

Evaluasi Spesifikasi Produk Relay di PT. Schneider Electric Manufacturing Batam

Andreas Dwi Susilo¹, Debora Anne Yang Aysia²

Abstract: Relay is one of several products that is produced by PT. Schneider Electric Manufacturing Batam. The biggest reject in relay is operating voltage reject (5.18%). Relay's operating voltage is related to the movement of armature to ferrite core, and moving terminal to fixed terminal. The movement is measured indirectly by four characteristics in relay product. They are flatness, height, length, and alignment. The problem is operating voltage reject is still occurred in relay product eventhough the four characteristics are within specification limit. Those characteristic are analyzed with linear regression in order to know the correlation between each characteristic with operating voltage. There are only three characteristics that have correlation with operating voltage. New spesification limit for each characteristic which is correlated with operating voltage is searched. Wilcoxon test is used as a tools to find the new spesification limit. The final result is operating voltage can be decreased by 4.88%.

Keywords: Linear Regression, Correlation, Wilcoxon Test

Pendahuluan

PT. Schneider Electric Manufacturing Batam (SEMB) adalah perusahaan yang memproduksi komponen listrik. Salah satu produk yang diproduksi adalah *relay Mirror Step 2 (MS2)*. Besar kecilnya *reject* produk yang diproduksi oleh SEMB dilihat dari *yield* yang didapat. *Yield* adalah presentase jumlah barang baik dari jumlah produksi total. *Yield relay MS2* tahun 2014 adalah 84,14% dengan target 95%. Penelitian difokuskan pada *relay* tipe empat *pole DC*. Presentase *reject relay* empat *pole DC* paling besar ada pada *reject operating voltage* (5,18%). Suatu *relay* dikatakan *reject operating voltage* jika *operating voltage* yang dihasilkan *relay* ada di luar rentang nilai 12 *volt* sampai 17,04 *volt*. *Operating voltage* dihasilkan oleh jarak dari pergerakan antara *armature* dengan *ferrite core* dan *moving terminal* dengan *fixed terminal*. Jarak tersebut selama ini diukur secara tidak langsung oleh empat karakteristik. Empat karakteristik tersebut adalah *flatness*, *height*, *length*, dan *allignment*. Setiap karakteristik memiliki nilai spesifikasi masing-masing, yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai spesifikasi masing-masing karakteristik

	Nilai Spesifikasi (mm)
<i>Flatness</i>	1,5 – 1,7
<i>Height</i>	27,5 – 27,7
<i>Length</i>	16,7 – 16,9
<i>Allignment</i>	0,05 - 0,15

Permasalahan yang didapat oleh SEMB adalah masih ditemukannya *reject operating voltage*, meskipun empat jenis karakteristik yang ada sudah masuk pada batas spesifikasi. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi hubungan antara empat karakteristik dengan *operating voltage*. Nilai spesifikasi dari empat karakteristik tersebut ditinjau ulang dengan tujuan mendapatkan nilai spesifikasi baru yang menghasilkan nilai *operating voltage* yang baik. *Operating voltage* yang baik memiliki nilai yang kecil dengan batas minimum 12 *volt*.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan produk *relay* sebagai *sample*. *Sample* yang diambil berjumlah 162 *sample*. *Sample* yang sudah diambil kemudian diukur untuk mengetahui nilai keempat karakteristik yang ada pada *relay*. Nilai keempat karakteristik diukur dengan alat yang sama di lantai *line inspector relay MS2*. Produk *relay* tersebut kemudian dicari nilai *operating voltage*-nya menggunakan *tester* yang ada pada lantai produksi. Data empat karakteristik dan *operating voltage* yang diambil kemudian diolah menggunakan regresi linear. Tujuan dari regresi linear tersebut adalah untuk mengetahui hubungan dari empat karakteristik dengan *operating voltage*.

Regresi linear adalah salah satu metode untuk mengetahui hubungan yang dimiliki antara variabel terikat dengan variabel bebas. Dilihat dari variabel bebas yang diteliti, regresi linear ada dua jenis. Regresi linear dengan satu variabel bebas dinamakan

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: andreas_dwis@yahoo.com, debbie@petra.ac.id

regresi linear sederhana. Regresi linear dengan dua atau lebih variabel bebas dinamakan regresi linear berganda. Menurut Montgomery dan Peck [1], regresi linear memiliki beberapa asumsi yang harus dipenuhi agar model regresi linear dapat digunakan. Asumsi tersebut adalah asumsi linearitas, data error harus independen, berdistribusi normal, dan memiliki varians yang konstan (homoskedastisitas). Regresi linear berganda memiliki asumsi tambahan yaitu multikolinearitas, atau tiap variabel bebas tidak boleh saling berkorelasi. Multikolinearitas dapat dianalisis dengan menggunakan metode *variance inflation factor* (VIF). Nilai VIF yang semakin besar menandakan korelasi antar variabel bebas yang semakin besar juga. Freund et. al. [2] mengatakan bahwa batas nilai VIF yang digunakan adalah 10.

Data yang didapat dari tahap pengumpulan data terkadang tidak dapat langsung memenuhi asumsi regresi linear. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan transformasi data. Salah satu metode transformasi data adalah metode *johnson transformation*. Menurut George [3], metode *johnson transformation* dapat digunakan untuk menstabilkan varians, membuat data ke bentuk normal, dan memperbaiki nilai fit dari model data yang diambil. *Johnson transformation* memiliki bentuk umum sebagai berikut.

$$Z = \gamma + \delta f \left(\frac{X-\xi}{\lambda} \right) \quad (1)$$

Dimana γ dan δ adalah parameter bentuk, λ adalah parameter skala, dan ξ adalah parameter lokasi. Bentuk umum tersebut kemudian dikembangkan menjadi tiga bentuk lain. Ketiga bentuk tersebut adalah bentuk lognormal, *bounded system*, dan *unbounded system*. Rumus dari bentuk lognormal adalah sebagai berikut.

$$Z = \gamma + \delta \ln \left(\frac{X-\xi}{\lambda} \right), X > \xi \quad (2)$$

Rumus dari *bounded system* adalah sebagai berikut.

$$Z = \gamma + \delta \ln \left(\frac{X-\xi}{\xi-\lambda-X} \right), \xi < X < \xi + \lambda \quad (3)$$

Rumus dari *unbounded system* adalah sebagai berikut.

$$Z = \gamma + \delta \ln \left[\left(\frac{X-\xi}{\lambda} \right) + \left\{ \left(\frac{X-\xi}{\lambda} \right)^2 + 1 \right\}^{\frac{1}{2}} \right], -\infty < X < \infty \quad (4)$$

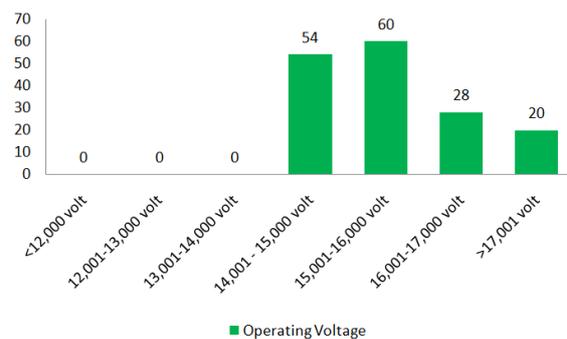
Penelitian kemudian dilanjutkan dengan mencari rentang nilai spesifikasi empat karakteristik yang dapat menghasilkan *operating voltage* yang baik. Cara yang dilakukan adalah membagi nilai spesifikasi empat karakteristik ke dalam tiga kelompok, yaitu kelompok minimum, nominal, dan maksimum. Data *operating voltage* yang sudah diambil kemudian juga digolongkan ke dalam kelompok empat karakteristik tersebut, sesuai dengan nilai karakteristik yang dimiliki oleh data *operating voltage*. Pencarian rentang nilai yang baru dilakukan dengan menguji data *operating voltage* pada tiap kelompok

karakteristik. Kelompok karakteristik yang menghasilkan *operating voltage* dibawah 16 volt dipilih menjadi rentang nilai yang baru. Pemilihan rentang nilai karakteristik yang baru tersebut menggunakan metode *one sample wilcoxon median test*.

One sample wilcoxon median test adalah salah satu metode nonparametrik untuk pengujian satu kelompok *sample*. Enns [4] mengatakan metode ini dipakai saat data yang didapat tidak berdistribusi normal, karena *one sample wilcoxon median test* tidak memerlukan asumsi distribusi normal. Kazmier [5] menunjukkan bahwa pengujian *one sample wilcoxon median test* dilakukan dengan mencari nilai selisih data dengan nilai yang diujikan. Nilai absolut dari selisih tersebut diubah menjadi nilai ranking. Nilai ranking yang ada kemudian dikelompokkan menjadi dua kelompok, positif dan negatif, sesuai dengan hasil selisih data dengan nilai uji. Nilai total kedua kelompok tersebut kemudian digunakan untuk pengujian data. Pengambilan keputusan tolak H_0 (median data \neq nilai uji) dilakukan ketika total rank paling kecil dari dua kelompok kurang dari nilai tabel *wilcoxon*.

Hasil dan Pembahasan

Hasil tes *operating voltage* pada 162 *sample* yang sudah diambil menunjukkan bahwa *operating voltage* yang dihasilkan relay ada pada batas atas spesifikasi *operating voltage*. Data *operating voltage* yang sudah didapat dapat dilihat pada Gambar 1.



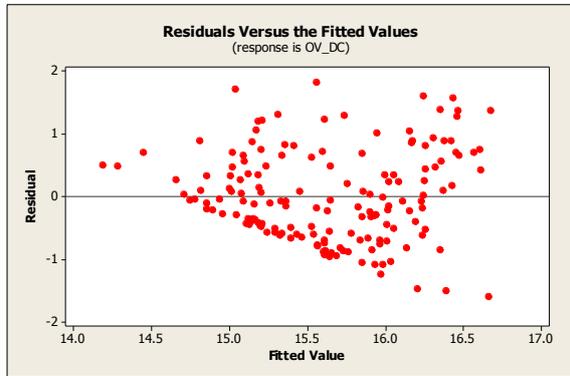
Gambar 1. Hasil tes *operating voltage*

Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan regresi linear untuk mengetahui hubungan antara empat karakteristik dengan *operating voltage*.

Hasil Regresi Linear

Pengolahan data menjadi model regresi linear dilakukan dengan bantuan *software minitab*. Hasil regresi linear yang didapat terlebih dahulu dilihat pemenuhan asumsinya supaya model regresi linear dapat digunakan. Semua pengujian asumsi yang di-

lakukan lolos uji kecuali pengujian asumsi homoskedastisitas. Hasil uji homoskedastisitas menunjukkan bahwa varians dari data residual tidak bersifat konstan. Hasil uji homoskedastisitas daat dilihat pada Gambar 2.



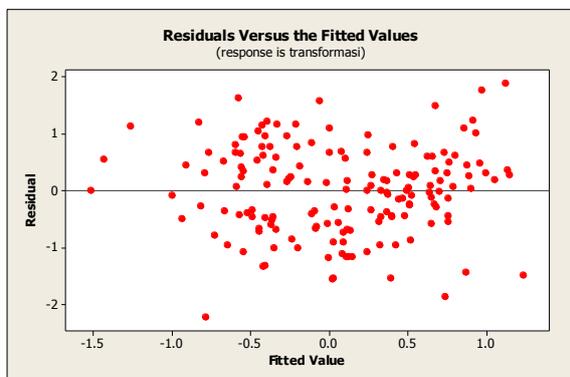
Gambar 2. Hasil uji homoskedastisitas

Hasil uji homoskedastisitas yang didapat menunjukkan bahwa ada pola yang terlihat dari plot *residual versus fit*. Pola yang dimaksud adalah semakin kecil residual yang didapat, maka nilai fit semakin besar. Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan transformasi data. Metode transformasi data yang digunakan adalah metode *johnson transformation*.

Johnson transformation yang dipakai merupakan hasil *output* dari *software Minitab*. Rumus transformasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$z = 0,804783 + 0,526176 \times \ln \left(\frac{x-14,6425}{18,0883-x} \right) \quad (5)$$

Nilai *operating voltage* diubah menjadi nilai transformasi sesuai dengan rumus transformasi yang didapat. Nilai transformasi tersebut kemudian diolah kembali untuk mendapatkan model regresi linear. Model regresi linear tersebut juga tidak langsung dipakai. Pengujian asumsi masih perlu dilakukan untuk memastikan model regresi linear bisa dipakai.



Gambar 3. Hasil uji homoskedastisitas nilai transformasi

Gambar 3 menunjukkan hasil uji homoskedastisitas dari nilai transformasi. Hasil yang didapat menun-

unjukkan bahwa tidak ada pola pada plot *residual versus fit* seperti pengujian pertama. Hal tersebut membuktikan bahwa transformasi data berhasil dilakukan. Asumsi lain juga terpenuhi dengan baik, sehingga model regresi linear dapat digunakan. Hubungan linear yang ada dari empat karakteristik secara keseluruhan dapat dilihat dari hasil ANOVA model regresi linear. Rumusan hipotesa yang digunakan adalah sebagai berikut.

H0: empat karakteristik secara bersama-sama tidak memiliki hubungan linear dengan *operating voltage* secara signifikan pada alfa 5%.

H1: empat karakteristik secara bersama-sama memiliki hubungan dengan linear *operating voltage* secara signifikan pada alfa 5%.

Hasil pengujian ANOVA model regresi linear dapat dilihat pada Gambar 4.

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	52.791	13.198	21.46	0.000
Residual Error	157	96.538	0.615		
Total	161	149.329			

Gambar 4. Hasil ANOVA regresi linear

Hasil ANOVA dari regresi linear menunjukkan nilai *P-value* yang didapat adalah 0. Nilai tersebut kurang dari nilai alfa 5% yang sudah ditentukan. Hasil tersebut menunjukkan empat karakteristik secara bersama-sama memiliki hubungan linear dengan *operating voltage* secara signifikan. Hubungan masing-masing karakteristik dengan *operating voltage* dapat dilihat pada pengujian *t-test* pada regresi linear. Rumusan hipotesa yang dipakai adalah sebagai berikut.

H0: koefisien regresi linear yang bersangkutan sama dengan nol secara signifikan pada alfa 5%.

H1: koefisien regresi linear yang bersangkutan tidak sama dengan nol secara signifikan pada alfa 5%.

Hasil *t-test* untuk pengujian masing-masing karakteristik dapat dilihat pada Gambar 5.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	163.17	42.59	3.83	0.000	
F_DC	-3.392	1.226	-2.77	0.006	1.0
H_DC	1.659	1.260	1.32	0.190	1.0
L_DC	-12.160	1.446	-8.41	0.000	1.0
A_DC	10.144	4.559	2.23	0.027	1.0

S = 0.784151 R-Sq = 35.4% R-Sq(adj) = 33.7%

Gambar 5. Hasil *t-test* regresi linear

Hasil *t-test* pada regresi linear menunjukkan bahwa hanya nilai *height* yang memiliki nilai *P-value* lebih dari nilai alfa 5%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa koefisien karakteristik *height* sama dengan nol secara signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai *operating voltage* tidak berubah ketika

nilai *height* ada pada nilai 27,5 mm sampai 27,7 mm. Nilai *P-value* karakteristik lain kurang dari nilai alfa 5%. Hal tersebut menunjukkan bahwa karakteristik lain memiliki hubungan signifikan dengan *operating voltage*. Nilai R^2 yang didapat dari model adalah 35,4%. Hal tersebut menunjukkan bahwa 35,4% variasi data *operating voltage* dapat dijelaskan oleh empat karakteristik. Model akhir regresi linear adalah sebagai berikut.

$$\text{operating voltage} = 163 - 3,39f - 12,2l + 10,1a \quad (6)$$

Hasil model akhir dari regresi linear tersebut dapat menunjukkan hubungan yang dimiliki tiap karakteristik dengan *operating voltage*. Karakteristik *flatness* dan *length* memiliki hubungan negatif dengan *operating voltage*. Semakin besar nilai *flatness* dan *length*, maka *operating voltage* yang dimiliki relay akan semakin kecil. Karakteristik *alignment* memiliki hubungan positif dengan *operating voltage*. Semakin kecil nilai *alignment* yang didapat, maka *operating voltage* yang dimiliki relay semakin kecil juga.

Penentuan Nilai Spesifikasi Usulan

Pemilihan nilai spesifikasi dilakukan untuk mendapatkan nilai spesifikasi yang menghasilkan relay dengan *operating voltage* yang baik. pemilihan nilai spesifikasi dilakukan dengan membagi spesifikasi empat karakteristik ke dalam tiga kelompok. Tiga kelompok tersebut adalah minimum, nominal, dan maksimum.

Tabel 2 menunjukkan hasil pembagian kelompok nilai spesifikasi empat karakteristik. Nilai spesifikasi yang akan dipilih adalah nilai kelompok spesifikasi yang dapat menghasilkan nilai *operating voltage* kurang dari 16 volt. Cara pemilihan nilai kelompok tersebut adalah dengan melakukan uji *one sample wilcoxon median test* pada tiap kelompok. Karakteristik *height* tidak dilakukan pengujian karena karakteristik *height* tidak berhubungan dengan *operating voltage* secara signifikan. Rumusan hipotesa yang dipakai adalah sebagai berikut.

H0: Kelompok karakteristik tidak menghasilkan *operating voltage* kurang dari 16 volt secara signifikan pada alfa 5%.

H1: Kelompok karakteristik menghasilkan *operating voltage* kurang dari 16 volt secara signifikan pada alfa 5%

Wilcoxon Signed Rank Test: F_MIN_DC, F_NOM_DC

Test of median = 16.00 versus median < 16.00

	N	for	Wilcoxon	P	Estimated
	N	Test	Statistic		Median
F_MIN_DC	54	54	633.0	0.174	15.87
F_NOM_DC	54	54	356.5	0.000	15.40
F_MAX_DC	54	54	230.0	0.000	15.42
L_MIN_DC	54	54	1050.0	0.996	16.38
L_NOM_DC	54	54	106.0	0.000	15.16
L_MAX_DC	54	54	108.0	0.000	15.19
A_MIN_DC	81	81	639.0	0.000	15.42
A_NOM_DC	81	81	1198.0	0.015	15.73

Gambar 6 Hasil *one sample wilcoxon median test*

Gambar 6 menunjukkan hasil *output one sample wilcoxon median test* dari Minitab. Hasil *one sample wilcoxon median test* menunjukkan bahwa *flatness* minimum dan *length* minimum memiliki nilai *P-value* lebih dari nilai alfa 5%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kelompok *flatness* minimum dan *length* minimum tidak menghasilkan *operating voltage* di bawah 16 volt. Nilai spesifikasi dua kelompok tersebut kemudian dibuang agar nilai spesifikasi yang baru dapat menghasilkan relay dengan *operating voltage* lebih rendah.

Tabel 3. Nilai spesifikasi empat karakteristik usulan

	Nilai (mm)
<i>Flatness</i>	1,57 – 1,7
<i>Height</i>	27,5 – 27,7
<i>Length</i>	16,77 – 16,9
<i>Alignment</i>	0,050 – 0,117

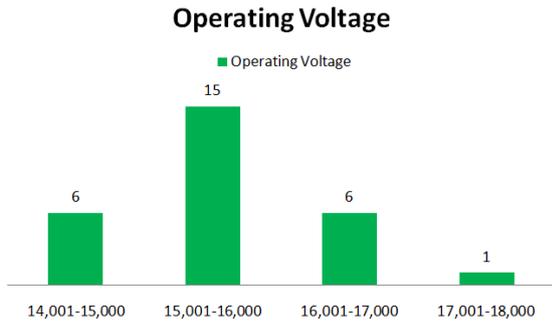
Tabel 3 menunjukkan usulan nilai spesifikasi empat karakteristik. Nilai spesifikasi usulan tersebut diharapkan dapat menghasilkan nilai *operating voltage* yang baik. Nilai tersebut tentu tidak langsung diimplementasi oleh perusahaan. Perlu ada konfirmasi apakah nilai tersebut benar menurunkan *operating voltage*. Proses konfirmasi tersebut dilakukan dengan menggunakan proses *trial*.

Proses Trial

Proses *trial* pertama dilakukan dengan mengumpulkan 30 data sesuai dengan nilai spesifikasi usulan.

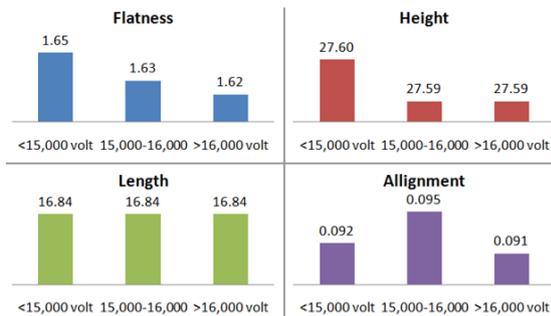
Tabel 2. Pembagian kelompok nilai spesifikasi

	Minimum (mm)	Nominal (mm)	Maksimum (mm)
<i>Flatness</i>	1,5 – 1,56	1,57 – 1,63	1,64 – 1,7
<i>Length</i>	16,7 – 16,76	16,77 – 16,83	16,84 – 16,9
<i>Alignment</i>	0,050 – 0,083	0,084 – 0,117	0,118 – 0,150



Gambar 7. Operating voltage hasil proses trial pertama

Gambar 7 menunjukkan proses trial pertama masih menghasilkan relay dengan operating voltage di atas 16 volt. Data tersebut kemudian dianalisis kembali agar dapat menghasilkan relay dengan operating voltage di bawah 16 volt. Analisis dilakukan dengan membagi operating voltage yang didapat dari proses trial pertama ke dalam tiga kelompok. Tiap kelompok operating voltage memiliki nilai rata-rata karakteristik. Nilai rata-rata tersebut akan dianalisis lebih lanjut untuk mendapatkan nilai karakteristik dengan operating voltage di bawah 16 volt.

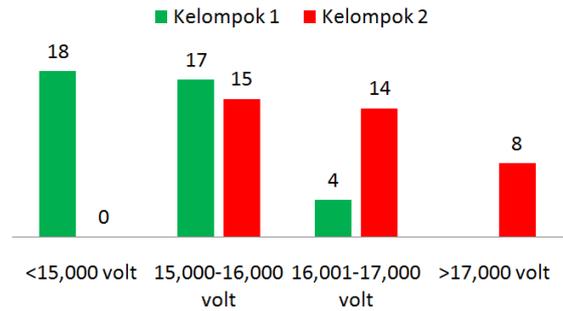


Gambar 8. Nilai karakteristik tiap kelompok operating voltage

Gambar 8 menunjukkan kelompok operating voltage dibagi dalam tiga kelompok. Kelompok tersebut adalah kelompok operating voltage di bawah 15 volt, 15 sampai 16 volt, dan di atas 16 volt. Tiap kelompok memiliki rata-rata karakteristiknya masing-masing. Nilai karakteristik flatness yang semakin besar terlihat memberikan operating voltage yang semakin kecil. Hasil tersebut dibuktikan pada proses trial kedua.

Proses trial kedua dilakukan dengan membandingkan flatness kelompok maksimum (kelompok 1) dan flatness kelompok nominal (kelompok 2). Kedua kelompok dibandingkan dengan mengumpulkan 40 data pada tiap kelompok.

Perbandingan Hasil Operating Voltage



Gambar 9. Perbandingan operating voltage kelompok 1 dan kelompok 2

Gambar 9 menunjukkan bahwa data kelompok 1 dan kelompok 2 memiliki perbedaan hasil operating voltage. Kelompok 1 memiliki nilai operating voltage yang lebih rendah daripada kelompok 2. Hasil tersebut membuat nilai kelompok 2 (kelompok flatness nominal) tidak dipakai untuk mendapatkan operating voltage yang lebih rendah lagi.

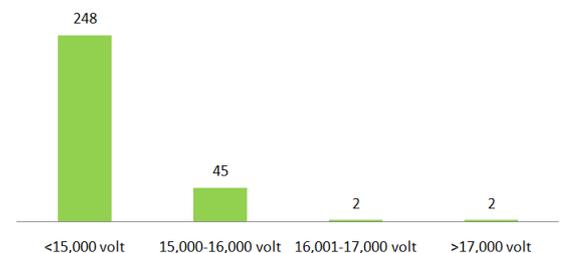
Tabel 4. Nilai spesifikasi karakteristik hasil trial kedua

	DC (mm)
Flatness	1,64 – 1,7
Height	27,5 – 27,7
Length	16,77 – 16,9
Allignment	0,050 – 0,117

Tabel 4 menunjukkan usulan nilai empat karakteristik hasil trial kedua. Hasil tersebut kemudian dilakukan proses trial kembali dengan menggunakan produk yang lebih besar lagi.

Proses trial ketiga dilakukan dengan mengumpulkan 400 buah produk relay sesuai dengan nilai spesifikasi usulan hasil trial kedua.

operating voltage



Gambar 10. Hasil operating voltage proses trial ketiga

Gambar 10 menunjukkan hasil operating voltage proses trial ketiga terlihat sudah menghasilkan operating voltage dibawah 15 volt. Hal tersebut membuktikan bahwa nilai spesifikasi hasil proses trial kedua benar menurunkan reject operating

voltage. Presentase *reject* tahun 2014 adalah 5,18%. Nilai presentase tersebut turun sebesar 4,88% atau menjadi 0,3% dengan menggunakan nilai spesifikasi usulan.

Simpulan

Operating voltage adalah salah satu tipe *reject* yang ada pada *relay*. Nilai tersebut didapat dari jarak pergerakan *armature* ke *ferrite core*, dan pergerakan *moving terminal* ke *fixed terminal*. Jarak pergerakan tersebut diukur secara tidak dengan empat karakteristik, yaitu *flatness*, *height*, *length*, dan *allignment*. Empat karakteristik tersebut ternyata tidak semuanya berhubungan dengan *operating voltage*. Karakteristik *height* tidak berhubungan dengan *operating voltage* secara signifikan selama ada pada nilai 27,5 mm sampai 27,7 mm. *Flatness* dan *length* memiliki hubungan terbalik dengan *operating voltage*, dan *allignment* memiliki hubungan searah dengan *operating voltage*. Evaluasi nilai spesifikasi empat karakteristik menghasilkan nilai usulan. *Operating voltage* yang baik didapat dengan memiliki nilai *flatness* 1,64 – 1,7 mm; *height* 27,5 – 27,7 mm; *length* 16,77 – 16,9 mm; dan *allignment* 0,05 – 0,117 mm. Nilai tersebut memang menurunkan nilai *operating voltage*. *Reject* tahun 2014 *relay* DC adalah 5,18% dan turun menjadi 0,3% ketika menggunakan spesifikasi usulan.

Daftar Pustaka

1. Montgomery, C Douglas., and Peck, Elizabeth A., *Introduction to Linear Regression Analysis*. John Wiley & Sons, New York, 1992.
2. Freund, Rudolf J., Wilson, William., Sa, Ping., *Regression Analysis*, Academic Press, Massachusetts, 2006.
3. George, Florence. *Johnson's System of Distribution and Microarray Analysis*. University of South Florida, Graduate Theses and Dissertations. <http://scholarcommons.usf.edu/etd/2186>.
4. Kazmier, Leonard J., *Bussiness Statistic with Computer Applications, 2nd ed*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1988.
5. Enns, Philip G., *Bussiness Statistics Methods and Applications*, Richard D. Irwin, Inc, Illinois, 1985.