

## DAMPAK PENERAPAN SNI AIR MINUM DALAM KEMASAN TERHADAP EKONOMI NASIONAL

### *Impact of Implementation of SNI Drinking Water in Packages to National Economy*

**Biatna Dulbert Tampubolon, Wahyu Widyatmoko dan Bendjamin B. Louhenapessy**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Standardisasi  
Badan Standardisasi Nasional  
Gedung Manggala Wanabakti, Blok IV lantai 3-4. Jl. Gatot Subroto.  
Senayan - Jakarta 10270 - Indonesia. Telp : 021-5747043 Fax : 021-5747045.  
e-mail: dulbert@bsn.go.id

Diterima: 3 Januari 2013, Direvisi: 18 April 2013, Disetujui: 3 Juni 2013

#### **Abstrak**

Penerapan SNI diharapkan dapat memberikan dampak ekonomi bagi produsen, sehingga produsen yang dapat mengurangi waktu, tenaga dan biaya dalam memproduksi produk dan jasa. Jumlah SNI yang ditetapkan sampai dengan tahun 2009 adalah 6835 SNI, sedangkan SNI yang telah diterapkan wajib adalah 237 SNI dan 327 SNI diterapkan secara sukarela. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan SNI masih rendah (4,78%). Untuk mendorong penerapan SNI oleh produsen perlu dilakukan studi nilai ekonomis dari penerapan SNI. Objek dalam penelitian ini adalah produk Air Minum Dalam Kemasan (SNI 01 3553:2006, AMDK). Hasil kajian ini menunjukkan bahwa nilai ekonomi produk AMDK sebesar Rp. 2,78 triliun dan nilai ekonomi suatu produk akan semakin tinggi jika produsen menerapkan SNI.

**Kata kunci:** SNI 01 3553:2006, AMDK, penerapan, dampak ekonomi

#### **Abstract**

*Applying of SNI is expected able to give economic impact for producers, so those producers get benefit by the time reduction and energy reduction to produce the product or service. Until 2009 number of SNI stipulated by BSN are 6835 SNI, whereas which has been applied mandatory are 237 SNI and 327 SNI applied voluntary. It's still low (4.78%). Object in this research is product of drinking water in packages (SNI 01 3553:2006, AMDK) to stimulate producers to apply SNI on his product. Result of this study known the economic value of drinking water product around Rp. 2.78 trillion. Economic value of product will increase if producer fully apply SNI.*

**Keywords:** SNI 01 3553:2006, drinking water in packages (AMDK), implementation, economic impact

### **1. PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Standar memuat persyaratan minimal mengenai ketentuan teknis, karakteristik atau pedoman yang berkaitan dengan pelaksanaan pekerjaan tertentu atau produk yang dihasilkan untuk mendapatkan keteraturan dalam konteks tertentu. Demikian pada dasarnya standar tidak akan membatasi inovasi. Sebaliknya, standar meningkatkan inovasi karena persyaratan dalam standar dibuat berkaitan dengan kinerja (*performance*) dan K3L (*safety*).

Standar merupakan spesifikasi teknis atau sesuatu yang dibakukan termasuk tatacara dan metode yang disusun berdasarkan konsensus semua pihak yang terkait dengan memperhatikan syarat-syarat keselamatan,

keamanan, kesehatan, lingkungan hidup, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta pengalaman, perkembangan masa kini dan masa yang akan datang untuk memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya (Indonesia, 2000)

Penerapan SNI melalui penggunaan tanda SNI oleh pelaku usaha perlu didukung dengan mengembangkan skema evaluasi penerapan produk bertanda SNI (integritas tanda SNI). Sistem monitoring diperlukan untuk memastikan apakah penggunaan tanda SNI pada barang yang beredar di pasar telah dilaksanakan sesuai ketentuan yang berlaku. Selain hal tersebut penggunaan tanda SNI juga dikenakan pada produk-produk impor yang SNI-nya sudah diberlakukan wajib.

Pelaku usaha dilarang memproduksi dan/atau memperdagangkan barang dan/atau

jasa yang tidak memenuhi atau tidak sesuai dengan standar yang dipersyaratkan dan ketentuan peraturan perundang-undangan. Dan konsumen diberikan hak untuk memilih barang dan/atau jasa serta mendapatkan barang dan/atau jasa tersebut sesuai dengan nilai tukar dan kondisi serta jaminan yang dijanjikan; hak atas informasi yang benar, jelas, dan jujur mengenai kondisi dan jaminan barang dan/atau jasa (Indonesia, 1999)

Penerapan SNI selain karena diberlakukan wajib oleh regulasi terkait, peneliti ingin melihat dampak ekonomi penerapan SNI secara nasional, dalam hal ini SNI AMDK sebagai studi kasus. Sehingga apabila penerapan SNI secara nasional dapat terbukti, diharapkan pada stakeholder terkait seperti produsen, konsumen dan pemerintah juga mendapat manfaat. Hal ini akan memicu produsen untuk menerapkan SNI baik yang suka rela dan wajib karena menguntungkan secara ekonomi.

### 1.2 Tujuan

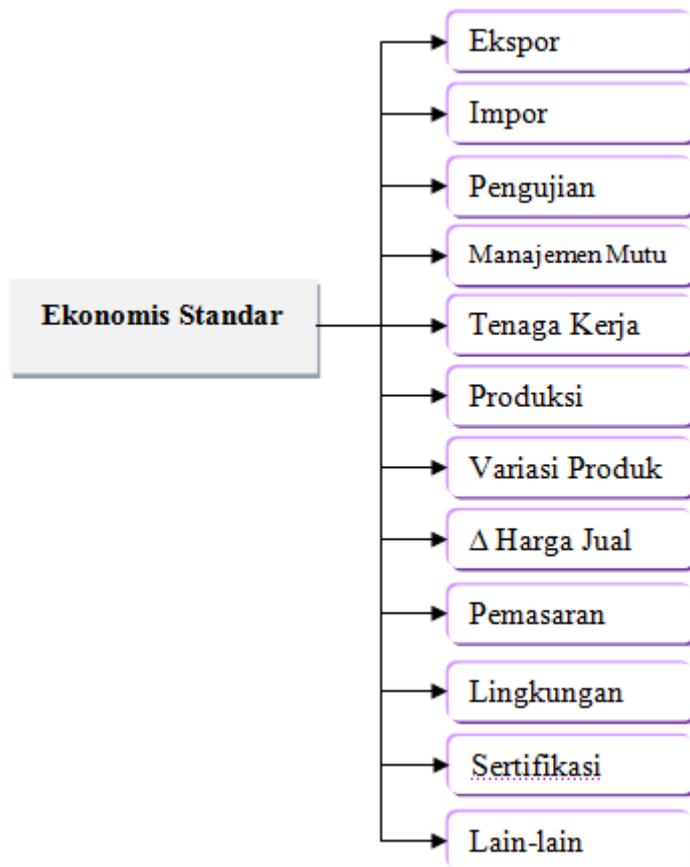
Penerapan SNI diharapkan dapat memberikan dampak ekonomi bagi produsen dengan

mereduksi waktu, tenaga dan biaya dalam memproduksi produk dan jasa. Dari sisi konsumen, penerapan SNI dapat menjamin kualitas, keamanan, keselamatan dan kesehatan sesuai dengan nilai dan harga produk tersebut. Sehingga kajian ini bertujuan untuk menghitung manfaat ekonomi dari sebuah penerapan standar AMDK bagi perekonomian nasional.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisa ekonomi standardisasi dapat diketahui secara nyata (*tangible*) dan tidak nyata (*intangible*). Faktor-faktor analisis dampak ekonomis standardisasi hanya dapat diketahui jika proses standardisasi telah diterapkan secara benar. Dalam kajian ini, diasumsikan bahwa penerapan SNI telah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Banyak faktor yang mempengaruhi nilai ekonomis pada sebuah standar, hal ini bisa ditampilkan dalam gambar berikut dibawah ini



Gambar 1 Faktor nilai ekonomis sebuah standar secara umum

Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai ekonomis standar tersebut akan dianalisa oleh peneliti dengan menggunakan pendekatan analisa faktor.

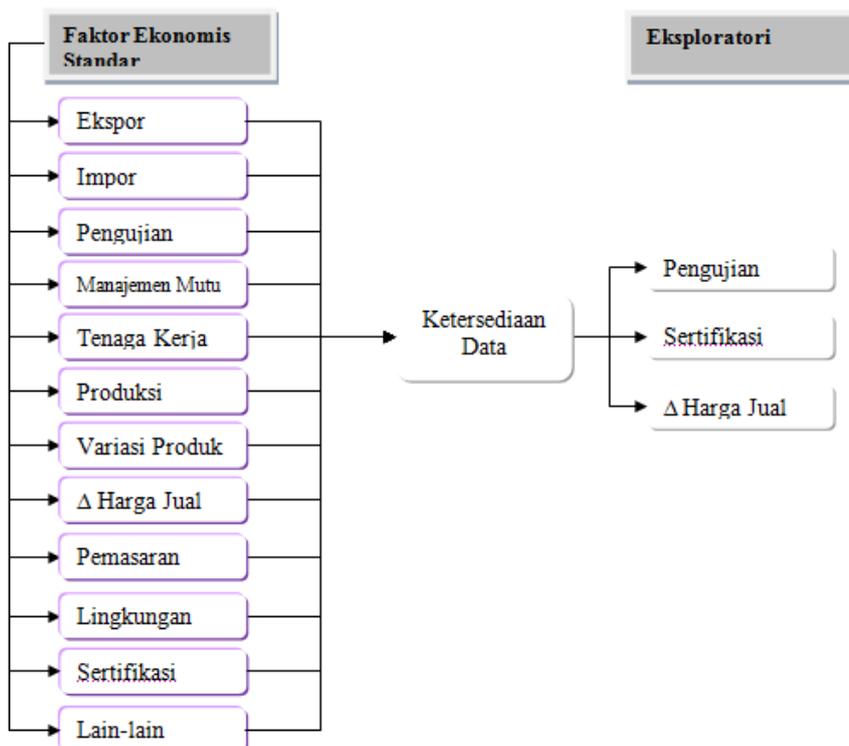
### 2.1 Teori Analisa Faktor

Analisis faktor (*factor analysis*) dapat dibagi dua yaitu analisis komponen utama (*principal component analysis*, PCA) dan analisis faktor (*factor analysis*, FA). Analisis faktor dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu analisis faktor eksploratori dan analisis faktor konfirmatori (Mastuti, 2011). Bahwa dalam analisis faktor eksploratori, secara apriori tidak ada hipotesis yang berkenaan dengan komposisi atau struktur, sebaliknya dalam analisis konfirmatori memerlukan secara eksplisit formula atau perumusan hipotesis yang berkenaan dengan struktur yang mendasari (Amirudin, 2009). Jadi, analisis faktor konfirmatori memerlukan spesifikasi mengenai banyaknya faktor terlebih dahulu serta komposisinya, sedangkan analisis faktor eksploratori tidak menggunakan hal tersebut. Kedua analisis ini bertujuan menerangkan struktur melalui kombinasi linear dari variabel-variabel pembentuknya. Sehingga dapat dikatakan bahwa faktor atau komponen adalah variabel bentukan bukan variabel asli. Secara umum analisis faktor atau analisis komponen utama bertujuan untuk mereduksi

data dan menginterpretasikannya sebagai suatu variabel.

Tujuan utama analisis faktor adalah untuk menjelaskan struktur hubungan di antara banyak variabel dalam bentuk faktor atau variabel laten/bentukan. Faktor yang terbentuk merupakan besaran acak (*random quantities*) yang sebelumnya tidak dapat diamati atau diukur atau ditentukan secara langsung. Analisis faktor eksploratori merupakan analisis awal untuk digunakan pada analisis lanjutan dari suatu rangkaian analisis dalam suatu penelitian. Proses analisis faktor eksploratori dilakukan untuk membuat sebuah set variabel baru atau faktor yang menggantikan sejumlah variabel asal. Dengan demikian, variabel atau faktor yang terbentuk berdasarkan ketersediaan data, yang akan digunakan dalam analisis lanjutan. Analisis lanjutan akan mempermudah interpretasi hasil analisis untuk mendapatkan informasi yang realistik dan berguna.

Analisis faktor eksploratori di mana peneliti tidak atau belum mempunyai pengetahuan atau teori atau suatu hipotesis yang menyusun struktur faktor-faktornya yang akan dibentuk, sehingga dengan demikian pada analisis faktor eksploratori merupakan teknik untuk membantu membangun teori baru. Adapun skema dari analisa eksploratori dengan memperhatikan data yang ada bisa digambarkan seperti berikut:



Gambar 2 Skema analisa eksploratori faktor nilai ekonomi standar

## 2.2 Penerapan SNI AMDK

Kajian penerapan SNI AMDK dalam rangka integritas SNI telah dilakukan oleh PSPS tahun 2008 didasarkan atas adanya isu beredarnya AMDK yang tidak memenuhi SNI 01 3553:2006 yang telah diberlakukan secara wajib penerapannya oleh Departemen Perindustrian dan adanya potensi pembubuhan tanda SNI tidak sesuai dengan ketentuan, mengingat jumlah perusahaan AMDK yang mendapatkan sertifikat SNI sejumlah 319 perusahaan.

Perusahaan AMDK mulai berdiri di Indonesia pada tahun 1973 dengan kapasitas 6 juta liter per tahun. Pada tahun 2006 ada 480 perusahaan AMDK, tetapi yang memproduksi hanya 350 dengan 165 di antaranya tergabung dalam Aspadin. Pada tahun 2007 kapasitas produksi diperkirakan mencapai 11,6 miliar liter per tahun dengan jumlah perusahaan sekitar 500 unit usaha yang menyebar dari Nangro Aceh Darussalam sampai Papua. Tingkat konsumsi AMDK di Indonesia 36 liter per kapita per tahun. Angka ini relatif kecil dibanding Thailand (70 liter per kapita per tahun), AS (80), Perancis (140), dan Italia (165). Selain berperan dalam penyediaan air minum untuk konsumsi dalam negeri, produk industri AMDK juga menyumbang devisa. Produk industri AMDK telah masuk ke berbagai negara, seperti Singapura, Portugal, Timor Timur, Jepang, Malaysia, dan Hong Kong. Berdasarkan data, nilai ekspor produk AMDK pada 1999 mencapai US\$3,9 juta dan turun jadi US\$3,4 juta pada 2005. Tenaga kerja yang langsung terlibat sekitar 30 ribu orang, bila dihitung dengan tenaga kerja tidak langsung mencapai sekitar 3 juta orang. Dan pada tahun 2007 juga konsumsi per kapita diperkirakan mencapai 50 liter. Pertumbuhan industri di Indonesia diprediksikan oleh Asosiasi AMDK (Aspadin) akan meningkat terus mencapai 548 perusahaan pada akhir tahun 2008.

Pemberlakuan SNI 01-3553-2006 secara wajib oleh departemen perindustrian sesuai 120/M/SK/10/1990 dan didukung oleh infrastruktur lembaga penilaian kesesuaian, antara lain:

### a. Lembaga Sertifikasi Produk (LSPPro)

Berdasarkan data Pusat Sistem Penerapan Standar (BSN) tahun 2009, terdapat 13 LSPPro yang sudah diakreditasi oleh KAN yang mempunyai ruang lingkup SNI 01-3553-2006. Melihat trend perkembangan perusahaan AMDK yang terus meningkat, jumlah LSPPro diperkirakan akan terus bertambah.

Tabel 1 Lembaga sertifikasi produk

No	Lembaga Sertifikasi Produk
1	Pusat Pengujian Mutu Barang
2	Baristand Indag Lampung
3	Pustan Deperin
4	BPSMB Surabaya
5	BZIA
6	Baristand Indag Surabaya
7	Laboratorium Terpadu IPB
8	Baristand Indag Medan
9	Baristand Indag Semarang
10	Baristand Indag Makassar
11	Borneo Pontianak
12	Samarinda ETAM
13	Chem Pack

### b. Laboratorium Penguji

Berdasarkan data Pusat Sistem Penerapan Standar (BSN) tahun 2009, terdapat 20 laboratorium penguji yang sudah diakreditasi oleh KAN yang mempunyai ruang lingkup uji SNI 01-3553-2006, AMDK

Tabel 2 Laboratorium pengujian

No	Laboratorium Penguji
1	PT. Sucofindo Laboratorium Cibitung
2	Balai Pengujian Mutu Barang Pekanbaru
3	Balai Pengujian Sertifikasi Mutu Barang dan Lembaga Tembakau Surabaya
4	Balai Riset dan Standardisasi Industri dan Perdagangan Medan
5	Balai Riset dan Standardisasi Industri dan Perdagangan Pontianak
6	Balai Riset dan Standardisasi Industri dan Perdagangan Palembang
7	Balai Riset dan Standardisasi Industri dan Perdagangan Semarang
8	Unit Layanan Jasa Analisis Kimia, Pusat Penelitian Kimia - LIPI
9	Laboratorium Terpadu - Institut Pertanian Bogor
10	Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan di Bandung
11	Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan di Jakarta
12	PT. Saraswanti Indo Genetech
13	Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan di Palembang
14	Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan di Makassar
15	Balai Pengawas Obat dan Makanan di Palu
16	Balai Riset dan Standardisasi Industri dan Perdagangan Surabaya
17	Balai Pengawas Obat dan Makanan di Pekanbaru

No	Laboratorium Penguji
18	Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan di Manado
19	Balai Pengawas Obat dan Makanan di Kendari
20	Laboratorium Timah - PT. Tambang Timah

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Data penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder. Ketersediaan data sekunder atau data penunjang lainnya diperoleh dari Asosiasi Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan Indonesia (ASPADIN), Pusat Data dan Informasi Departemen Perindustrian (Pusdatin Depperin) dan Badan Pusat Statistik (BPS).

#### 3.2 Analisa deskriptif

Analisa deskriptif merupakan suatu teknik yang menggambarkan dan menginterpretasikan data-data dengan memberikan perhatian dan merekam sebanyak mungkin aspek situasi yang diteliti saat ini sehingga gambaran umum dan menyeluruh tentang keadaan sebenarnya.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian standar

Ketersediaan data menjadi kendala utama dalam menghitung ekonomis dari penerapan SNI pada produk sehingga untuk memperkirakan dampak penerapan SNI suatu produk dari sebuah fungsi produksi secara nasional dapat ditinjau berdasarkan ketersediaan data. Pada produk AMDK hanya terdapat data harga jual produk, hasil pengujian, jumlah industri, produksi nasional dan faktor biaya yang dikeluarkan dalam pemenuhan SNI, antara lain biaya sertifikasi dan biaya pengujian. Analisis faktor merupakan nama umum yang menunjukkan suatu kelas prosedur, utamanya dipergunakan untuk mereduksi data atau meringkas dari variabel yang banyak diubah menjadi sedikit variabel, misalnya dari 15 variabel yang lama diubah menjadi 4 atau 5 variabel baru yang disebut faktor dan masih memuat sebagian besar informasi yang terkandung dalam variabel asli (*original variable*). (universitas sumatera utara, 2001).

Bila dikelompokkan variabel tersebut dapat dibagi menjadi dua faktor yaitu faktor harga jual dan faktor penilaian kesesuaian. Pertama, faktor harga jual merupakan selisih harga jual produk yang menerapkan SNI dengan harga jual produk yang tidak menerapkan SNI. Kedua, faktor penilaian kesesuaian adalah

selisih biaya penilaian kesesuaian dalam meningkatkan nilai jual produk (*product value*) dengan nilai produk yang dijual tanpa pengujian dan sertifikasi produk berdasarkan SNI. Biaya pengujian produk mencakup biaya-biaya pengujian produk dan transportasinya. Faktor lainnya seperti faktor penolakan barang impor yang tidak memenuhi SNI tidak dapat digunakan karena tidak adanya data produk impor yang tidak memenuhi SNI.

Asumsi produk yang tidak memenuhi SNI, dijual dengan harga jual Produk Non SNI dan produk yang sudah menerapkan SNI dijual dengan harga jual produk SNI. Berdasarkan hal tersebut selisih kedua harga dikalikan dengan produksi nasional tersebut adalah delta harga jual.

$\Delta \text{ harga jual } (\delta h) = (\text{harga jual produk menerapkan SNI} - \text{harga jual produk yang tidak menerapkan SNI}) \times \text{data produksi nasional}$

Delta ini adalah nilai tambah dari harga jual penerapan SNI. Dalam penerapan SNI masih terkandung biaya-biaya yang harus dikeluarkan dalam menerapkan SNI tersebut yaitu biaya pengujian dan biaya sertifikasi. Biaya pengujian produk adalah biaya yang dikeluarkan untuk menguji produk dengan contoh uji sesuai SNI. Biaya sertifikasi produk adalah biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan sertifikat tanda SNI. Biaya ini diperoleh dari biaya rata-rata sertifikasi per tahun  $\times$  jumlah industri produk tersebut yang ada di Indonesia.

#### 4.2 Pengujian AMDK

Pengujian produk AMDK sesuai SNI 01-3553-2006 meliputi parameter: bau, rasa, warna, pH, kekeruhan, kesadahan dihitung  $\text{CaCO}_3$ , Zat yang terlarut, zat organik (sebagai angka  $\text{KMnO}_4$ ) Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), Amonium ( $\text{NH}_4^-$ ) Sulfat ( $\text{SO}_4$ ), Klorida (Cl), Fluorida (F), Sianida (CN), Besi (Fe), Mangan (Mn), Klor bebas, cemaran logam untuk Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Cadmium (Cd) dan Raksa (Hg), cemaran Arsen (As), serta cemaran mikroba yang terdiri dari Angka Lempeng Total (ALT), bakteri bentuk Coli, C. Perfringens dan Salmonella.

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui kesesuaian karakteristik sampel yang diambil sesuai dengan persyaratan SNI 01-3553-2006 Air Minum Dalam Kemasan. Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan oleh PSPS, BSN pada tahun 2008 terhadap 33 sampel produk AMDK yang diambil di 11 kota, diketahui bahwa pemenuhan terhadap persyaratan SNI 01-3553-2006 adalah sebanyak 82%.

#### 4.3 Nilai Ekonomis Penerapan SNI AMDK

Dari model analisa ekonomi diatas dapat dibentuk sebuah rumus atau formula fungsi sebagai berikut. Model analisa ekonomi yang akan dilakukan adalah value standar produk i (Vs-i).

$$Vs-i = \delta h + \delta b.p.i + \delta e.pr + \delta e.pe + \delta u.p + \delta lspro + \delta p.e + \delta ling + \delta var st + \delta dll$$

Dimana:

- $\delta h$  = faktor value harga jual
- $\delta b.p.i$  = faktor penolakan barang impor
- $\delta e.pr$  = faktor efisiensi produksi
- $\delta e.pe$  = faktor efisiensi pemasaran
- $\delta u.p$  = faktor pengujian
- $\delta lspro$  = faktor sertifikasi
- $\delta p.e$  = faktor penguatan ekspor
- $\delta ling$  = faktor biaya lingkungan
- $\delta var st$  = faktor efisiensi variasi produk
- $\delta dll$  = faktor lain-lain

Model perhitungan nilai ekonomis akan berkembang dan didasarkan pada ketersediaan data yang valid untuk setiap variabel faktor yang terkait dengan standar, antara lain data hasil pengujian kesesuaian produk terhadap persyaratan SNI, data konsumsi nasional, data harga produk, data produksi nasional, data konsumsi nasional, data biaya sertifikasi, data jumlah industri terkait, data ekspor impor, data biaya iklan dan lain-lainnya.

Nilai ekonomis produk AMDK ini didasarkan pada faktor harga jual dan faktor penilaian kesesuaian. Tabel di bawah ini menunjukkan gambaran tentang nilai produksi, konsumsi, ekspor dan impor produk AMDK pada tahun 2008.

Tabel 1 Data produk air minum dalam kemasan

Data	2008 (kg)
Produksi	12.800.000.000
Konsumsi	12.796.342.720
Ekspor	6.400.000
Impor	2.742.720

sumber: ASPADIN

Data hasil kajian yang telah dilakukan oleh PSPS BSN pada tahun 2008, menunjukkan harga rata-rata produk yang sesuai standar adalah Rp. 1.859/kg contoh. Sedangkan harga rata-rata produk yang tidak memenuhi standar adalah Rp. 1.581/kg contoh. Dengan demikian delta harga jual dapat dihitung sebagai berikut:

$\delta h$  = (harga jual produk SNI-harga jual produk tidak menerapkan SNI) x produk nasional

$$\begin{aligned} \delta h &= (1.859 - 1.581) \times 12.800.000.000 \\ &= \text{Rp.} 3.550.222.222 \\ &\approx \text{Rp.} 3,6 \text{triliun} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 19-0428-1998 tentang pengambilan contoh padatan mengatur bahwa dalam setiap 100.000 kemasan yang diproduksi, diambil contoh sebanyak 400 kemasan untuk diuji sebagai satu contoh pengujian. Data harga pengujian per contoh adalah Rp. 1.454.250.

Asumsi jenis kemasan yang terpilih dan ukuran volumenya merupakan gambaran populasi produksi AMDK. Sehingga rata-rata volume sampel merupakan rata-rata volume per kemasan secara nasional. Banyaknya populasi produk dalam kemasan merupakan produksi nasional dibagi dengan volume rata-rata kemasan, sehingga didapatkan:

$$\text{Populasi produk kemasan} = \frac{\text{nilai produksi nasional}}{\text{rata-rata volumesampel}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{12.800.000.000 \text{kg}}{1.28 \text{ kg/kemasan}} \\ &= 9.988.851.728 \text{ kemasan} \end{aligned}$$

Asumsi seluruh produksi mengikuti kaidah ketentuan SNI 19-0428-1998 sehingga seluruh populasi kemasan dibagi dengan aturan SNI tentang pengambilan contoh uji. Diketahui untuk setiap 100.000 kemasan AMDK, dilakukan satu contoh uji. Sehingga total contoh uji yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Total contoh uji} &= \frac{\text{populasi produk kemasan}}{100.000} \\ &= \frac{9.988.851.728 \text{ kemasan}}{100.000} \\ &= 99.889 \text{ contoh uji} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pengujian produk} (\delta u.p) &= \text{total contoh uji} \times \text{harga pengujian} \\ &= 99.889 \text{ contoh uji} \times \text{Rp.} 1.454.250 \text{ contoh uji} \\ &= \text{Rp.} 145.262.876.254 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya sertifikasi produk} (\delta lspro) &= \text{biaya sertifikasi rata-rata SNI AMDK pertahun} \\ &\times \text{jumlah industri} \\ &= 17.837.000 \times 548 \\ &= \text{Rp.} 9.774.676.000 \end{aligned}$$

Biaya sertifikasi produk: biaya sertifikasi produk rata-rata pertahun x jumlah industri.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan terhadap delta standar dengan formula sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_s - i &= \delta h - \delta u.p - \delta l_{spro} \\ &= \text{Rp.}3.550.222.222.222 - \text{Rp.}145.262.876.254 \\ &\quad - \text{Rp.}5.690.028.823 \\ &= \text{Rp.}3.395.184.669.968 \\ &\approx \text{Rp.}3,4 \text{ triliun} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, dapat diketahui nilai ekonomis dari penerapan SNI untuk produk AMDK dengan nilai produksi nasional 12.800.000.000 kg pada tahun 2008 adalah sebesar Rp. 3,4 triliun. Kontribusi ekonomi penerapan SNI untuk produk AMDK akan diperoleh apabila penerapannya sudah 100%. Berdasarkan hasil pengujian AMDK tahun 2008 pemenuhan penerapan di 11 kota di Indonesia adalah sebesar 82% maka diperoleh kontribusi ekonomi dari penerapan SNI untuk produk AMDK pada tahun 2008 adalah Rp.2.787.400.840.058 (2,78 triliun).

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil kajian diketahui bahwa nilai ekonomis produk Air Minum Dalam kemasan (AMDK) pada tahun 2008 sebesar Rp. 2,78 triliun. Namun masih perlu dilakukan identifikasi faktor standardisasi lainnya, misalnya faktor efektivitas produksi, sumber daya agar pendekatannya lebih akurat. Berdasarkan hasil kajian produk dengan model di atas dapat digunakan untuk mengkaji nilai ekonomis penerapan SNI produk lainnya. Sehingga pengkajian terhadap produk-produk lain khususnya produk prioritas yang mempunyai nilai ekonomi nasional tinggi dapat dilakukan. Nilai ekonomis suatu produk akan semakin tinggi apabila produsen menerapkan SNI. Sehingga perlu sosialisasi manfaat penerapan SNI ke pelaku usaha.

## DAFTAR PUSTAKA

Amirudin. (2009). *"Identifikasi dan Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sinkronisasi Dokumen Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah dengan Dokumen Kebijakan Umum Anggaran dan Prioritas Plafon Anggaran Sementara (Studi Kasus Propinsi D.I Yogyakarta TA 2008)*. Tesis S-2 Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak dipublikasikan).

Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Senarai Elektronik SNI 2008 BSN*, Jakarta.

Badan Pusat Statistik, *Foreign Trade*, www.bps.go.id.

BSN, SNI SNI 01-3553-2006, *Air Minum Dalam Kemasan*, Jakarta, 1996.

Dulbert, B.(2008) Kajian Ekonomis Baja Tulangan Beton, *Jurnal Standardisasi Vol.10 No. 1*, Jakarta.

Dominick, Salvatore. (1994). *Teori Mikro Ekonomi Edisi Ketiga*. Erlangga. Jakarta.

Indonesia. (1999). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 1999 Tentang Perlindungan Konsumen*. Jakarta.

Indonesia. (2000, August 1). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 102 Tahun 2000*. Jakarta. doi:10.5860/CHOICE.37Sup-484

Mastuti, E. (2011). *Analisa Faktor*. Retrieved February 15, 2012, from [http://endahmastuti-fpsi.web.unair.ac.id/artikel\\_detail-41053-Psikometri-Analisa-Faktor.html](http://endahmastuti-fpsi.web.unair.ac.id/artikel_detail-41053-Psikometri-Analisa-Faktor.html)

Nazir. (1988). *Metode Deskriptif*. Retrieved April 15, 2009, from <http://idtesis.com/metode-deskriptif/>

## PENGUATAN KEMAMPUAN LABORATORIUM KALIBRASI DI WILAYAH SUMATERA UTARA DAN SUMATERA SELATAN

### *Strengthening Capabilities of Calibration Laboratories in North Sumatera and South Sumatera*

Muhammad Haekal Habibie

Puslit KIM-LIPI, Kompleks Puspiptek, Setu, Tangerang Selatan  
e-mail: haekal@kim.lipi.go.id, muha082@gmail.com

Diterima: 4 Januari 2013, Direvisi: 12 Februari 2013, Disetujui: 1 Maret 2013

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lingkup kalibrasi yang perlu dikembangkan atau diperkuat dan rantai ketertelusuran pengukuran bagi laboratorium kalibrasi di Sumatera Utara dan Sumatera Selatan. Penelitian dilakukan dengan cara survei terhadap industri manufaktur penghasil produk unggulan dan laboratorium kalibrasi daerah survei dengan wawancara terstruktur menggunakan kuesioner. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian lain yang berjudul Peta Kebutuhan Jasa Kalibrasi Bagi Industri di Bagian Barat Indonesia yang dilaksanakan pada tahun 2011. Hasil survei menunjukkan bahwa pada daerah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan perlu dikembangkan beberapa lingkup kalibrasi yang sesuai dengan permintaan dari industri manufaktur. Hasil survei lainnya adalah dalam proses pemilihan laboratorium kalibrasi, industri manufaktur memilih laboratorium kalibrasi yang memiliki kualitas hasil kalibrasi yang baik dengan menjalankan kaidah dari standar nasional SNI ISO/IEC 17025:2008. Selain itu laboratorium kalibrasi pada kedua daerah survei telah menjaga rantai ketertelusuran pengukuran dari standar ukur yang dimilikinya. Akan tetapi sosialisasi tentang konsep ketertelusuran pengukuran lanjutan perlu dilakukan pada daerah survei, khususnya ditujukan kepada industri manufaktur di daerah survei agar mengkalibrasikan alat ukurnya kepada laboratorium kalibrasi yang tertelusur.

**Kata kunci:** Kalibrasi, Industri manufaktur, Laboratorium kalibrasi, Alat ukur

#### Abstract

*This research aims to determine the scope of calibration needs to be developed / strengthened and measurement traceability of calibration laboratories in North Sumatra and South Sumatra. The research was conducted by survey of manufacturing industry producing competitive products and calibration laboratories survey using a structured interview questionnaire. This research is part of another research that conducted in 2011. The survey showed that in the region of North Sumatra and South Sumatra have to develop some scope of calibration according to the demand from the manufacturing industry. The other survey result is in the process of selecting a calibration laboratory, manufacture industry choosing a calibration laboratory has a good CMC by running the principal of SNI ISO / IEC 17025:2008. Besides calibration laboratories in both the survey area has been maintaining measurement traceability chain of measurement standards has. However, the socialization of the concept of measurement traceability further needs to be done on the survey area, particularly focused at the manufacturing industry in the survey area in order to calibrate the measuring instrument calibration laboratory are traceable.*

**Keywords:** Calibration, Manufacture Industry, Calibration Laboratory, Instruments

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Era perdagangan bebas dunia yang berlaku saat ini telah mengubah persaingan berbagai produk di pasar dalam negeri. Berbagai produk industri nasional tidak lagi dapat mengandalkan proteksi dengan melakukan pengenaan tarif tinggi terhadap barang-barang impor sejenis yang diperdagangkan di pasar domestik (Pusaka et al., 2011). Untuk dapat bersaing dalam suatu kompetensi yang sehat, suatu produk haruslah

menjadi unggul dan berkualitas. Tersedianya prasarana penunjang mempunyai dampak yang besar bagi pemenuhan terhadap persyaratan yang diciptakan terhadap suatu produk agar menjadi unggul dan berkualitas.

Dalam segi perekonomian bangsa, salah satu parameter penentu kemajuan bangsa adalah produk unggulan daerah. Produk unggulan daerah selain berperan untuk meningkatkan pendapatan perkapita bagi negara, juga untuk mengembangkan pola pikir masyarakat suatu negara yang dinilai dalam

suatu indeks internasional yaitu *Human Development Index* (Wikipedia, 2011).

Salah satu prasarana penunjang yang signifikan untuk menghasilkan produk unggulan adalah dengan tersedianya laboratorium kalibrasi pada daerah yang terdapat industri manufaktur penghasil produk unggulan (Habibie, 2010). Laboratorium kalibrasi dapat didefinisikan sebagai suatu unit usaha yang bergerak dalam bidang layanan jasa penentuan nilai ukur bagi alat ukur, bahan ukur, dan sistem pengukuran (Pusaka, 2011).

### 1.2. Tujuan

Dengan tersedianya prasarana laboratorium kalibrasi pada suatu daerah maka nilai ukur suatu alat ukur yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk unggulan di industri manufaktur menjadi terjamin hasil pengukurannya melalui proses kalibrasi oleh standar ukur. Penjaminan hasil pengukuran ini dapat diartikan bahwa nilai ukur yang dihasilkan oleh suatu alat ukur akan menjadi *valid* jika nilai penyimpangan dari alat ukur tersebut diketahui dengan pedoman teknis tertentu melalui proses kalibrasi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini, pembahasan tertuju pada pengembangan kemampuan laboratorium kalibrasi pada daerah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan. Hal ini dikarenakan banyak terdapat industri manufaktur penghasil produk unggulan pada daerah tersebut melakukan kalibrasi terhadap alat ukurnya kepada laboratorium kalibrasi yang terletak di luar provinsinya masing-masing (Habibie, 2011) Dari data penunjang (Habibie, 2011), didapatkan fakta bahwa sebanyak 73% industri manufaktur penghasil produk unggulan di daerah Sumatera Utara melakukan kalibrasi alat ukurnya kepada laboratorium kalibrasi yang terletak di luar provinsinya. Selain itu 17% industri manufaktur melakukan kalibrasi secara internal (*in-house calibration*) dan hanya 10% industri manufaktur melakukan kalibrasi alat ukurnya kepada laboratorium kalibrasi yang terletak di provinsi Sumatera Utara. Hal tersebut juga berlaku di provinsi Sumatera Selatan. Sebanyak 88% industri manufaktur penghasil produk unggulan melakukan kalibrasi terhadap alat ukurnya kepada laboratorium kalibrasi yang terletak di luar provinsinya, 10% industri manufaktur melakukan secara internal dan hanya 2% industri manufaktur melakukan kalibrasi alat ukurnya kepada laboratorium kalibrasi yang terdapat di provinsi Sumatera Selatan. Hal ini

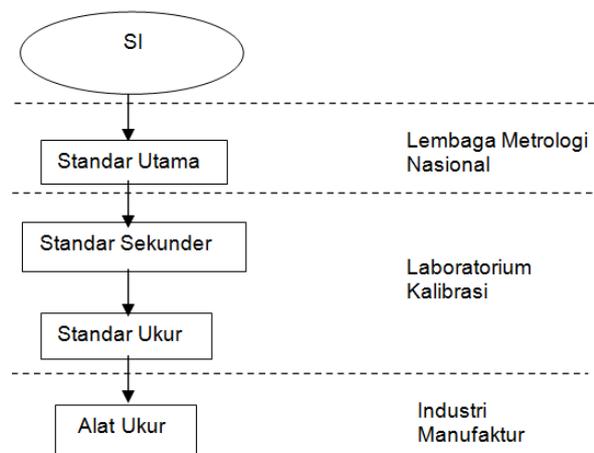
dapat terjadi oleh karena tidak tersedianya lingkup kalibrasi yang sesuai pada laboratorium kalibrasi di provinsi.

Hal tersebut merupakan fakta dari kondisi laboratorium kalibrasi di daerah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan sehingga alat ukur industri manufaktur daerah setempat yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk unggul dikalibrasi oleh laboratorium kalibrasi yang terletak di luar provinsi bahkan kegiatan kalibrasi dilakukan di luar negeri. Hal ini yang menjadi dasar dari penelitian ini untuk mencari pemecahan dari permasalahan tersebut.

Secara garis besar penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kebutuhan kalibrasi dari industri manufaktur penghasil produk unggulan dan ketertelusuran dari laboratorium kalibrasi di wilayah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan serta memberikan rekomendasi tentang lingkup kalibrasi yang perlu dikembangkan di kedua wilayah itu.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian lain yang berjudul Peta Kebutuhan Jasa Kalibrasi Bagi Industri Di Bagian Barat Indonesia yang dilaksanakan pada tahun 2011 yang lalu. Semua data yang digunakan (penggunaan atas izin) pada penelitian ini berasal dari penelitian tersebut.

Kerangka analisis yang digunakan adalah dengan pendekatan konsep ketertelusuran pengukuran. Di mana dalam konsep pemikiran tentang rantai ketertelusuran pengukuran suatu alat ukur, jaminan terhadap mutu perangkat ukur yang paling hilir dapat dilakukan dengan terdiseminasikannya nilai Satuan Internasional (SI) (Pusaka, 2011), seperti dijelaskan pada gambar dibawah ini.



Gambar 1 Diagram alir ketertelusuran pengukuran dari alat ukur

Dengan tersedianya lingkup kalibrasi yang tertelusur ke Satuan Internasional (SI) pada suatu laboratorium kalibrasi maka nilai ukur dari suatu alat ukur selain mendapatkan jaminan terhadap kualitas pengukuran juga dapat diakui, baik secara nasional maupun internasional apabila alat ukur tersebut dikalibrasi ke laboratorium kalibrasi yang tertelusur

### 3. METODE PENELITIAN

Telah diadakan survei dalam rangka penelitian terhadap industri manufaktur penghasil produk unggulan dan laboratorium kalibrasi pada wilayah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan untuk mengetahui kebutuhan kalibrasi dari industri manufaktur terhadap lingkup kalibrasi yang tersedia dari laboratorium kalibrasi daerah tersebut.

Objek penelitian yang diteliti adalah lingkup kalibrasi dari industri manufaktur penghasil produk unggulan dan termasuk ke dalam kategori yang menjadi pembatasan masalah penelitian ini, yaitu:

1. Industri manufaktur penghasil produk energi;
2. Industri manufaktur penghasil produk makanan dalam kemasan;
3. Industri manufaktur penghasil produk kimia dan obat-obatan;
4. Industri manufaktur penghasil produk elektronika;
5. Industri manufaktur penghasil produk kendaraan bermotor.

Objek penelitian lain adalah tentang ketertelusuran pengukuran standar ukur/sekunder dari laboratorium kalibrasi yang terletak pada daerah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan. Laboratorium kalibrasi yang disurvei dapat dikategorikan menjadi 2 jenis, yakni:

1. Laboratorium kalibrasi pemerintah;
2. Laboratorium kalibrasi swasta.

Untuk efisiensi dari segi waktu dan biaya maka digunakan metode sampling untuk menentukan daerah survei penelitian, industri manufaktur dan laboratorium kalibrasi yang dituju. Teknik sampling yang digunakan menggunakan metode *Stratified Sampling* dengan prinsip dasar mengelompokkan populasi penelitian ke dalam kelompok-kelompok yang homogen yang disebut strata (Tim pengajar diklat Metodologi Penelitian, 2010). Hal yang selanjutnya dilakukan adalah menarik sampel dari setiap strata yang kemudian dijadikan responden pada penelitian ini. Strata-strata di sini dihubungkan dengan kategori yang menjadi

pembatas masalah dari setiap industri manufaktur dan laboratorium kalibrasi daerah survei.

Lokasi penelitian untuk daerah Sumatera Utara adalah kota Medan, sedangkan untuk daerah Sumatera Selatan adalah kota Palembang. Pemilihan kota Medan sebagai daerah sampel dikarenakan pada kota tersebut terdapat 3 kawasan industri besar, yaitu: Kawasan Industri Medan, Medanstar Industrial Estate Tanjung Morawa dan Puluhan Seruai Industrial Estate, sehingga mempunyai peluang yang besar untuk mendapatkan responden yang termasuk objek penelitian. Sedangkan pemilihan kota Palembang sebagai daerah sampel karena kota tersebut merupakan sentra kegiatan ekonomi di daerah Sumatera Selatan. Hal ini ditandai dengan maraknya sarana dan prasarana yang terdapat pada kota tersebut, seperti industri-industri dan laboratorium kalibrasi sebagai penopang kegiatan ekonomi di Sumatera Selatan. Hal lain yang menjadi bahan pertimbangan utama dalam pemilihan sampel adalah laboratorium kalibrasi yang notabene adalah objek penelitian hanya terdapat di kota Medan dan Palembang pada provinsi Sumatera Utara dan Sumatera Selatan. Untuk kepentingan bersama identitas dari responden yang berasal dari industri manufaktur dan laboratorium kalibrasi seperti nama dan alamat tidak dipublikasikan.

Survei dilaksanakan selama 5 hari kerja di setiap kota dengan teknik wawancara terstruktur menggunakan kuesioner terhadap manajer teknik/supervisor bagian *quality control* dan atau produksi pada industri manufaktur yang menjadi sampel. Dikarenakan pada bagian tersebut dominan menggunakan alat ukur untuk mengetahui nilai ukuran dari suatu produk. Pada laboratorium kalibrasi, wawancara dilakukan terhadap manajer teknik yang menjadi penanggung jawab utama laboratorium kalibrasi dari segi keteknisan menurut ISO/IEC 17025.

Instrumen penelitian yang digunakan pada proses wawancara terhadap responden dari industri manufaktur adalah kuesioner penelitian yang berisi hal-hal berikut:

1. Nama produk unggulan;
2. Nama alat ukur;
3. Besaran yang diukur;
4. Rentang ukur dari alat ukur;
5. Penyimpangan alat ukur;
6. Interval kalibrasi alat ukur;
7. Laboratorium dan kota dari kalibrasi alat ukur;
8. Alasan memilih laboratorium kalibrasi alat ukur;

Sedangkan sumber data yang digunakan pada proses wawancara terhadap laboratorium kalibrasi adalah database laboratorium kalibrasi yang terakreditasi dari laman elektronik Badan Standardisasi Nasional (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Hal yang menjadi pokok wawancara secara mendalam (*in-depth interview*) adalah mengenai ketertelusuran pengukuran dari standar ukur/sekunder yang dimiliki oleh laboratorium kalibrasi pada daerah survei.

Metode analisis data hasil penelitian yang digunakan adalah secara deskriptif analitis. Data penelitian yang diperoleh dari hasil wawancara terhadap responden, dianalisis secara lebih mendalam untuk mengetahui informasi yang digunakan untuk membuat rekomendasi kebijakan yang menjadi *output* dari penelitian ini. Adapun informasi yang didapatkan dari hasil survei yang dianalisis secara deskriptif adalah:

1. Lingkup kalibrasi (besaran ukur, rentang ukur, nilai penyimpangan) dari alat ukur di industri manufaktur;
2. Periode kalibrasi dari alat ukur;
3. Persentase alat ukur yang dikalibrasikan kepada laboratorium kalibrasi sendiri (*in-house*), provinsi, dan luar provinsi.
4. Ketertelusuran pengukuran dari standar ukur/sekunder di laboratorium kalibrasi

Informasi di atas digunakan untuk membuat rekomendasi kepada pihak *stakeholder*, swasta dan instansi lainnya yang terkait tentang lingkup kalibrasi yang perlu dikembangkan, serta informasi tentang ketertelusuran pengukuran bagi laboratorium kalibrasi di wilayah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar, hasil penelitian ini dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu informasi tentang lingkup kalibrasi yang perlu dikembangkan dan ketertelusuran pengukuran dari laboratorium kalibrasi pada daerah survei.

##### 4.1 Lingkup kalibrasi yang perlu dikembangkan

Data hasil survei terhadap industri manufaktur mengenai Lingkup kalibrasi responden pada daerah Sumatera Utara diberikan oleh tabel 1 berikut:

Tabel 1 Lingkup kalibrasi dari alat ukur industri manufaktur di Sumatera Utara

No.	Lingkup Kalibrasi	Persentase
1	Massa	25%
2	Suhu Kontak	22%
3	Spektrofotometri	19%
4	Konduktivitas	19%
5	Kimia	13%

Tabel 1 memberikan informasi bahwa sebagian besar responden dari industri manufaktur memiliki alat ukur dengan lingkup Massa seperti timbangan dan anak timbangan. Besar persentase yang didapatkan adalah 25% dari 100% data mengenai alat ukur responden dari industri manufaktur. Hal ini disebabkan oleh karena alat ukur yang termasuk kedalam lingkup kalibrasi massa digunakan untuk melakukan pengukuran dengan tingkat akurasi yang tinggi untuk memenuhi persyaratan teknis. Pemenuhan persyaratan ini bertujuan untuk menghasilkan produk akhir yang berkualitas.

Sedangkan hasil survei mengenai jenis alat ukur yang dimiliki oleh responden diberikan oleh tabel 2 berikut:

Tabel 2 Kepemilikan alat ukur industri manufaktur di Sumatera Utara

No.	Alat Ukur	Persentase
1	Spektrofotometer	23%
2	Timbangan	16%
3	<i>Thermometer</i>	10%
4	<i>Conductivity meter</i>	6%
5	<i>Incubator</i>	6%

Dari tabel 2 diperoleh informasi bahwa alat ukur yang banyak dimiliki oleh responden dari industri manufaktur di Sumatera Utara adalah spektrofotometer. Besar persentase yang didapatkan adalah 23% dari 100% data mengenai alat ukur responden dari industri manufaktur. Hal ini disebabkan oleh karena spektrofotometer digunakan untuk mengetahui nilai absorbansi dari sampel larutan pada industri yang disurvei. Selain itu alat ukur timbangan juga banyak dimiliki oleh industri manufaktur yang menjadi sampel. Kepemilikan terhadap alat ukur dengan persentase tertinggi tersebut, merupakan karakteristik dari industri yang mempersyaratkan ketelitian tinggi pada produk yang dihasilkan seperti pada industri kimia dan obat-obatan.

Dari hasil survei yang tercantum di Tabel 1 yang merangkum lingkup kalibrasi dan Tabel 2 yang merangkum kepemilikan alat ukur responden maka lingkup kalibrasi beserta alat ukur yang perlu dikembangkan dan atau diperkuat pada daerah Sumatera Utara ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3 Lingkup dan kalibrasi alat ukur yang perlu dikembangkan di Sumatera Utara

No	Lingkup Kalibrasi	Alat Ukur
1	Massa	Timbangan
2	Suhu Kontak	<i>Thermometer</i> dan <i>Incubator</i>
3	Spektrofotometri	Spektrofotometer
4	Konduktivitas	<i>Conductivity meter</i>
5	Kimia	HPLC dan AAS

Dari Tabel 3 di atas, dapat diperoleh informasi bahwa persentase tertinggi lingkup kalibrasi yang perlu dikembangkan di daerah Sumatera Utara adalah massa dengan alat ukur anak timbangan. Hal ini dikarenakan industri manufaktur yang disurvei berkecimpung pada unit usaha yang membutuhkan ketelitian tinggi seperti industri farmasi dan kimia.

Dari tabel 3, hal yang perlu dianalisis lebih dalam adalah mengenai hubungan antara alat ukur dengan kegunaan dalam konteks pemenuhan terhadap standar SNI ISO/IEC 17025:2008 sebagai persyaratan umum kompetensi dari laboratorium kalibrasi dan pengujian yang diaplikasikan di industri manufaktur. Alat ukur pertama adalah timbangan yang berfungsi sebagai peralatan sesuai klausul 5.5 (Peralatan). Alat ukur *Incubator*, Spektrofotometer dan *Conductivity meter* juga merupakan peralatan yang digunakan dalam proses produksi suatu industri manufaktur. Peralatan ukur yang digunakan seyogyanya divalidasi sesuai dengan klausul 5.4 (Metode pengujian, metode kalibrasi dan validasi metode) hingga menghasilkan metode baku. Untuk alat ukur *thermometer* digunakan untuk pemantauan ruangan kerja sesuai dengan klausul 5.3 tentang kondisi lingkungan.

Selanjutnya hasil survei mengenai lingkup kalibrasi dari alat ukur responden untuk wilayah Sumatera Selatan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Lingkup kalibrasi kalibrasi alat ukur industri manufaktur di Sumatera Selatan

No.	Lingkup Kalibrasi	Persentase
1	Massa	24%
2	Suhu Kontak	22%
3	Panjang	17 %
4	Arus dan Tegangan AC/DC	12%
5	Tekanan	8%

Pada Tabel 4, lingkup kalibrasi dari alat ukur yang memiliki persentase tertinggi adalah massa. persentase yang didapatkan adalah 25% dari 100% data mengenai alat ukur responden dari industri manufaktur. Sedangkan lingkup kalibrasi suhu kontak dan panjang, pada tabel 4 berada pada peringkat 2 dan 3.

Hasil survei lainnya untuk kepemilikan alat ukur dari industri manufaktur di Sumatera Selatan ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Kepemilikan alat ukur industri manufaktur di Sumatera Selatan

No.	Alat Ukur	Persentase
1	Anak timbangan	14%
2	<i>Thermometer</i>	13%
3	Timbangan	11%
4	<i>Gauge Block</i>	9%
5	<i>Pressure Gauge</i>	5%

Pada Tabel 5, sebagian besar responden memiliki alat ukur anak timbangan dengan persentase sebesar 14% dari total alat ukur industri manufaktur yang menjadi responden.

Dari hasil survei yang dijabarkan pada Tabel 4 yang merangkum lingkup kalibrasi dan Tabel 5 yang merangkum kepemilikan alat ukur responden maka lingkup kalibrasi beserta alat ukur yang perlu dikembangkan dan atau diperkuat pada daerah Sumatera Selatan ditunjukkan pada Tabel 6 berikut ini:

Tabel 6 Lingkup dan kalibrasi alat ukur yang perlu dikembangkan di Sumatera Selatan

No.	Lingkup Kalibrasi	Alat Ukur
1	Massa	Anak timbangan dan Timbangan
2	Suhu Kontak	<i>Thermometer</i>
3	Panjang	<i>Gauge Block</i>
4	Arus dan Tegangan AC / DC	Multimeter
5	Tekanan	<i>Pressure Gauge</i>

Dari tabel 6 di atas, dapat diperoleh informasi bahwa persentase tertinggi lingkup kalibrasi yang perlu dikembangkan di daerah Sumatera Selatan adalah massa dengan alat ukur anak timbangan dan timbangan. Selain itu, apabila ditinjau dari kerangka SNI ISO/IEC 17025:2008 khususnya mengenai klausul 5 tentang persyaratan teknis. Untuk alat ukur timbangan, anak timbangan, *gauge block*, multimeter dan *pressure gauge* digunakan sebagai peralatan utama pada proses produksi atau *quality control* pada industri manufaktur sesuai dengan klausul 5.5 pada SNI tersebut. Untuk alat ukur *thermometer* pada industri manufaktur digunakan untuk pemantauan kondisi ruangan kerja sesuai dengan klausul 5.3.

Selain membahas tentang kepemilikan alat ukur beserta lingkup kalibrasi dari industri manufaktur. Hal lain yang dikaji lebih dalam adalah mengenai alasan dari industri manufaktur untuk memilih laboratorium kalibrasi untuk mengkalibrasikan alat ukur mereka. Dalam proses pemilihan laboratorium kalibrasi industri manufaktur memiliki kewenangan untuk menentukan pilihan berdasarkan kualitas hasil ukur, kualitas layanan, dan kemudahan akses. Kualitas hasil ukur berarti lingkup layanan pada laboratorium kalibrasi memiliki nilai kemampuan pengukuran (*Calibration Measurement Capabilities*) yang memiliki bentangan ketidakpastian pengukuran yang kecil dan telah terakreditasi. Kualitas layanan berarti laboratorium kalibrasi memiliki kemampuan pelayanan yang prima, cepat dan disamping itu memiliki harga kalibrasi yang relatif terjangkau.

Sedangkan kemudahan akses berarti laboratorium kalibrasi mudah dijangkau oleh industri manufaktur. Hasil survei mengenai alasan memilih laboratorium kalibrasi ditampilkan pada tabel 7a dan 7b berikut ini.

Tabel 7a Alasan memilih laboratorium kalibrasi pada industri manufaktur di Sumatera Utara

No.	Alasan	Persentase
1	Lingkup telah terakreditasi	40%
2	Tersedia di Provinsi	0%
3	Harga kalibrasi terjangkau	0%
4	CMC bagus	13%
5	Pelayanan kalibrasi cepat	13%
6	Keterbatasan Informasi	33%

Tabel 7b. Alasan memilih laboratorium kalibrasi pada industri manufaktur di Sumatera Selatan

No.	Alasan	Persentase
1	Lingkup telah terakreditasi	85%
2	Tersedia di Provinsi	0%
3	Harga kalibrasi terjangkau	0%
4	CMC bagus	26%
5	Pelayanan kalibrasi cepat	0%
6	Keterbatasan Informasi	2 %

Dari tabel 7a dan 7b, sebagian besar responden memilih alasan telah terakreditasi dan memiliki CMC (*Calibration Measurement Capabilities*) yang baik bagi laboratorium kalibrasi tujuan. Hal itu berarti industri manufaktur lebih menginginkan faktor kualitas hasil kalibrasi ketimbang faktor kualitas layanan dan kemudahan akses. Kualitas kalibrasi yang dihasilkan oleh laboratorium kalibrasi tidak serta merta muncul begitu saja. Untuk menghasilkan kualitas kalibrasi yang baik suatu lingkup layanan dari suatu laboratorium kalibrasi harus mengikuti beberapa kegiatan baik secara internal maupun melibatkan pihak ketiga, seperti: audit internal, asesmen eksternal, uji banding laboratorium kalibrasi, pengecekan antara, dan konsep ketertelusuran pengukuran. Oleh karena itu dalam pemilihan laboratorium kalibrasi terdapat faktor lain yang lebih diutamakan oleh industri manufaktur selain ketersediaan lingkup kalibrasi yaitu kualitas hasil kalibrasi.

Hasil lainnya yang didapatkan dari tabel 7a dan 7b adalah industri manufaktur memiliki keterbatasan informasi mengenai kemampuan

kalibrasi yang dimiliki oleh laboratorium kalibrasi. Oleh karena itu seyogyanya laboratorium kalibrasi dapat melakukan sosialisasi kegiatan kalibrasinya dengan cara antara lain melalui promosi via *website*, brosur, dan safari kalibrasi.

#### 4.2 Ketertelusuran Pengukuran Laboratorium Kalibrasi di Sumatera Utara dan Sumatera Selatan

Untuk memperkuat kemampuan dari laboratorium kalibrasi pada daerah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan selain ditinjau dari sisi pengembangan lingkup kalibrasi yang diperlukan juga dilihat dari sisi ketertelusuran dari standar ukur yang dimiliki. Seyogyanya standar ukur tersebut dikalibrasi oleh Lembaga Metrologi Nasional (LMN) yang merupakan pucuk tertinggi dari rantai ketertelusuran pengukuran. Terutama apabila standar ukur yang dimiliki oleh laboratorium kalibrasi berada pada tingkatan standar sekunder. Sesuai dengan Keppres No. 79 tahun 2001 tentang Komite Standar Nasional untuk Satuan Ukuran (SNSU), pada pasal 6 ayat 2 menyatakan bahwa "Pengelolaan teknis ilmiah standar nasional untuk satuan ukuran sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dilaksanakan oleh unit kerja di lingkungan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang bertugas di bidang metrologi yaitu Pusat Penelitian Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (Puslit. KIM - LIPI). Dengan kata lain secara tidak langsung Puslit. KIM - LIPI ditunjuk sebagai sebagai LMN. Oleh karena itu standar ukur dari laboratorium kalibrasi di wilayah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan idealnya dikalibrasikan kepada LMN atau laboratorium kalibrasi yang memiliki hierarki ketertelusuran yang lebih tinggi agar tertelusur ke Satuan Internasional (SI) dan hasil ukurnya diakui.

Data hasil survei terhadap laboratorium kalibrasi daerah Sumatera Utara menunjukkan bahwa sebanyak 72% responden mengalibrasikan standar ukurnya kepada LMN sedangkan 28% mengalibrasikan ke laboratorium kalibrasi lain. Pada daerah survei Sumatera Selatan, 55% laboratorium kalibrasi mengalibrasikan standar ukurnya kepada LMN sedangkan 45% sisanya mengalibrasikan ke laboratorium kalibrasi lain.

Hal ini berarti sebagian besar laboratorium kalibrasi di daerah survey melakukan kalibrasi standar ukurnya ke Lembaga Metrologi Nasional (LMN). Sedangkan sebagian kecil lainnya kepada laboratorium kalibrasi lain yang memiliki hierarki ketertelusuran lebih tinggi dan telah terakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN). Hal ini menunjukkan bahwa laboratorium

kalibrasi pada kedua daerah survei tersebut menjaga rantai ketertelusuran pengukuran dari standar ukur yang dimilikinya. Sehingga sosialisasi pemerintah mengenai ketertelusuran pengukuran telah tepat guna dan dipahami, terutama bagi kalangan laboratorium kalibrasi baik negeri maupun swasta.

## 5. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Penguatan kemampuan laboratorium kalibrasi bagi industri manufaktur di daerah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan perlu dilakukan untuk menghasilkan produk unggulan daerah yang memiliki standar mutu yang tinggi. Penguatan kemampuan tersebut berarti peningkatan layanan kalibrasi terhadap alat ukur yang dimiliki oleh industri manufaktur daerah setempat. Hasil survei menunjukkan bahwa pada daerah Sumatera Utara, alat ukur dan lingkup kalibrasi yang perlu dikembangkan/diperkuat adalah timbangan dengan rentang ukur sampai dengan 100 Kg (Massa), *thermometer* dengan rentang ukur s.d 400 °C dan *Incubator* s.d 50 °C (Suhu Kontak), spektrofotometer dengan rentang ukur 240 sampai dengan 650 nm (Spektrofotometri), *conductivity meter dengan rentang ukur s.d 3600 µs* (Konduktivitas), HPLC dan AAS (Kimia).

Sedangkan hasil survei untuk daerah Sumatera Selatan menunjukkan bahwa alat ukur dan lingkup kalibrasi yang perlu dikembangkan atau diperkuat adalah anak timbangan dengan rentang ukur sampai dengan 5 Kg dan timbangan dengan rentang ukur sampai dengan 50 Kg (Massa), *thermometer* dengan rentang ukur s.d 1200 °C (Suhu Kontak), *gauge block* dengan rentang ukur sampai dengan 2 *inch* (Panjang), multimeter dengan rentang ukur s.d 80 V (Arus dan Tegangan AC/DC), *pressure Gauge* dengan rentang ukur s.d 20 MPa (Tekanan).

Sebagian besar industri manufaktur yang menjadi responden pada daerah survei memiliki alasan kualitas hasil kalibrasi yang baik pada laboratorium kalibrasi yang menjadi pilihan atau tujuan mengalibrasikan alat ukurnya. Hal ini berarti ada faktor selain ketersediaan lingkup kalibrasi yang mempengaruhi keputusan responden dalam memilih laboratorium kalibrasi. Oleh karena itu laboratorium kalibrasi harus meningkatkan kemampuan kalibrasinya untuk mendapatkan kepercayaan dari *customer* kalibrasi dengan cara mengimplementasikan prinsip-prinsip yang terdapat pada SNI ISO/IEC 17025:2008 seperti: audit internal, pengecekan antara, uji banding atau uji profisiensi dan lain-

lain. Faktor pengakuan dari pihak ketiga dengan jalur akreditasi juga perlu dilakukan untuk mendapatkan kepercayaan dari *customer* kalibrasi.

Laboratorium kalibrasi di daerah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan telah menjaga rantai ketertelusuran pengukuran dari standar ukur yang dimilikinya. Hal ini ditunjukkan pada hasil penelitian di mana sebanyak 72% responden dari laboratorium kalibrasi di Sumatera Utara dan 55% responden dari laboratorium kalibrasi di Sumatera Selatan mengalibrasikan standar ukurnya kepada Lembaga Metrologi Nasional.

### 5.2 Saran

Untuk melakukan penguatan kemampuan dari laboratorium kalibrasi dapat dilakukan dengan cara mendirikan laboratorium kalibrasi yang mencakup lingkup yang diperlukan pada daerah setempat, menambah lingkup kalibrasi pada laboratorium kalibrasi yang sesuai dengan kebutuhan kalibrasi daerah setempat, memperluas lingkup kalibrasi pada laboratorium kalibrasi yang sesuai dengan kebutuhan kalibrasi daerah setempat.

Adanya sosialisasi tentang konsep ketertelusuran pengukuran lanjutan perlu dilakukan khususnya ditujukan kepada industri manufaktur agar mengalibrasikan alat ukurnya kepada laboratorium kalibrasi yang tertelusur.

Metode penelitian yang sama dapat digunakan pada daerah dimana terdapat kebutuhan kalibrasi dari industri manufaktur yang tidak dapat dilayani oleh ketersediaan layanan dari laboratorium kalibrasi setempat, misalnya Provinsi Kalimantan Timur.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Jimmy Pusaka yang telah mengikutsertakan saya pada penelitian ini dan membimbing sampai dengan selesainya tulisan ini. Serta terima kasih pula saya sampaikan kepada Bapak Ma'ruf Hasan M,M dan Ibu Yuliani M.Si karena telah memberikan banyak masukan di dalam pembuatan tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, (2011). *Database laboratorium kalibrasi*, diakses 07 Maret 2011 dari <http://sisni.bsn.go.id/index.php/?lembinsp/inspeksi/publik>.

- Habibie, Muhammad Haekal, (2010). *Tenaga kerja berbasis metrologi di industri dalam Kurikulum metrologi menjawab kebutuhan sdm industri dan lembaga metrologi nasional dan industri manufaktur*. Tangerang Selatan: Puslit. KIM-LIPI. Hal 73-92.
- Habibie, Muhammad Haekal, (2011). *Besaran kalibrasi yang perlu dikembangkan di daerah dalam Peta kebutuhan jasa kalibrasi bagi industri di bagian barat*. Tangerang Selatan: Puslit. KIM-LIPI, Hal 153-188.
- Pusaka, Jimmy, et. al., (2011). *Korelasi kebutuhan dengan ketersediaan jasa kalibrasi di bagian barat Indonesia*. Tangerang Selatan: Puslit. KIM-LIPI, Hal1.
- Pusaka, Jimmy. (2011). *Peran teknis laboratorium kalibrasi swasta di empat daerah dalam Peta kebutuhan jasa kalibrasi bagi industri di bagian barat indonesia*. Tangerang Selatan: Puslit. KIM-LIPI, Hal 112-152.
- Tim Pengajar Diklat Metodologi Penelitian. (2010). *Sumber dan koleksi data*. Insititut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wikipedia. (2011). *Indeks pembangunan manusia*. diakses 15 Agustus 2011 dari [http://id.wikipedia.org/wiki/Indeks\\_Pembangunan\\_Manusia](http://id.wikipedia.org/wiki/Indeks_Pembangunan_Manusia).
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI ISO/IEC 17025:2008, Persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi*. Jakarta: BSN.
- Perpustakaan Bappenas. (2013). *Keputusan Presdien Republik Indonesia Nomor 79 tahun 2001 tentang Komite standar nasional untuk satuan ukuran*, diakses 04 Januari 2013 dari [http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/88467%5B\\_Konten\\_%5DKeputusan%20Presiden%20no%2079%20%20tahun%202001.pdf](http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/88467%5B_Konten_%5DKeputusan%20Presiden%20no%2079%20%20tahun%202001.pdf).
- Wikipedia. (2013). *Metrologi*, diakses 04 Januari 2013 dari <http://id.wikipedia.org/wiki/Metrologi>.
- .

## UJI KELAYAKAN TITIK TETAP ALUMINUM SEKUNDER BERDASARKAN KEDALAMAN SUPERCOOLING

### *Properness Test of Secondary Al Fixed Point Based on Supercooling Depth*

Beni Adi Trisna dan Arfan Sindhu Tistomo

Puslit PUSLIT KIM-LIPI, Kompleks Puspipstek Serpong Tangerang 15314

e-mail: beni@kim.lipi.go.id

Diterima: 17 Januari 2013, Direvisi: 16 Mei 2013, Disetujui: 3 Juni 2013

#### Abstrak

Dalam rangka menyediakan pelayanan jasa kalibrasi termokopel tipe *noble metal* dengan titik tetap, Pusat Penelitian Puslit KIM-LIPI telah mengembangkan sel titik tetap aluminium berjenis terbuka sekunder untuk digunakan sebagai standar pada suhu 660,323°C. Efek impuritas diselidiki dengan menerapkan metode kuantitatif, yaitu dengan melihat hubungannya dengan kedalaman *supercooling*. Sebagai hasilnya, kedalaman *supercooling* terendah adalah 0,4332°C yang memenuhi kriteria sebagai standar kalibrasi yang diusulkan oleh CCT BIPM (*Consultative Committee for Thermometry of International Bureau of Weights and Measures*). Selain itu, ketidakpastian pengukuran memberikan nilai 1,5  $\mu\text{V}$  yang sebanding dengan 0,15 °C untuk termokopel tipe S. Oleh karena itu, CMC (*Calibration Measurement Capability*) untuk pengukuran suhu 660,323°C dengan titik tetap Al sekunder adalah 0,15°C. Nilai reproduibilitas adalah 42 mK yang menunjukkan bahwa kemurnian sel kurang dari 99,99993%.

**Kata kunci:** termokopel, ITS-90, suhu, ketidakmurnian, kalibrasi

#### Abstract

*In order to provide noble metal thermocouple calibration services by fixed point, Puslit KIM-LIPI has developed a secondary open type aluminum fixed point cell to be used as a standard for temperature 660.323 °C. The impurity effect was investigated by applying a quantitative method, i.e., by seeing its relation with the deep supercooling. As result, the lowest deep supercooling is 0.4332 °C which satisfies the requirement for being a standard calibration proposed by CCT BIPM (Consultative Committee for Thermometry of International Bureau of Weights and Measures). In addition, the uncertainty of measurement gives a value 1.5  $\mu\text{V}$  which is proportional to 0.15 °C for type S thermocouple. Therefore, the CMC (Calibration Measurement Capability) for temperature measurement at 660.323 °C by secondary Al fixed point is 0.15 °C. The reproducibility value is 42 mK show that the purity of the cell is less than 99.99993%.*

**Keywords:** thermocouple, ITS-90, temperature, impurity, calibration

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pusat Penelitian Kalibrasi Instrumentasi dan Metrologi (Puslit KIM-LIPI) sebagai pengelola Teknis Ilmiah Standar Nasional untuk Satuan Ukuran (SNSU) bidang suhu, sampai saat ini telah mampu merealisasikan skala suhu ITS-90 (*International Temperature Scale 1990*) melalui titik tetap, mulai dari titik tripel Argon (189,3442°C) hingga titik leleh kawat palladium (1553,4 °C) pada pengukuran termometer jenis kontak. Titik tetap tersebut digunakan sebagai standar primer bagi kalibrasi *standard platinum resistance thermometer* (SPRT) dan termokopel. SPRT dan termokopel yang telah terkalibrasi tersebut selanjutnya menjadi transfer standar

dan sebagai referensi untuk melakukan kalibrasi termometer kontak kelas industri (termometer gelas, termokopel, termometer tahanan platina industri dan sebagainya).

Akan tetapi seiring dengan perkembangan industri dan laboratorium kalibrasi di Indonesia, muncul permintaan pelayanan jasa kalibrasi termokopel menggunakan titik tetap. Penambahan lingkup baru ini dapat menimbulkan masalah serius bagi ketertelusuran karena termokopel kelas industri tidak terjaga kemurniannya dan dapat mencemari sel titik tetap standar primer. Sebagaimana disampaikan oleh David I Head dan kawan-kawan (2008) bahwa kurva titik beku dari titik tetap aluminium turun dan naik dipengaruhi oleh impuritas.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian dan pembuatan titik tetap kelas

sekunder dilakukan dan yang pertama kali dibuat adalah titik tetap Aluminium. Tipe titik tetap ini adalah sel terbuka (*opened cell*).

Selanjutnya realisasi beserta uji kelayakan yang meliputi *reproducibility* dan pengaruh impuritas dilakukan. Di dalam menentukan pengaruh impuritas sebagian besar NMI (*national metrology institute*) menggunakan metode *glow discharge mass spectroscopy* (GDMS) seperti yang dilakukan oleh Widiatmo (2008) dan D'uriš (2008). Sementara dikarenakan keterbatasan terutama terkait dengan pendanaan penelitian serta sepengetahuan penulis hingga saat ini belum ada lembaga di Indonesia yang mampu melakukan analisis GDMS maka Puslit KIM-LIPI memilih cara kuantitatif yaitu dengan melihat pengaruh impuritas melalui keterkaitan antara kemurnian suatu logam dengan kedalaman *supercooling*. Apabila kedalaman *supercooling* pada realisasi titik tetap Al di atas 0,4 K seperti yang disyaratkan oleh CCT BIPM (1990): "*It is important to achieve a high degree of supercooling (> 4 K) for attainment of the plateau temperatures by means of outside nucleated slow freezes*" maka dapat dikatakan bahwa titik tetap tersebut memenuhi kriteria sebagai standar. Head dan kawan-kawan (2008). : "*The freezing curves of the aluminium fixed-point decreased and increased in line with expectations derived from interpolation of previous experiments as increased amounts of impurities were introduced*", walaupun untuk kasus tertentu pengotoran diperlukan untuk mempermudah tehnik realisasi seperti yang dilakukan oleh Jin Tao Zhang dan Y.N Wang (2008): "This deep *supercooling* is inconvenient for the operation of tin freezing-point cells, especially for sealed tin fixed-point cells".

Bahwa impuritas mempengaruhi *supercooling* telah diketahui oleh McLaren dan Murdock (1960) yang kemudian dipertegas oleh Ovsienko, D.Yu (2001).

## 1.2 Tujuan

Makalah ini bertujuan untuk memaparkan pengujian kelayakan titik tetap aluminium yang telah dibuat oleh Puslit KIM-LIPI dengan melaksanakan evaluasi hubungan antara kedalaman *supercooling* dengan kemurnian sel di mana target kedalaman *supercooling* melebihi 0.4 °C.

Uji kelayakan ini sangat penting dilakukan karena sel tersebut akan digunakan sebagai standar sekunder nasional bagi kalibrasi termokopel tipe *noble metal*.

Tulisan ini juga menyampaikan kemampuan pengukuran Puslit KIM-LIPI pada suhu 660 °C menggunakan titik tetap sekunder tersebut.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Efek Impuritas

Suhu terukur pada saat kondisi perubahan fasa pada material murni ditentukan oleh koefisien sensitivitas dan kemurnian material tersebut sesuai dengan persamaan yang diberikan oleh E.Renaot (2008).

$$T_{pure} - T_{obs} = - \sum_i c_{l,F=1}^i \left( \frac{\delta T_l}{\delta c_l^i} \right) / F^{1-k^i} \quad (1)$$

Dimana  $T_{pure}$  adalah suhu titik beku dari sampel dengan kemurnian 100%,  $T_{obs}$  adalah suhu titik beku sebenarnya dari material tersebut

ketika diukur,  $c_l^i$  adalah fraksi molar berkenaan

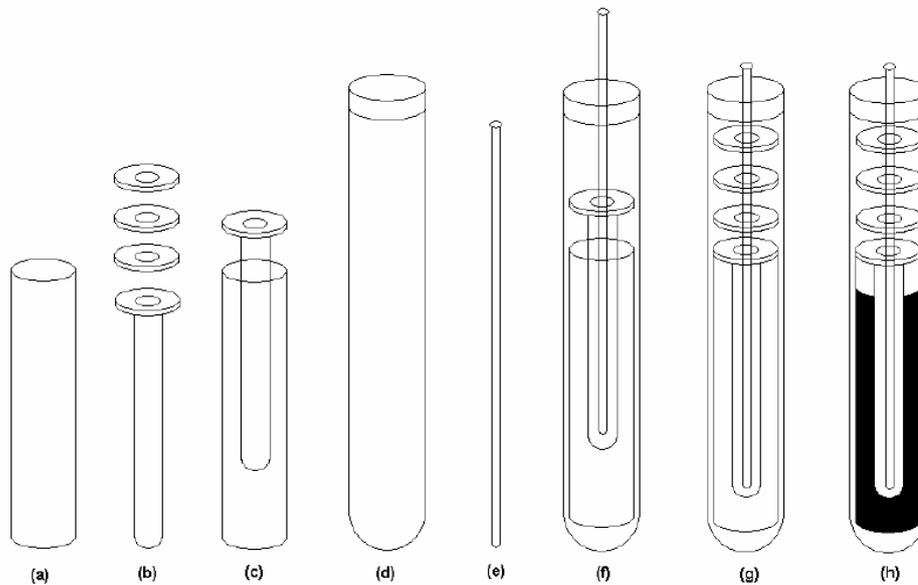
dari impuritas,  $\left( \frac{\delta T_l}{\delta c_l^i} \right)$  adalah turunan dari suhu terukur pada kondisi liquid berdasar konsentrasi impuritas jenis  $i$ , serta  $F$  adalah fraksi material murni yang ada pada kondisi fasa *liquid* tersebut. Sedangkan  $k$  adalah parameter penting dalam suatu material yang disebut sebagai koefisien distribusi dan didefinisikan sebagai rasio antara konsentrasi impuritas pada fase solid ( $c_s$ ) dengan konsentrasi impuritas pada fase *liquid* ( $c_l$ ) sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$k = \frac{c_s}{c_l} \quad (2)$$

Menurut K.D Hill dan S. Rudtsch (2005), apabila target ketidakpastian realisasi titik beku Aluminium adalah 0,5mK, maka dibutuhkan material Aluminium murni dengan tingkat kemurnian 99,99993%. Keterangan ini diaplikasikan pada evaluasi reproduibilitas dari proses realisasi titik beku Aluminium untuk mengetahui sejauh mana kemurnian material Al yang digunakan.

### 2.2 Sel Titik Tetap Sekunder Al

Pembuatan sel titik tetap Al kelas sekunder membutuhkan material murni Al (99.9999%) sebanyak 202 gram selama dilaksanakan pengisian sel Al.



Gambar 1 (a) *Graphite crucible*, (b) *Graphite thermo-well* dan *graphite disk*, (c) *Graphite crucible* dan *graphite thermo-well* yang dipasangkan, (d) *Quartz tube*, (e) *Quartz well*, (f) Bagian-bagian sel setelah dirakit, (g) Sel sebelum diisi aluminium, (h) Sel setelah diisi aluminium.

Sumber: Suherlan dan Dwi Larassati (2010)

Nilai kemurnian material Al tersebut diperoleh berdasarkan sertifikat pembelian dari PT. Johnson Matthey pada sekitar tahun 1990'an. Sehingga perlu dilaksanakan pengujian ulang kemurnian material murni paska proses produksi sel titik tetap yang baru dibuat pada tahun 2010. Ketinggian material murni di dalam sel adalah sekitar 120 mm. Sel sekunder Al telah direalisasikan untuk pertama kali menggunakan sensor termokopel Tipe S sebagai sensor dan diperoleh plato titik beku selama sekitar 2,5 jam dengan kestabilan suhu  $\pm 0,015$  °C yang seperti dinyatakan oleh Suherlan dan Dwi Larassati (2010).

Sel titik tetap tersebut terdiri dari penampung berupa *graphite crucible* dengan material murni Al terletak didalamnya, *graphite thermo-well* sebagai media untuk meletakkan *quartz well*, sehingga tidak bersentuhan langsung dengan logam murni. Sebagai insulator suhu digunakan beberapa *graphite disk* dan *wool disk*. Kemudian seluruh bagian tersebut dirangkai menjadi satu dan dimasukkan kedalam *quartz tube*, digunakan *quartz tube* agar tidak terjadi perpindahan panas secara radiasi ke luar dari sistem. *Seal Caps* digunakan pada bagian atas *quartz tube* sebagai media pemasangan pipa gas Argon dan sistem vakum. Sehingga tekanan didalam sel dapat diatur ketika proses realisasi dilaksanakan. Sel titik tetap Al buatan puslit KIM-LIPI diilustrasikan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

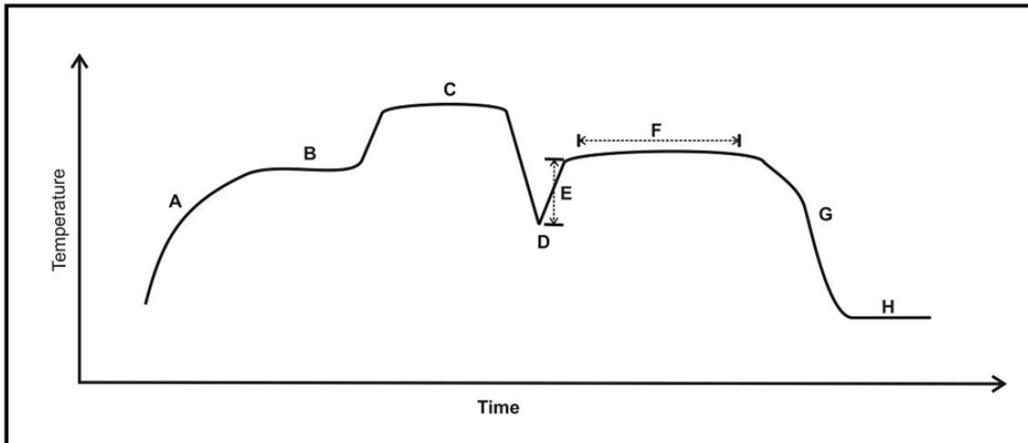
### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Kelayakan Sel

Pengujian kelayakan sel titik tetap Al kelas sekunder dilaksanakan dengan cara melaksanakan realisasi sel tersebut sebanyak 3 kali untuk mendapatkan nilai kedalaman *supercooling* terukur dan kemudian membandingkan nilai tersebut dengan nilai yang telah disebutkan pada literatur CCT-BIPM (2008).

#### 3.2 Proses Realisasi

Sel titik tetap Al kelas sekunder direalisasikan menggunakan tungku dengan konstruksi pemanas *three zone controller* yang berupa pemanas sentral, pemanas bagian atas, dan pemanas bawah. Ketiga pemanas tersebut terlebih dahulu diatur penyimpangan suhu terhadap penunjukan sebenarnya dengan menggunakan SPRT. Keseragaman suhu tungku dijamin lebih kecil dari  $\pm 0,3$  °C pada daerah kerja suhu 100 °C ~ 680 °C dan stabilitas suhu dijamin  $\pm 0,03$  °C atau lebih baik. Sel titik tetap Al kelas sekunder direalisasikan menggunakan prosedur realisasi titik tetap jenis sel terbuka (*opened cell*). (Fluke Hart Scientific, 2005). Sebagai indikator dengan resolusi tinggi digunakan nanovoltmeter dengan resolusi hingga 1 nanovolt. Termokopel standar tipe S digunakan sebagai sensor ukur beserta titik referensi yang dibuat menggunakan titik leleh es



Gambar 2 Kurva tipikal titik leleh dan beku

Realisasi dimulai dengan dilakukannya proses pemvakuman sel titik tersebut hingga mencapai  $10^{-6}$  torr. Kemudian sel tersebut di panaskan pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$  sebagai langkah pemanasan awal atau pre-heating. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 2 dengan nomor A. Selama proses pre-heating berlangsung, dilakukan proses pencucian sel dengan cara berulang kali memvakum dan mengisi gas Argon kedalam sel titik tetap tersebut, minimum pencucian dilaksanakan 2 kali setiap proses realisasi. Kemudian setting tungku diubah ke suhu  $665,5^{\circ}\text{C}$ , setting ini merupakan setting yang lebih tinggi  $5^{\circ}\text{C}$  diatas titik leleh Alumunium ( $660,323^{\circ}\text{C}$ ). Ketika proses menuju  $5^{\circ}\text{C}$  diatas titik leleh Alumunium tersebut suhu terukur didalam sel akan tertahan pada suhu titik leleh Alumunium walaupun suhu tungku telah tercapai  $5^{\circ}\text{C}$  diatas titik leleh, proses ini dinamakan Plato titik leleh logam Alumunium, proses ini ditunjukkan pada Gambar 2, nomor B.

Seketika, setelah tercapai titik leleh maka dilakukan pencucian sel kembali dengan mengganti gas Argon didalam sel dengan gas Argon baru, pada tahap ini pencucian hanya dilaksanakan 1 kali saja. Perbedaan pada pencucian sel yang kedua ini dilakukan dengan menggunakan sistem vakum mekanik selama 10 detik. Ketika dilakukan pengisian Argon murni kedalam sel titik tetap, tekanan didalam sel diatur sedekat mungkin dengan tekanan 1 Atm ( $101,323$  kPa). Bila terdapat perbedaan tekanan, maka suhu sel titik tetap dikoreksi menggunakan tabel ITS-90. (Mangum,B.W dan G.T Furukawa, 1990). Sistem vakum dapat dimatikan karena proses selanjutnya tidak memerlukan sistem vakum. Selanjutnya suhu tungku diset  $2^{\circ}\text{C}$  diatas titik leleh. Ketika logam Alumunium murni didalam sel titik tetap telah dalam kondisi meleleh sempurna, seperti ditunjukkan pada Gambar 2, nomor C. Suhu

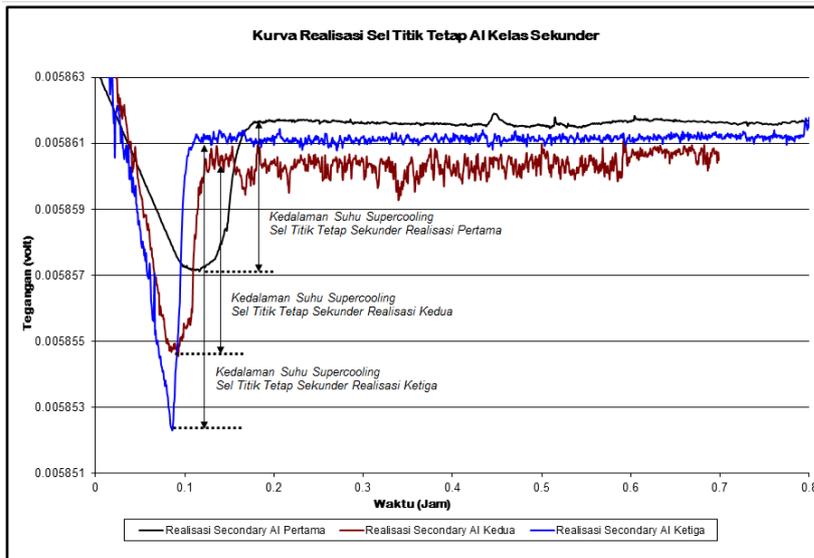
tungku kemudian disetting  $2^{\circ}\text{C}$  dibawah titik beku logam Al. Suhu sel terukur akan turun drastis menuju titik supercool, ditunjukkan pada Gambar 2, nomor D. Setelah tercapai suhu supercool, dan ketika suhu mulai naik menuju titik beku logam Al, maka selama 2 menit batang kuarsa dari suhu ruang dimasukkan ke dalam lubang ukur untuk melakukan inisiasi *inner melt*. Proses ini bertujuan agar logam Al didalam sel dapat membeku secara homogen dari luar kedalam sel dan dari dalam keluar sel secara bersamaan. Kemudian suhu tungku disetting,  $1^{\circ}\text{C}$  dibawah titik beku Al. Kurva plato akan segera diperoleh, ditunjukkan pada Gambar 2, nomor F.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Realisasi dan Uji Kelayakan Sel Al

Kedalaman *supercooling* dapat ditentukan dengan melihat titik minimum yaitu ketika titik balik *supercooling* terjadi dan titik maksimum yaitu saat kondisi plato dimulai seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari hasil tiga kali proses realisasi sel sekunder Al, diperoleh kedalaman *supercooling* bervariasi seperti ditunjukkan pada Tabel1 dengan kedalaman *supercooling* terpendeknya sekitar  $0,4332^{\circ}\text{C}$ . Nilai tersebut lebih tinggi dari  $0,4^{\circ}\text{C}$  sehingga kriteria kedalaman *supercooling* minimum pada kemurnian material 99,999% terpenuhi.



Gambar 3 Kedalaman *supercooling* realisasi titik tetap al kelas sekunder

Tabel 1 Data kedalaman *supercooling*

Keterangan	Realisasi Pertama	Realisasi Kedua	Realisasi Ketiga
Minimum (v)	0,005857212	0,005854716	0,00585247
Maximum (v)	0,005861544	0,005860515	0,005861271
Kedalaman <i>Supercooling</i> (v)	4,332E-06	5,799E-06	8,801E-06
Kedalaman <i>Supercooling</i> (°C)	0,4332	0,5799	0,8801

Untuk memastikan kemurnian sel titik tetap sekunder tidak berubah, maka metode cek kedalaman *supercooling* dapat dilakukan setiap kali sel titik tetap sekunder ini direalisasikan. Metode ini merupakan pendekatan kuantitatif dan untuk membuktikan kebenarannya hasil pengukuran ini harus dibandingkan dengan pendekatan secara kualitatif dengan membandingkan hasil pengukuran sel titik tetap standar sekunder tersebut terhadap sel titik tetap standar primer atau melaksanakan evaluasi kemurnian sel dengan metode GDMS.

#### 4.2 Ketidakpastian Pengukuran

Pengukuran emf pada plato sel titik tetap Al kelas sekunder dinyatakan dalam fungsi seperti ditunjukkan pada Persamaan 3.

$$E_{Al} = E(t_{Al}) + \delta E_{PB} + \delta E_{KS} + \delta E_{HF} + \dots + \delta E_{PT} + C_0 \delta E_{TE} + \delta E_{DFT} + \delta E_{INH} \quad (3)$$

Penunjukan tegangan plato pada titik beku Al merupakan hasil dari penunjukan tegangan terukur pada *nanovoltmeter*  $\{E(t_{Al})\}$ , dengan kontribusi ketidakpastian dari pengukuran berulang,  $\delta E_{PB}$ . Ketidakpastian karena

kemurnian sampel titik tetap  $\delta E_{KS}$ , diestimasi melalui hasil reproduibilitas yang lebih besar dari 0.5 mK maka dapat disimpulkan bahwa kemurnian material terdegradasi lebih besar dari 99,99993%, kemudian apabila dilihat dari kedalaman *supercooling* yang lebih dalam dari 0.4°C sehingga dapat dipastikan kemurnian material setidaknya minimum berada pada lebih besar sama dengan 99,999%. Penulis mengambil kasus terburuk dengan memberi nilai estimasi ketidakpastian karena komponen impuritas adalah 99,999 %. Ketidakpastian karena profil sel titik tetap Al,  $\delta E_{HF}$ , diestimasi dengan menggunakan persamaan 4.

$$\delta R_{HF} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^3 (\Delta_{T_i-T_0 \text{ terukur}} - \Delta_{T_i-T_0 \text{ ITS-90}})^2}{n}} \quad (4)$$

$\Delta_{T_i-T_0 \text{ terukur}}$  merupakan selisih suhu hasil pengukuran pada sel titik tetap untuk kedalaman pencelupan  $i$  ( $T_i$ ) terhadap suhu pada kedalaman di titik 0 cm/ bagian bawah sel titik tetap ( $T_0$ ).

Tabel 2 Ketidakpastian realisasi sel sekunder Al

Komponen Ketidakpastian	Ketidakpastian Sel Sekunder Al ( $\mu\text{V}$ )
<i>Type A</i>	
Pengukuran Berulang, $u_{PB}$	0,42
Kemurnian Sel, $u_{KS}$ (estimasi kemurnian (99,999%))	0,022
<i>Heat flux</i> , $u_{HF}$	0,23
<i>Type B</i>	
Sertifikat <i>nanovoltmeter</i> , $u_{PT}$	0,31
Titik es referensi, $u_{TE}$	0,03
<i>Drift</i> Termokopel, $u_{DFT}$	0,18
Inhomogenitas Termokopel, $u_{INH}$	0,35
Ketidakpastian Terentang ( $k=2$ )	1,50

Sedangkan  $\Delta_{T_i-T_0, ITS-90}$  merupakan selisih suhu tersebut apabila dihitung menggunakan persamaan ITS-90. Pengukuran divariasikan hingga kedalaman 3 cm diatas titik terbawah sel, dengan asumsi bahwa ketika dilakukan pengukuran pencelupan sensor termokopel tidak pernah melebihi 3 cm terhadap bagian bawah sel titik tetap. Ketidakpastian karena sistem pengukuran tegangan,  $\delta E_{PT}$ , diestimasi dengan mengambil nilai ketidakpastian indikator *nanovoltmeter* yang digunakan. Ketidakpastian penggunaan titik es sebagai titik referensi termokopel,  $C_0 \delta E_{TE}$ , dimana  $C_0$  merupakan koefisien *seebeck* termokopel pada suhu 0°C. Ketidakpastian karena penggunaan titik es sebagai referensi diestimasi dengan memasukkan nilai tipikal 10 mK. Komponen ketidakpastian terakhir merupakan ketidakpastian dari sifat termoelektrik sensor termokopel, yaitu pergeseran/ *drift* termokopel,  $\delta E_{DFT}$ , dan inhomogenitas termokopel,  $\delta E_{INH}$ . Komponen ketidakpastian drift termokopel diestimasi dari setengah dari nilai selisih pengukuran emf pada 3 kali realisasi yang dilakukan. Selama pengukuran profil sel titik tetap Al berlangsung, setengah perbedaan maksimum emf pada sel primer Al digunakan sebagai nilai estimasi kontribusi ketidakpastian ini. Inhomogenitas termokopel diestimasi dengan memvariasikan pengukuran termokopel dari bagian bawah sel hingga kedalaman 15 cm.

Ketidakpastian yang dicantumkan pada Tabel 2 masih dalam besaran tegangan dengan satuan  $\mu\text{V}$ . Dengan menggunakan sensitivitas termokopel tipe S di suhu sekitar 600°C yang

bernilai 10  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ , ketidakpastian dalam besaran suhu dapat ditentukan dan menjadi 0,15°C. Nilai ini menjadi CMC dalam kalibrasi termokopel dengan titik tetap sekunder Al.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil tiga kali realisasi didapatkan kedalaman *supercooling* minimumnya 0,4332°C dimana masih di atas 0,4°C sehingga dapat disimpulkan bahwa titik tetap Al tersebut layak dijadikan standar. Analisa ketidakpastian menghasilkan ketidakpastian terentang sebesar 1,5  $\mu\text{V}$  yang setara dengan 0,15°C. Nilai ini merupakan CMC untuk pengukuran suhu dengan titik tetap Al sekunder di 660,323°C.

Sementara itu hasil reproduibilitas adalah sebesar 0,42  $\mu\text{V}$  atau 42 mK. Nilai ini lebih besar dari 0,5 mK yang berarti bahwa kemurnian material Al sudah terdegradasi lebih besar dari 99,99993%.

Selanjutnya untuk pengembangan kedepan perlu dilakukan perbandingan titik tetap tersebut dengan sel titik tetap Al kelas primer guna mengetahui sejauh mana penyimpangan suhu yang terjadi serta penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi melalui evaluasi kemurnian sel Al dengan *glow discharge mass spectroscopy*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada tim penanggung jawab DIPA 2012 Puslit Puslit KIM-LIPI atas pendanaannya serta kepala subbidang suhu atas arahnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- D'uriš, S., J. Ranostaj, R. Palencár. (2008). *Development of Fixed-Point Cells at the SMU*, *Int J Thermophys*, Vol 29, p 861–870.
- Fluke Hart Scientific. (2005). *5924-5929 Metal Freeze Point Cells User's Guide*, Utah: Fluke Hart Scientific
- Head, David I, Patchariya Petchpong, Joe Y. H.Au. (2008). *Effects of Impurities on the Melting Curve of the Aluminium Fixed Point*, *Acta Metrologica Sinica*, Vol 29 no 4A.
- Hill, K.D., S. Rudtsch. (2005). *Metrologia* 42, L1
- JCGM. (2008). *JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*. Paris: BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP dan OIML.
- Mangum, B.W dan G.T Furukawa. (1990). *Guideline For Realizing The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)*. USA: NIST technical note 1265
- McLaren, E.H, E.G. Murdock. (1960). *Can. J. Phys.* 38, 100
- Ovsienko, D.Yu. (2001). *Met. Phy. Adv. Tech*, vol 19, p 457.
- Renaot, E, dkk. (2008). *Int J Thermophys* (2008) 29:852–860, *Influence of Impurities and Filling Protocol on the Aluminum Fixed Point*. Prancis: Springer-Science.
- Suherlan dan Dwi Larassati. (2010). *Pembuatan Sel Titik Tetap Aluminium Sebagai Standar Suhu 660,323 °C*. Prosiding pada Pekan Pertemuan Ilmiah-PUSLIT KIM-LIPI. Tangerang Selatan: KIM-LIPI
- Thomas, H. Preston, P. Bloembergen, T.J. Quinn. (1990). *Supplementary Information for the International Temperature Scale of 1990 (BIPM)*. Paris: BIPM
- Widiatmo, J.V, K. Harada, K.Yamazawa. (2008). *Impurity Effect in Silver-Point Realization*, *Int J Thermophys*, Vol 29, p 158–170.
- Zhang, J.T dan Y.N Wang. (2008). *Mechanism to Diminish the Supercooling of the Tin Freezing Point by using Graphite Powder*. *Int J Thermophys*, Vol 29, p 844–851.

## 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

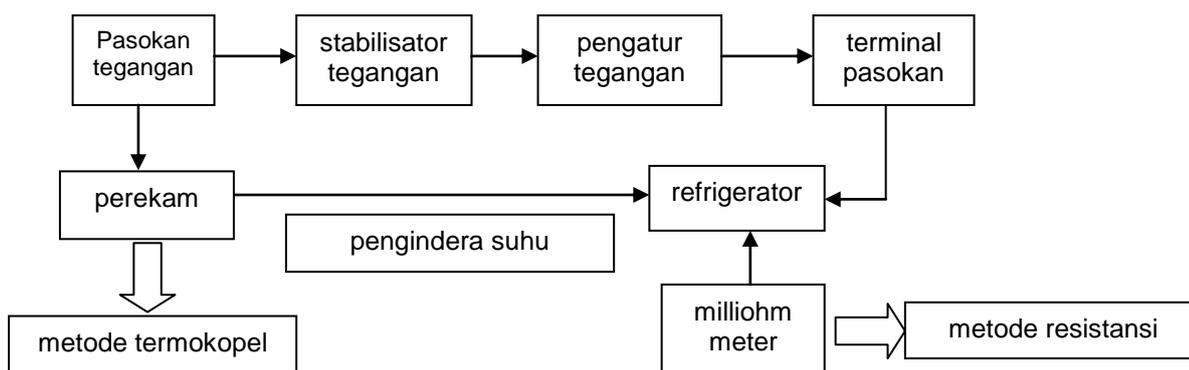
#### 3.1 Spesifikasi refrigerator

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.

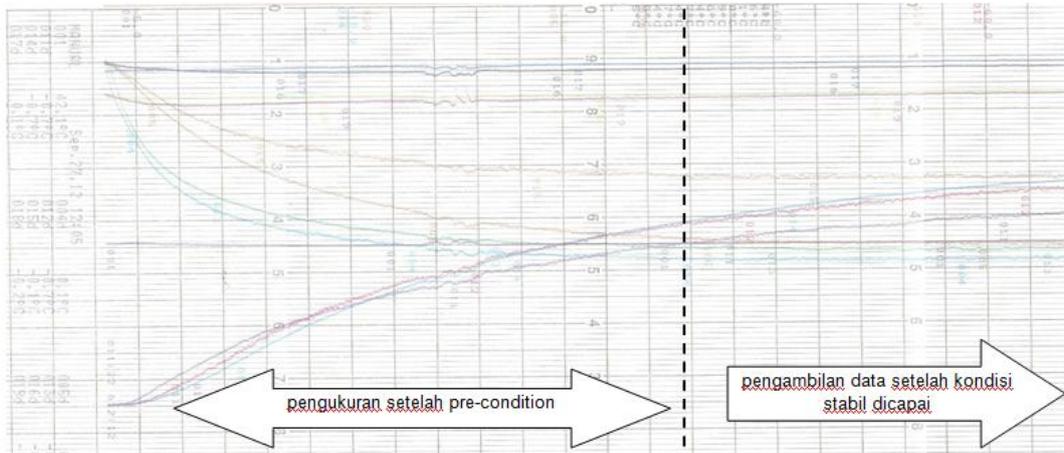
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengukuran metode termokopel

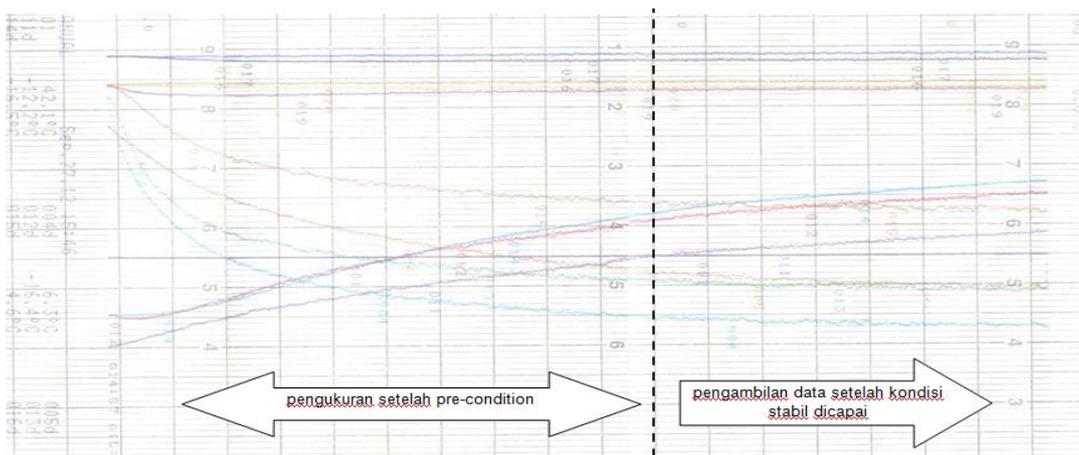
Pengukuran kenaikan temperatur setiap komponen dan pemeriksaan kesesuaian sangat ditentukan oleh kelas peralatan. Dalam pengukuran ini digunakan refrigerator kelas T (*tropical*) sebagai konsekuensi Indonesia dalam wilayah yang berada di ekuator memiliki iklim tropis. Untuk peralatan dengan climate class 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*.

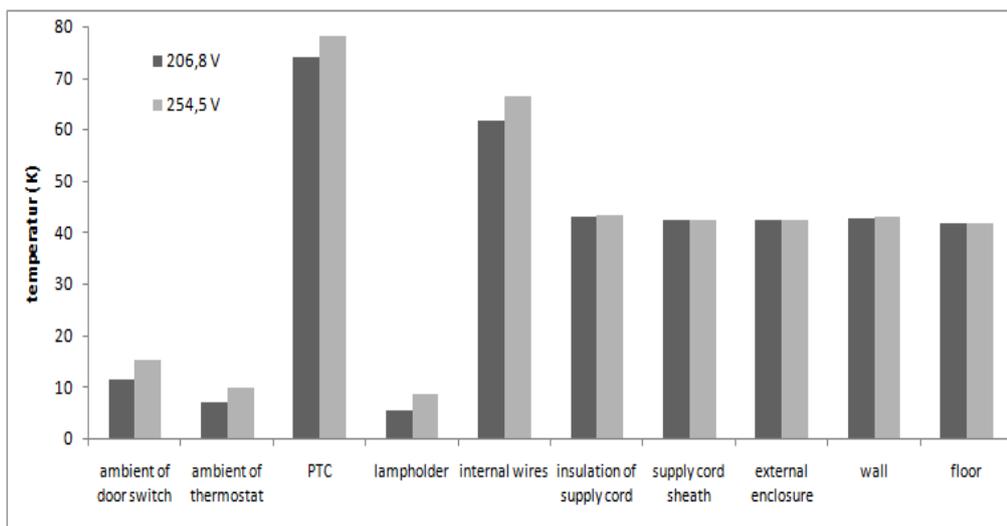
(vi) *external enclosure, wall* dan *floor*, pengukuran dilakukan dengan menempatkan termokopel pada pegangan pintu refrigerator (*handle*) menggunakan perekat tahan panas. Sedangkan *wall* dilakukan dengan menempatkan termokopel pada salah satu dinding dari *test corner* menggunakan perekat tahan panas.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



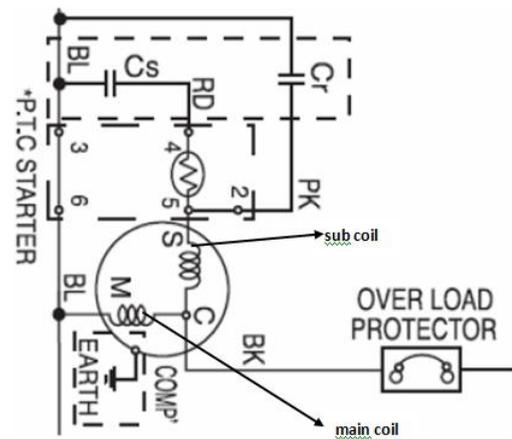
Gambar 4 Grafik temperatur komponen sistem refrigerasi

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

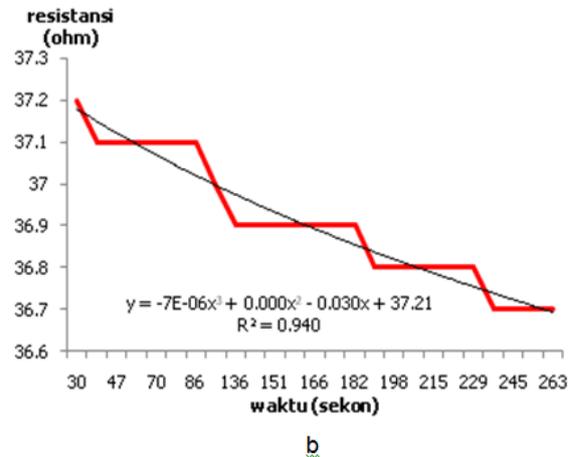
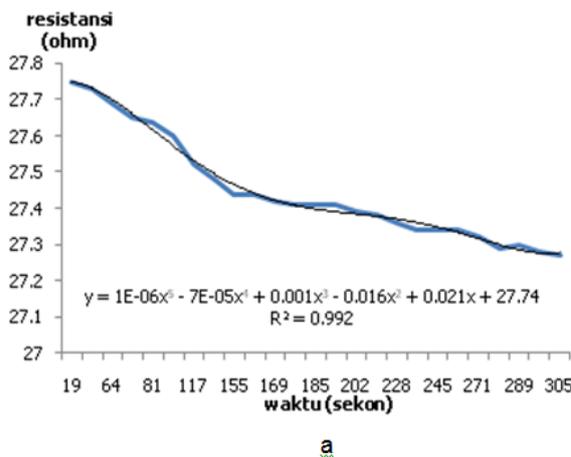
dengan nilai berturut-turut adalah 43,3K; 42,5K; 42,5K dan 43,6K; 42,7K; 42,5K. Nilai ini juga tidak jauh berbeda dengan *room ambient*. Hal ini memperlihatkan bahwa fenomena perpindahan panas konduksi yang terjadi pada *insulation of supply cord* dan *supply cord sheath* tidak begitu mempengaruhi karena adanya bahan isolator yang digunakan sebagai pembungkus kabel. Pada *external enclosure* yaitu *handle refrigerator*, nilai kenaikan temperaturnya 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.

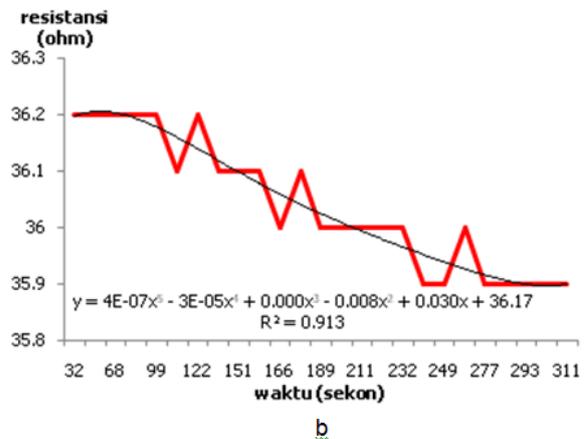
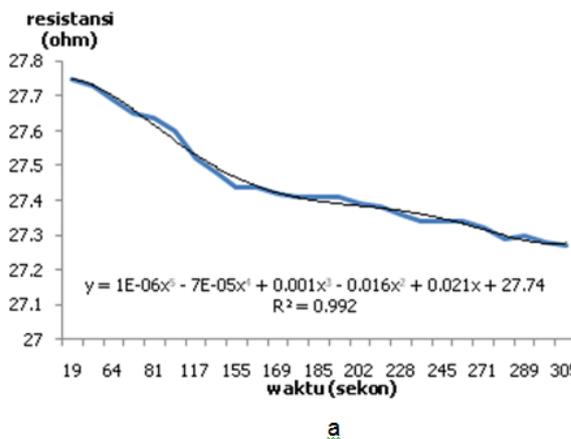
4.2 Pengukuran dengan metode resistansi  
 Gambar 5 menunjukkan rangkaian listrik motor kompresor untuk pengukuran metode resistansi.



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.

## **ANALISIS TINGKAT EMISI RADIASI MEDAN ELEKTROMAGNETIK DARI BTS (BASE TRANSCEIVER STATION) TERHADAP STANDAR IEEE C95.1 DI KOTA TANGERANG SELATAN**

### ***Analysis of Electromagnetic Radiation Emission of The Base Transceiver Station (BTS) in Tangerang Selatan Compared to IEEE C95.1 Standard***

**Wuwus Ardiatna, Aditia Nur Bakti, Hutomo Wahyu Nugroho,  
Siddiq Wahyu Hidayat, Junaid Sadrach dan Sri Kadarwati**

Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian  
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kawasan Puspitek Gedung 410  
e-mail : wuwus.ardiatna@lipi.go.id; srikadarwati84@yahoo.co.id

Diterima: 25 Januari 2013, Direvisi: 31 Mei 2013, Disetujui: 3 Juni 2013

#### **Abstrak**

Pengukuran paparan radiasi gelombang elektromagnetik dari BTS perlu dilakukan, untuk memberikan informasi seberapa aman radiasi tersebut bagi masyarakat khususnya warga di wilayah Tangerang Selatan yang berada di sekitar menara BTS. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya radiasi elektromagnetik yang diterima pada radius 10 m dari titik pusat yang dipancarkan oleh sebuah BTS dan kesesuaiannya dengan standar IEEE C95.1-2005. Pengukuran besarnya radiasi tersebut dilakukan setiap 10 derajat mengitari menara dengan pembacaan koordinat lokasi dan sudut pengukuran untuk menentukan besarnya tingkat radiasi yang ditimbulkan oleh BTS. Nilai tersebut kemudian dikonversikan dalam besaran Power Density yang terhitung dan kemudian dibandingkan dengan batas ambang standar. Hasil pengukuran menyatakan bahwa radiasi masih berada dibawah nilai batas yang dipersyaratkan dengan nilai terbesar sebesar  $-4.419\text{dBm/m}^2$  untuk posisi antena vertikal, sedangkan untuk posisi antena horizontal, sebesar  $-7.031\text{ dBm/m}^2$  pada frekuensi yang sama 947 MHz.

**Kata Kunci** : Radiasi Elektromagnetik, Power Density, BTS

#### **Abstract**

*Measurement of exposure to radiation of electromagnetic waves of the BTS needs to be done, to provide information how safe the radiation to the community, especially residents at the South Tangerang who stay around the BTS tower. The objective of this research is to measure the electromagnetic radiation level at 10 m from the center of BTS and its conformity to IEEE C95.1-2005 standard. Measurement method of this project done by sweeping every 10 degrees around the tower and read the coordinates of the location as well as the angle of measurements to determine the level of electromagnetic radiation emitted by BTS. The values are then converted into the level of power density and compared to the standard limit. The measurement results show the electromagnetic radiation is below the limit standard value, with the highest value  $-4.419\text{dBm/m}^2$  for vertical antenna position, while for the horizontal antenna position  $-7.031\text{ dBm/m}^2$  at the same frequency 947 MHz.*

**Keywords** : Electromagnetic radiation , Power Density, BTS

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Radiasi frekuensi tinggi pada level tertentu dapat memberi pengaruh bagi kesehatan. Antena pemancar BTS yang bekerja pada frekuensi 900 dan 1800 MHz juga memancarkan energi gelombang elektromagnetik dengan daya yang cukup besar pada frekuensi tinggi.

Menurut Bagian Pengelola Teknologi Informasi Pemerintah Kota Tangerang Selatan, 2012, Di Tangerang Selatan yang terdiri dari tujuh kecamatan, tersebar beberapa antena BTS yang memancarkan gelombang elektromagnetik. Selain itu Tangerang Selatan merupakan daerah pemekaran yang mulai berkembang, sehingga

banyak pula BTS yang dibangun dan tersebar di tujuh wilayah kecamatan tersebut.

Peraturan pemerintah mengenai radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh BTS di Indonesia belum dikeluarkan. Namun pemerintah sudah mulai mengatur tentang penggunaan bersama menara telekomunikasi melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.07/PRT/M/2009, Peraturan Menkominfo No.19/PER/M.KOMINFO/03/2009 dan Peraturan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal No.3/P/2009 mengenai pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara bersama Telekomunikasi ("Peraturan Bersama").

Di Indonesia tidak ditemukan referensi yang membahas tentang pengukuran radiasi

BTS. Banyak pula masyarakat yang belum mengetahui tentang keamanan dan radiasi BTS di sekitarnya. Karena itu perlu dilakukan pengukuran radiasi BTS yang disesuaikan dengan standar yang berlaku secara internasional.

## 1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah emisi radiasi dari BTS di Tangerang Selatan, pada radius 10 m, masih sesuai dengan standar IEEE C95.1. Data yang diperoleh, diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemegang kebijakan dalam membuat regulasi tentang pembangunan menara yang berada di sekitar perumahan penduduk.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Radiasi BTS (Base Transceiver Station)

Meningkatnya penggunaan komunikasi dengan menggunakan telepon selular berdampak pada pembangunan menara BTS, bahkan pembangunannya berdekatan dengan rumah, sekolah, rumah sakit dan kawasan padat penduduk.

Hal ini menimbulkan kekhawatiran publik mengenai keselamatan penduduk terhadap radiasi tersebut. Banyak penelitian telah dilakukan dan sedang berjalan mengenai efek biologis dan termal serta potensi medan elektromagnetik GSM. Kanker, hyperthermia, syaraf dan tingkah laku manusia terhadap efek radiasi GSM, saat ini sedang dipelajari.

Interaksi medan elektromagnetik GSM dan manusia harus mencakup semua bagian "sistem" dengan mempertimbangkan hal-hal berikut:

- "Material" (tubuh manusia) memiliki sifat nilai elektromagnetik yang sangat tidak biasa: permitivitas, konduktivitas listrik.
- Tidak mengenal dan tergantung pada kegiatan orang.
- Merupakan bahan aktif pada skala sel.
- Dalam kebanyakan kasus, merupakan efek sampingan dari efek termal: efek termal adalah salah satu efek utama dan itu dipengaruhi oleh sirkulasi darah.
- Bentuk ruang dan jaringan tubuh manusia adalah lingkungan yang kompleks dan harus diperhitungkan (Nicolas Laurent, 2003).

Di sisi lain, pihak terkait, ICNIRP (International Committee of Non Ionizing Radiation Protection) dan IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) telah menetapkan pedoman untuk membatasi paparan medan

elektromagnetik. Ada dua kategori yang ditetapkan oleh standar internasional, yaitu :

- Batasan dasar – yang berhubungan dengan pembatasan waktu paparan yang bervariasi terhadap pengaruh medan elektromagnetik terhadap kesehatan. Pada frekuensi GSM yang digunakan untuk mengukur batasan tersebut adalah SAR (*Specific Absorption Rate*).
- Tingkat referensi - digunakan untuk mengetahui dan memprediksi apakah tingkat radiasi yang ditimbulkan sesuai dengan batas yang ditetapkan. Dan dinyatakan dalam satuan listrik atau intensitas medan magnet (Ibrani-Pillan, 2008).

### 2.2 Standar Yang Mengatur Batasan Radiasi Frekuensi BTS

Di Indonesia belum ada peraturan yang mengatur tentang batasan besarnya radiasi, mengutip dari CSR-File, bahwa draf peraturan menteri nantinya akan memuat regulasi menara telekomunikasi mencakup, larangan interferensi, kewajiban koordinasi, beban maksimal menara serta batas aman antar antena masing-masing operator di menara. Pemerintah juga akan mengatur batas maksimum radiasi, jarak menara dari perumahan, luas minimal lahan, standar konstruksi dan hal-hal teknis maupun non teknis lainnya serta perizinan. Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi telah mengadakan pertemuan dengan Departemen Pekerjaan Umum, pemerintah daerah, operator dan vendor untuk persiapan draf. Pada pertemuan terakhir 23 Juni 2012 lalu, pemerintah memaparkan alternatif jarak aman menara (TEMPO, 2006)

Sedangkan di kota Tangerang Selatan pemerintah kota telah mengeluarkan Perwal no.17 tahun 2012 tentang Penataan, Pembangunan dan Penggunaan Menara Telekomunikasi Bersama di Kota Tangerang Selatan, namun tidak disinggung tentang batasan radiasinya.

Namun secara internasional, khususnya lembaga internasional sangat ketat dalam membatasi radiasi tersebut. Salah satunya adalah IEEE, C95.1-2005, *Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*. Standar ini mengatur tentang batasan radiasi yang dipancarkan oleh BTS untuk lingkungan khusus yang perlu pengawasan dan untuk area publik yang tanpa pengawasan.

Tabel 1 Batasan radiasi berdasarkan rentang frekuensi yang digunakan untuk kawasan umum tanpa pengawasan

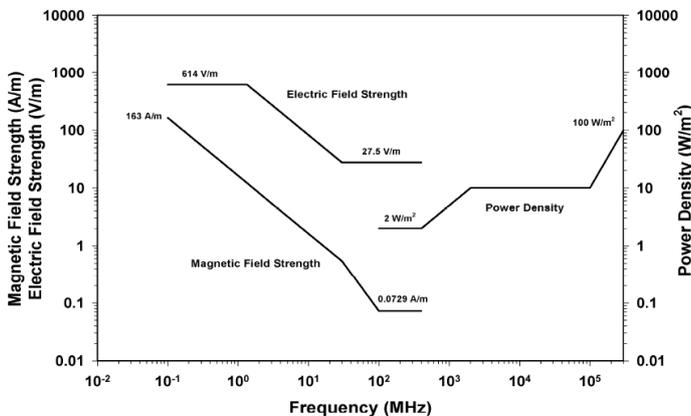
Frequency Range (MHz)	RMS electric field strength (E) <sup>a</sup> (V/m)	RMS magnetic field strength (H) <sup>a</sup> (A/m)	RMS power density (S) E-Field, H-field (W/m <sup>2</sup> )	Averaging time <sup>b</sup>  E  <sup>2</sup> ,  H  <sup>2</sup> or S (min)	
0.1—1.34	614	16.3/f <sub>M</sub>	(1000, 100 000/f <sub>M</sub> <sup>2</sup> ) <sup>c</sup>	6	6
1.34—3	823.8/f <sub>M</sub>	16.3/f <sub>M</sub>	(1800/f <sub>M</sub> <sup>2</sup> , 100 000/f <sub>M</sub> <sup>2</sup> )	f <sub>M</sub> <sup>2</sup> /0.3	6
3—30	823.8/f <sub>M</sub>	16.3/f <sub>M</sub>	(1800/f <sub>M</sub> <sup>2</sup> , 100 000/f <sub>M</sub> <sup>2</sup> )	30	6
30—100	27.5	158.3/f <sub>M</sub> <sup>1.668</sup>	(2,9 400 000/f <sub>M</sub> <sup>3.336</sup> )	30	0.0636f <sub>M</sub> <sup>1.337</sup>
100—400	27.5	0.0729	2	30	30
400—2000	-	-	f <sub>M</sub> /200	30	
2000—5000	-	-	10	30	
5000—30 000	-	-	10	150/f <sub>G</sub>	
30 000—100 000	-	-	10	25.24/f <sub>G</sub> <sup>0.476</sup>	
100 000—300 000	-	-	(90f <sub>G</sub> -7000)/200	5048/[(9f <sub>G</sub> -700)f <sub>G</sub> <sup>0.476</sup>	

NOTE—f<sub>M</sub> is the frequency in MHz, f<sub>G</sub> is the frequency in GHz.

Sumber : IEEE C95.1-2005

Batasan radiasi tersebut, diklasifikasikan berdasarkan frekuensi yang digunakan oleh pemancar antenna BTS dan batasan tersebut berdasarkan kekuatan medan listrik, medan magnet, kerapatan daya pancar, dan waktu paparan.

BTS memancarkan frekuensi sinyal telepon seluler, dengan frekuensi GSM 900 dan 1800MHz, sehingga pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa batasan untuk frekuensi tersebut, berada pada range 400-2000 MHz.



Sumber : IEEE C95.1-2005

Gambar 1 Grafik representasi batasan tingkat radiasi pada Tabel 1

### 2.3 Pengukuran Kerapatan Daya Pancar BTS

Pada sistem telekomunikasi antenna kolinier dipasang pada menara BTS secara vertikal untuk meningkatkan gain keseluruhan dan meningkatkan kemampuan antenna untuk memusatkan energi pada arah tertentu. (WNDW: Antena dan pola radiasi, 2009).

Secara matematis, besarnya kerapatan daya yang dipancarkan pada jarak tertentu oleh antenna kolinier dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$S = P_t \cdot G / 4 \pi R^2 \quad 1)$$

dengan :

146

S : Kerapatan daya pada jarak R (W/m<sup>2</sup> atau dBm/m<sup>2</sup>)

P<sub>t</sub> : Daya yang dipancarkan oleh antenna atau EIRP (W/ dBm)

G : Gain antenna

R : Jarak pengukuran dengan antenna BTS (m)

Sedangkan perhitungan jarak pengukuran dilakukan dengan persamaan *Harversine*. persamaan ini digunakan untuk mengubah koordinat titik pengukuran terhadap koordinat BTS, sehingga diperoleh besarnya jarak antara titik pengukuran dengan antenna BTS. Dalam

penelitian ini satuan Watt dikonversikan menjadi dBm dengan menggunakan persamaan 2. (AHSsystem Inc,-----)

$$\text{dBm} = 10\log(W) + 30 \quad 2)$$

Persamaan *Harversine* tersebut adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d &= R.c \\ c &= 2.\text{atan}2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \\ a &= \sin^2(\Delta\phi/2) + \cos(\phi_1).\cos(\phi_2).\sin^2(\Delta\lambda/2) \end{aligned}$$

dengan

- $\phi_1, \phi_2$  : latitude posisi 1 dan 2
  - $\lambda_1, \lambda_2$  : longitude posisi 1 dan 2
  - d : jarak BTS dengan titik pengukuran
  - R : Radius bumi = 6.371 km
- (Veness. Chris, 2002)

Koordinat titik pengukuran diperoleh dari deteksi menggunakan *GPS tracking, Garmin GPS 60*. Data pengukuran yang diperoleh kemudian dinormalisasi pada jarak 10 m dengan menggunakan persamaan 3, yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai dari hasil perhitungan dengan persamaan 1.

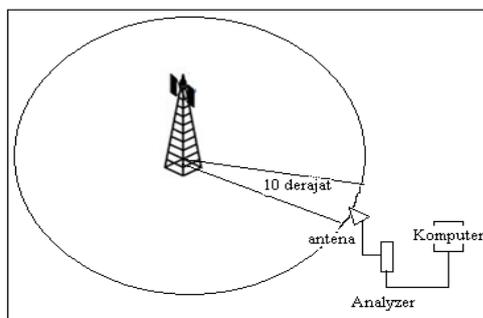
$$E_{10} = E_x + n. 20 \text{ Log} \left( \frac{D}{10} \right) \quad 3)$$

- dengan  $E_{10}$  = nilai pada jarak 10 m
- $E_x$  = nilai pada jarak  $D$  m
- $n$  = faktor yang diambil dari tabel 2 berikut

Tabel 2 Faktor koreksi jarak pengukuran

Frequency range (MHz)	N
0.15 - 0.4	1,8
0.4 - 1.6	1,65
1.6 – 110	1,2
110 – 1000	1

Sumber : BSEN 50121-2 : 2006



Gambar 2 Metode pengukuran

### 3. METODE PENELITIAN

Pengambilan data pengukuran dilakukan di 12 tempat di wilayah kota Tangerang Selatan, secara random dengan jenis menara telekomunikasi bersama dan dilakukan di kawasan pemukiman penduduk atas ijin dan kerjasama dengan Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Tangerang Selatan.

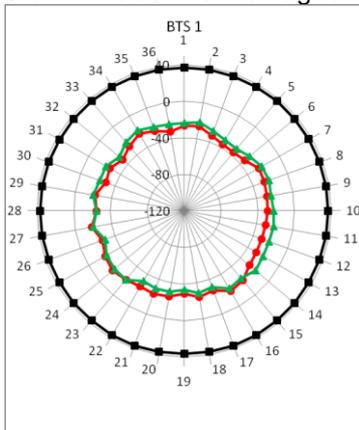
Metode pengambilan data pengukuran dilakukan dengan cara diambil sampel 36 titik mengitari menara, dengan perbedaan sudut 10 derajat, dari titik awal pengukuran Jarak pengambilan data disesuaikan dengan kondisi BTS di lapangan, hasil pengukuran akan dinormalisasi menggunakan persamaan (3).

Pengukuran radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh menara BTS ini dilakukan dengan menggunakan peralatan antenna, *Hyperlog*, yang kemudian diterima oleh *receiver, spectran Aaronia 4080* dan diolah dengan menggunakan *Spectrum PC analyzer Software, LCS for HF V.2.0.0.0 (free download* dari [www.spectran.com](http://www.spectran.com)) (Aaronia AG, 2005). Pengukuran dilakukan dengan posisi antenna secara vertikal dan horizontal. Dalam proses pengukuran pencatatan, sudut kemiringan antenna, suhu dan kelembaban juga dilakukan.

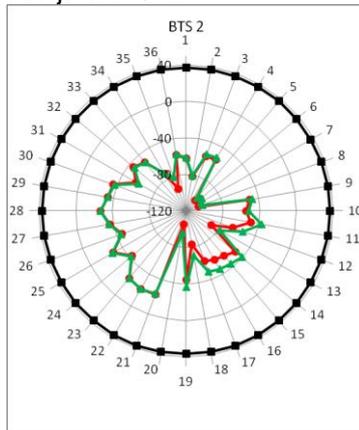
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran di lapangan dihitung dengan menggunakan persamaann 3 untuk memperoleh nilai normalisasi pada jarak 10 meter. Kemudian hasil normalisasi dianalisa dengan cara membandingkan dengan hasil perhitungan yang didapat dari persamaan 1, dari hasil perhitungan tersebut dianalisis berdasarkan ketentuan standar IEEE C95.1-2005. Hasil analisa dari perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan terhadap standar untuk radiasi sinyal BTS secara vertikal ditunjukkan dalam grafik berikut

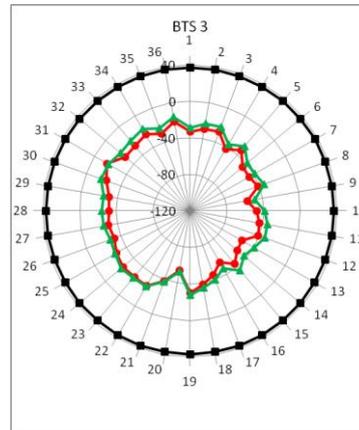
Grafik Radiasi Elektromagnetik pada jarak 10 m



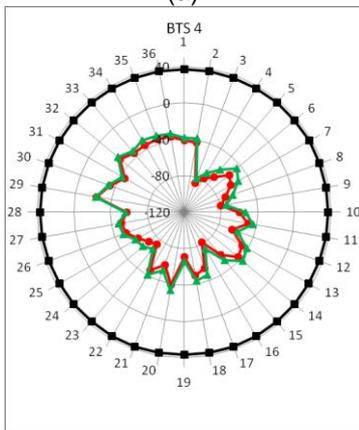
(a)



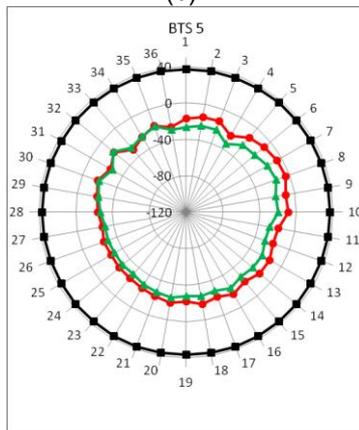
(b)



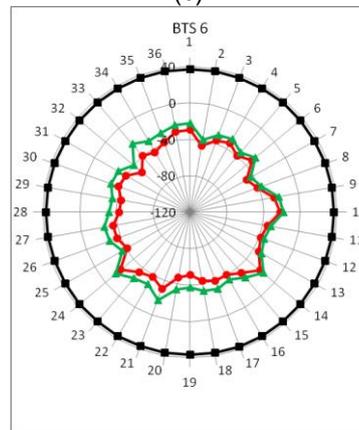
(c)



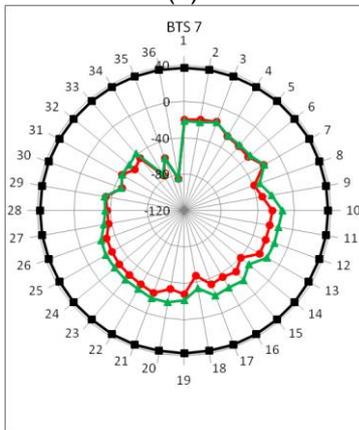
(d)



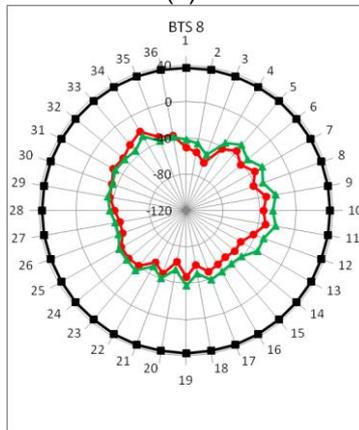
(e)



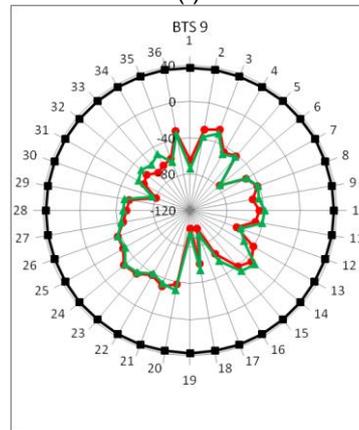
(f)



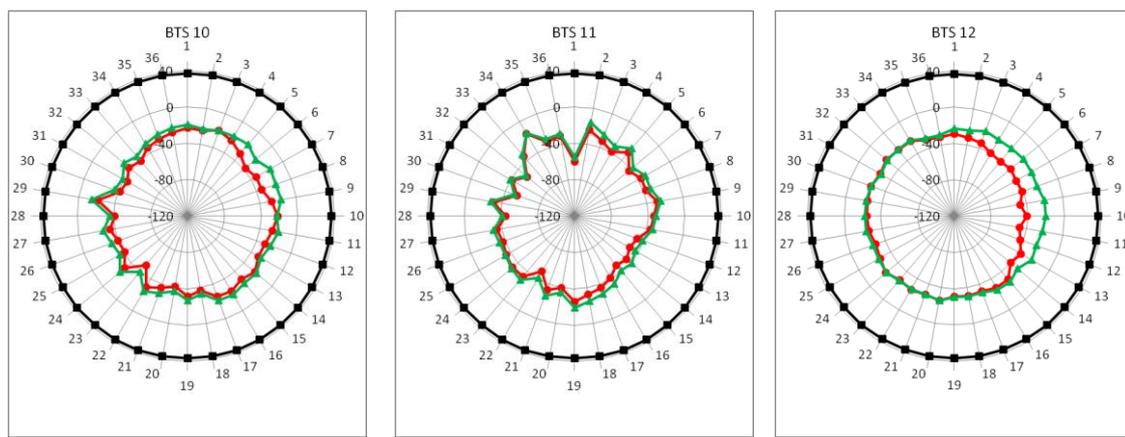
(g)



(h)



(i)



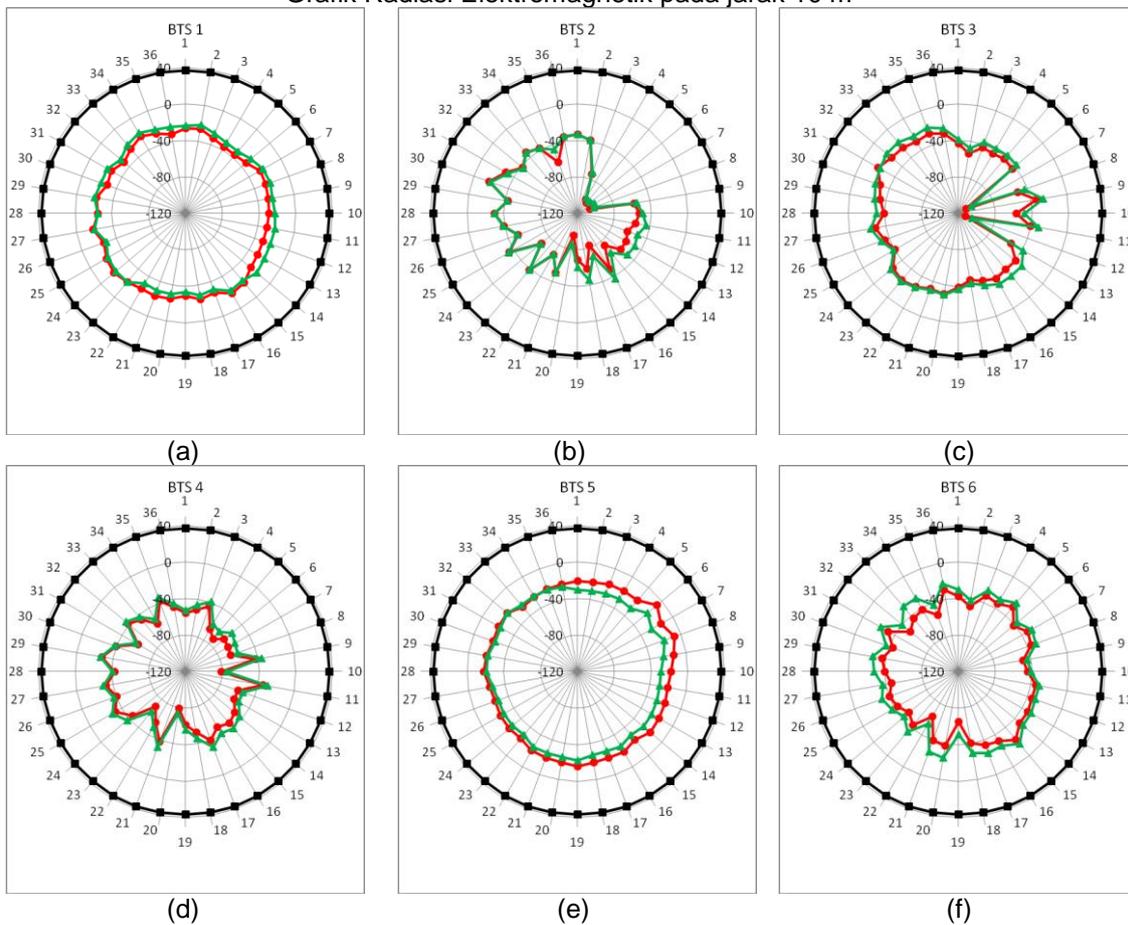
(j) Besarnya radiasi berdasarkan pengukuran (k) Besarnya radiasi berdasarkan perhitungan  
 —●— Batasan Standar IEEE

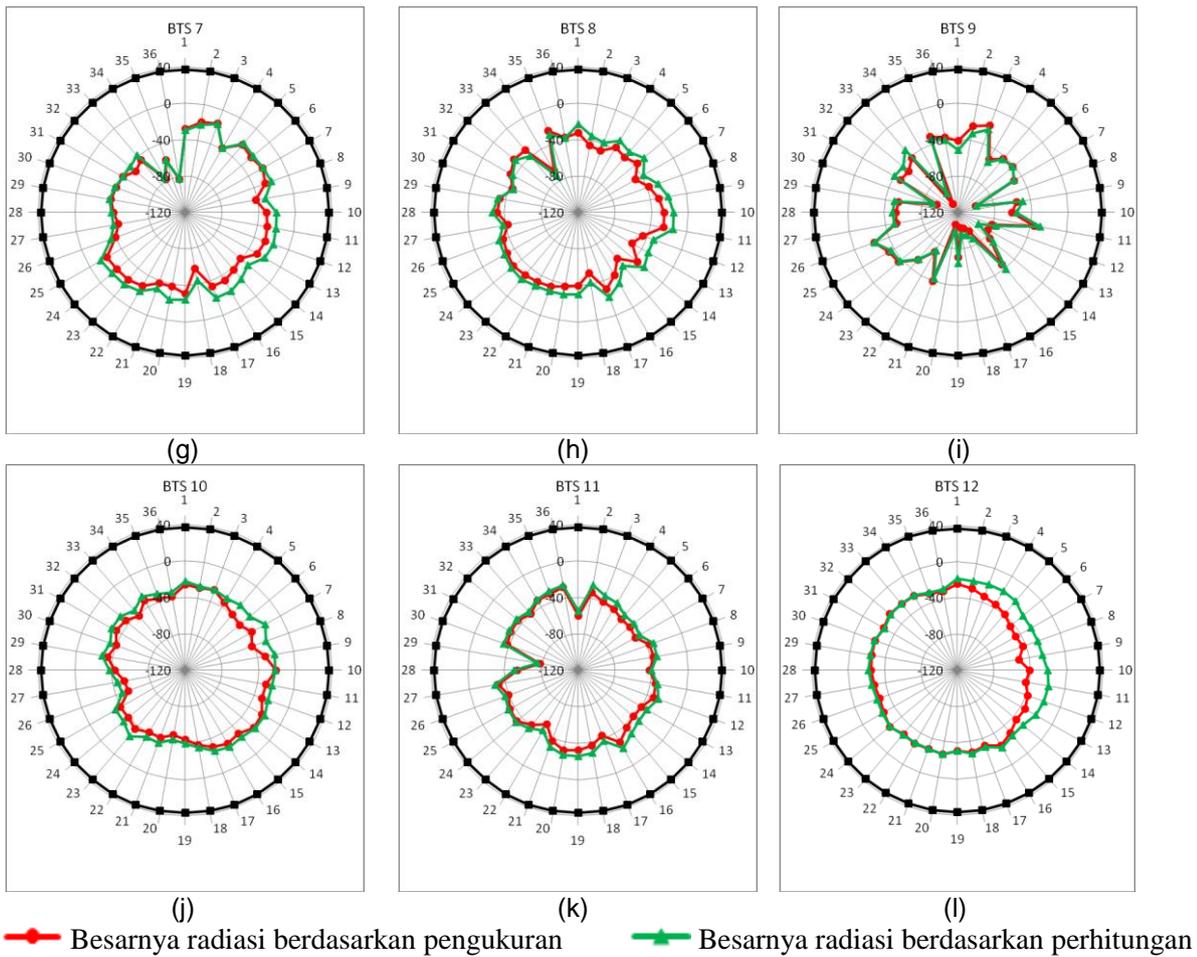
Gambar 3 Hasil pengukuran BTS dengan posisi antenna vertical ( $\text{dBm}/\text{m}^2$ )

Gambar tersebut menunjukkan bahwa radiasi yang dipancarkan oleh BTS 1 sampai dengan 12 berada dibawah batasan standar IEEE. Sedangkan hasil pengukuran radiasi BTS pada

posisi horizontal ditunjukkan pada gambar 4 (a) sampai dengan (f), sebagai berikut.

Grafik Radiasi Elektromagnetik pada jarak 10 m





Gambar 4 Hasil pengukuran BTS dengan posisi antenna Horisontal (dBm/m<sup>2</sup>)

Gambar 4 (a) sampai dengan (l) menunjukkan hasil analisa dari perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan terhadap standar untuk radiasi sinyal BTS secara horisontal, besarnya radiasi yang dipancarkan oleh BTS berada dibawah nilai batasan standar.

Dari perhitungan data hasil pengukuran, dengan menggunakan persamaan 1, maka besar radiasi elektromagnetik yang dipancarkan pada oleh BTS masih dibawah batas yang disyaratkan oleh standar IEEE C95.1 - 2005, yaitu sebesar  $f/200 \text{ W/m}^2$  atau  $36 \text{ dBm/m}^2$ , yang diperoleh dari hasil konversi dengan menggunakan persamaan 2.

Jika gambar 3 dan 4 dibandingkan, maka besar radiasi EM terukur oleh BTS pada jarak 10m dan hasil perhitungan, menunjukkan bahwa rata-rata besarnya EM terukur lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan. Dimana pada jarak tersebut, merupakan jarak terdekat dari menara BTS, terkait jarak titik menara dengan garis batas lahan atau batas bangunan tetangga adalah minimal 1/8 tinggi menara (Mendagri, 2009). Pada BTS 1 dan 5 mempunyai

sedikit perbedaan, dimana besarnya radiasi terukur lebih besar dari pada hasil perhitungan, hal ini bisa dipengaruhi oleh besarnya daya yang dipancarkan oleh antenna.

Hasil pengukuran tersebut, kemudian dapat ditentukan nilai tertinggi dan terendah dari radiasi medan elektromagnetik yang dipancarkan oleh BTS, dan ditunjukkan pada Tabel 2. Dari 12 BTS, nilai radiasi EM tertinggi yang diterima oleh antenna untuk posisi vertikal berada pada frekuensi 947 MHz sebesar  $-4.419 \text{ dBm/m}^2$  sedangkan untuk posisi antenna horisontal, sebesar  $-7.031 \text{ dBm/m}^2$  pada frekuensi 947 MHz. Pada beberapa gambar terdapat nilai hasil pengukuran yang sangat kecil, hal tersebut bisa saja terjadi karena pada saat pengukuran dilakukan tidak ada data yang terekam pada posisi tersebut.

Dari hasil penelitian ini, besarnya radiasi elektromagnetik yang diperoleh diharapkan dapat dijadikan pertimbangan bagi pemegang kebijakan dalam penyusunan standar nasional, khususnya yang mengatur tentang batas radiasi dan jarak aman menara BTS terhadap pemukiman warga.

Tabel 2 Radiasi EM BTS tertinggi yang diterima oleh antena

BTS	Vertikal		Horisontal	
	Freq (MHz)	Level (dBm/m <sup>2</sup> )	Freq (MHz)	level (dBm/m <sup>2</sup> )
1	947	-17.883	945	-17.956
2	946	-20.795	946	-18.160
3	959	-15.983	953	-19.515
4	947	-23.124	947	-27.426
5	947	-4.419	947	-7.031
6	942	-20.486	942	-22.350
7	959	-16.090	959	-16.023
8	947	-19.605	946	-24.830
9	948	-25.185	958	-17.966
10	947	-20.221	947	-21.084
11	945	-15.951	945	-27.265
12	948	-22.774	948	-22.774

## 5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai atau besarnya radiasi elektromagnetik yang diterima pada radius 10m dari beberapa menara BTS di Tangerang Selatan masih sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan oleh standar IEEE C.91.2005. Dilihat dari hasil pengukuran dan perhitungan untuk posisi vertikal radiasi elektromagnetik paling besar berada pada frekuensi 947 MHz sebesar -4.419dBm/m<sup>2</sup>, sedangkan untuk posisi antena horizontal, sebesar -7.031 dBm/m<sup>2</sup> pada frekuensi 947 MHz.

Mengingat sampai dengan saat ini belum ada SNI yang mengatur tentang paparan radiasi elektromagnetik yang diijinkan bagi manusia, maka untuk mencegah gangguan kesehatan masyarakat akibat radiasi ini, perlu dibuat SNI tentang hal tersebut dengan mengacu pada standar IEEE C95.1.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada Program PKPP Kementerian Ristek yang telah mendanai penelitian ini, Kepala Puslit P2SMTP-LIPI, dan Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Tangerang Selatan, yang telah memfasilitasi dan bekerjasama dalam penelitian ini. Serta tak lupa pula disampaikan untuk teman-teman Lab EMC P2SMTP LIPI yang telah membantu dalam proses pengukuran dilapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aaronia AG, (2005), Spectran : Die ersten LowCost HandHeld Spectrumanalysstoren der Welt. Firmware VI.0.D-54597, Strickscheid, Denmark.
- AHSystem Inc, (-----), Typical Conversion Formulas. 9710 Cozycroft AV, Chatsworth, CA 91311
- Bagian Pengelola Teknologi Informasi Pemerintah Kota Tangerang Selatan. (2012), Web Portal Resmi Pemerintah Kota Tangerang Selatan, <http://tangerangselatankota.go.id/main/pag e/template>
- BSEN, (2006), EN 50121-2 Railway Applications-Electromagnetic Compatibility, Part 2: Emission of The Whole Railways System to The Outside World, European Committee for Electrotechnical Standardization.
- GNU Free, (2009), Speedy Wiki, *WNDW: Antena dan pola radiasi*, [http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/WNDW:\\_Antena\\_dan\\_pola\\_radiasi](http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/WNDW:_Antena_dan_pola_radiasi), diakses pada tanggal 23 September 2012
- Ibrani-Pillan, (2008), *Mimoza Human exposure assessment in the vicinity of 900 MHz GSM base station antena*, *Wseas Transactions On Communications*, Issue 4, Volume 7, April 2008 Issn: 1109-2742, 229-234