

BAB V

PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA

5.1 Metode Pengujian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat *Coil winder* otomatis dalam menghasilkan gulungan *Coil* yang konsisten dan merata. Pengujian difokuskan pada hasil *winding* yang dihasilkan oleh sistem, baik dari sisi karakteristik elektrik maupun distribusi fisik gulungan pada spool.

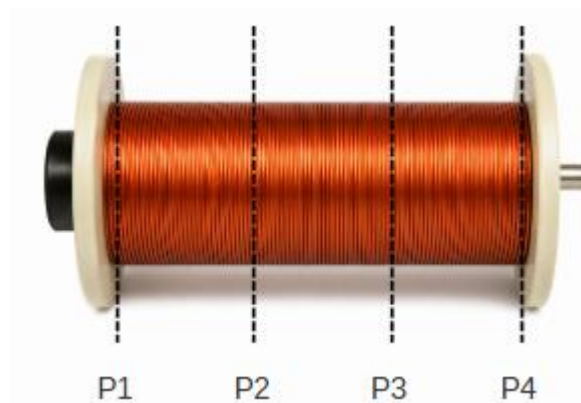
Pada proses pengujian digunakan kawat email tembaga dengan diameter 0,15 mm dan kawat email tembaga 0,30 mm sebagai material utama *winding*. Pemilihan diameter kawat tersebut dilakukan karena ukuran tersebut umum digunakan pada proses pembuatan *Coil* skala kecil serta masih sesuai dengan kemampuan mekanik alat yang telah dirancang.

Jumlah sampel yang digunakan pada proses pengujian sebanyak 20 spool *Coil*. Sampel dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan jenis spool yang digunakan, yaitu tembaga 0.15 mm merk A dan tembaga 0,15 mm merk B. Sampel nomor 1 sampai 8 menggunakan tembaga merk A masing masing 1000 lilitan, sampel nomor 9 sampai 15 menggunakan tembaga merk B masing masing 1000 lilitan, dan sampel 16 sampai 20 menggunakan tembaga 0,30 mm masing masing 300 lilitan. Penggunaan dua jenis tembaga 0,15 mm ditujukan agar melihat kekonsistenan nilai pengukuran. Sedangkan penggunaan tembaga 0,30 mm digunakan untuk menguji fungsi alat ke tembaga ukuran yang berbeda.

Pada setiap spool dilakukan dua jenis pengujian utama, yaitu pengujian resistansi *Coil* dan pengujian distribusi gulungan. Pengujian resistansi dilakukan menggunakan multimeter digital untuk mengetahui konsistensi nilai resistansi hasil *winding* pada setiap sampel *Coil*. Sedangkan pengujian distribusi gulungan dilakukan dengan mengukur kondisi fisik gulungan pada beberapa titik pengamatan di sepanjang spool menggunakan jangka sorong.

Untuk proses pengukuran distribusi gulungan dapat dilihat di Gambar 5-1, spool dibagi menjadi tiga bagian sama besar menggunakan sekat pembatas sehingga diperoleh empat titik pengukuran, yaitu:

- P1 : bagian ujung kanan spool
- P2 : bagian sekat kanan
- P3 : bagian sekat kiri
- P4 : bagian ujung kiri spool



Gambar 5. 1 Titik Pengukuran Distribusi Coil

Pengukuran pada titik tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat pemerataan distribusi lilitan yang dihasilkan oleh sistem pengarah kawat selama proses *winding* berlangsung.

Selain pengambilan data hasil pengujian, penelitian ini juga melakukan analisis statistik terhadap data yang diperoleh. Analisis dilakukan menggunakan metode rata-rata, standar deviasi, dan persentase error. Metode tersebut digunakan untuk mengevaluasi tingkat konsistensi hasil *winding*, tingkat kesalahan sistem, serta performa alat dalam menghasilkan distribusi *Coil* yang merata dan stabil.

Spesifikasi pengujian yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 5-1 berikut.

Tabel 5- 1 Parameter Penujian Alat

No	Parameter Pengujian	Keterangan
1	Jenis alat	<i>Coil Winder</i> Otomatis
2	Jenis kawat	Kawat email tembaga
3	Diameter kawat	0,15 mm dan 0,30 mm
4	Jumlah sampel	20 spool
5	Jenis spool	Merk A dan Merk B
6	Parameter pengujian	Resistansi dan distribusi <i>Coil</i>
7	Titik pengukuran distribusi	P1, P2, P3, P4
8	Alat ukur resistansi	Multimeter digital
9	Metode analisis	Mean, standar deviasi, error (%)

5.2 Pengujian Resistansi *Coil*

Pengujian resistansi *Coil* dilakukan untuk mengetahui tingkat konsistensi hasil *winding* yang dihasilkan oleh alat *Coil winder* otomatis. Nilai resistansi digunakan sebagai parameter pengujian karena dipengaruhi oleh panjang kawat, jumlah lilitan, serta karakteristik material kawat yang digunakan. Semakin kecil penyimpangan nilai resistansi antar sampel, maka semakin baik tingkat konsistensi alat dalam menghasilkan *Coil*.

Pengujian dengan menggunakan jumlah lilitan berbeda untuk diameter yang berbeda pasti akan menimbulkan ketimpangan nilai yang sangat besar. Oleh karena itu akan dilakukan pengujian tambahan dimana nilai jumlah lilitan akan disamakan antara 0.15 mm dan 0.30 mm di angka 300 lilitan. Hasil dari pengujian tambahan ini dapat dilihat di Lampiran 21.

5.2.1 Data Hasil Pengujian Resistansi

Pengukuran resistansi dilakukan menggunakan multimeter digital setelah proses *winding* selesai dilakukan. Hasil pengukuran resistansi *Coil* ditunjukkan pada Tabel 5.2. Foto pengukuran resistansi hasil coil ada di Lampiran 1 sd. Lampiran 20.

Tabel 5- 2 Data Hasil Pengujian Resistansi *Coil*

No	Ukuran Kawat/Merk	Resistansi (Ω)
1	0,15 mm/A	64,7
2		65,2
3		64,6
4		64,8
5		65,2
6		63,6
7		63,6
8		64,5
9	0,15 mm/B	66,4
10		66,4
11		66,8
12		67,4
13		66,6
14		66,5
15		66,4
16	0,30 mm	5,0
17		5,0
18		5,0
19		5,0
20		5,0

Berdasarkan data hasil pengujian terlihat bahwa nilai resistansi *Coil* yang menggunakan kawat tembaga merk A berada pada rentang 63,4 Ω hingga 65,1 Ω , dan nilai resistansi *Coil* yang menggunakan kawat tembaga merk B berada pada rentang 66,2 Ω hingga 67,7 Ω . Perbedaan rentang nilai resistansi tersebut menunjukkan bahwa karakteristik material kawat yang digunakan dapat mempengaruhi nilai resistansi akhir *Coil* yang dihasilkan. Sedangkan pada pengujian kawat email 0,30 mm resistansi dari

lilitan bernilai sama yaitu 5Ω yang menunjukkan bahwa hasil dari lilitan sangat konsisten.

5.2.2 Analisis Resistansi Coil

Analisis resistansi dilakukan menggunakan parameter rata-rata, standar deviasi, dan persentase error untuk mengetahui tingkat konsistensi hasil *winding* pada masing-masing jenis kawat.

1. Analisis Kerataan Nilai Resistansi

Nilai rata-rata resistansi dihitung menggunakan Persamaan 2-1, diperoleh :

- a. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk A

$$\bar{x}R_A = 64,525\Omega$$

- b. Kawat Tembaga 0,15mm Merk B

$$\bar{x}R_B = 66,643 \Omega$$

- c. Kawat Tembaga 0,30 mm

$$\bar{x}R_C = 5 \Omega$$

Tabel 5- 3 Hasil Perhitungan Rata-rata Resistansi

Ukuran/Merk	Rata-rata Resistansi (Ω)
0,15 mm/A	64,525
0,15 mm/B	66,643
0,30 mm	5

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa kawat tembaga merk B menghasilkan rata-rata resistansi yang lebih tinggi dibandingkan kawat tembaga merk A. Perbedaan ini menunjukkan adanya pengaruh karakteristik material kawat terhadap nilai resistansi *Coil* yang dihasilkan.

2. Analisis Simpangan Nilai Resistansi

Standar deviasi digunakan untuk mengetahui tingkat penyebaran data terhadap nilai rata-rata. Semakin kecil nilai standar deviasi yang diperoleh, maka hasil *winding* yang dihasilkan semakin konsisten.

- a. Kawat Tembaga Merk A

Diketahui:

$$\bar{x}R_A = 64,525 \Omega$$

Perhitungan kuadrat selisih:

Tabel 5- 4 Perhitungan Kuadrat Selisih Tembaga 0,15 mm Merk A

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
64,7	0,175	0,031
65,2	0,675	0,456
64,6	0,075	0,006
64,8	0,275	0,076
65,2	0,675	0,456
63,6	-0,925	0,856
63,6	-0,925	0,856
64,5	-0,025	0,001
Total		2,736

Substitusi ke Persamaan 2-2 diperoleh nilai:

$$SD_{RA} = 0,625 \Omega$$

b. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk B

Diketahui:

$$\bar{x}R_B = 66,643 \Omega$$

Perhitungan kuadrat selisih:

Tabel 5- 5 Perhitungan Kuadrat Selisih Tembaga Merk A

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
,4	-0,243	0,059
66,4	-0,243	0,059
66,8	0,157	0,025

67,4	0,757	0,573
66,6	-0,043	0,002
66,5	-0,143	0,020
66,4	-0,243	0,059
Total		0,797

Substitusi ke Persamaan 2-2 diperoleh nilai:

$$SD_{RB} = 0,364 \Omega$$

c. Kawat Tembaga 0,30 mm

Diketahui:

$$\bar{x}R_C = 0 \Omega$$

Perhitungan kuadrat selisih :

Tabel 5- 6 Perhitungan Kuadrat Selisih Tembaga Merk A

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
5	0	0
5	0	0
5	0	0
5	0	0
5	0	0
Total		0

Substitusi ke Persamaan 2-2 diperoleh nilai:

$$SD_{RC} = 0 \Omega$$

Tabel 5- 7 Hasil Perhitungan Standar Deviasi

Ukuran/Merk	Standar Deviasi (Ω)
0,15 mm/A	0,625
0,15 mm/B	0,364
0,30 mm	0

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh standar deviasi sebesar $0,657 \Omega$ untuk kawat tembaga merk A dan $0,493 \Omega$ untuk kawat tembaga merk B. Nilai standar deviasi yang relatif kecil pada kedua kelompok menunjukkan bahwa alat *Coil winder* otomatis mampu menghasilkan nilai resistansi yang konsisten pada setiap proses *winding*. Selain itu, nilai standar deviasi yang lebih kecil pada kawat merk B menunjukkan bahwa hasil *winding* pada kelompok tersebut memiliki tingkat konsistensi yang sedikit lebih baik. Sedangkan pada kawat $0,30 \text{ mm}$ standar deviasi pada kawat adalah 0 . Ini karena nilai pengukuran resistansi gulungan kawat sangat stabil.

3. Analisis Persentase Error

Koefisien variasi (Coefficient of Variation/CV) digunakan untuk mengetahui tingkat konsistensi data resistansi terhadap nilai rata-ratanya. Koefisien variasi merupakan perbandingan antara standar deviasi dan nilai rata-rata yang dinyatakan dalam persen. Semakin kecil nilai CV yang diperoleh, maka tingkat konsistensi hasil *winding* yang dihasilkan alat semakin baik.

Koefisien variasi dihitung menggunakan Persamaan 2-3:

a. Kawat Tembaga $0,15 \text{ mm}$ Merk A

Diketahui:

$$SD_{RA} = 0,625 \Omega$$

$$\bar{x}R_A = 64,525 \Omega$$

Substitusi ke Persamaan 2-3 dan diperoleh hasil :

$$CV_{RA} = 0,969\%$$

b. Kawat Tembaga $0,15 \text{ mm}$ Merk B

Diketahui:

$$SD_{RB} = 0,364 \Omega$$

$$\bar{x}R_B = 66,643 \Omega$$

Substitusi ke Persamaan 2-3 dan diperoleh hasil :

$$CV_{RB} = 0,546\%$$

c. Kawat Tembaga $0,30 \text{ mm}$

Diketahui:

$$SD_{RC} = 0\Omega$$

$$\bar{x}R_C = 5\Omega$$

Substitusi ke Persamaan 2-3 dan diperoleh hasil :

$$CV_{RC} = 0\%$$

Tabel 5- 8 Hasil Perhitungan Koefisien Variasi

Ukuran/Merk	Rata-rata (Ω)	Standar Deviasi (Ω)	CV (%)
0,15 mm/A	64,525	0,625	0,969
0,15 mm/B	66,643	0,364	0,546
0,30 mm	5	0	0

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh koefisien variasi sebesar 0,96% untuk kawat tembaga merk A dan 0,546% untuk kawat tembaga merk B. Nilai CV pada kedua kelompok berada di bawah 1%, yang menunjukkan bahwa variasi data resistansi antar sampel sangat kecil.

Nilai koefisien variasi yang rendah menunjukkan bahwa alat *Coil winder* otomatis mampu menghasilkan *Coil* dengan tingkat konsistensi yang sangat baik. Selain itu, kawat tembaga merk B memiliki nilai CV yang lebih kecil dibandingkan kawat tembaga merk A, sehingga dapat dikatakan bahwa hasil *winding* pada kelompok kawat merk B sedikit lebih konsisten. Namun demikian, kedua kelompok masih menunjukkan tingkat konsistensi yang sangat baik karena memiliki nilai koefisien variasi di bawah 1%. Sedangkan pada tembaga dengan ukuran 0,30 mm CV yang terhitung adalah 0%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai pengukuran resistansi pada kawat 0,30 mm sangat stabil dengan nilai ukur yang sama.

Secara keseluruhan, hasil analisis koefisien variasi memperkuat hasil analisis rata-rata dan standar deviasi sebelumnya, bahwa alat *Coil winder* otomatis mampu menghasilkan *Coil* dengan karakteristik resistansi yang seragam dan stabil pada setiap proses *winding*.

5.3 Pengujian Distribusi *Coil*

Pengujian distribusi lilitan *Coil* dilakukan untuk mengetahui tingkat pemerataan hasil *winding* yang dihasilkan oleh alat *Coil winder* otomatis. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem pengarah kawat dalam mendistribusikan lilitan secara merata pada seluruh bagian spool selama proses *winding* berlangsung.

Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong dengan mengukur diameter luar *Coil* pada empat titik pengukuran yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu P1, P2, P3, dan P4. Titik P1 berada pada ujung kanan spool, titik P2 berada pada sekat kanan, titik P3 berada pada sekat kiri, dan titik P4 berada pada ujung kiri spool. Pengukuran pada beberapa titik dilakukan untuk mengetahui tingkat keseragaman distribusi lilitan yang dihasilkan oleh sistem. Foto pengukuran untuk pengujian distribusi coil ada di Lampiran 1 sd. Lampiran 20.

Semakin kecil perbedaan diameter antar titik pengukuran, maka distribusi lilitan yang dihasilkan dapat dikatakan semakin merata. Sebaliknya, apabila terdapat perbedaan diameter yang cukup besar antar titik pengukuran, maka hal tersebut menunjukkan adanya ketidakseimbangan distribusi lilitan selama proses *winding* berlangsung.

5.3.1 Data Distribusi Lilitan *Coil*

Data distribusi lilitan *Coil* diperoleh dengan mengukur diameter luar *Coil* pada setiap titik pengukuran menggunakan jangka sorong. Hasil pengukuran distribusi lilitan ditunjukkan pada Tabel 5-8.

Tabel 5- 9 Data Distribusi Lilitan *Coil*

No	Ukuran/Merk	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	P4 (mm)
1	0,15 mm/A	21,40	21,40	20,75	20,75
2	0,15 mm/A	21,00	21,15	20,75	20,70
3	0,15 mm/A	21,50	21,50	20,75	20,75
4	0,15 mm/A	21,50	21,30	21,00	20,75

5	0,15 mm/A	22,00	21,45	21,00	20,60
6	0,15 mm/A	21,35	21,15	20,80	20,75
7	0,15 mm/A	21,60	21,40	21,85	21,80
8	0,15 mm/A	21,30	21,10	20,75	20,75
9	0,15 mm/B	22,00	21,80	21,20	20,80
10	0,15 mm/B	22,20	21,75	20,90	20,80
11	0,15 mm/B	22,00	21,50	21,00	20,70
12	0,15 mm/B	22,10	21,25	21,00	20,85
13	0,15 mm/B	22,00	21,65	21,00	21,00
14	0,15 mm/B	22,00	21,65	21,00	20,40
15	0,15 mm/B	22,00	21,90	20,90	20,75
16	0,30 mm	21.9	21.9	21.3	21
17	0,30 mm	21.4	21.4	20.95	21.9
18	0,30 mm	21.8	21.2	21.2	20.85
19	0,30 mm	21.55	21.55	20.9	20.85
20	0,30 mm	21.8	21.8	20.85	20.2

Berdasarkan hasil pengukuran terlihat bahwa diameter *Coil* pada titik P1 cenderung memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan titik pengukuran lainnya. Sementara itu titik P4 cenderung memiliki diameter yang lebih kecil. Kondisi ini menunjukkan adanya kecenderungan distribusi lilitan yang lebih banyak berada pada sisi kanan spool dibandingkan sisi kiri spool.

5.3.2 Analisis Distribusi Lilitan *Coil*

Analisis distribusi lilitan dilakukan untuk mengetahui tingkat pemerataan hasil *winding* pada masing-masing kelompok kawat tembaga. Analisis dilakukan menggunakan rata-rata diameter pada setiap titik pengukuran dan selisih distribusi diameter pada setiap *Coil*.

1. Analisis Rata-rata Diameter Titik Pengukuran

Nilai rata-rata diameter dihitung menggunakan Persamaan 2-1.

a. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk A

Pengukuran titik P1 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh :

$$\bar{x}_{P_1A} = 21,46 \text{ mm}$$

Pengukuran titik P2 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_2A} = 21,31 \text{ mm}$$

Pengukuran titik P3 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_3A} = 20,96 \text{ mm}$$

Pengukuran titik P4 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_4A} = 20,86 \text{ mm}$$

Tabel 5- 10 Rata-rata Diameter Kawat Tembaga Merk A

Titik Pengukuran	Total Diameter (mm)	Rata-rata (mm)
P1	171,65	21,46
P2	170,45	21,31
P3	167,65	20,96
P4	166,85	20,86

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa titik P1 memiliki rata-rata diameter terbesar yaitu 21,46 mm, sedangkan titik P4 memiliki rata-rata diameter terkecil yaitu 20,86 mm. Selisih rata-rata antara kedua titik tersebut sebesar 0,60 mm.

b. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk B

Pengukuran titik P1 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_1B} = 22,04 \text{ mm}$$

Pengukuran titik P2 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_2B} = 21,64 \text{ mm}$$

Pengukuran titik P3 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_3B} = 21,00 \text{ mm}$$

Pengukuran titik P4 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_2B} = 20,76 \text{ mm}$$

Tabel 5- 11 Rata-rata Diameter Kawat Tembaga Merk B

Titik Pengukuran	Total Diameter (mm)	Rata-rata (mm)
P1	154,30	22,04
P2	151,80	21,69
P3	147,00	21,00
P4	145,30	20,76

c. Kawat Tembaga 0,30 mm

Pengukuran titik P1 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_2C} = 21,69 \text{ mm}$$

Pengukuran titik P2 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_2C} = 21,57 \text{ mm}$$

Pengukuran titik P3 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_2C} = 21,04 \text{ mm}$$

Pengukuran titik P4 disubstitusi ke Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}_{P_2C} = 20,76 \text{ mm}$$

Tabel 5- 12 Rata-rata Diameter Kawat Tembaga Merk B

Titik Pengukuran	Total Diameter (mm)	Rata-rata (mm)
P1	108,45	21,69
P2	107,85	21,57
P3	105,2	21,04
P4	108,8	20,76

2. Analisis Keseimbangan Distribusi Lilitan

Analisis konsistensi distribusi dilakukan untuk mengetahui tingkat keseragaman diameter *Coil* pada titik pengukuran yang sama antar sampel. Parameter yang

digunakan adalah standar deviasi. Semakin kecil nilai standar deviasi, maka semakin konsisten distribusi lilitan yang dihasilkan oleh alat.

Standar deviasi dihitung menggunakan persamaan berikut.

- a. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk A Titik P1

Diketahui :

$$\bar{x}_{P_1A} = 21,46 \text{ mm}$$

Tabel 5- 13 Tabel Perhitungan SD P1 Kawat Tembaga 0,15 mm Merk A

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
21,40	-0,06	0,0036
21,00	-0,46	0,2116
21,50	0,04	0,0016
21,50	0,04	0,0016
22,00	0,54	0,2916
21,35	-0,11	0,0121
21,60	0,14	0,0196
21,30	-0,16	0,0256
Jumlah		0,5673

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SD_{P_1A} = 0,285 \text{ mm}$$

- b. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk A Titik P2

Diketahui :

$$\bar{x}_{P_2A} = 21,31 \text{ mm}$$

Tabel 5- 14 Tabel Perhitungan SD P2 Tembaga 0,15 mm Merk A

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
21,40	-0,06	0,0036
21,00	-0,46	0,2116
21,50	0,04	0,0016

21,50	0,04	0,0016
22,00	0,54	0,2916
21,35	-0,11	0,0121
21,60	0,14	0,0196
21,30	-0,16	0,0256
Jumlah		0,5673

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_2A = 0,155mm$$

- c. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk A Titik P3

Diketahui :

$$\bar{x}P_3A = 20,96 \text{ mm}$$

Tabel 5- 15 Tabel Perhitungan SD P3 Tembaga 0,15 mm Merk A

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
20,75	-0,21	0,0441
20,75	-0,21	0,0441
20,75	-0,21	0,0441
21,00	0,04	0,0016
21,00	0,04	0,0016
20,80	-0,16	0,0256
21,85	0,89	0,7921
20,75	-0,21	0,0441
Jumlah		0,9973

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_3A = 0,377mm$$

- d. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk A Titik P4

Diketahui :

$$\bar{x}P_4A = 20,86 \text{ mm}$$

Tabel 5- 16 Tabel Perhitungan SD P4 Tembaga 0,15 mm Merk A

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
20,75	-0,11	0,0121
20,70	-0,16	0,0256
20,75	-0,11	0,0121
20,75	-0,11	0,0121
20,60	-0,26	0,0676
20,75	-0,11	0,0121
21,80	0,94	0,8836
20,75	-0,11	0,0121
Jumlah		1,0373

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_4A = 0,385mm$$

- e. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk B Titik P1

Diketahui :

$$\bar{x}P_1B = 22,04 \text{ mm}$$

Tabel 5- 17 Tabel Perhitungan SD P1 Tembaga 0,15 mm Merk B

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
22,00	-0,04	0,0016
22,20	0,16	0,0256
22,00	-0,04	0,0016
22,10	0,06	0,0036
22,00	-0,04	0,0016
22,00	-0,04	0,0016
22,00	-0,04	0,0016
Jumlah		0,0372

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_1B = 0,079mm$$

f. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk B Titik P2

Diketahui :

$$\bar{x}P_2B = 21,64 \text{ mm}$$

Tabel 5- 18 Tabel Perhitungan SD P2 Tembaga 0,15 mm Merk B

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
21,80	0,16	0,0256
21,75	0,11	0,0121
21,50	-0,14	0,0196
21,25	-0,39	0,1521
21,65	0,01	0,0001
21,65	0,01	0,0001
21,90	0,26	0,0676
Jumlah		0,2772

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_2B = 0,215mm$$

g. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk B Titik P3

Diketahui :

$$\bar{x}P_3B = 21,00mm$$

Tabel 5- 19 Tabel Perhitungan SD P3 Tembaga 0,15 mm Merk B

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
20,80	0,04	0,0016
20,80	0,04	0,0016
20,70	-0,06	0,0036
20,85	0,09	0,0081
21,00	0,24	0,0576

20,40	-0,36	0,1296
20,75	-0,01	0,0001
Jumlah		0,2022

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_3B = 0,100mm$$

- h. Kawat Tembaga 0,15 mm Merk B Titik P4

Diketahui :

$$\bar{x}P_3B = 20,76 \text{ mm}$$

Tabel 5- 20 Tabel Perhitungan SD P4 Tembaga 0,15 mm Merk B

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
20,80	0,04	0,0016
20,80	0,04	0,0016
20,70	-0,06	0,0036
20,85	0,09	0,0081
21,00	0,24	0,0576
20,40	-0,36	0,1296
20,75	-0,01	0,0001
Jumlah		0,2022

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_4B = 0,184mm$$

- i. Kawat Tembaga 0,30mm Titik P1

Diketahui :

$$\bar{x}P_1C = 21,69 \text{ mm}$$

Tabel 5- 21 Tabel Perhitungan SD P1 Tembaga 0,15 mm Merk B

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
21,90	0,21	0,0441
21,40	-0,29	0,0841

21,80	0,11	0,0121
21,55	-0,14	0,0196
21,80	0,11	0,0121
Jumlah		0,1720

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_1C = 0,207mm$$

- j. Kawat Tembaga Tembaga 0,30 mm Titik P2

Diketahui :

$$\bar{x}P_2C = 21,57 \text{ mm}$$

Tabel 5- 22 Tabel Perhitungan SD P2 Tembaga 0,15 mm Merk B

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
21,90	0,33	0,1089
21,40	-0,17	0,0289
21,20	-0,37	0,1369
21,55	-0,02	0,0004
21,80	0,23	0,0529
Jumlah		0,3280

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_2C = 0,286mm$$

- k. Kawat Tembaga Tembaga 0,30 mm Titik P3

Diketahui :

$$\bar{x}P_3C = 21,04mm$$

Tabel 5- 23 Tabel Perhitungan SD P3 Tembaga 0,15 mm Merk B

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
21,30	0,26	0,0676
20,95	-0,09	0,0081

21,20	0,16	0,0256
20,90	-0,14	0,0196
20,85	-0,19	0,0361
Jumlah		0,1570

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_3C = 0,198mm$$

1. Kawat Tembaga Tembaga 0,30 mm Titik P4

Diketahui :

$$\bar{x}P_3C = 20,76 \text{ mm}$$

Tabel 5- 24 Tabel Perhitungan SD P4 Tembaga 0,15 mm Merk B

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
21,00	0,24	0,0576
20,90	0,14	0,0196
20,85	0,09	0,0081
20,85	0,09	0,0081
20,20	-0,56	0,3136
Jumlah		0,4070

Substitusi ke Persamaan 2-2, diperoleh:

$$SDP_4C = 0,319mm$$

Tabel 5- 25 Tabel Perhitungan SD Keseluruhan

Titik	Mean 0,15mm/A (mm)	SD 0,15mm/A (mm)	Mean 0,15mm/B (mm)	SD 0,15mm/B (mm)	Mean 0,30mm (mm)	SD 0,30mm (mm)
P1	21,46	0,285	22,04	0,079	21,69	0,21
P2	21,31	0,155	21,64	0,219	21,57	0,29
P3	20,96	0,377	21,00	0,100	21,04	0,20

P4	20,86	0,385	20,76	0,189	20,76	0,32
----	-------	-------	-------	-------	-------	------

Berdasarkan hasil perhitungan standar deviasi, seluruh titik pengukuran pada pengujian kawat email 0,30 mm memiliki nilai standar deviasi kurang dari 0,35 mm. Nilai standar deviasi terkecil terdapat pada titik P3 sebesar 0,20 mm, sedangkan nilai terbesar terdapat pada titik P4 sebesar 0,32 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi diameter *Coil* antar pengujian relatif kecil sehingga alat *Coil winder* mampu menghasilkan distribusi lilitan yang konsisten pada setiap proses *winding*. Meskipun terdapat sedikit variasi pada titik P4, secara keseluruhan distribusi lilitan masih berada pada rentang yang seragam.

Jika dibandingkan dengan hasil pengujian menggunakan kawat email 0,15 mm merk A dan merk B, seluruh nilai standar deviasi yang diperoleh juga berada di bawah 0,5 mm. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengarah kawat pada alat *Coil winder* otomatis mampu mempertahankan konsistensi distribusi lilitan pada berbagai jenis kawat yang digunakan. Selain itu, kawat email 0,15 mm merk B menunjukkan nilai standar deviasi yang lebih rendah pada sebagian besar titik pengukuran dibandingkan kawat email 0,15 mm merk A, yang mengindikasikan tingkat konsistensi distribusi yang sedikit lebih baik. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu menghasilkan pola distribusi lilitan yang stabil dan berulang pada berbagai kondisi pengujian.

5.4 Analisis Ketelitian Alat

5.4.1 Ketelitian Distribusi *Coil* Kawat Tembaga 0,15 mm Merk A

Ketelitian distribusi *Coil* digunakan untuk mengetahui kemampuan sistem pengarah kawat dalam menghasilkan distribusi lilitan yang konsisten pada setiap proses *winding*. Analisis ketelitian dilakukan menggunakan metode Coefficient of Variation (CV), yaitu perbandingan antara standar deviasi terhadap nilai rata-rata hasil pengukuran. Semakin kecil nilai CV yang diperoleh, maka semakin tinggi tingkat ketelitian distribusi *Coil* yang dihasilkan.

1. Ketelitian Distribusi Titik P1

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_1A} = 21,46 \text{ mm}$$

$$SDP_{1A} = 0,285 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4, diperoleh:

$$CVP_{1A} = 1,33\%$$

$$Ketelitian_{P_1A} = 98,67\%$$

Tabel 5- 26 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P1

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_1A})	21,46 mm
Standar Deviasi (SDP_{1A})	0,285 mm
CVP_{1A}	1,33 %
$Ketelitian_{P_1A}$	98,67 %

2. Ketelitian Distribusi Titik P2

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_2A} = 21,31 \text{ mm}$$

$$SDP_{2A} = 0,155 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4, diperoleh:

$$CVP_{2A} = 0,73\%$$

$$Ketelitian_{P_2A} = 99,27\%$$

Tabel 5- 27 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P2

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_2A})	21,31 mm
Standar Deviasi (SDP_{2A})	0,155 mm
CVP_{2A}	0,73 %
$Ketelitian_{P_2A}$	99,27 %

3. Ketelitian Distribusi Titik P3

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_3A} = 20,96 \text{ mm}$$

$$SDP_{3A} = 0,377 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4, diperoleh:

$$CVP_{3A} = 1,80\%$$

$$Ketelitian_{P_3A} = 98,20\%$$

Tabel 5- 28 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P3

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_3A})	20,96 mm
Standar Deviasi (SDP_{3A})	0,377 mm
CVP_{3A}	1,80 %
$Ketelitian_{P_3A}$	98,20 %

4. Ketelitian Distribusi Titik P4

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_4A} = 20,86 \text{ mm}$$

$$SDP_{4A} = 0,385 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4, diperoleh:

$$CVP_{4A} = 1,85\%$$

$$Ketelitian_{P_4A} = 98,15\%$$

Tabel 5- 29 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P3

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_4A})	20,86 mm
Standar Deviasi (SDP_{4A})	0,385 mm
CVP_{4A}	1,85 %
$Ketelitian_{P_4A}$	98,15 %

Tabel 5- 30 Rekapitulasi Ketelitian Distribusi *Coil* Kawat Tembaga Email 0,15 mm Merk A

Titik Pengukuran	Mean (mm)	SD (mm)	CV (%)	Ketelitian (%)
P1	21,46	0,285	1,33	98,67
P2	21,31	0,155	0,73	99,27
P3	20,96	0,377	1,80	98,20
P4	20,86	0,385	1,85	98,15

Ketelitian rata-rata sistem dihitung menggunakan Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}Ketelitian = 98,57\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa nilai ketelitian distribusi *Coil* pada kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk A berada pada rentang 98,15% hingga 99,27%. Nilai ketelitian tertinggi diperoleh pada titik P2 sebesar 99,27%, sedangkan nilai ketelitian terendah diperoleh pada titik P4 sebesar 98,15%.

Perbedaan nilai ketelitian tersebut dipengaruhi oleh variasi hasil pengukuran pada masing-masing titik distribusi *Coil*. Titik P2 memiliki standar deviasi terkecil yaitu 0,155 mm sehingga menghasilkan nilai CV yang rendah dan ketelitian yang lebih tinggi. Sebaliknya, titik P4 memiliki standar deviasi terbesar yaitu 0,385 mm sehingga menghasilkan nilai ketelitian yang sedikit lebih rendah dibandingkan titik pengukuran lainnya.

Secara keseluruhan diperoleh nilai ketelitian rata-rata sebesar 98,57%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem pengarah kawat pada alat *Coil winder* otomatis mampu menghasilkan distribusi lilitan yang konsisten dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi pada pengujian menggunakan kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk A.

5.4.2 Ketelitian Distribusi *Coil* 0,15 mm Merk B

Ketelitian distribusi *Coil* pada kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk B dianalisis menggunakan metode Coefficient of Variation (CV). Metode ini digunakan untuk mengetahui tingkat variasi hasil pengukuran terhadap nilai rata-ratanya. Semakin kecil nilai CV yang diperoleh, maka semakin tinggi tingkat ketelitian distribusi *Coil* yang dihasilkan.

1. Ketelitian Distribusi Titik P1

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_1B} = 22,04 \text{ mm}$$

$$SDP_{1B} = 0,079 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4, diperoleh:

$$CVP_{1B} = 0,36\%$$

$$Ketelitian_{P_1B} = 99,64\%$$

Tabel 5- 31 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P1

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_1B})	22,04 mm
Standar Deviasi (SDP_{1B})	0,079 mm
CVP_{1B}	0,36 %
$Ketelitian_{P_1B}$	99,64 %

2. Ketelitian Distribusi Titik P2

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_2B} = 21,64 \text{ mm}$$

$$SDP_{2B} = 0,219 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4, diperoleh:

$$CVP_{2B} = 1,01\%$$

$$Ketelitian_{P_2B} = 98,99\%$$

Tabel 5- 32 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P2

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_2B})	21,64 mm
Standar Deviasi (SDP_{2B})	0,219 mm
CVP_{2B}	1,01 %
$Ketelitian_{P_2B}$	98,99 %

3. Ketelitian Distribusi Titik P3

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_3B} = 21,00 \text{ mm}$$

$$SDP_{3B} = 0,100 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4,diperoleh:

$$CVP_{3B} = 0,48\%$$

$$Ketelitian_{P_3B} = 99,52\%$$

Tabel 5- 33 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P3

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_3B})	21,00 mm
Standar Deviasi (SDP_{3B})	0,100 mm
CVP_{3B}	0,48 %
$Ketelitian_{P_3B}$	99,52 %

4. Ketelitian Distribusi Titik P4

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_4B} = 20,76 \text{ mm}$$

$$SDP_{4B} = 0,189 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4,diperoleh:

$$CVP_{4B} = 0,91\%$$

$$Ketelitian_{P_4B} = 99,09\%$$

Tabel 5- 34 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P4

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_4B})	20,76 mm
Standar Deviasi (SDP_{4B})	0,189 mm
CVP_{4B}	0,91 %
$Ketelitian_{P_4B}$	99,09 %

Tabel 5- 35 Rekapitulasi Ketelitian Distribusi *Coil* Kawat Tembaga Email 0,15 mm Merk B

Titik Pengukuran	Mean (mm)	SD (mm)	CV (%)	Ketelitian (%)
P1	22,04	0,079	0,36	99,64
P2	21,64	0,219	1,01	98,99
P3	21,00	0,100	0,48	99,52
P4	20,76	0,189	0,91	99,09

Ketelitian rata-rata sistem dihitung menggunakan Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}Ketelitian = 99,31\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa nilai ketelitian distribusi *Coil* pada kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk B berada pada rentang 98,99% hingga 99,64%. Nilai ketelitian tertinggi diperoleh pada titik P1 sebesar 99,64%, sedangkan nilai ketelitian terendah diperoleh pada titik P2 sebesar 98,99%.

Nilai ketelitian yang tinggi pada seluruh titik pengukuran menunjukkan bahwa variasi distribusi lilitan yang dihasilkan relatif kecil. Hal ini terlihat dari nilai standar deviasi yang seluruhnya berada di bawah 0,25 mm. Titik P1 memiliki standar deviasi terkecil yaitu 0,079 mm sehingga menghasilkan nilai CV paling rendah dan ketelitian tertinggi.

Secara keseluruhan diperoleh nilai ketelitian rata-rata sebesar 99,31%. Jika dibandingkan dengan kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk A yang memiliki ketelitian rata-rata sebesar 98,57%, maka kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk B menunjukkan tingkat ketelitian distribusi yang lebih tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alat *Coil winder* otomatis mampu menghasilkan distribusi lilitan yang sangat konsisten pada pengujian menggunakan kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk B.

5.4.3 Ketelitian Distribusi *Coil* 0,30 mm

Ketelitian distribusi *Coil* pada kawat tembaga email diameter 0,30 mm dianalisis menggunakan metode Coefficient of Variation (CV). Metode ini digunakan untuk

mengetahui tingkat variasi hasil pengukuran terhadap nilai rata-ratanya. Semakin kecil nilai CV yang diperoleh, maka semakin tinggi tingkat ketelitian distribusi *Coil* yang dihasilkan oleh alat.

1. Ketelitian Distribusi Titik P1

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_1C} = 21,69 \text{ mm}$$

$$SDP_{1C} = 0,21 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4, diperoleh:

$$CVP_{1C} = 0,97\%$$

$$Ketelitian_{P_1C} = 99,03\%$$

Tabel 5- 36 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P4

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_1C})	21,69 mm
Standar Deviasi (SDP_{1C})	0,21 mm
CVP_{1C}	0,97 %
$Ketelitian_{P_1C}$	99,03 %

2. Ketelitian Distribusi Titik P2

Diketahui:

$$\bar{x}_{P_2C} = 21,57 \text{ mm}$$

$$SDP_{2C} = 0,29 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4, diperoleh:

$$CVP_{2C} = 1,34\%$$

$$Ketelitian_{P_2C} = 98,66\%$$

Tabel 5- 37 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P4

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{x}_{P_2C})	21,57 mm
Standar Deviasi (SDP_{2C})	0,29 mm

CVP_2C	1,34 %
$KetelitianP_2C$	98,66 %

3. Ketelitian Distribusi Titik P3

Diketahui:

$$\bar{x}P_3C = 21,04 \text{ mm}$$

$$SDP_3C = 0,20 \text{ mm}$$

Hasil disubstitusikan ke Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4, diperoleh:

$$CVP_3C = 0,95\%$$

$$KetelitianP_3C = 95,05\%$$

Tabel 5- 38 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P4

Parameter	Nilai
Rata-rata ($\bar{x}P_3C$)	21,04 mm
Standar Deviasi (SDP_3C)	0,20 mm
CVP_3C	0,95 %
$KetelitianP_3C$	99,05 %

4. Ketelitian Distribusi Titik P4

Diketahui:

$$\bar{x}P_4C = 20,76 \text{ mm}$$

$$SDP_4C = 0,32 \text{ mm}$$

Perhitungan:

$$CVP_4C = 1,54\%$$

$$KetelitianP_4C = 98,46\%$$

Tabel 5- 39 Perhitungan Ketelitian Distribusi Titik P4

Parameter	Nilai
Rata-rata ($\bar{x}P_4C$)	20,76 mm
Standar Deviasi (SDP_4C)	0,32 mm

CVP_4C	1,54 %
$KetelitianP_4C$	98,46 %

Tabel 5- 40 Rekapitulasi Ketelitian Distribusi *Coil* Kawat Tembaga Email 0,30 mm

Titik Pengukuran	Mean (mm)	SD (mm)	CV (%)	Ketelitian (%)
P1	21,69	0,21	0,97	99,03
P2	21,57	0,29	1,34	98,66
P3	21,04	0,20	0,95	99,05
P4	20,76	0,32	1,54	98,46

Ketelitian rata-rata sistem dihitung menggunakan Persamaan 2-1 dan diperoleh:

$$\bar{x}Ketelitian = 98,80\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa nilai ketelitian distribusi *Coil* pada kawat tembaga email diameter 0,30 mm berada pada rentang 98,46% hingga 99,05%. Nilai ketelitian tertinggi diperoleh pada titik P3 sebesar 99,05%, sedangkan nilai ketelitian terendah diperoleh pada titik P4 sebesar 98,46%.

Perbedaan nilai ketelitian tersebut dipengaruhi oleh variasi distribusi lilitan pada masing-masing titik pengukuran. Titik P3 memiliki standar deviasi terkecil yaitu 0,20 mm sehingga menghasilkan nilai CV yang rendah dan ketelitian yang lebih tinggi. Sebaliknya, titik P4 memiliki standar deviasi terbesar yaitu 0,32 mm sehingga menghasilkan nilai ketelitian yang sedikit lebih rendah dibandingkan titik pengukuran lainnya.

Secara keseluruhan diperoleh nilai ketelitian rata-rata sebesar 98,80%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alat *Coil winder* otomatis mampu menghasilkan distribusi lilitan yang konsisten dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi pada pengujian menggunakan kawat tembaga email diameter 0,30 mm.

Jika dibandingkan dengan pengujian kawat tembaga email diameter 0,15 mm, nilai ketelitian yang diperoleh masih berada pada rentang yang sama, yaitu di atas 98%.

Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengarah kawat mampu mempertahankan konsistensi distribusi lilitan meskipun digunakan pada diameter kawat yang berbeda.

5.5 Pembahasan Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, alat *Coil winder* otomatis mampu menghasilkan *Coil* dengan tingkat konsistensi yang baik pada berbagai kondisi pengujian. Pengujian dilakukan menggunakan kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk A, kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk B, serta kawat tembaga email diameter 0,30 mm.

Pada pengujian resistansi *Coil*, diperoleh nilai rata-rata resistansi yang berbeda pada setiap kelompok pengujian. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh diameter kawat dan karakteristik material yang digunakan. Kawat tembaga email diameter 0,15 mm menghasilkan nilai resistansi yang lebih tinggi dibandingkan kawat tembaga email diameter 0,30 mm karena luas penampang konduktor yang lebih kecil. Meskipun demikian, seluruh kelompok pengujian menunjukkan nilai standar deviasi yang rendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses *winding* yang dilakukan oleh alat berlangsung secara konsisten dan berulang.

Hasil pengujian distribusi *Coil* juga menunjukkan bahwa sistem pengarah kawat mampu mendistribusikan lilitan secara relatif seragam pada seluruh sampel pengujian. Hal ini ditunjukkan oleh nilai standar deviasi yang kecil pada setiap titik pengukuran P1, P2, P3, dan P4. Variasi yang muncul pada beberapa titik pengukuran masih berada dalam rentang yang dapat diterima dan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bentuk *Coil* secara keseluruhan.

Pada pengujian menggunakan kawat tembaga email diameter 0,15 mm merk A dan merk B, distribusi lilitan yang dihasilkan menunjukkan pola yang relatif seragam. Selain itu, hasil pengujian menggunakan kawat tembaga email diameter 0,30 mm juga menunjukkan tingkat konsistensi yang baik dengan nilai standar deviasi yang rendah pada seluruh titik pengukuran. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem penggerak

dan mekanisme pengarah kawat mampu beradaptasi terhadap perbedaan diameter kawat yang digunakan.

Selama proses pengujian ditemukan bahwa kualitas distribusi lilitan dipengaruhi oleh sinkronisasi antara motor pemutar spool dan motor pengarah kawat. Ketidaksesuaian kecepatan gerak kedua motor dapat menyebabkan distribusi lilitan menjadi kurang merata pada beberapa bagian *Coil*. Namun setelah dilakukan penyesuaian parameter sistem, hasil *winding* yang diperoleh menunjukkan peningkatan konsistensi distribusi lilitan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat *Coil winder* otomatis yang dirancang telah mampu melakukan proses *winding* secara otomatis dengan tingkat konsistensi yang baik. Alat mampu menghasilkan *Coil* dengan karakteristik resistansi dan distribusi lilitan yang relatif seragam pada berbagai diameter kawat, sehingga tujuan penelitian untuk merancang dan merealisasikan sistem *Coil winder* otomatis dapat dikatakan telah tercapai.