oksidasi sehingga permukaan menjadi berkarat dan rapuh [9].

Ketebalan (*thickness*) yang tepat membantu memastikan bahwa cat melekat dengan baik pada permukaan, mengurangi kemungkinan pengelupasan atau kerusakan lainnya. Pengujian daya rekat sering dilakukan untuk memastikan bahwa lapisan cat tidak terkelupas di bawah tekanan atau kondisi lingkungan tertentu. Ketebalan cat yang menempel pada rangka sepeda motor matic berkisar 20 – 40 μm yang diukur menggunakan *thickness gauge*.

Penelitian ini bertujuan mengubah data fenomena nyata ke dalam bentuk model matematis guna mempermudah analisis kecocokan antara teori dan fakta lapangan melalui pengujian model berdasarkan data empiris, serta mengidentifikasi pengaruh modifikasi parameter terhadap sistem yang diteliti.

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu aluminium foil, amperemeter, oven, pH meter, *thickness gauge*, timbangan, rangka sepeda motor, Cat.



Gambar 1 Rangka Sepeda Motor Matic 125 CC (keterangan: penomoran angka adalah titik area untuk pengujian ketebalan)

2.2. Tahapan Penelitian

2.2.1 Analisa pH

Dalam pengecatan stainless stell menggunakan metode ED Coating dipengaruhi dengan pH larutan cat. Hal ini dikarenakan penurunan pH dapat meningkatkan laju korosi, yang dapat menyebabkan pelepasan ion logam seperti nikel (Ni), kromium (Cr), dan besi (Fe) dari aloi *stainless steel* [10]. pH yang lebih rendah dapat mengakibatkan reaksi kimia yang merusak antara *stainless steel* dan cat, sehingga lapisan cat menjadi rapuh atau tidak melekat dengan baik. Pengujian pH tangki cat dilakukan sebanyak 1x dalam satu hari menggunakan alat bantu pH meter. Selama kurang lebih 1 bulan didapatkan data pH pada tabel 1. Data analisa pH nantinya akan berperan sebagai variabel bebas (*independent*) atau diasumsikan menjadi P. Variabel ini dapat mempengaruhi variabel terikat (*dependent*).

Tabel 1 Data Analisa pH Selama 39 Hari

No	pH	No	pH	No	pH
1	6,21	14	6,22	27	6,13
2	6,20	15	6,21	28	6,13

No	pH	No	pH	No	pH
3	6,15	16	6,21	29	6,16
4	6,15	17	6,22	30	6,15
5	6,15	18	6,20	31	6,15
6	6,16	19	6,15	32	6,13
7	6,15	20	6,16	33	6,11
8	6,15	21	6,17	34	6,16
9	6,12	22	6,15	35	6,10
10	6,20	23	6,17	36	6,19
11	6,21	24	6,18	37	6,10
12	6,09	25	6,15	38	6,09
13	6,16	26	6,18	39	6,16

2.2.2 Analisa Nilai Ketidakmampuan Menguap

Non-volatile (NV) merupakan pengujian untuk menilai sejauh mana suatu zat tidak menguap, yang berkaitan dengan kandungan padatan (solid content) di dalamnya. Nilai NV ini sangat berpengaruh terhadap ketebalan lapisan cat yang melekat pada rangka sepeda motor. Jika nilai NV rendah, maka kemampuan cat untuk menutupi permukaan produk menjadi kurang optimal, karena kandungan padatan yang tidak menguap hanya sedikit. Akibatnya, proses pelapisan harus dilakukan berulang kali agar permukaan produk dapat tertutup sempurna oleh cat [11].

Tinggi rendahnya nilai non volatile dipengaruhi oleh kekentalan cat yang berada di tangki utama ED Coating, kandungan cat yang ada didominasi oleh solvent water base ini memiliki konsentrasi yang lebih banyak dibandingkan pigment warna sekitar 40%-50%. Rendahnya kadar NV menandakan bahwa sudah berkurangnya kadar pigmen yang berada di dalam tangki utama ED Coating. Oleh karena itu pengecekan nilai *non-volatile* ini dilakukan secara rutin guna mengetahui kadar cat yang ada. Apabila nilai *non-volatile* sudah berada $\leq 15,20$ maka perlu ditambahkan pigmen warna *carbon black* dengan epoxy resin dengan perbandingan 1:10.

Pengujian nilai NV pada material cat dapat diuji dengan mengoven sebagian cat menggunakan aluminium foil yang dibentuk menjadi wadah bulat, berat aluminium foil yang digunakan berkisar pada 0,1740 – 0,1780 gram. Masukkan larutan sampel dengan berat sekitar 2,540 – 2,580 gram ke dalam wadah yang telah dibuat menjadi bulat, panggang wadah berisi cat dengan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Timbang wadah berisi cat kering, kemudian hitung nilai non volatile menggunakan rumus berikut :

$$NV = \frac{\text{wadah berisi cat kering} - \text{berat aluminium foil}}{\text{wadah berisi cat basah}} \times 100\%$$

Selama 39 hari pengujian maka didapatkan data NV seperti pada tabel 2. Data analisa NV nantinya akan berperan sebagai variable bebas (*independent*) atau diasumsikan menjadi Q. Variabel ini dapat mempengaruhi variable terikat (*dependent*).

Tabel 2 Data Analisa NV Selama 39 Hari

No	NV	No	NV	No	NV
1	15,35	14	15,63	27	15,22
2	15,20	15	15,51	28	15,02
3	15,71	16	15,37	29	15,60

No	NV	No	NV	No	NV
4	15,65	17	15,23	30	15,54
5	15,51	18	15,71	31	15,50
6	15,38	19	15,60	32	15,43
7	15,28	20	15,46	33	15,30
8	15,04	21	15,33	34	15,20
9	15,54	22	15,21	35	15,09
10	15,40	23	15,08	36	15,00
11	15,64	24	15,57	37	15,49
12	15,15	25	15,25	38	15,36
13	15,77	26	15,36	39	15,56

2.2.3 Analisa Arus Listrik

Ampere, sebagai satuan pengukuran kuat arus listrik, memainkan peran penting dalam proses pengecatan elektrolisis, khususnya dalam elektroplating. Kuat arus listrik yang lebih tinggi (dalam *ampere*) biasanya menghasilkan ketebalan lapisan yang lebih besar pada permukaan yang dilapisi. Penelitian menunjukkan bahwa semakin besar arus yang digunakan, semakin besar massa dan ketebalan lapisan yang terbentuk. Kuat arus listrik juga mempengaruhi efisiensi proses elektroplating. Hukum Faraday menyatakan bahwa jumlah material yang terdeposit pada katoda sebanding dengan jumlah muatan listrik yang mengalir (dalam coulomb), yang berkaitan langsung dengan kuat arus (*ampere*) dan waktu proses. Dengan kata lain, untuk mencapai hasil yang optimal, pemilihan nilai *ampere* yang tepat sangat penting [12]. Didapatkan data analisa arus listrik selama 39 pada tabel 3. Data analisa kuat arus nantinya akan berperan sebagai variable bebas (*independent*) atau diasumsikan menjadi R. Variabel ini dapat mempengaruhi variable terikat (*dependent*).

Tabel 3 Data Analisa Kuat Arus Listrik Selama 39 Hari

No	Kuat Arus	No	Kuat Arus	No	Kuat Arus
1	220	14	282	27	275
2	289	15	289	28	224
3	230	16	230	29	315
4	220	17	289	30	235
5	219	18	306	31	305
6	245	19	250	32	278
7	220	20	300	33	325
8	297	21	253	34	230
9	220	22	230	35	287
10	278	23	281	36	250
11	285	24	279	37	210
12	188	25	250	38	328
13	230	26	296	39	230

2.2.4 Analisa Ketebalan (*Thickness*)

Thickness merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengukur ketebalan lapisan cat pada permukaan produk. Tes ini dilakukan guna memastikan bahwa ketebalan cat telah sesuai dengan standar yang ditetapkan. Ketidaksesuaian ketebalan cat dapat memengaruhi tampilan visual produk. Ketebalan yang terlalu tipis bisa menyebabkan permukaan tampak kurang mengkilap dan warna tidak sesuai spesifikasi, sementara ketebalan yang berlebihan tidak hanya berdampak pada

kualitas visual tetapi juga menyebabkan pemborosan material cat. Pengujian ketebalan (*thickness*) dilakukan pada rangka sepeda motor yang dilakukan pada 7 titik yang berbeda (gambar 1). Dalam 1 hari pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali (triplo) setiap masing-masing titik area selama 39 hari dan diperoleh data rata-rata ketebalan yang ditunjukkan pada tabel 1. Data analisa ketebalan cat nantinya akan berperan sebagai variabel terikat (*dependent*) atau diasumsikan menjadi Y. Variabel ini dapat dipengaruhi oleh variabel bebas (*independent*).

Tabel 4 Data Analisa Ketebalan Cat Pada Rangka Sepeda Motor Selama 39 Hari

No	Thickness	No	Thickness	No	Thickness
1	24,572	14	26,679	27	26,318
2	25,026	15	25,573	28	29,352
3	26,207	16	24,301	29	27,121
4	24,798	17	26,269	30	25,275
5	26,375	18	27,735	31	26,274
6	25,307	19	26,035	32	28,907
7	24,369	20	27,904	33	28,319
8	27,182	21	26,913	34	22,986
9	26,186	22	24,934	35	24,576
10	25,396	23	28,389	36	26,520
11	27,231	24	29,037	37	25,195
12	27,147	25	26,221	38	27,121
13	26,634	26	28,246	39	22,772

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa ketebalan cat pada permukaan produk memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Ketidaksesuaian ketebalan cat umumnya berdampak pada tampilan visual produk. Jika lapisan cat terlalu tipis, permukaan akan tampak kurang mengkilap dan warna yang dihasilkan bisa berbeda dari spesifikasi. Sebaliknya, jika terlalu tebal, selain mengganggu kualitas visual, juga dapat menimbulkan pemborosan penggunaan material cat. Daya rekat cat yang menempel pada rangka baja (steel) dapat dipengaruhi dari pH larutan cat, ketidakmampuan cat menguap dan daya kuat arus listrik pada tangki cat.

2.3. Metode Analisis

2.3.1. Pemilihan Metode Pengujian

Berdasarkan data yang tertera pada tabel 1, 2, 3 dan 4 menunjukkan bahwa data terdiri dari 1 variabel terikat dan 3 variabel bebas yang berbentuk numerik dengan skala interval yang sama pada masing – masing faktor maka menunjukkan bahwa dapat dilakukan pengujian dengan metode regresi linear berganda dengan menggunakan bantuan Microsoft excel 2019. Metode ini bertujuan untuk hubungan antara masing-masing variabel. Dalam pengujian menggunakan metode ini terdapat beberapa metode yang berfungsi mengetahui seberapa besar pengaruh variabel *independent* (P, Q, dan R) terhadap variabel *dependen* (Y). Tingkat signifikansi (α) yang digunakan pada metode uji hipotesis sebesar 5% atau dapat ditulis juga menjadi 0,05. Adapun metode yang digunakan untuk analisis regresi linear berganda yaitu :

2.3.2. Uji t student

Uji t bertujuan untuk menentukan apakah variabel *independent* tertentu memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel *dependent* ketika variabel independen lainnya dianggap konstan. Uji t student memiliki hipotesis yang dibandingkan dengan nilai probabilitas untuk menilai seberapa konsisten hasil yang diamati dengan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1). Hipotesis nol (H_0) merupakan pernyataan yang menyatakan bahwa tidak ada efek, hubungan, atau perbedaan yang signifikan antara variabel-variabel yang diteliti, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) merupakan pernyataan yang berlawanan dengan hipotesis nol. Kedua hipotesis tersebut dapat dinyatakan pula dalam bentuk :

- a. Hipotesis nol (H_0) diterima dan hipotesis alternatif (H_1) ditolak, apabila nilai probabilitas $> 0,05$. Artinya variabel independen tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.
- b. Hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, apabila nilai probabilitas $> 0,05$. Artinya variabel independen berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

2.3.3. Uji simultan

Uji simultan atau dikenal juga dengan uji F bertujuan untuk menentukan apakah ada pengaruh gabungan dari semua variabel independen terhadap variabel dependen. Ini berbeda dengan uji t, yang menguji pengaruh masing-masing variabel independen secara terpisah.

2.3.4. Rata – rata kuadran kesalahan

Rata-rata kuadrat kesalahan, yang dikenal dalam bahasa Inggris sebagai Root Mean Squared Error (RMSE), adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mengevaluasi seberapa baik model prediktif dalam memprediksi nilai-nilai aktual.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian berisi pengolahan data menggunakan metode regresi linear berganda dengan bantuan yang sudah ada yaitu Microsoft excel 2019. Implementasi pH tangki cat, nilai non volatilitas dan kuat arus pada tangki guna mendapatkan data ketebalan cat yang menempel pada rangka sepeda motor dengan data yang tertera pada tabel 1, 2, 3, dan 4. Data yang telah diperoleh dimasukkan secara kompetetisi dalam bentuk system perhitungan merupakan data masing – masing variabel pada hari yang sama, pengujian dilakukan selama 39 hari. Data analisa seluruh variabel dapat dituliskan juga pada tabel 5.

Tabel 5 Data Analisa Seluruh Variable Selama 39 Hari

No	pH (P)	NV (Q)	Kuat Arus (R)	Thickness (Y)
1	6,21	15,35	220	24,572
2	6,2	15,2	289	25,026
3	6,15	15,71	230	26,207
4	6,15	15,65	220	24,798
5	6,15	15,51	219	26,375
6	6,16	15,38	245	25,307
7	6,15	15,28	220	24,369
8	6,15	15,04	297	27,182
9	6,12	15,54	220	26,186
10	6,2	15,4	278	25,396
11	6,21	15,64	285	27,231
12	6,09	15,15	188	27,147
13	6,16	15,77	230	26,634
14	6,22	15,63	282	26,679
15	6,21	15,51	289	25,573
16	6,21	15,37	230	24,301
17	6,22	15,23	289	26,269
18	6,2	15,71	306	27,735
19	6,15	15,6	250	26,035
20	6,16	15,46	300	27,904
21	6,17	15,33	253	26,913
22	6,15	15,21	230	24,934
23	6,17	15,08	281	28,389
24	6,18	15,57	279	29,037

No	pH (P)	NV (Q)	Kuat Arus (R)	Thickness (Y)
25	6,15	15,25	250	26,221
26	6,18	15,36	296	28,246
27	6,13	15,22	275	26,318
28	6,13	15,02	224	29,352
29	6,16	15,6	315	27,121
30	6,15	15,54	235	25,275
31	6,15	15,5	305	26,274
32	6,13	15,43	278	28,907
33	6,11	15,3	325	28,319
34	6,16	15,2	230	22,986
35	6,1	15,09	287	24,576
36	6,19	15	250	26,520
37	6,1	15,49	210	25,195
38	6,09	15,36	328	27,121
39	6,16	15,56	230	22,772

3.2 Pengujian Hipotesis

Untuk mendapatkan hipotesis dilakukan berbagai macam metode pengujian untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap ketebalan cat yang menempel pada rangka sepeda motor, adapun metode yang digunakan yaitu :

3.2.1 Uji Koefisien Determinasi Berganda

Koefisien determinasi atau sering dikenal dengan simbol R^2 (*R Square*) berfungsi untuk mengukur seberapa baik *variable independen* (bebas) dalam model regresi dapat menjelaskan variasi dari *variable dependent* (terikat). Nilai R^2 umumnya berkisar antara 0 hingga 1, semakin tinggi nilai R^2 maka semakin baik model tersebut dalam memprediksi variabel *dependent*. Berdasarkan data percobaan pada tabel 3 maka nilai koefisien determinasi berganda dapat dihitung menggunakan fitur bantu hitung di *excel* menjadi :

Tabel 6 Data Statistik Regresi

<i>Regression Statistics</i>	
<i>Multiple R</i>	0,4761
<i>R Square</i>	0,2266
<i>Adjusted R Square</i>	0,1603
<i>Standard Error</i>	1,4290
<i>Observations</i>	39

Dapat dilihat dari tabel 7 R^2 bernilai 0,2266 maka menunjukkan bahwa porsi pengaruh *variable independent* (pH, NV dan ampere) terhadap *variable dependent (thickness)* sebesar 22,66% dari 39 data pengamatan.

3.2.2 Uji t Student

Dari data percobaan yang tertera pada tabel diatas maka dapat dilakukan uji t dengan fitur bantu hitung di *excel* menjadi :

Tabel 7 Data Statistik Uji t Student

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
a	69,9120	41,3453	1,6910	0,1000
b	-8,0630	6,7010	-1,2030	0,2370
c	0,0490	1,1340	0,0430	0,9660
d	0,0200	0,0065	3,1270	0,0040

Nilai P-value pada tabel statistik 7 diatas dikenal juga dengan nilai probabilitas. Pada uji t *student* peneliti membandingkan nilai probabilitas dengan nilai α , maka dapat disimpulkan bahwa :

- Variabel P (pH) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,2370. Nilai $0,2370 > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa *variable* P tidak memiliki pengaruh terhadap *variable dependent (thickness)*
- Variabel Q (NV) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,9660. Nilai $0,9660 > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa *variable* Q tidak memiliki pengaruh terhadap *variable dependent (thickness)*
- Variabel R (kuat arus) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,0040. Nilai $0,0040 < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa *variable* R memiliki pengaruh terhadap *variable dependent (thickness)*

Nilai ampere pada ketebalan cat pada rangka sepeda motor matic memiliki pengaruh karena proses pengecatan yang dilakukan secara CED *coating*, ion positif yang terakumulasi di permukaan objek yang dilapisi. Dengan meningkatnya kuat arus, lebih banyak ion akan tersedia untuk tereduksi menjadi lapisan padat pada permukaan tersebut, sehingga menghasilkan lapisan yang lebih tebal . Menurut Arievtia dan Drastiawati dalam penelitian pelapisan pada baja karbon rendah yang telah dilakukan menyatakan bahwa, kuat arus listrik pada bak cat selama pencelupan sampel mempengaruhi ketebalan cat yang menempel pada sampel [13].

3.2.3 Uji Simultan

Dari data percobaan dapat ditentukan uji simultan melalui fitur bantu hitung di excel menjadi :

Tabel 8 Data Statistik Uji F

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	3	20,9438	6,9813	3,4189	0,0277
Residual	35	71,4688	2,0420		
Total	38	92,4126			

Dilihat dari kolom signifikansi F pada tabel 6 diatas, nilai F hitung yang didapat sebesar 0,0277 yang artinya lebih kecil dari nilai tingkat signifikansi 0,05. Dapat disimpulkan bahwa variabel P (pH), Q (NV), dan R (*ampere*) secara bersama-sama memiliki pengaruh terhadap variabel Y (*thickness*).

3.2.4 Persamaan Regresi Linear Berganda

Regresi merupakan suatu persamaan dengan bentuk :

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 \dots\dots\dots(1)$$

Dengan nilai X dianggap sebagai *variable bebas (independent)* dari data yang dimiliki, maka persamaan regresi linear penelitian ini dapat dituliskan menjadi :

$$Y = a + bP + cQ + dR \dots\dots\dots(2)$$

Nilai masing – masing koefisien dari persamaan 2 dapat cari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\partial[(a+bP+cQ+dR-Y)^2]}{\partial(Z)} = 0 \dots\dots\dots(3)$$

Jika Z diasumsikan nilai koefisien yang dicari. Maka koefisien dapat dihitung menggunakan microsoft excel 2019, nilai koefisien dapat dilihat pada kolom *Coefisien* pada tabel 5. Persamaan regresi linear berganda yang didapat yaitu :

$$Y = 69,9000 + 8,0647P - 0,0504Q + 0,0203R \dots\dots\dots(4)$$

3.2.5 Rata – rata Kuadran Kesalahan

RMSE dapat dihitung melalui rumus :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{39} (y - y')^2}{n}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana y' merupakan hasil aktual dari data setelah dimasukan dengan persamaan (5), maka dapat dituliskan dalam tabel menjadi :

Tabel 9 Perhitungan Hasil Aktual RSME

No	Thickness (Y)	pH (P)	NV (Q)	Kuat Arus (R)	Y'	(Y – Y') ²	No	Thickness (Y)	pH (P)	NV (Q)	Kuat Arus (R)	Y'	(Y – Y') ²
1	24,572	6,21	15,35	220	25,058	0,237	21	26,913	6,17	15,33	253	26,050	0,746
2	25,026	6,20	15,20	289	26,532	2,268	22	24,934	6,15	15,21	230	25,738	0,646
3	26,207	6,15	15,71	230	25,763	0,196	23	28,389	6,17	15,08	281	26,606	3,178
4	24,798	6,15	15,65	220	25,557	0,577	24	29,037	6,18	15,57	279	26,509	6,391
5	26,375	6,15	15,51	219	25,530	0,714	25	26,221	6,15	15,25	250	26,146	0,006
6	25,307	6,16	15,38	245	25,971	0,440	26	28,246	6,18	15,36	296	26,844	1,967
7	24,369	6,15	15,28	220	25,539	1,368	27	26,318	6,13	15,22	275	26,814	0,245
8	27,182	6,15	15,04	297	27,090	0,009	28	29,352	6,13	15,02	224	25,768	12,843
9	26,186	6,12	15,54	220	25,794	0,154	29	27,121	6,16	15,60	315	27,403	0,079
10	25,396	6,20	15,40	278	26,319	0,852	30	25,275	6,15	15,54	235	25,856	0,338
11	27,231	6,21	15,64	285	26,393	0,703	31	26,274	6,15	15,50	305	27,275	1,003
12	27,147	6,09	15,15	188	25,366	3,169	32	28,907	6,13	15,43	278	26,885	4,089
13	26,634	6,16	15,77	230	25,686	0,900	33	28,319	6,11	15,30	325	27,994	0,105
14	26,679	6,22	15,63	282	26,251	0,184	34	22,986	6,16	15,20	230	25,657	7,134
15	25,573	6,21	15,51	289	26,467	0,800	35	24,576	6,10	15,09	287	27,293	7,381
16	24,301	6,21	15,37	230	25,262	0,923	36	26,520	6,19	15,00	250	25,811	0,503
17	26,269	6,22	15,23	289	26,372	0,011	37	25,195	6,10	15,49	210	25,750	0,308
18	27,735	6,20	15,71	306	26,903	0,692	38	27,121	6,09	15,36	328	28,219	1,205
19	26,035	6,15	15,60	250	26,164	0,017	39	22,772	6,16	15,56	230	25,675	8,426
20	27,904	6,16	15,46	300	27,091	0,660	Σ	1025,402	240,23	600,24	10168	1025,402	71,469

Berdasarkan tabel 9 sebagai tabel bantu hitung RMSE maka dapat disubstitusikan dengan persamaan (5).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{39} (y - \hat{y})^2}{n}}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{71,47}{39}}$$

$$RMSE = \sqrt{1,8325}$$

$$RMSE = 1,3537$$

Maka error yang ditemukan dalam metode regresi linear berganda data percobaan ini sebanyak $\pm 1,3537$, dapat dikatakan bahwa nilai berada dalam interval $-1,3537$ sampai $+1,3537$ atau dapat dituliskan menjadi :

$$Y = 69,9000 + 8,0647P - 0,0504Q + 0,0203R \pm 1,3575 \dots \dots \dots (6)$$

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan pemodelan ED *coating* pada rangka sepeda motor matic yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- Metode pengecatan yang dilakukan berupa *cathodic electrodeposition coating*
- Penggunaan metode regresi linear berganda ini dinilai dapat mengetahui hubungan antara masing – masing variable.
- Faktor mempengaruhi yang mempengaruhi adalah kuat arus listrik yang berada pada tangki pengecatan melalui uji t student dengan dibandingkan nilai signifikansi sebesar 5%. Hal ini dikarenakan hasil probabilitas uji t pada variable R sebesar 0,0040. Nilai $0,0040 < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa variable R memiliki pengaruh terhadap variable *dependent (thickness)*. Hasil hipotesis diperoleh dari persamaan regresi linear berganda atau persamaan (4) yaitu $Y = 69,9000 + 8,0647P - 0,0504Q + 0,0203R$.
- Nilai rata – rata error yang diketahui sebesar $\pm 1,3537$, maka persamaan akhir yang didapatkan pada hipotesis ini sesuai dengan persamaan (6) atau dapat dituliskan $Y = 69,9000 + 8,0647P - 0,0504Q + 0,0203R \pm 1,3575$.

5. Daftar Pustaka

- [1] J. Ghosh, N. S. Rupanty, T. Noor, T. R. Asif, T. Islam, and V. Reukov, “Functional coatings for textiles: advancements in flame resistance, antimicrobial defense, and self-cleaning performance,” *RSC Adv*, vol. 15, no. 14, pp. 10984–11022, 2025, doi: 10.1039/D5RA01429H.
- [2] M. Maulana and N. Cholis, “ANALISIS PERAN MAINTENANCE PADA PROSES CATHODIC ELECTRO DEPOSITION (CED),” *Bina Teknika*, vol. 14, no. 2, p. 163, Dec. 2018, doi: 10.54378/bt.v14i2.359.
- [3] S. Sen, A. Chatterjee, D. Ramakanth, S. Singh, and P. K. Maji, “Recent advances in cathodic electrodeposition coatings with special reference to resin materials: A comprehensive review,” *Prog Org Coat*, vol. 190, p. 108387, May 2024, doi: 10.1016/j.porgcoat.2024.108387.
- [4] R. A. Pradana, “Pengaruh Jarak Anoda - Katoda dan Waktu Coating (Pelapisan) Stainless Steel 304 Dengan Silika Secara Deposisi Electroforeses Untuk Pelindungan Korosi,” Undergraduate Thesis, Universitas Islam Riau, Riau, 2021.
- [5] E. W. M. Manalu, “Perpindahan Penggunaan Jenis Sepeda Motor Untuk Memprediksi Pangsa Pasar Sepeda Motor Pada Kalangan Mahasiswa Stimolog dan Poltekpos,” *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, vol. 2, no. 11, pp. 384–388, 2024, Accessed: Jan. 30, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.kolibi.org/index.php/scientica/article/view/2886>
- [6] R. P. Candra, M. Yazid Bustomi, and A. R. Aisy, “Analisa Parameter Proses Oven Terhadap Kualitas Cat Dengan Metode Taguchi,” *Neutral: Journal of Engineering*, vol. 1, no. 1, 2023, doi: 10.22441/nje.xxx.

- [7] M. Sofian *et al.*, “PERLINDUNGAN KOROSI DI PERKAPALAN,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, vol. 22, no. 2, pp. 50–56, 2022, doi: <https://doi.org/10.15294/jptm.v22i2.41485>.
- [8] A. A. Masule, “Review of Craters in Cathodic Electrodeposition Coatings and their Different Causes,” *Paint & Coating Industry*.
- [9] G. Pamungkas, Sutrisno, and Sudarno, “Pengaruh Ekstrak Daun Melinjo Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja,” vol. 8, 2023.
- [10] K. A. Pamungkas, Prof. Dr. drg. W. Siswomihardjo, and Dr. drg. S. Sunarintyas, “Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Saliva Asam Terhadap Konsentrasi Pelepasan Ion Nikel (Ni) Pada Aloir Stainless Steel 316L,” Undergraduate Thesis, Universitas Gadjah Mada, 2018.
- [11] N. Islahudin, “TEKNOLOGI PROSES PENGECATAN MENGGUNAKAN SISTEM ATOMISASI PADA PRODUK BERBAHAN PLASTIK DI INDUSTRI PERAKITAN SEPEDA MOTOR,” *SINTEK : Jurnal Mesin Teknologi*, vol. 13, no. 1, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek>
- [12] M. Fuad, M. Hasan, and Z. Abidin, “PROSES ELECTRO PLATING,” 2020.
- [13] B. E. Arievtya and N. S. Drastiawati, “Analisis Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Laju Korosi Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah ST41 Dengan Pelapis Nikel,” *JTM: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 11, no. 03, pp. 67–74, 2023, doi: <https://doi.org/10.26740/jtm.v11n03.p67-74>.