

METODE RESISTANSI UNTUK PENGUKURAN KENAIKAN TEMPERATUR LILITAN BERDASARKAN SNI IEC 60335-1:2009, STUDI KASUS : MESIN CUCI *Resistance Methods for Increasing Temperature of Winding Measurement Based on SNI IEC 60335-1:2009, Case Study: Washing Machine*

Prayoga Bakti dan Himma Firdaus

Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian – LIPI
Kawasan PUSPIPTEK Gedung 410 Setu, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia
e-mail: prayogabakti@gmail.com

Diterima: 27 Agustus 2013, Direvisi: 5 Desember 2013, Disetujui: 12 Desember 2013

Abstrak

Indonesia sudah memiliki standar untuk keamanan peralatan rumah tangga yang berbasis kelistrikan yaitu SNI IEC 60335-1:2009. Mesin cuci merupakan salah satu peralatan rumah tangga yang hampir semua kalangan masyarakat memilikinya. Secara umum komponen utama pada mesin cuci adalah motor, oleh karena itu diperlukan pengujian untuk menjamin keamanan motor selama penggunaan. Jenis motor yang umum digunakan untuk peralatan rumah tangga adalah jenis *capacitor start motor*. Metode resistansi berdasarkan standar SNI/IEC 60335-1:2009 dapat dilakukan kecuali bila lilitannya sejenis atau mendapatkan kesulitan yang berat saat akan melakukan sambungan yang diperlukan. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran perubahan resistansi setiap lilitan dan resistansi lilitan gabungan. Kedua hasil pengukuran tersebut kemudian dianalisa dan dibandingkan dengan standar. Kenaikan temperatur yang terjadi dengan menggunakan metode pertama menghasilkan nilai $L1 = 83,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $L2 = 66,92\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sedangkan untuk metode kedua didapat kenaikan temperatur sebesar $66,59\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk semua belitan. Kenaikan temperatur dengan metode 2 tidak dapat dijadikan acuan untuk penilaian kesesuaian motor mesin cuci karena $\Delta t_{Ltotal} \neq \Delta t_{L1} + \Delta t_{L2}$. Oleh karena itu metode yang dapat dipergunakan adalah metode pertama karena mewakili masing-masing lilitan dan nilai yang didapat merupakan nilai yang tidak menguntungkan tetapi masih sesuai dengan batas standar.

Kata kunci: standar, mesin cuci, motor, resistansi, metode.

Abstract

Indonesia already has a safety standard for household appliances based electricity is SNI IEC 60335-1:2009. Washing machine is one of the home appliances that almost all of people have it. In general, the main component for washing machine is the motor, therefore testing is necessary to ensure the safety of the motor. Types of motors are commonly used for household appliances is tipe of capacitor for start the motor. Resistance method based on the standard ISO / IEC 60335-1:2009 can be done unless the windings are non-uniform or if it is difficult to make the necessary connections. Research methods that used is by measure the resistance alteration in each winding and combination of winding. Than compare and analyze the measurement result with standard. Temperature rise that occurs by using the first method produces values $L1 = 83.33\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $L2 = 66.92\text{ }^{\circ}\text{C}$. While both methods obtained for the temperature rise of $66.59\text{ }^{\circ}\text{C}$ for all winding. Temperature rise by second methods cannot be used as a reference for assessing the suitability of a washing machine motors because $\Delta t_{Ltotal} \neq \Delta t_{L1} + \Delta t_{L2}$. Therefore the method that can be used is the first method for representing each winding and the value obtained is a value that is unfavorable, but still in accordance with the standard lrequirement.

Key words: standards, washing machines, motors, resistance, methods.

1. PENDAHULUAN

Perdagangan bebas di Indonesia sudah dimulai pada saat kepala negara dan pemerintahan ASEAN telah setuju untuk membentuk ASEAN Free Trade Area atau AFTA pada bulan Januari 1992. ASEAN Free Trade Area atau AFTA dianggap sebagai wujud integrasi ekonomi

ASEAN. AFTA mulai diimplementasikan sejak Januari 1993. Selain AFTA Indonesia juga sudah melakukan perjanjian dengan banyak negara yaitu Jepang, Australia dan New Zealand, India, Korea serta yang belum lama ini adalah dengan Cina melalui ACFTA. Dengan banyaknya perjanjian, otomatis barang-barang yang beredar semakin beragam jenis dan kualitasnya.

Salah satu jenis produk yang termasuk pula dalam skema perdagangan bebas adalah peralatan rumah tangga berbasis kelistrikan. Penjaminan kualitas terutama keamanan produk yang di impor dari negara lain diperlukan untuk menghindari produk yang tidak berkualitas masuk dan beredar di Indonesia. Selain itu untuk meningkatkan daya saing produk dalam negeri, diperlukan pula penjaminan mutu dan kualitas. Proses penjaminan mutu dilakukan dengan melalui beberapa tahapan salah satunya adalah dengan pengujian berdasarkan standar yang berlaku. Indonesia sudah memiliki standar untuk keamanan peralatan rumah tangga yang berbasis kelistrikan yaitu SNI IEC 60335-1:2009.

Mesin cuci merupakan salah satu peralatan rumah tangga yang hampir semua kalangan masyarakat memilikinya. Berbagai macam jenis dan tipe dipasarkan saat ini diantaranya ada yang *single tube*, *double tube*, *front loading*, *automatic*, *semi automatic* dan lainnya. Secara umum komponen utama pada mesin cuci adalah motor, oleh karena itu diperlukan pengujian untuk menjamin keamanan motor selama penggunaan. Pengujian dilakukan dengan menerapkan klausul-klausul yang ada pada SNI IEC 60335-1:2009 terhadap mesin cuci. Klausul pengujian yang berkaitan langsung dengan motor yaitu klausul pemanasan dan penggunaan abnormal. Dalam kedua klausul tersebut terdapat satu metode yang digunakan yaitu pengukuran kenaikan temperatur lilitan motor.

Metode pengukuran kenaikan temperatur berdasarkan standar SNI IEC 60335-1:2009 dibagi menjadi dua jenis yaitu menggunakan termokopel atau dengan metode resistansi. Untuk pengukuran kenaikan temperatur pada motor listrik, penggunaan termokopel terkendala oleh beberapa bagian motor yang memiliki sifat dinamis atau bergerak. Salah satu bagian motor yang harus memiliki kesesuaian dengan standar SNI IEC 60335-1:2009 mengenai kenaikan temperatur adalah lilitan (*winding*). Seringkali lilitan ini merupakan bagian motor yang bersifat dinamis (dijadikan rotor) sehingga tidak memungkinkan diukur dengan menggunakan metode termokopel. Metode yang memungkinkan untuk mengukur kenaikan temperatur lilitan motor adalah dengan metode resistansi.

Dalam pengukuran kenaikan temperatur pada lilitan motor listrik sesuai dengan standar SNI IEC 60335-1:2009 dinyatakan bahwa pengukuran harus dilakukan segera setelah dimatikan sehingga kurva dari resistansi terhadap waktu dapat di plotkan untuk kostantering resistansi pada saat dimatikan.

Pada pelaksanaannya dilapangan hal ini cukup sulit karena banyaknya komponen yang harus di lepaskan saat pengukuran sehingga pengukuran memerlukan waktu yang lebih lama dan nilai resistansi juga sudah menurun cukup besar. Selain itu lilitan yang terdiri dari dua jenis (*starting winding* dan *running winding*) juga menambah waktu pengukuran terutama untuk laboratorium yang memiliki alat ukur yang terbatas.

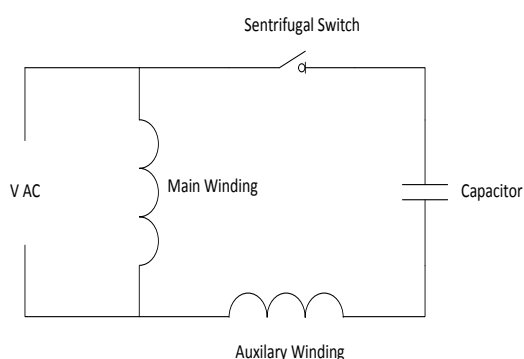
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan metode yang valid, akurat dan efisien dalam pengukuran besar resistansi pada suatu lilitan motor listrik satu fase yang digunakan sebagai komponen perhitungan kenaikan temperatur.

2. TINJAUAN PUSATAKA

Pada umumnya, motor diklasifikasikan oleh tipe dan sumber listrik yang digunakan. Ada dua klasifikasi umum dari mesin arus bolak-balik (AC). Tipe pertama adalah motor sinkron fase banyak (*polyphase synchronous motor*), dimana medan magnet dihasilkan dari lilitan rotor yang diberikan sumber tegangan DC melauli *slip ring* atau dari magnet permanen pada struktur rotor. Tipe kedua dari mesin AC adalah motor *asynchronous motors*, dimana medan magnet pada rotor dihasilkan dari efek induksi elektromagnetik.

Tegangan yang diberikan untuk perumahan umumnya berfase tunggal sehingga motor listrik yang digunakan untuk peralatan rumah tangga pada umumnya merupakan jenis motor induksi fase tunggal. Motor listrik ini diklasifikasikan kembali menjadi beberapa jenis berdasarkan cara penyalannya yaitu *split-phase motor*, *capacitor start motor*, *two value capacitor and permanent capacitor motors*, *shaded-pole motor* dan *universal motor*.

Jenis motor yang umum digunakan untuk peralatan rumah tangga adalah jenis *capacitor start motor*. Terdapat dua jenis lilitan dalam motor ini yaitu lilitan utama (*main winding*) dan lilitan bantu (*auxiliary winding*). Lilitan utama berfungsi untuk menggerakkan motor selama beroperasi, sedangkan lilitan bantu hanya bekerja pada saat motor pertama kali dinyalakan. Lilitan bantu dihubungkan dengan kapasitor sehingga ketika dinyalakan faktor daya berubah menjadi mendahului sehingga arus lilitan bantu dapat mendahului arus lilitan utama sekitar 90°. Diagram skematiknya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram skematis motor induksi satu fase berkapasitor.

Metode resistansi berdasarkan standar SNI IEC 60335-1:2009 dapat dilakukan kecuali bila lilitannya sejenis atau mendapatkan kesulitan yang berat saat akan melakukan sambungan yang diperlukan. Dalam hal ini kenaikan suhu ditentukan dengan menggunakan termokopel. Adapun persamaan yang digunakan untuk mengukur kenaikan suhu dengan metode resistansi adalah sebagai berikut:

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (k + t_1) - (t_2 - t_1) \quad (1)$$

Dimana :

Δt : Kenaikan suhu lilitan.

R_2 : Resistans pada permulaan uji.

R_1 : Resistans pada akhir uji.

k : Sama dengan 234,5 untuk belitan tembaga dan 255 untuk belitan aluminium.

t_1 : Suhu kamar pada permulaan uji.

t_2 : Suhu kamar pada akhir uji.

Kesesuaian kenaikan suhu lilitan yang telah dihitung dengan persamaan diatas disesuaikan dengan Tabel 1. Tabel 1 berlaku untuk pengujian kenaikan suhu lilitan berdasarkan kalusul 11 pada SNI IEC 60335-1:2009. Untuk klausul 19 yaitu pengujian kenaikan suhu pada kondisi abnormal mengacu kepada Tabel 2. Kenaikan suhu lilitan selama pengujian tidak boleh melebihi ketentuan dalam tabel tersebut.

Tabel 1 Kenaikan suhu normal maksimum untuk lilitan.

Bagian	Kenaikan suhu (K)
Belitan ^a , jika insulasi belitan sesuai dengan IEC 85 adalah:	75 (65)
Kelas A	90 (80)
Kelas B	95 (85)
Kelas E	115
Kelas F	140
Kelas H	160
Kelas 200	180
Kelas 220	210
Kelas 250	

^a Untuk memungkinkan kenyataan bahwa suhu rata-rata lilitan dari motor, relai, solenoida dan komponen sejenis biasanya di atas suhu pada titik lilitan dimana termokopel ditempatkan, maka angka tanpa tanda kurung berlaku bila metoda resistans digunakan dan berada dalam tanda kurung berlaku jika digunakan termokopel. Untuk lilitan dari lilitan yang bergetar dan motor a.b., angka tanpa tanda kurung berlaku dalam kedua hal tersebut.

Untuk motor yang berkonstruksi sedemikian sehingga sirkulasi udara antara bagian dalam dan bagian luar kotak dicegah, tetapi yang tidak memerlukan selungkup yang cukup dianggap udara pengap, batas kenaikan suhu ditambahkan dengan 5 K.

Tabel 2 Suhu lilitan maksimum.

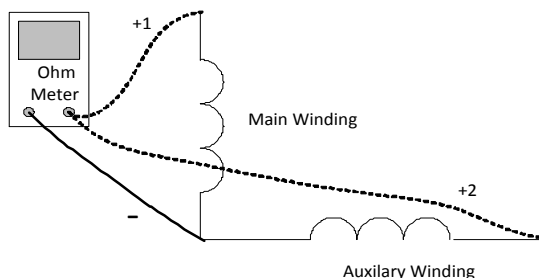
Tipe peranti	Suhu (°C)							
	Kelas A	Kelas E	Kelas B	Kelas F	Kelas H	Kelas 200	Kelas 220	Kelas 250
Peranti selain yang dioperasikan sampai kondisi ajek dicapai	200	215	225	240	260	280	300	330
Peranti yang dioperasikan sampai kondisi ajek dicapai								
-Jika impedansi dilindungi:	150	165	175	190	210	230	250	280

Tipe peranti	Suhu (°C)							
	Kelas A	Kelas E	Kelas B	Kelas F	Kelas H	Kelas 200	Kelas 220	Kelas 250
– Jika dilindungi dengan peranti pengaman:								
• selama jam pertama nilai maksimum;	200	215	225	240	260	280	300	330
• setelah jam pertama, nilai maksimum;	175	190	200	215	235	255	275	305
• setelah jam pertama, pada rata-rata aritmatik	150	165	175	190	210	230	250	280

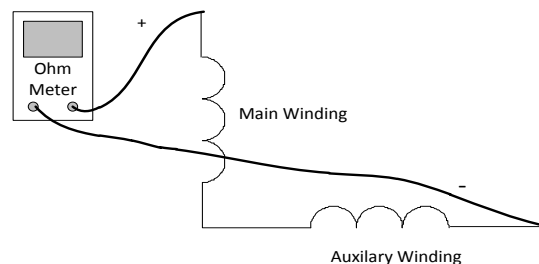
Pengukuran panas suatu motor yang telah beroperasi tidak dapat dilakukan dengan seketika, terdapat jeda waktu dari mulai dimatikan sampai mulai diukur. Diperlukan metode untuk mengetahui besar nilai resistansi yang terjadi ketika saklar dimatikan. Salah satu metode yang memungkinkan adalah dengan ekstrapolasi. Ekstrapolasi adalah metode yang dipergunakan dalam memprediksi nilai dari suatu data atau fungsi yang berada di luar interval (data awal yang telah diperoleh). Untuk dapat memprediksi persamaan yang berada diluar interval maka sebelumnya perlu mengetahui atau terlebih dulu konsep dari suatu persamaan ketika diberikan sebuah grafik untuk di analisis dan didapatkan suatu prediksi (pendekatan yang tepat).

3. METODE PENELITIAN

Tulisan ini membahas tentang perbandingan dua metode pengukuran resistansi yang digunakan untuk mengetahui kenaikan suhu kumparan motor pada saat motor tersebut dikenai kondisi abnormal. Motor yang digunakan sebagai sampel uji adalah motor pada mesin cuci. Untuk mendapatkan efek pemanasan pada motor, kondisi abnormal diterapkan pada sampel uji sesuai dengan pengujian mesin cuci berdasarkan SNI IEC 60335-1:2009 klausul 19 penggunaan abnormal. Pengukuran resistansi dilakukan sebelum dan sesudah pengujian dengan dengan dua cara pengukuran. Cara pertama dilakukan dengan mengukur besar resistansi pada masing-masing lilitan (*main winding* dan *auxiliary winding*) sebelum dan sesudah pengujian, cara ini selanjutnya disebut sebagai metode pertama. Cara kedua dilakukan dengan mengukur resistansi secara bersamaan (*main winding* dengan *auxiliary winding*) sebelum dan sesudah pengujian yang selanjutnya disebut sebagai metode kedua. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2 untuk metode pertama dan Gambar 3 untuk metode kedua.



Gambar 2 Metode pertama pengukuran resistansi pada lilitan motor.



Gambar 3 Metode kedua pengukuran resistansi pada lilitan motor.

Pengukuran pada metode pertama dilakukan dengan menggunakan satu buah ohm meter. Saat pengukuran kabel negatif dari ohm meter diposisikan pada titik hubung antara *main winding* dan *auxiliary winding* atau pada kutub negatif dari motor. Kabel positif ohm meter dihubungkan bergantian, saat mengukur *main winding* diposisikan pada ujung *main winding* dan sebaliknya ketika mengukur *auxiliary winding*. Jeda waktu perpindahan pengukuran dari *main winding* ke *auxiliary winding* atau sebaliknya adalah 4 detik dengan memperhitungkan lama pemindahan probe dan waktu respon ohm meter. Metode kedua dilakukan dengan menghubungkan kabel positif ohm meter pada ujung dari *main winding* dan kabel negatif ohm meter ke ujung *auxiliary winding*. Metode kedua tidak memiliki jeda waktu antar pengukuran karena probe tidak dipindah-pindahkan.

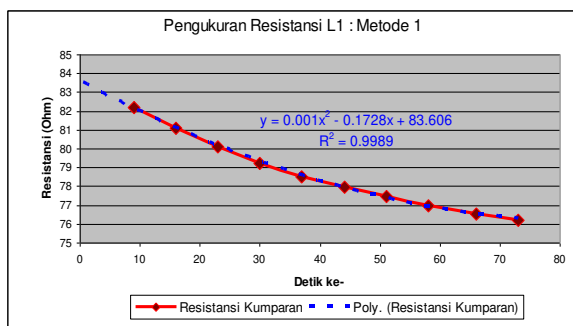
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Metode Pertama

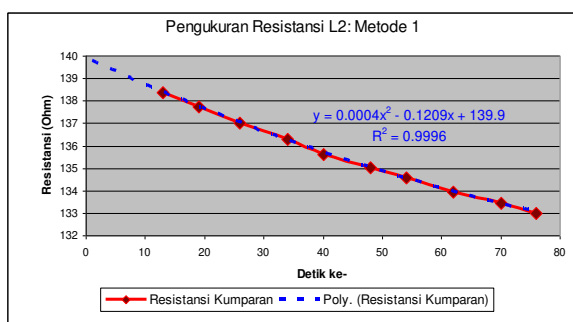
Data hasil pengukuran kenaikan temperatur pada lilitan motor mesin cuci dapat dilihat pada Tabel 3. Pengukuran dilakukan dengan mengukur dua lilitan (L) setelah dilakukan uji abnormal terhadap mesin cuci. L1 merupakan resistansi *auxiliary winding* dan L2 adalah resistansi *main winding*. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dengan jeda waktu sesingkat mungkin sesuai dengan kemampuan alat ukur.

Tabel 3 Hasil pengukuran kenaikan temperatur L1 dan L2.

Data	Detik	L1 (Ω)	Detik	L2 (Ω)
1	9	82,183	13	138,39
2	16	81,123	19	137,75
3	23	80,099	26	137,03
4	30	79,23	34	136,29
5	37	78,503	40	135,62
6	44	77,972	48	135,02
7	51	77,454	54	134,58
8	58	76,986	62	133,95
9	66	76,553	70	133,43
10	73	76,201	76	133,01



Gambar 4 Grafik penurunan resistansi terhadap waktu pada L1.



Gambar 5 Grafik penurunan resistansi terhadap waktu pada L2.

Tabel 4 Komponen perhitungan suhu lilitan L1 dan L2

Komponen Perhitungan	Nilai	Satuan
Resistansi L1 sebelum uji	62,913	Ω
Resistansi L2 sebelum uji	110,56	Ω
Suhu kamar permulaan uji	23,7	°C
Suhu kamar akhir uji	25,3	°C
Resistansi L1 akhir uji	83,606	Ω
Resistansi L2 akhir uji	139,9	Ω
Konstanta	234,5	-
Kenaikan suhu lilitan L1	83,33	°C
Kenaikan suhu lilitan L2	66,92	°C

Dapat dilihat pada Tabel 3 untuk pengukuran pertama dilakukan pada detik ke 9 setelah mesin cuci dimatikan. Jeda waktu tersebut disebabkan oleh lamanya respon alat ukur untuk memilih skala yang tepat dan mekanisme pemindahan rangkaian kelistrikan motor dari sumber tegangan ke probe alat ukur. Jeda waktu antara pengukuran resistansi L1 dan L2 sebanyak 4 detik. Hal ini dikarenakan pemindahan probe alat ukur dari L1 ke L2 yang memerlukan waktu dan kemampuan alat ukur untuk membaca nilai resistansi tidak dapat spontan. Jeda waktu tersebut mengakibatkan data resistansi yang terukur dari tiap kumparan berkisar antara 6 sampai 8 detik. Total waktu yang diperlukan untuk mendapatkan 10 data nilai resistansi pada L1 lebih kecil dari L2 dikarenakan resistansi untuk *auxiliary winding* umumnya lebih kecil dari *main winding*.

Penurunan nilai resistansi pada L1 dan L2 cukup signifikan karena untuk L1 saja penurunan dari detik ke 9 sampai detik ke 73 sebesar 5,982 Ω. Sedangkan L2 penurunan dari detik ke 13 sampai detik ke 76 sebesar 5,38 Ω. Untuk lebih jelasnya, penurunan nilai resistansi L1 dan L2 dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 berturut-turut. Grafik pada Gambar 4 dan 5 merupakan hasil dari perbandingan resistansi terhadap waktu dengan sumbu x merupakan waktu dan sumbu y nilai resistansi.

Nilai resistansi yang diperlukan adalah nilai ketika $t=0$ atau seketika setelah mesin cuci dimatikan. Oleh karena itu diperlukan metode eksponensial untuk membantu menentukan nilai tersebut. Dengan menggunakan program komputer, berdasarkan data pada Tabel 3 serta Gambar 4 dan 5 dapat dibuat persamaan regresi polinomial sebagai berikut :

$$y = 0,001x^2 - 0,1728x + 83,606 \quad (2)$$

$$y = 0,0004x^2 - 0,1209x + 139,9 \quad (3)$$

Persamaan 1 merupakan persamaan yang dibuat dari data dan grafik L1, sedangkan untuk persamaan 2 dari data dan grafik L2. Kedua persamaan di atas memiliki koefisien korelasi 0,99 sehingga dapat dikatakan bahwa persamaan regresi tersebut memiliki kemiripan dengan pola penurunan suhu kumparan. Untuk mengetahui nilai resistansi ketika $t=0$, maka nilai $x=0$ dimasukkan ke dalam persamaan tersebut sehingga nilai resistansi untuk $L1 = 83,606 \Omega$ dan $L2=139,9 \Omega$. Nilai resistansi tersebut kemudian dimasukkan kedalam persamaan 1 untuk mengetahui kenaikan temperatur dari kedua lilitan. Hasil perhitungan dan komponen perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.

Klasifikasi lilitan pada mesin cuci yang dijadikan benda uji pada penelitian ini tidak menerakan kelas lilitan sehingga pengujian memberikan kelas yang paling rentan berdasarkan standar yaitu kelas A. Berdasarkan Tabel 2 mengenai suhu lilitan maksimum maka, nilai maksimum untuk lilitan kelas A adalah $200 \text{ }^\circ\text{C}$. Suhu kamar diasumsikan menjadi suhu lilitan sebelum pengujian dikarenakan sebelum pengujian mesin cuci tersebut sudah dikondisikan didalam kamar tersebut lebih dari 24 jam. Berdasarkan metode pertama ini maka nilai kenaikan untuk *auxiliary winding* adalah kenaikan suhu $83,33 \text{ }^\circ\text{C}$ ditambah suhu kamar sebelum uji $23,7 \text{ }^\circ\text{C}$ yaitu sebesar $107,03 \text{ }^\circ\text{C}$. Sedangkan untuk *main winding* $66,92 \text{ }^\circ\text{C}$ ditambah $23,7 \text{ }^\circ\text{C}$ yaitu sebesar $90,62 \text{ }^\circ\text{C}$. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, nilai kenaikan suhu masih dibawah nilai maksimum yang diterakan standar.

4.2 Metode Kedua

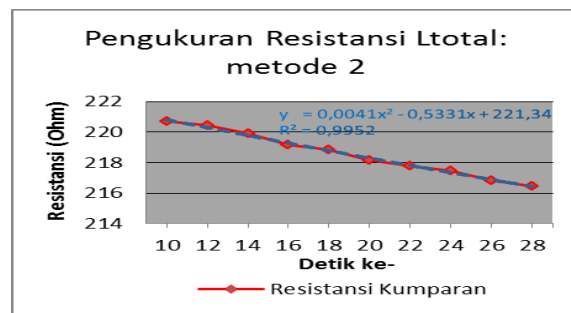
Nilai pengukuran resistansi pada metode pertama dan kedua berbeda signifikan. Hal ini dikarenakan pada metode pertama terdapat dua nilai resistansi. Pertama adalah resistansi pada lilitan bantu (*auxiliary winding*) dan kedua adalah lilitan utama (*main winding*). Sedangkan pada metode ini yang diukur adalah total dari keduanya. Dapat dikatakan untuk metode kedua ini nilai resistansi merupakan penjumlahan dari *auxiliary winding* dan *main winding*.

Hasil pengukuran dengan metode kedua dapat dilihat pada Tabel 5 kenaikan resistansi dan waktu (detik). Data tersebut diolah dengan metode eksponensial sehingga membentuk kurva penurunan resistansi terhadap waktu seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Dari tabel dan grafik tersebut dapat terlihat bahwa penurunan nilai resistansi L total terhadap waktu bernilai cukup signifikan. Mulai dari detik ke 10

sampai dengan detik ke 28 terjadi total penurunan resistansi sebanyak $4,27 \Omega$.

Tabel 5 Hasil pengukuran kenaikan resistansi Lttotal.

Data	Detik	L (Ω)
1	10	220,7
2	12	220,42
3	14	219,89
4	16	219,14
5	18	218,83
6	20	218,17
7	22	217,8
8	24	217,46
9	26	216,82
10	28	216,43



Gambar 6 Grafik penurunan resistansi terhadap waktu pada Lttotal.

Penurunan resistansi tersebut dimulai dari data pada detik ke 10, perbedaan nilai dengan metode pertama dikarenakan pada saat mesin cuci dimatikan sampai dimulai pengukuran terdapat jeda. Adanya jeda disebabkan oleh proses pengukuran masih menggunakan metode manual. Untuk mengetahui nilai resistansi pada saat awal dimatikan maka perlu digunakan persamaan eksponensial berupa polinomial. Persamaan tersebut bisa dihasilkan dari tabel dan grafik diatas dengan menggunakan bantuan program komputer dengan hasil berikut ini :

$$y = 0,0012x^2 - 0,2781x + 221,34 \tag{4}$$

Nilai resistansi awal adalah ketika waktu atau detik sama dengan 0, sama seperti metode sebelumnya yaitu $x=0$. Dengan memasukkan nilai $x=0$ pada persamaan diatas dihasilkan nilai $y = 221,34 \Omega$. Oleh karena itu nilai $y =$ nilai resistansi maka, nilai resistansi ketika pertama dimatikan berdasarkan perhitungan adalah $221,34 \Omega$.

Setelah didapat nilai resistansi setelah pengujian maka diperlukan perhitungan sama

seperti metode pertama untuk menentukan besar kenaikan temperatur lilitan digunakan persamaan 1. Untuk menghitung dan melihat hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6. Nilai kenaikan lilitan L total yang terjadi sebesar 66,59 °C, nilai ini merupakan gabungan dari nilai kenaikan pada lilitan bantu dan lilitan utama.

Tabel 6 Komponen perhitungan suhu lilitan Ltotal.

Komponen perhitungan	Nilai	Satuan
Resistansi Ltotal sebelum uji	174,69	Ω
Suhu kamar permulaan uji	23,1	°C
Suhu kamar akhir uji	25,3	°C
Resistansi Ltotal akhir uji	223,32	Ω
Konstanta	234,5	-
Kenaikan suhu lilitan Ltotal	66,59	°C

Merunut standar mengenai kenaikan temperatur lilitan sama dengan metode pertama yaitu pada Tabel 2, maka nilai maksimum yang diterakan untuk lilitan ini adalah kelas A (200 °C). Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 6, temperatur pada lilitan setelah pengujian adalah = 23,1 °C + 66,59 °C = 89,69 °C. Nilai tersebut masih dibawah nilai maksimum yang diterakan oleh standar.

4.3 Analisis Perbandingan Metode

Metode satu dan dua memiliki nilai kenaikan temperatur yang berbeda, hal ini dikarenakan resistansi yang diukur juga berbeda. Sama seperti metode satu antara resistansi lilitan bantu dan lilitan utama memiliki nilai yang berbeda. Pada metode pertama nilai kenaikan temperatur pada lilitan bantu lebih besar dari lilitan utama dan jika disambungkan dengan metode kedua nilainya masih lebih besar lilitan bantu.

Nilai yang lebih besar pada lilitan bantu mengindikasikan bahwa metode pertama dan kedua tidak dapat saling menggantikan karena adanya perbedaan nilai yang cukup signifikan. Meskipun $R_{total} = R_{L1} + R_{L2}$, tetapi untuk $\Delta t_{Ltotal} \neq \Delta t_{L1} + \Delta t_{L2}$. Sehingga kenaikan temperatur dengan metode 2 tidak dapat dijadikan acuan untuk penilaian kesesuaian motor mesin cuci. Selain itu, Δt_{Ltotal} memiliki nilai yang lebih rendah dari Δt_{L2} terlebih dari Δt_{L1} .

Dalam standar pengujian keamanan suatu alat biasanya disebutkan untuk menggunakan nilai yang paling tidak menguntungkan, sehingga peralatan yang memang sesuai dengan standar akan aman untuk digunakan. Dalam hal ini nilai

Δt_{Ltotal} bukanlah yang tidak menguntungkan karena masih ada yang lebih tinggi/tidak menguntungkan yaitu Δt_{L1} . Oleh karena itu metode yang dapat dipergunakan adalah metode pertama karena mewakili masing-masing lilitan dan nilai yang didapat merupakan nilai yang tidak menguntungkan tetapi masih sesuai dengan batas standar, maka apabila produk tersebut digunakan dalam kondisi tidak normal dan terjadi kerusakan diharapkan tidak membahayakan bagi pengguna.

5. KESIMPULAN

Metode yang paling akurat untuk mengetahui kenaikan temperatur pada motor mesin cuci adalah metode pengukuran resistansi tiap lilitan karena dapat mengidentifikasi kenaikan temperatur pada setiap lilitan. Kenaikan temperatur dengan menggunakan metode tersebut menghasilkan nilai $\Delta t_{L1} = 83,33$ °C dan $\Delta t_{L2} = 66,92$ °C. Sedangkan untuk metode pengukuran resistansi bersamaan didapat kenaikan temperatur sebesar 66,59 °C untuk semua belitan.

Kenaikan temperatur dengan metode pengukuran resistansi bersamaan tidak dapat dijadikan acuan untuk penilaian kesesuaian motor mesin cuci karena $\Delta t_{Ltotal} \neq \Delta t_{L1} + \Delta t_{L2}$. Oleh karena itu metode yang dapat dipergunakan adalah metode pengukuran resistansi tiap lilitan karena mewakili masing-masing lilitan. Nilai yang didapat merupakan nilai yang tidak menguntungkan tetapi masih sesuai dengan batas standar. Apabila produk tersebut digunakan dalam kondisi tidak normal dan terjadi kerusakan diharapkan tidak membahayakan bagi pengguna.

Metode pengukuran resistansi tiap lilitan memiliki kelemahan karena harus merubah probe sehingga waktu yang dibutuhkan lebih lama. Metode pengukuran gabungan lebih cepat karena dapat mengukur nilai keduanya sekaligus, tetapi kenaikan temperatur tidak mewakili kedua belitan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2010). SNI/IEC 60335-1:2009 Peranti listrik rumah tangga dan sejenis Keselamatan Bagian 1: Persyaratan umum. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2010). SNI/IEC 60335-2-7:2009 Peranti listrik rumah tangga dan sejenis Keselamatan Bagian 2-7: Persyaratan khusus untuk mesin cuci. Jakarta: BSN.

- Howard B. Hamilton. (2004). *Handbook of Electric Motors, Chapter 2 Types of Motor and Their Characteristic (page 26)*. Florida: CRC Press.
- Ibrahim, dkk. (2010). Dampak Pelaksanaan ACFTA Terhadap Perdagangan Internasional Indonesia. Jakarta: Bulletin Ekonomi Moneter dan Perbankan.
- International Electrotechnical Commission. (2006). IEC 60335-1, Edition 4.2 2006-2009 – *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements*. Switzerland: IEC.
- International Electrotechnical Commission. (2007). IEC 60335-2-7, Sixth Edition 2002-2007 – *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-7: Particular requirements for washing machines*. Switzerland: IEC.
- “Interpolasi dan Ekstrapolasi”, diakses 11 maret 2013 dari http://titik-i--fst09.web.unair.ac.id/artikel_detail-6529-Umum-Interpolasi%20dan%20Ekstrapolasi.html.
- “Kapasitor Motor Jenis Satu Fasa”, diakses 11 maret 2013. dari <http://komponenelektronika.org/kapasitor-motor-jenis-motor-1-fasa.htm>.
- Michalski, L. et.all. (2001). *Temperature Measurement (second edition)*. England: John Wiley & Sons Ltd,.
- Sheppard J. Salon. (2004). *The Electrical Engineering Handbook, Chapter 4 Introductions to Electric Machines (page 721)*, USA: Elsevier Academic Press.
- Widyasanti, Amalia A. (2010). Perdagangan Bebas Regional Dan Daya Saing Ekspor: Kasus Indonesia. Jakarta: Bulletin Ekonomi Moneter dan Perbankan.