

## PENERAPAN STANDAR IEC 60335 PADA PENGUKURAN KENAIKAN TEMPERATUR UNTUK PERALATAN RUMAH TANGGA REFRIGERATOR

### *Implementation of IEC 60335 Standards on Temperature Rise Measurement for Household Appliances Refrigerator*

Bayu Utomo, Dwi Mandaris dan Hari Tjahjono

Laboratorium Kelistrikan, Lingkungan dan Konversi Energi  
Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian-LIPI  
e-mail: bayu\_14a1@yahoo.com

Diterima: 21 Januari 2013, Direvisi: 30 Mei 2013, Disetujui: 3 Juni 2013

#### Abstrak

Salah satu aspek penting dalam pengujian keamanan untuk menjamin mutu produk peralatan rumah tangga refrigerator adalah pengukuran kenaikan temperatur komponen penyusun sistem refrigerasi. Tujuan makalah ini adalah menampilkan metode pengukuran kenaikan temperatur dan kesesuaiannya pada peralatan rumah tangga refrigerator berdasarkan standar IEC 60335. Pengukuran kenaikan temperatur dilakukan dalam dua metode yaitu metode termokopel dan metode resistansi. Hasil pengukuran menunjukkan adanya pengaruh besarnya tegangan masukan dan nilai resistansi pada nilai kenaikan temperatur terutama untuk komponen-komponen yang terhubung dengan proses refrigerasi. Pada metode resistansi, rentang waktu pengambilan data nilai resistansi adalah faktor yang mempengaruhi akurasi nilai kenaikan temperatur. Kelas refrigerator dan spesifikasi komponen adalah faktor penting dalam menentukan kesesuaian.

**Kata kunci:** keamanan, kesesuaian, kenaikan temperatur, metode termokopel, metode resistansi

#### Abstract

*One of the significant aspects in terms of safety testing to undertaking the quality product quality of household appliances refrigerator is the temperature rise measurement from the component of refrigeration system array. The objectives of this paper are to demonstrate temperature rise method and its adjustment for household appliances refrigerator based on IEC 60335 standards. The measurement is accomplished through two methods, as followed: thermocouple and resistance method. The outcome of the measurement indicates that there is an influence of the degree of input voltage and resistance value to the temperature rise particularly for components in which connected to refrigeration process. On the resistance method, length of time for data gathering on resistance value is the factor which able to affect acuration of temperature rise value. Refrigerator class and specification of components are important factor on determining compliance.*

**Keywords:** safety, compliance, temperature rise, thermocouple method, resistance method

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang memiliki pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang besar. Pertumbuhan penduduk bertambah dari 205 juta orang pada 2000 menjadi 237 juta orang pada 2010. Demikian juga, pertumbuhan jumlah rumah tangga pada tahun 2000 mencapai 52 juta meningkat menjadi 59 juta pada tahun 2010. Dari hal tersebut memperlihatkan bahwa Indonesia sebagai Negara berkembang akan terus mengalami perkembangan kedepannya. Sementara itu dari hasil penelitian yang telah dilakukan (Wijaya dan Limmeechokchai, 2010) yang menginvestigasi

pola penggunaan listrik di Indonesia, menemukan bahwa pada 2025 permintaan listrik akan tiga kali dari 2006. Komposisi permintaan listrik juga berubah. Pada 2006, sektor industri menjadi pemakai listrik terbesar. Sementara pada 2025 pemakai listrik terbesar berbalik ke sektor rumah tangga. Dari hal tersebut memperlihatkan bahwa akan terjadi peningkatan konsumsi peralatan rumah tangga pada tahun 2025. Di pihak lain, Indonesia saat ini dihadapkan pada era pasar bebas dimana konsekuensinya adalah produk Indonesia yang ada di pasar dituntut untuk dapat bersaing secara terbuka (Arjadi dkk, 2011). Oleh karena itu aspek jaminan mutu peralatan rumah tangga menjadi hal yang sangat penting untuk

dilakukan. Salah satu aspek untuk menjamin mutu suatu produk peralatan rumah tangga adalah melalui pengujian keamanan produk (*safety testing*). Salah satu pengujian yang penting dalam *safety testing* adalah pengujian kenaikan temperatur (*heating*).

### 1.1. Tujuan

Tujuan makalah ini adalah menampilkan penerapan standar IEC 60335 pada pengukuran kenaikan temperatur dan kesesuaiannya untuk peralatan rumah tangga refrigerator. Makalah dibatasi untuk klausul kenaikan temperatur komponen penyusun sistem refrigerasi. Pengukuran dilakukan menggunakan metode termokopel dan metode resistansi. Hasil penelitian ini akan berguna dalam pengembangan metode pengujian peralatan rumah tangga refrigerator, memberikan masukan kepada industri peralatan rumah tangga untuk peningkatan kualitas produknya, meningkatkan daya saing produk untuk peningkatan perekonomian bangsa.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Definisi refrigerator menurut SNI ISO 15502:2008 adalah peralatan pendingin yang diperuntukan untuk pengawetan makanan dan salah satu dari kompartemennya memiliki fungsi untuk penyimpanan makanan segar. Komponen utama refrigerator terdiri dari (i) evaporator; merupakan penukar panas yang berfungsi untuk mengambil kalor (ii) kompresor; berfungsi untuk meningkatkan tekanan, temperatur, dan entalpi refrigerant (iii) kondenser; merupakan penukar panas yang berfungsi untuk membuang kalor (iv) drier; berfungsi untuk menyaring kotoran, uap air yang terbawa *refrigerant* dan (v) capillary tube; yang berfungsi untuk menurunkan tekanan, temperatur. Prinsip kerja sebuah refrigerator memiliki dua prinsip kerja utama yaitu (i) kerja untuk mendinginkan (*cooling*); (ii) kerja mencairkan es di evaporator (*defrost*). Kedua prinsip kerja tersebut harus bekerja secara baik agar proses pendinginan di dalam refrigerator berjalan optimal. Dasar hukum kerja pendinginan (*cooling*) adalah hukum fisika Clausius, dimana dinyatakan bahwa kalor akan berpindah dari tempat bersuhu tinggi ke tempat bersuhu rendah.

Selain kerja mendinginkan, sebuah refrigerator juga bekerja mencairkan es yang dikenal dengan *defrost*. Bila sistem *defrost* tidak bekerja maka bunga es akan semakin banyak bertumpuk diluar pipa evaporator sehingga

kemampuan untuk mendinginkan akan jauh berkurang atau refrigerator tidak dapat mendinginkan lagi. Kerja *defrost* dilakukan oleh *defrost heater* (pemanas listrik) dan sebuah rangkaian listrik. Prinsip utamanya adalah mengatur waktu saat pendinginan dan pencairan es secara bergantian agar tercapai pendinginan yang optimal di dalam refrigerator. Komponen yang sangat berperan adalah motor kompresor dan sirkuit listrik *defrost cycles* yang menjadi bagian tak terpisahkan. Kedua bagian inilah yang membentuk sistem kerja refrigerator. Sehingga jika salah satunya rusak atau tidak berfungsi akan menyebabkan refrigerator tidak berfungsi. Oleh karena itu jaminan keamanan (*safety*) dari sistem ini harus diuji untuk kesesuaian dengan standar. Salah satu aspek yang sangat penting yang perlu diketahui adalah kenaikan temperatur dari setiap komponen yang menyusun sistem tersebut. Hal ini penting dilakukan karena setiap refrigerator adalah salah satu peralatan rumah tangga yang sepanjang hari dalam kondisi beroperasi tersambung dengan arus listrik.

Salah satu standar yang diakui secara internasional yang berhubungan dengan keamanan (*safety*) peralatan adalah *International Standard* IEC 60335-1. Di lingkup nasional standar ini dicakup oleh SNI IEC 60335-1: 2009 Piranti listrik ruma tangga dan sejenis-Keselamatan-Bagian 1: Persyaratan Umum. SNI ini merupakan adopsi secara identik dari IEC 60335-1 (2001) + Am 1 (2004-03). Standar ini diterapkan untuk menjamin mutu suatu peralatan rumah tangga dari bahaya listrik, mekanik, termal, kebakaran dan radiasi peralatan ketika dioperasikan seperti dalam penggunaan normal dengan mempertimbangkan instruksi dari pabriknya. Kondisi abnormal operasi serta pengaruh fenomena elektromagnetik juga dicakup dalam standar ini. IEC 60335-1 berisi persyaratan umum peralatan rumah tangga dan peralatan kelistrikan yang serupa. Dalam sebuah *safety standard* menyebutkan hal tentang (i) apa yang diuji; (ii) bagaimana pengujian dilakukan, dan; (iii) hasil apa yang diharapkan. Pada IEC 60335-1 *klausul 11 Heating*, komponen-komponen yang berhubungan dengan sistem kerja *cooling* dan *defrost* harus diuji. Pengujian dilakukan dengan mengukur kenaikan temperatur (*temperature rise*) masing-masing komponen. Hasil pengukuran diperiksa dengan persyaratan standar yang tercantum dalam Tabel 3 IEC 60335-1. Dengan demikian perancangan metode yang akurat dan benar akan sangat menentukan hasil pengujian. Fungsi dari standar pengujian adalah untuk membuat prosedur atau metode

standar seragam dan dapat diulang untuk mengukur karakteristik peralatan tertentu. Meier dan Hill telah menyarankan kriteria berikut ini untuk prosedur pengujian yang baik:

- mencerminkan secara akurat kinerja relatif dari pilihan perbedaan desain peralatan yang ada;
- mencerminkan kondisi aktual kegunaan, hasil akurat dan dapat diulang;
- mencakup jangkauan model yang luas didalam kategori peralatan;
- tidak mahal untuk digunakan;
- mudah untuk dimodifikasi untuk mengakomodasi teknologi dan fitur baru; dan
- menghasilkan hasil yang dapat mudah dibandingkan dengan hasil dari prosedur pengujian lainnya.

Dalam menggunakan standar, IEC 60335-1 tidak bisa berdiri sendiri. Standar tersebut harus digunakan bersama standar bagian 2 yang memuat ketentuan untuk menambah atau memodifikasi klausa yang sesuai untuk memberikan persyaratan yang relevan untuk setiap jenis produk. Bagian 2 IEC 60335 yang mengatur peralatan rumah tangga refrigerator adalah IEC 60335-2-24 *Particular requirement for refrigerating appliances, ice-cream appliances and ice-makers*. Di lingkup nasional, persyaratan ini dicakup oleh SNI (IEC) 60335-2-24 mengenai Peralatan listrik rumah tangga dan peralatan listrik serupa – Keselamatan – Bagian 2-24: Persyaratan khusus untuk peralatan pendingin, peralatan es krim dan pembuat es,

yang merupakan adopsi secara identik dari IEC 60335-2-24 Edition 6.1 (2005-04). Maka dalam menentukan kesesuaian keamanan komponen refrigerator, pertama harus melihat ketentuan dalam IEC 60335-2-24 Klausul 11 *Heating* untuk metode pengukuran kenaikan temperatur dan kemudian merujuk pada persyaratan pada IEC 60335-1 *General requirement* klausul 11 untuk melihat kesesuaian batas keamanannya (*safety*).

### 3. METODE PENELITIAN

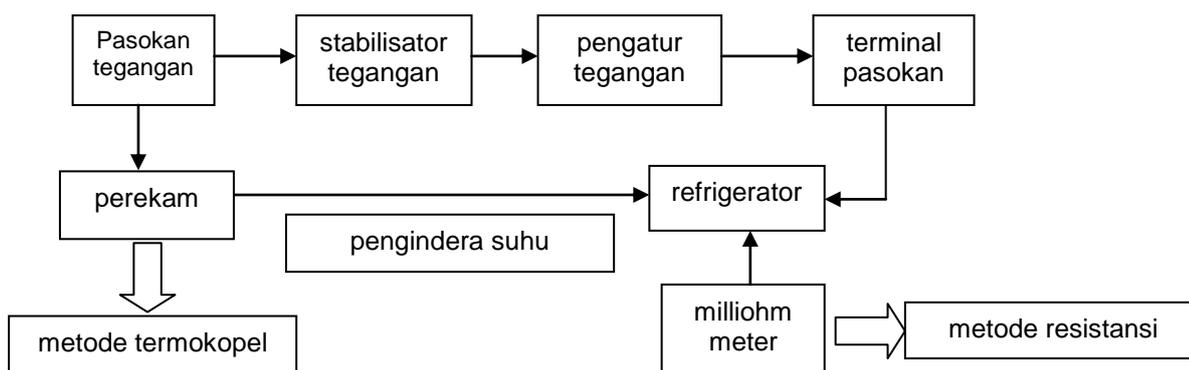
#### 3.1 Spesifikasi refrigerator

Refrigerator yang digunakan dalam pengukuran ini adalah refrigerator satu pintu dengan spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi refrigerator (sumber: Label Produk)

Spesifikasi	
Number of doors	1
Rated voltage	220V~ - 240V~
Rated frequency	50 Hz
Rated input	75 watt-81watt
Rated ampere	0.70A-0.71A
Rated total volume	172 litre
Climate class	T
Refrigerant/mass	HFC- 80g 134a
Insulation blowing gas	Cyclo pentane
Net weight	28 kg

#### 3.2 Perancangan pengukuran



Gambar 1 Diagram pengukuran kenaikan temperatur komponen refrigerator

Gambar 1 memperlihatkan diagram pengukuran kenaikan temperatur peralatan rumah tangga refrigerator. Masing-masing pengindera suhu ditempatkan pada komponen yang berkontribusi pada proses kinerja sistem refrigerator.

#### 3.3 Instrumentasi yang digunakan

Pasokan tegangan AC diberikan untuk memberikan tegangan pada refrigerator. Tegangan AC yang dipasok dari jaringan jala-jala pada umumnya fluktuatif. Tegangan fluktuatif ini dikontrol oleh stabilisator tegangan

untuk memberikan tegangan yang stabil. Kemudian tegangan ini diatur dengan menggunakan pengatur tegangan (*voltage regulator*) untuk memberikan variasi tegangan pada pelaksanaan pengukuran. Sebuah terminal pasokan dihubungkan dengan *voltage regulator* untuk tempat input tegangan refrigerator.

Termokopel Tipe T diameter 0,3 mm dengan kemampuan ukur suhu  $-200^{\circ}\text{C}$  sampai  $400^{\circ}\text{C}$  digunakan sebagai pengindera suhu. Termokopel ini dihubungkan dengan perekam Hybrid Recorder Yokogawa Tipe DR 130 20 channel dengan akurasi  $\pm 0,05\%$ , resolusi 0,1K untuk merekam data dan grafik kenaikan temperatur.

Sebuah miliohmeter HIOKI 3540 m $\Omega$  HITESTER dengan rentang pengukuran 30 m $\Omega$  sampai 30 k $\Omega$  akurasi  $\pm 0,1\%$  6 digit dihubungkan dengan digital printer HIOKI 9203 dengan kabel RS 232 digunakan untuk mengukur pada pengukuran metode resistansi winding kompresor. Humidity Chamber berukuran 2,5mx2m digunakan selama pengukuran untuk memberikan kondisi suhu yang stabil selama pengukuran.

#### 3.4 Kondisi pengukuran

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui kenaikan temperatur dari setiap komponen refrigerator. Refrigerator ditempatkan pada sebuah *test corner* yang dicat hitam mengkilap dengan ketebalan 20 mm. Pengukuran dilakukan pada kondisi stabil. Pengukuran dilakukan di dalam Humidity Chamber yang suhunya dapat diatur dan refrigerator dalam kondisi operasi normal, yaitu *thermostat* refrigerator dalam kondisi dihubungkan singkat. Kondisi tegangan masukan selama pengukuran divariasikan pada 0,94 dan 1,06 dari *rated voltage*.

#### 3.5 Pengukuran kenaikan temperatur metode termokopel.

Pengukuran kenaikan temperatur dengan metode termokopel dilakukan terhadap komponen selain *winding kompresor*. Termokopel sebagai pengindera suhu ditempatkan pada bagian komponen yang berpotensi memberikan kenaikan suhu paling tinggi. Selain itu termokopel juga dipasang pada *test corner* dan ruangan *chamber*. Termokopel yang ditempatkan di ruangan chamber digunakan untuk mengukur suhu chamber sebagai suhu referensi dengan cara termokopel ditempatkan dalam sebuah selubung plastik yang mengelilingi samping termokopel. Metode ini dilakukan untuk menghindari pengaruh aliran

udara dalam chamber sehingga pengukuran suhu tidak fluktuatif.

Pada pengukuran ini digunakan perekat plastik tahan panas dan mempunyai tegangan rekat yang cukup kuat terhadap panas agar tidak mudah lepas selama pengukuran berlangsung. Juga digunakan instant adhesive Loctite 444 serta Loctite 7452 accelerator yang digunakan secara bersama-sama sebagai perekat instan khusus untuk komponen elektronika, sirkuit, koil. Perekat instan ini digunakan untuk menjangkau daerah sangat susah dijangkau dengan menggunakan perekat tahan panas sehingga termokopel cukup kuat merekat selama pengukuran.

#### 3.6 Pengukuran kenaikan temperatur metode resistansi

Pengukuran metode resistansi digunakan untuk mengukur kenaikan temperatur dari winding motor kompresor. Pengukuran resistansi dilakukan secepat mungkin setelah saklar tegangan masukan dimatikan dan dilakukan dalam interval yang pendek. Pengukuran dilakukan dengan mengukur resistansi pada sisi *main coil* dan *sub coil* motor kompresor. Pengukuran resistansi dilakukan dalam dua tahap yaitu sebelum refrigerator beroperasi dan setelah pengukuran kenaikan temperatur dengan metode termokopel pada suhu  $43^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Hasil pengukuran kemudian dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 berikut:

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

Dimana:

- $\Delta t$  : kenaikan temperatur winding.
- $R_1$  : resistansi pada awal pengukuran.
- $R_2$  : resistansi pada akhir pengujian.
- $k$  : konstanta (234,5 untuk winding tembaga dan 225 untuk winding aluminium).
- $t_1$  : temperatur ruangan pada awal pengujian.
- $t_2$  : adalah temperatur akhir pengujian.

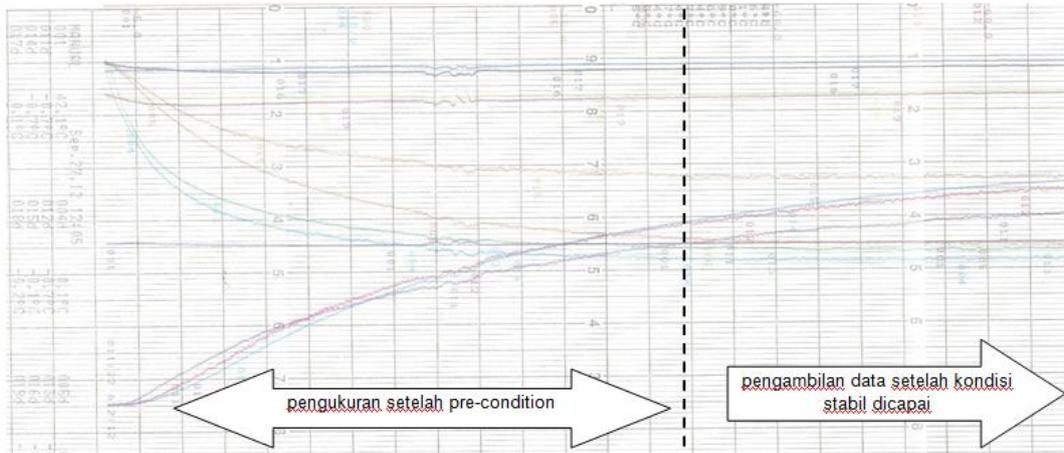
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengukuran metode termokopel

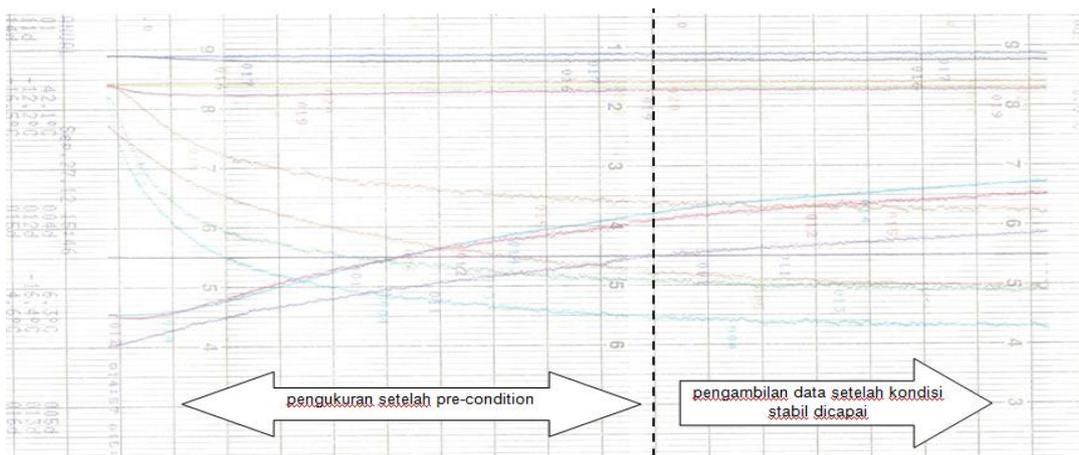
Pengukuran kenaikan temperatur setiap komponen dan pemeriksaan kesesuaian sangat ditentukan oleh kelas peralatan. Dalam pengukuran ini digunakan refrigerator kelas T (*tropical*) sebagai konsekuensi Indonesia dalam wilayah yang berada di ekuator memiliki iklim tropis. Untuk peralatan dengan climate class T (*tropical*) pengukuran dilakukan pada suhu  $43^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Pengambilan data dilakukan setelah refrigerator dilakukan *pre-condition* pada suhu

43°C±1°C selama 24 jam dengan kondisi pintu refrigerator terbuka. Hal ini bertujuan memberikan homogenitas temperatur antara lingkungan di dalam chamber dengan

refrigerator. Untuk kesesuaian, persyaratan refrigerator dalam Tabel 3 IEC 60335-1 harus dikurangi 7K.



Gambar 2 Kenaikan temperatur untuk tegangan masukan 206,8V



Gambar 3 Kenaikan temperatur untuk tegangan masukan 254,5V

Gambar 2 dan 3 memperlihatkan grafik tampilan kenaikan temperatur komponen refrigerator yang dihasilkan melalui perekam Hybrid Recorder Yokogawa. Pengukuran dilakukan dalam dua kondisi tegangan masukan yaitu  $0,94 \times 220V = 206,8V$  dan  $1,06 \times 240V = 254,5V$ . Pada Gambar 2 dan 3 terlihat bahwa membutuhkan beberapa waktu untuk mencapai kondisi stabil untuk pengambilan data setelah *pre-condition*. Dalam pengukuran ini dibutuhkan waktu sekitar 4 jam setelah *pre-condition* untuk mencapai kondisi stabil. Pengambilan data kenaikan temperatur dilakukan setelah kondisi stabil tercapai. Beberapa komponen yang diukur kenaikan temperaturnya dengan metode termokopel diantaranya adalah:

(i) *thermostat*, fungsi dari thermostat adalah sebagai *switches*. Pengukuran dilakukan pada

kondisi *thermostat* dihubungkan singkat. Kondisi ini akan membuat *thermostat* akan menutup sehingga kompresor akan mendapatkan aliran listrik dan bekerja terus untuk memompakan udara dingin ke dalam ruang refrigerator. Dengan demikian pengukuran kenaikan temperatur dilakukan dengan menempatkan termokopel di sekitar hubungan singkat tersebut (*ambient thermostat*). Kesesuaian diperiksa dengan mengacu pada IEC 60335-1 Tabel 3, pada bagian *Ambient of switches, thermostats and temperature limiters*. Kesesuaian diperiksa dengan batas kenaikan temperatur merujuk pada nilai yang diberikan oleh *without T-marking* karena spesifikasi dari *thermostat* tidak disebutkan. Hasil pengukuran dan kesesuaian ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengukuran kenaikan temperatur metode termokopel

Lokasi termokopel	dT (K)		Nilai batas maksimum standar
	V= 206,8V	V=254,5V	
<i>ambient of door switch</i>	-30,9	-27	23
<i>ambient of thermostat</i>	-35,4	-32,3	23
<i>PTC</i>	31,6	35,7	38
<i>lampholder</i>	-36,9	-33,8	48
<i>internal wires</i>	19,2	24,2	43
<i>insulation of supply cord</i>	0,7	1,1	43
<i>supply cord sheath</i>	-0,1	0,2	43
<i>external enclosure</i>	-0,1	0	53
<i>wall</i>	0,2	0,6	53
<i>floor</i>	-0,6	-0,6	53

(ii) *door switch*, merupakan komponen yang berfungsi menghidupkan dan mematikan kipas dan lampu refrigerator melalui buka-tutup pintu. Ketika pintu tertutup maka *door switch* akan dalam posisi *on* untuk menyalakan kipas dan mensirkulasikan udara dingin dari evaporator ke seluruh isi refrigerator serta menghisap udara panas dalam refrigerator menuju evaporator dan pada posisi pintu terbuka akan menghidupkan lampu refrigerator. Karena refrigerator adalah salah satu peralatan rumah tangga yang dioperasikan sepanjang hari, maka potensi panas atau kenaikan temperatur akan mempengaruhi dinding bagian dalam refrigerator yang terbuat dari plastik. Oleh karena itu pengukuran dilakukan dengan membuka rangkaian elektronik *door switch* dan termokopel ditempatkan di sekitar rangkaian tersebut (*ambient door switch*). Pemeriksaan kesesuaian dilakukan seperti pada *thermostat*. Hasil pengukuran dan kesesuaian ditampilkan dalam Tabel 2.

(iii) lampu, kerja komponen ini dilakukan *door switch* melalui buka-tutup pintu refrigerator. Ketika pintu refrigerator terbuka lampu akan menyala, sehingga panas yang dibangkitkan oleh lampu akan mengalir secara konduksi ke *lampholder* yang terbuat dari plastik. Sehingga pengukuran dilakukan dengan menempatkan termokopel pada *lampholder*. Karena spesifikasi atau penandaan pada *lampholder* tidak disebutkan, maka kesesuaian diperiksa dengan mengacu pada IEC 60335-1 Tabel 3 pada bagian *Lampholders without T-marking*. Batas kenaikan temperatur merujuk pada nilai yang diberikan pada *others lampholders and starter holders for fluorescent*. Hasil pengukuran dan kesesuaian ditampilkan pada Tabel 2.

(iv) *internal wires* dan *insulation of supply cord*, pada *internal wires* pengukuran dilakukan

pada bagian yang mempunyai potensi panas paling tinggi yaitu *internal wires* yang berada di *overload compressor*. Sedangkan pengukuran *insulation of supply cord* dilakukan dengan menyisipkan termokopel diantara tiga sumber kabel yang berada di *box supply cord*. Karena potensi panas yang cukup tinggi maka digunakan *instant adhesive Loctite 444* serta *Loctite 7452 accelerator* pada pengukuran ini agar termokopel kuat melekat selama pengukuran. Hasil pengukuran dan kesesuaian ditampilkan pada Tabel 2. Pemeriksaan kesesuaian merujuk pada IEC 60335-1 Tabel 3 dengan nilai batas kenaikan temperatur yang diberikan oleh *points where the insulation of wires can come into contact with parts of a terminal block or compartment for fixed wiring, for a stationary appliance not provided with a supply cord*.

(v) *supply cord sheath*, pengukuran dilakukan dengan menempatkan termokopel pada pembungkus kabel suplai menggunakan perekat tahan panas. Hasil pengukuran dan kesesuaian ditampilkan pada Tabel 2. Kesesuaian diperiksa dengan mengacu pada IEC 60335-1 Tabel 3 pada bagian *Rubber or polyvinyl chloride insulation of internal and external wiring, including supply cords*. Karena spesifikasi *supply cord sheath* tidak disebutkan maka batas kenaikan temperatur merujuk pada nilai yang diberikan pada *without temperature rating*.

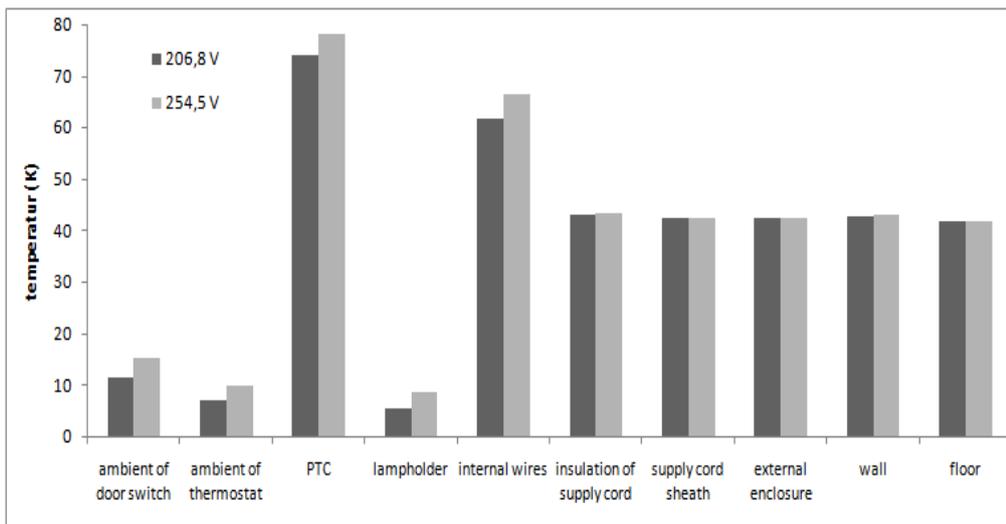
(vi) *external enclosure, wall* dan *floor*, pengukuran dilakukan dengan menempatkan termokopel pada pegangan pintu refrigerator (*handle*) menggunakan perekat tahan panas. Sedangkan *wall* dilakukan dengan menempatkan termokopel pada salah satu dinding dari *test corner* menggunakan perekat tahan panas. Sementara itu untuk *floor*

pengukuran dilakukan dengan menempatkan termokopel pada bagian bawah dari *test corner* menggunakan perekat tahan panas. Hasil pengukuran dan kesesuaian ditampilkan pada Tabel 2. Kesesuaian diperiksa dengan mengacu pada IEC 60335-1 Tabel 3 pada bagian, *surfaces of handles, knobs, grips and similar parts which are held for short periods only in normal use (e.g. switches)*. Nilai batas kenaikan temperature merujuk pada nilai of *moulded material, rubber or wood*.

(vii) *positive temperature coefficient (PTC)*, pada pengukuran ini digunakan instant adhesive Loctite 444 serta Loctite 7452 accelerator pada termokopel yang dipasang di dinding PTC agar termokopel terpasang kuat selama pengukuran. Fungsi PTC ini adalah sebagai *switches* sehingga kesesuaian diperiksa dengan mengacu pada IEC 60335-1 Tabel 3 pada bagian , *surfaces of handles, knobs, grips and similar parts which are held for short periods only in normal use (e.g. switches)* dengan nilai batas

kesesuaian yang diberikan oleh *of porcelain or vitreous material*. Hasil pengukuran dan kesesuaian ditampilkan pada Tabel 2.

Temperatur (*room ambient*) saat pengukuran pada tegangan masukan 206,8V terukur 42,6K dan 42,5K pada tegangan masukan 254,5V. Nilai kedua temperatur ini masih dalam rentang persyaratan standar. Pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa pengukuran pada kondisi kedua tegangan adalah masih berada dalam kesesuaian dengan batas nilai persyaratan standar. Namun terdapat perbedaan pada nilai kenaikan temperatur masing-masing komponen. Terlihat bahwa kenaikan temperatur komponen pada tegangan masukan 254,5 V lebih tinggi daripada pada tegangan masukan 206,8V. Kontribusi kenaikan temperatur yang besar diberikan oleh komponen yang dekat dengan kompresor dan sistem kerjanya terhubung langsung dengan arus listrik yaitu PTC dan *internal wires*.



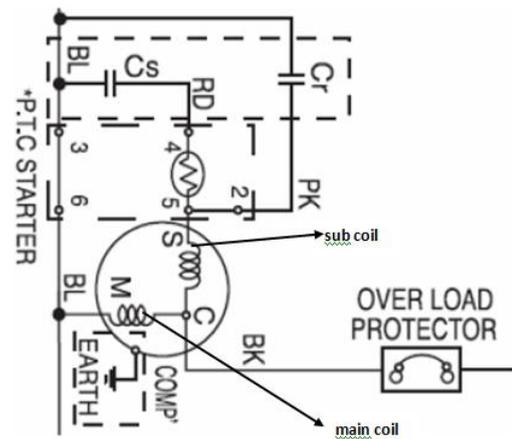
Gambar 4 Grafik temperatur komponen sistem refrigerasi

Gambar 4 memperlihatkan temperatur pada setiap komponen. Pada Gambar 4 memperlihatkan nilai temperatur untuk komponen *PTC* dan *internal wires* pada tegangan masukan 206,8V dan 254,5V berturut-turut adalah 74,2K; 61,8K; dan 78,2K; 66,7K. Nilai temperatur PTC adalah paling tinggi, hal ini dikarenakan fungsinya sebagai *switches* arus listrik yaitu memicu *sub coil* bekerja dengan memberikan arus listrik beberapa saat. Untuk komponen-komponen *insulation of supply cord*, *supply cord sheath*, dan *external enclosure*, besarnya tegangan masukan tidak mempengaruhi kenaikan temperatur komponen. Nilai temperatur tidak jauh berbeda baik untuk tegangan masukan 206,8 V maupun 254,5V

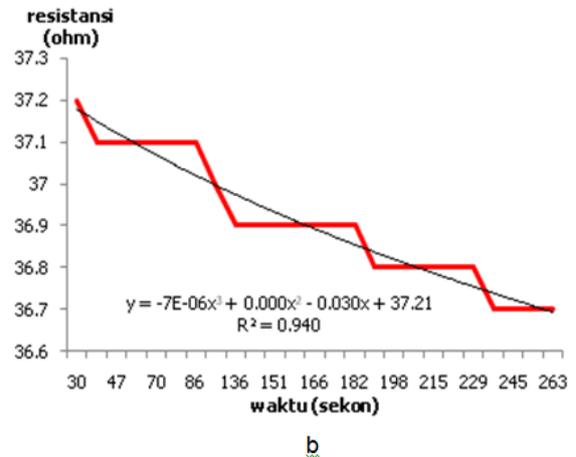
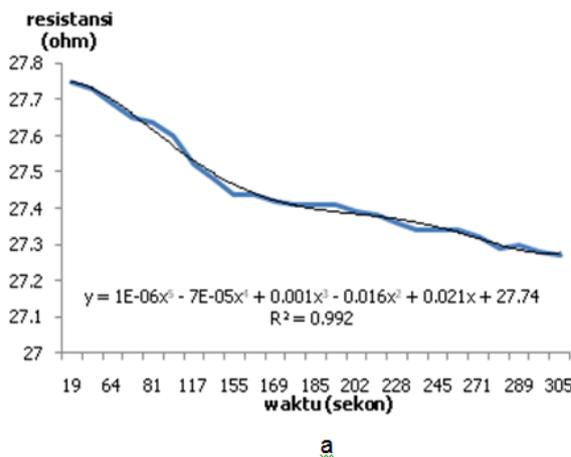
dengan nilai berturut-turut adalah 43,3K; 42,5K; 42,5K dan 43,6K; 42,7K; 42,5K. Nilai ini juga tidak jauh berbeda dengan *room ambient*. Hal ini memperlihatkan bahwa fenomena perpindahan panas konduksi yang terjadi pada *insulation of supply cord* dan *supply cord sheath* tidak begitu mempengaruhi karena adanya bahan isolator yang digunakan sebagai pembungkus kabel. Pada *external enclosure* yaitu *handle refrigerator*, nilai kenaikan temperturnya sangat kecil. Ini memperlihatkan bahwa fenomena pengaruh transfer panas sensible yang terjadi dari massa udara panas di dalam ruang yang didinginkan setelah pintu ditutup tidak begitu mempengaruhi karena faktor ketebalan pintu refrigerator serta adanya bahan isolator yang

digunakan pada *handle refrigerator*. Untuk komponen yang berada di dalam refrigerator yaitu *ambient door switch*, *ambient thermostat*, *lampholder* nilai temperatur pada tegangan masukan 254,5V dan tegangan masukan 206,8V berturut-turut adalah 15,5K; 10,2K; 8,7K dan 11,7K; 7,2K; 5,7K. Nilai kenaikan temperatur adalah sangat kecil. Hal ini dikarenakan adanya fenomena perpindahan panas laten dari kondensasi uap air dari udara basah atau dingin melewati permukaan refrigerator bagian dalam.

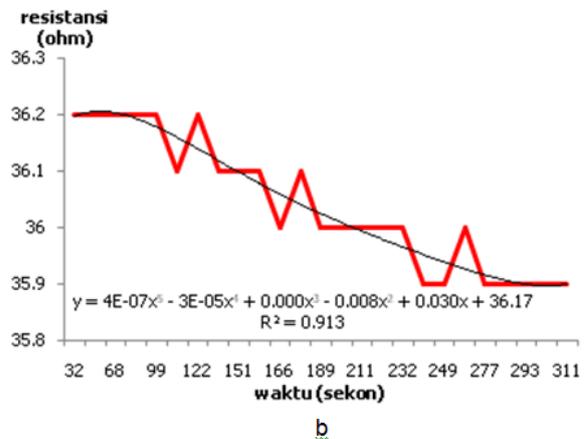
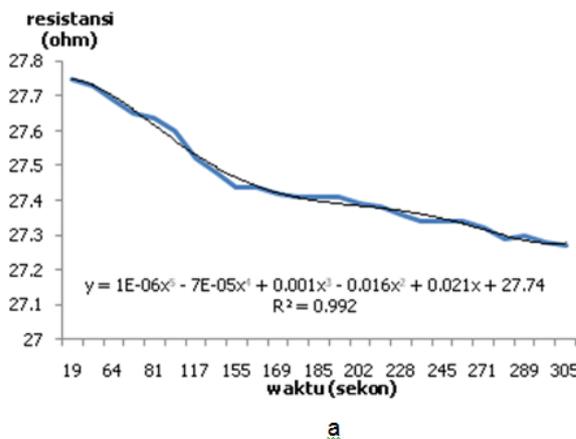
4.2 Pengukuran dengan metode resistansi  
Gambar 5 menunjukkan rangkaian listrik motor kompresor untuk pengukuran metode resistansi.



Gambar 5 Diagram kelistrikan untuk pengukuran resistansi  
(sumber: Product Knowledge. Workshop Energy Efficiency Labeling, Serpong)



Gambar 6 Grafik resistansi motor kompresor pada tegangan masukan 206,8V  
(a) *sub coil* (b) *main coil*



Gambar 7. Grafik resistansi motor kompresor pada tegangan masukan 254,5V  
(a) *sub coil* (b) *main coil*

Tabel 3 Kenaikan temperatur metode resistansi

Kenaikan temperatur winding	R1 ohm	R2 ohm	dT (K)	Maks dT(K)	Kelas insulasi
Kenaikan temperatur pada tegangan masukan 206,8V					
Main coil	30,69	36,17	49,01	68	A
Sub coil	23,37	27,74	51,22	68	A
Kenaikan temperatur pada tegangan masukan 254,5V					
Main coil	30,69	37,21	58,23	68	A
Sub coil	23,37	27,74	51,32	68	A

Hasil pengukuran resistansi ditampilkan pada Gambar 6 Gambar 7. Grafik resistansi terhadap waktu untuk tegangan masukan 206,8 V diperlihatkan dalam Gambar 6(a) untuk resistansi pada *sub coil* dan (b) untuk resistansi *main coil*.

Gambar 7(a) dan (b) memperlihatkan hasil pengukuran nilai resistansi untuk tegangan masukan 254,5 V. Dari Gambar 6 dan 7, nilai resistansi merupakan fungsi dari waktu. Terlihat grafik hasil pengukuran resistansi *main coil* jauh dari regresi persamaan garisnya. Hal itu dapat dilihat dari koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada grafik *main coil* yang lebih rendah daripada *sub coil*. Untuk hasil pengukuran dalam rentang waktu yang singkat, maka nilai resistansi didapatkan dengan memasukkan nilai waktu 0 detik ( $x=0$ ) pada persamaan garis. Didapatkan nilai resistansi untuk *sub coil* pada tegangan masukan 206,8 V dan 254,5 V berturut-turut adalah 27,74  $\Omega$  dan 27,74  $\Omega$ . Resistansi *main coil* didapatkan berturut-turut untuk tegangan masukan 206,8 V dan 254,5 V adalah 36,17  $\Omega$  dan 37,21  $\Omega$ . Hasil tersebut menunjukkan resistansi *sub coil* lebih kecil daripada *main coil*. Terlihat juga resistansi *main coil* pada tegangan masukan 254,5 V lebih besar daripada resistansi *main coil* pada tegangan masukan 206,8 V. Sedangkan untuk *sub coil*, besarnya nilai tegangan masukan tidak mempengaruhi nilai resistansi. Keduanya memiliki nilai yang sama. Perbedaan ini dikarenakan *sub coil* berfungsi sebagai *starting compressor*. Dapat dilihat pada Gambar 5, *sub coil* yang berfungsi sebagai *starting compressor* akan memberikan dorongan untuk rotor, ketika rotor sudah berputar normal maka arus listrik yang mengalir ke *sub coil* akan diputus oleh PTC sehingga *sub coil* tidak berfungsi lagi. Setelah rotor berputar normal, peranannya diganti oleh *main coil* yang berfungsi sebagai *running compressor*.

Nilai resistansi pada grafik Gambar 6 dan 7 digunakan sebagai nilai  $R_2$  pada Persamaan 1 untuk menghitung kenaikan temperatur. Nilai  $R_1$  didapatkan dari resistansi awal pengukuran yang diukur pada saat kondisi refrigerator tidak

terhubung arus listrik. Didapatkan nilai  $R_1$  berturut-turut untuk *sub coil* dan *main coil* adalah 23,37  $\Omega$  dan 30,69  $\Omega$ . Nilai konstanta k tembaga untuk *sub coil* dan *main coil* adalah 234,5. Temperatur ruangan pada awal pengujian ( $t_1$ ) terukur 42,1 K. Sedangkan temperatur ruangan pada akhir pengukuran ( $t_2$ ) untuk tegangan masukan 206,8V terukur 42,6K dan 42,5K pada tegangan masukan 254,5V. Hasil perhitungan kenaikan temperatur dan kesesuaian ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa kenaikan temperatur pada tegangan masukan 254,5V lebih besar daripada pada tegangan masukan 206,8V, dengan nilai kenaikan temperatur pada *main coil* berturut-turut 58,23 K dan 49,01 K. Perbedaan ini dikarenakan nilai resistansi pada tegangan masukan 254,5 V lebih besar daripada 206,8 V. Sedangkan nilai kenaikan temperatur pada *sub coil* relatif sama, hal ini dikarenakan nilai resistansinya sama. Kesesuaian merujuk pada Tabel 3 IEC 60335-1 pada bagian *windings*. Hasil kesesuaian menunjukkan nilai kenaikan temperatur masuk dalam rentang *windings* kelas A

## 5. KESIMPULAN

Kelas refrigerator dan spesifikasi setiap komponen merupakan faktor penting dalam pengukuran dan kesesuaian dengan standar keamanannya. Kelas refrigerator akan menentukan seberapa besar pengurangan batas temperatur dalam standar yang dipersyaratkan dan kondisi lingkungan pengukuran. Kondisi lingkungan pengukuran akan mempengaruhi besarnya kenaikan temperatur komponen refrigerator. Hasil pengukuran dengan refrigerator kelas T (*tropical*) untuk metode termokopel menunjukkan bahwa kontribusi kenaikan temperatur yang signifikan terjadi pada komponen *internal wires* dan PTC. Pada kesesuaian persyaratan batas standar keamanan, komponen-komponen *thermostat*, *lampholder*, *door switch*, dan *supply cord sheath*,

merujuk pada nilai *without T marking* karena spesifikasi tidak tersedia. Pada metode resistansi, nilai resistansi akan mempengaruhi nilai kenaikan temperatur. Kecepatan pengambilan data resistansi akan mempengaruhi nilai determinasi ( $R^2$ ). Semakin cepat pengambilan resistansi maka nilai determinasi akan semakin mendekati satu sehingga nilai resistansinya akan semakin akurat. Nilai determinasi pada resistansi *main coil* lebih rendah daripada *sub coil*. Nilai resistansi dan kenaikan temperatur untuk *main coil* lebih besar daripada *sub coil*. Kenaikan temperatur terbesar terjadi pada *main coil* pada kondisi pengukuran tegangan masukan 254,5 V. Kondisi tegangan masukan tidak mempengaruhi nilai kenaikan temperatur pada *sub coil*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Mohd Azmeer Ahmad dan Khairul Azhar atas bantuannya dalam pengukuran ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M.A. (2012). Understanding of Safety Testing. Sirim Qas International Bhd. Sdn. Malaysia.
- Arjadi, H; Nugroho, HW; dan Utomo, B. (2011). Radiasi Medan Elektromagnetik dari Printed Wiring Board (PWB). Proceeding on Annual Meeting on Testing and Quality 2011. ISSN 1907-7459 page 127-138.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI ISO 15502:2008 Lemari pendingin untuk rumah tangga-Karakteristik dan metode uji (ISO 25502-First edition, Household refrigerating appliances-Characteristics and test methods, IDT.
- Badan Standarisasi Nasional. (2009). SNI IEC 60335-2-24:2009 Peralatan listrik rumah tangga dan peralatan listrik serupa – Keselamatan – Bagian 2-24: Persyaratan khusus untuk peralatan pendingin, peralatan es krim dan pembuat es.
- Badan Standarisasi Nasional. (2009). SNI IEC 60335-1:2009 Peranti listrik rumah tangga dan sejenis –Keselamatan - Bagian 1: Persyaratan umum.
- International Monetary Fund. (2011). World Economic Outlook Database April 2011. Retrieved from [www.imf.org](http://www.imf.org). Accessed on October 8, 2012.
- International Electrotechnical Commission. (2001). International Standard IEC 60335-1 Household and similar electrical appliances-Safety. Part 1: General requirements. Edition 4:2001 consolidated with amendment 1:2004.
- International Electrotechnical Commission. (2005). International Standard IEC 60335-2-24 Household and similar electrical appliances-Safety. Part 2-24: Particular requirements for refrigerating appliances, ice cream appliances and ice makers. Edition 6:2002 consolidated with amendment 1:2005.
- Kementerian Energi dan Sumber Tegangan Mineral. 2012. Product Knowledge. Workshop Energy Efficiency Labeling, Serpong.
- Masjuki, H.H., Saidur, R., Choudhury, I.A., Mahlia, T.M.I., Ghani, A.K., and Maleque, M.A. (2001). The applicability of ISO household refrigerator-freezer energy test specifications in Malaysia. Energy 26 (2001) 723-737. Accessed on July 16, 2012.
- Meier, A.K., and Hill, J.E. (1997). Energy test procedures for appliances. Energy and Building 26(1):23–33. Accessed on July 16, 2012.
- Prianto, J., Prawira, T.D., Heliyanto,P., dan Septa,F. (2010). Single Phase Motor. Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok: 2010.
- Pustekkom Depdiknas. (2007). Prinsip Kerja Kulkas. Retrieved from <http://soerya.surabaya.go.id>. Accessed on November 19, 2012
- Wijaya, M.E.; Limmeechokchai, B. (2010). Demand Side Management Options in The Household Sector through Lighting Efficiency Improvement for Java-Madura-Bali Islands in Indonesia”. Journal of Sustainable Energi and Environmental (1) 2010 page 111-115. Accessed on February 3, 2012.
- Wijaya, A.M. (2011). Mari Kita Mempelajari Cara Kerja Lemari Es (Kulkas). Retrieved from <http://www.infodokterku.com>. Accessed on October 10, 2012.