

**PENERAPAN ISO 9001 SEBAGAI DASAR PELAYANAN PUBLIK DI UNIT  
PELAYANAN PEMERINTAH DAERAH DAN KOTA**  
*Application of ISO 9001 Public Service as a Basic Unit in the Local and City  
Government Services*

**Mangasa Ritonga dan Danar Agus Susanto**

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: mangasa@bsn.go.id

Diterima: 11 Desember 2012, Direvisi: 25 Februari 2012, Disetujui: 1 Maret 2013

**Abstrak**

Mutu dan keandalan suatu jasa pelayanan akan diakui oleh semua pihak yang berkepentingan apabila jasa tersebut sesuai dengan yang standar yang diinginkan oleh konsumen. Standar sistem manajemen mutu mempunyai peran yang sangat penting dalam kegiatan pelayanan publik. Dalam upaya menetapkan kualitas di suatu institusi pemerintah perlu dilakukan langkah-langkah nyata dalam penerapan standar sistem manajemen mutu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sampai sejauh mana penyebaran dan penerapan sistem manajemen mutu ISO 9001 : 2008 untuk mendukung aktivitas pelayanan publik di berbagai institusi jasa, serta untuk mengetahui kesadaran dari para institusi khususnya yang berkaitan dengan kepuasan pelanggan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan analisis deskriptif kualitatif dengan metode pengumpulan data berupa kuesioner dengan survey ke unit pelayanan pemerintah daerah, kota dan swasta. Hasil dari penelitian ini adalah 35% unit pelayanan pemerintah daerah, kota dan swasta menerapkan SNI ISO 9001:2008 sebagai landasan pelayanan prima, 11% telah menerapkan SNI ISO 9001:2008, namun belum disertifikasi, 53% institusi yang disurvei menerapkan sistem manajemen lain dalam melayani masyarakat dan umumnya institusi mengalami kendala dalam penerapan SNI ISO 9001:2008 dikarenakan pendanaan.

**Kata kunci** : ISO 9001, Mutu, Pelayanan.

**Abstract**

*Quality and reliability of service is recognized by all stakeholders, if the services are in accordance with the standards demand by consumers. Quality management system standards have an important role in public service activities. In an effort to establish of quality in government need to be real steps in the implementation of quality management system standards. The purpose of this study was to determine the extent of the dissemination and implementation of the quality management system ISO 9001: 2008 to support the activities of public service at various service institutions, as well as to determine the awareness of the institution especially with regard to customer satisfaction. The method in this study is descriptive analysis of qualitative data collection methods such as questionnaires by survey the service unit of local government, municipal and private. Results from this study was 35% in the local government units, municipalities and private implementing ISO 9001:2008 as a foundation excellent service, 11% have implemented ISO 9001:2008, but not certified, 53% of institutions surveyed use other management system to save the public and in general difficulties of institution in the application of ISO 9001:2008 due to funding.*

**Key words** : ISO 9001, Quality, Services.

**1. PENDAHULUAN**

**1.1 Latar Belakang**

Era global dan pengembangan iptek yang sangat cepat saat ini menjadikan intensitas tantangan pembangunan pelayanan publik cenderung

semakin meningkat dan kompleks. Selain itu, dampak pelaksanaan otonomi daerah merupakan tantangan tersendiri dalam pelaksanaan pelayanan publik. Di tengah berbagai tantangan itu, setiap unit pelayanan publik harus dapat meningkatkan kinerjanya

dalam pemerataan dan perluasan akses, peningkatan mutu, relevansi dan daya saing, serta penatakelolaan yang baik, akuntabilitas dan pencitraan publik.

Setiap unit pelayanan publik menyadari bahwa perubahan dan penyesuaian yang dilakukan harus tetap berfokus untuk tercapainya suatu sistem pelayanan publik yang berfokus pada kepuasan pelanggan. Tuntutan perbaikan pelayanan publik menjadi tantangan pemerintah saat ini, hal itulah yang mendorong setiap unit atau instansi pelayanan publik untuk memahami arti pentingnya kualitas pelayanan serta pentingnya mutu pelayanan. Upaya untuk membangun sistem pelayanan publik yang baik dan bermutu, diperlukan suatu strategi yang komprehensif guna meningkatkan kemampuan dan mutu sistem tersebut.

Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan dan mutu sistem pelayanan publik adalah dengan mengadopsi prinsip-prinsip Sistem Manajemen Mutu (SMM) ISO 9001 : 2008 pada seluruh unit pelayanan dan supporting yang berhubungan langsung dengan masyarakat. Sistem Manajemen Mutu di definisikan oleh Juran (1993) didefinisikan sebagai sebagai filosofi yang bertujuan untuk mencapai "*business excellence*" melalui penggunaan aplikasi dari *tool* dan teknik sebaik penggunaan "*soft aspect*" dalam manajemen seperti motivasi dalam bekerja. Ide utamanya adalah mutu yang terdiri dari 3 proses manajerial yaitu *planning*, *control* dan *improvement*.

Penerapan Sistem Manajemen Mutu saat ini masih didominasi oleh perusahaan-perusahaan besar dan masih sangat sedikit unit pelayanan publik yang paham bahkan menerapkan SMM. Hal ini disebabkan karena sebagian besar unit pelayanan publik belum mengetahui keuntungan atau manfaat bila menerapkan SMM pada institusinya. Sehingga masalah yang muncul adalah bagaimana tingkat pengetahuan dan penerapan SMM oleh unit pelayanan publik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sampai sejauh mana penyebarluasan dan penerapan sistem manajemen mutu ISO 9001 : 2008 untuk mendukung aktivitas pelayanan publik di berbagai institusi jasa, serta kesadaran dari para institusi khususnya yang berkaitan dengan kepuasan pelanggan.

## 1.2 Tujuan

Penelitian ini dilakukan untuk melihat sampai sejauh mana penyebarluasan dan penerapan sistem manajemen mutu ISO 9001 : 2008 untuk mendukung aktivitas pelayanan publik di

berbagai institusi jasa, serta kesadaran dari para institusi khususnya yang berkaitan dengan kepuasan pelanggan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Sejarah Terbentuknya ISO 9000

Ketika terjadinya Perang Dunia II, terdapat banyak sekali persoalan mutu dalam industri terutama terkait dengan kebutuhan militer. Solusi yang dilakukan adalah dengan mensyaratkan industri dengan suatu sistem mutu yang awalnya disebut dengan *Military Standards*. Demikian juga dengan industri senjata Inggris, sehingga Inggris mensyaratkan agar semua pabrik senjata menerapkan sistem mutu tersebut. Badan Standardisasi Inggris (*British Standards*) menjadikan standar tersebut dengan kode BS 5750 dan diakui sebagai standar manajemen, sebab standar tersebut tidak menyatakan apa yang dibuat, tapi bagaimana mengelola proses pembuatannya. Pada tahun 1987, pemerintah Inggris meyakinkan ISO untuk mengadopsi BS 5750 sebagai standar internasional dan kemudian BS 5750 menjadi ISO 9000 series. Setelah mengalami berbagai penyempurnaan, terbitlah ISO 9001 : 2008 pada bulan November 2008.

### 2.2. ISO 9001 : 2008 Sistem Manajemen Mutu

Crosby (1986) mendefinisikan SMM sebagai cara yang sistematis dalam memastikan bahwa aktifitas organisasi berjalan sesuai rencana. Ini merupakan *concern* disiplin manajemen dalam mencegah problem melalui penciptaan perilaku proses dan sistem yang memungkinkan pencegahan. Filosofi SMM menurutnya ada 5, sebagai berikut:

1. Mutu didefinisikan sebagai kesesuaian dengan kebutuhan pelanggan bukan sebagai goodness atau elegance dari suatu produk.
2. Tidak ditemui masalah pada mutu.
3. Selalu lebih murah.
4. Ukuran performa utama adalah biaya mutu.
5. Standar performa utama adalah zero defects.

Feigenbaum (1988) menggambarkan SMM sebagai karakteristik mutu yaitu proses yang sistematis dan terintegrasi yang mencakup aspek yang lebih besar bukan hanya tanggung jawab fungsi atau departemen teknik. Filosofi SMM menurutnya, sebagai berikut:

1. Mutu adalah tanggung jawab setiap orang dalam perusahaan bukan tanggung jawab seseorang, sehingga mutu adalah terstruktur untuk mensupport kualitas.

2. kerja individual dan *teamwork* antar departemen.
3. Perbaikan mutu harus meliputi pasar, teknik, dengan penekanan pada
4. Pengembangan, manufaktur, dan terutama pada pelayanan.
5. Mutu harus memenuhi apa yang pembeli inginkan dan butuhkan.
6. Perbaikan mutu memerlukan aplikasi dari teknologi baru.
7. Perbaikan mutu dapat dicapai hanya melalui partisipasi semua orang.

### 2.3. Standar Pelayanan Publik

Perkembangan yang terjadi di area pelayanan telah berkembang sangat pesat seiring dengan kemajuan teknologi dan infrastruktur yang ada. Indonesia sebagai negara besar dan sedang berkembang pesat memerlukan suatu cara yang dapat memberikan pelayanan yang tidak terlalu birokrasi, transparan, efisien dan efektif. Untuk itu pemerintah telah menerbitkan Undang-Undang No 25 Tahun 2009 Tentang Pelayanan Publik yang telah diterbitkan bulan Juli 2009. Pada Undang-undang tersebut dapat dimaknai bahwa kepuasan pelanggan merupakan tujuan dari suatu rangkaian proses suatu aktivitas.

### 2.4. Mutu Pelayanan Publik

Mutu dapat dimaknai sebagai sesuatu yang sesuai dengan apa yang diinginkan pelanggan. Demikian juga dengan mutu pelayanan publik oleh institusi swasta atau penyelenggara negara. Pada dasarnya standar pelayanan yang sesuai dengan aturan main yang berlaku merupakan tolak ukur dari mutu pelayanan itu sendiri, walaupun akan ditemui beberapa unsur yang mempengaruhi mutu itu sendiri, seperti kebiasaan di daerah atau adat istiadat yang berlaku di daerah tertentu. Namun demikian, pengaruh-pengaruh tersebut akan diabaikan agar konsistensi aplikasi ISO 9001 dan pendataan dan analisis dapat dilakukan dengan lebih baik.

Pada tulisan ini unsur mutu mencakup : 1) persyaratan yang menampung hal umum terkait keinginan pelanggan (waktu, biaya, persyaratan dan lainnya; disesuaikan dengan PerMen.PAN Nomor 20 Tahun 2006) ; 2) persyaratan yang menampung hal yang diatur dalam peraturan perundang-undangan sektoral pelayanan, Standar Pelayanan Minimum Sektoral (PP Nomor 65 Tahun 2005, Pedoman SPM) ; 3) persyaratan formal berupa janji mutu untuk keberhasilan pelayanannya yang diimplementasikan sesuai dengan sistem manajemen mutu (Kepmenpan Nomor 26 Tahun

2004 tentang Transparansi dan Akuntabilitas Penyelenggaraan Pelayanan Publik); 4) Persyaratan pemantauan Indeks Kepuasan Pelanggan secara berkala (Kepmenpan Nomor 25 Tahun 2004).

## 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian mencakup metode pengumpulan dan analisis data dengan metode sebagai berikut :

- a. Metode pengumpulan data melalui kuesioner yang dilakukan dengan kunjungan ke institusi pemerintah serta melakukan tanya jawab atau wawancara langsung.
- b. Untuk mendapatkan data dari keseluruhan obyek merupakan hal yang sulit dilakukan serta memerlukan biaya yang relatif tinggi, oleh karena itu data diambil secara sampling melalui kunjungan yang dilakukan terhadap institusi berbagai wilayah Indonesia. Metode sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode *simple random sampling*. Alasan menggunakan metode ini karena populasi bersifat homogen. Pengambilan sampel dengan cara ini dilakukan ke semua anggota populasi secara acak tanpa memperhatikan strata/tingkatan yang ada dalam populasi itu.
- c. Unsur-unsur dalam kuesioner untuk mengetahui kinerja unit pelayanan meliputi :
  1. Prosedur pelayanan  
Kemudahan tahapan pelayanan yang diberikan kepada masyarakat dilihat dari sisi kesederhanaan alur pelayanan.
  2. Persyaratan pelayanan  
Persyaratan teknis dan administratif yang diperlukan untuk mendapatkan pelayanan sesuai dengan jenis pelayanannya.
  3. Kejelasan pelayanan  
Keberadaan dan kepastian petugas yang memberikan pelayanan (nama, jabatan serta kewenangan dan tanggung jawabnya).
  4. Kedisiplinan petugas pelayanan  
Kesungguhan petugas dalam memberikan pelayanan terutama terhadap konsistensi waktu kerja sesuai ketentuan yang berlaku.
  5. Tanggung jawab petugas pelayanan:  
Kejelasan wewenang dan tanggung jawab petugas dalam penyelenggaraan dan penyelesaian pelayanan.

6. Kemampuan petugas pelayanan

Tingkat keahlian dan ketrampilan yang dimiliki petugas dalam memberikan/ menyelesaikan pelayanan kepada masyarakat.

7. Kecepatan Pelayanan

Target waktu pelayanan dapat diselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan oleh unit penyelenggara pelayanan.

8. Keadilan mendapatkan pelayanan

Pelaksanaan pelayanan dengan tidak membedakan golongan/status masyarakat yang dilayani.

9. Kesopanan dan keramahan pelayanan

Sikap & perilaku petugas dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat, sopan dan ramah serta saling menghargai dan menghormati.

10. Kewajaran biaya pelayanan

Keterjangkauan masyarakat terhadap besarnya biaya yang ditetapkan oleh unit pelayanan.

11. Kepastian biaya pelayanan

Kesesuaian biaya yang dibayarkan dgn biaya yang ditetapkan.

12. Kepastian Jadwal pelayanan

Pelaksanaan waktu pelayanan, sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.

13. Kenyamanan lingkungan

Kondisi sarana dan prasarana pelayanan yang bersih, rapi, dan teratur sehingga dapat memberikan rasa nyaman kepada penerima pelayanan.

14. Keamanan pelayanan

Terjaminnya tingkat keamanan lingkungan unit penyelenggara pelayanan ataupun sarana yang digunakan, sehingga masyarakat merasa tenang untuk mendapatkan pelayanan terhadap resiko-resiko yang diakibatkan dari pelaksanaan pelayanan.

*Catatan : Contoh kuesioner terlampir*

- d. Penganalisisan dilakukan menggunakan teori Freeman, tabulasi data dan dengan teknik penilaian perbandingan hasil perhitungan melalui rumus Bobot nilai rata-rata tertimbang dan Indeks Kepuasan Pelanggan (IKP) yang diperoleh dan selanjutnya dievaluasi. Rumus untuk mengetahui bobot nilai rata-rata tertimbang sebagai berikut:

$$\text{Bobot nilai} = \frac{\text{Jumlah bobot}}{\text{Jumlah unsur}} + \frac{1}{14} = 0,071$$

$$\text{IKM} = \frac{\text{Total nilai persepsi per unsur}}{\text{Total unsur yang terisi}} \times \text{Nilai penimbang}$$

Interpretasi nilai IKM yaitu antara 25 - 100 maka hasil penilaian dikonversikan dengan nilai dasar 25, dengan rumus :

IKP Unit Pelayanan X 25, atau dengan cara :

$$\text{IKP Unit Pelayanan} = \frac{\text{Nilai IKM}}{4} \times 100$$

Tabel 1 Nilai konversi kinerja unit pelayanan

Nilai Persepsi	Nilai Interval IKMP	Nilai Interval Konversi LKP	Kinerja Unit Pelayanan
1	1,00 – 1,75	25 – 43,75	Sangat Tidak baik
2	1,76 – 2,50	43,76 – 62,50	Kurang baik
3	2,51 – 3,25	62,51 – 81,25	Baik
4	3,26 – 4,00	81,26 – 100,00	Sangat baik

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari 207 institusi yang tersebar diberbagai wilayah Indonesia, sebagai berikut:

- Data yang dikumpulkan ditabulasikan dan penilaian dilakukan secara independent dari 3 penilai. Masing-masing penilai mempunyai form kuesioner yang sama. Masing-masing penilai telah dibekali pengetahuan auditor pelayanan prima oleh Kemenpan dan birokrasi.
- Dari hasil tabulasi data keseluruhan institusi dan badan usaha milik pemerintah tersebut, dikelompokkan sesuai daerahnya.

##### 4.2. Analisis Data

Dari hasil perhitungan dengan metode *Freeman*, maka diperoleh rekapitulasi seperti pada daftar rekap instansi yang disurvei (Unit Pelayanan Publik). Institusi yang telah mendapatkan sertifikasi sebanyak 112 institusi, yang menerapkan (tanpa sertifikasi) ada 72 institusi dan 23 institusi menerapkan metode sistem manajemen lainnya.

Tabel 2 Daftar rekap instansi yang disurvei (unit pelayanan publik)

No	Instansi yang Mengusulkan	UPP yang diusulkan	Nilai
1.	Kementerian Pendidikan Nasional RI	1. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.	95,6
		2. Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidikan dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK) Bidang Matematika Yogyakarta.	89,4
		3. Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidikan dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK) Bidang IPA Bandung.	90,2
2.	PT. PLN (PERSERO)	1. Ranting Watang Sawito, Cabang Pinrang, Wilayah Sulselrabar.	86,52
		2. UPJ Bandung Selatan, APJ Bandung, Distribusi Jawa Barat & Banten.	88,34
		3. Rayon Rivai, Cabang Palembang, Wilayah Sumatera Selatan Jambi dan Bengkulu & AP Kuta, Distribusi Bali.	85,54
		4. UPJ Yogyakarta Selatan, APJ Yogyakarta, Distribusi Jawa Tengah & DIY.	90,46
3.	ARSIP NASIONAL RI	1. SUB Direktorat Layanan Arsip, Jakarta.	88,62
4.	PT.TASPEN (PERSERO)	1. PT. Taspen (Persero) KC Jambi.	86,34
		2. PT. Taspen (Persero) KC Yogyakarta.	89,46
5.	Kementerian Perhubungan RI	1. Terminal Penumpang Pelabuhan Sri Bintang Pura, PT. Pelabuhan Indonesia I (Persero) cabang Tanjung Pinang, Kepulauan Riau.	87,66
		2. Terminal Penumpang Pelabuhan Tanjung Balai Karimun, PT. Pelabuhan Indonesia I (Persero) cabang Tanjung Balai Karimun, Kepulauan Riau.	88,64
		3. Terminal Penumpang Pelabuhan Makassar, PT Pelabuhan Indonesia IV (Persero) cabang Makassar, Sulawesi Selatan.	85,62
6.	Kementerian Keuangan RI	1. Kantor Pengawasan dan Pelayanan Bea dan Cukai Tipe Madya Cukai, Kediri.	93,62
		2. Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara Gorontalo.	8,14
7.	Badan Nasional Penempatan dan Perlindungan Tenaga Kerja Indonesia	1. Unit Pelayanan Publik Satuan Pelayanan Kepulangan Tenaga Kerja Indonesia (SPK-TKI) Selapajang Bandara Soekarno-Hatta, Banten.	93,26
		2. Unit Pelayanan Publik BP3TKI Mataram, NTB.	85,54
8.	Kementerian Luar Negeri RI	1. Direktorat Fasilitas Diplomatik, Direktorat Jenderal Protokol dan Konsuler, Jakarta.	89,39
		2. Konsulat Jenderal Republik Indonesia di Hong Kong.	92,50
9.	BPS	1. BPS Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta.	87,88
		2. BPS Kota Jayapura.	85,23
10.	Kementerian Pertanian RI	1. Balai Besar Pengembangan Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Cimanggis, Depok.	89,90
		2. Balai Pelatihan Pertanian Jambi, Badan Pengembangan SDM Pertanian.	88,36
		3. Balai Penelitian Tanah Bogor, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.	85,48

11.	Kementerian Perindustrian RI	1. Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil Bandung. 2. Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang.	91,28 83,71
12.	Bareskrim, Kepolisian Negara RI	1. Unit Pelayanan Perlindungan Perempuan dan Anak, Bareskrim Polri, Jakarta. 2. Unit Pelayanan Direktorat Reserse Kriminal Polda Jawa Timur. 3. Unit Pelayanan Pulik Direktorat Reserse Kriminal Sumatera Selatan.	93,24 88,62 86,56
13.	Kementerian Kelautan dan Perikanan RI	1. Balai Karantina Kelas I Juanda, Jawa Timur. 2. Balai Budidaya Air Payau Sei Gelam, Jambi.	86,68 87,46
14.	Kementerian Kesehatan RI	1. Balai Besar Laboratorium Kesehatan, Surabaya. 2. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional, Tawangmangu, Solo. 3. Rumah Sakit Kanker Dharmais, Jakarta.	95,54 93,22 92,97
15.	PT. Askes (Persero)	1. PT. Askes (Persero) Cabang Utama Surabaya. 2. PT. Askes (Persero) Cabang Utama Semarang.	100 100
16.	Badan POM	1. Direktorat Penilaian Keamanan Pangan, Jakarta.	
17.	Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal)	1. Unit Pelayanan Bakosurtanal, Jakarta.	89,39
18.	Badan Pertanahan Nasional RI	1. Kantor Pertanahan Kota Jakarta Barat (Prov. DKI Jakarta). 2. Kantor Pertanahan Kabupaten Magelang (Prov. Jawa Tengah). 3. Kantor Pertanahan Kabupaten Muna (Prov. Sulawesi Tenggara).	94,79 93,88 87,03
19.	Kementerian Agama RI	1. KUA Kecamatan Kalideres, Kota Jakarta Barat, Prov. DKI Jakarta. 2. KUA Kecamatan. Kasihan, Kab. Bantul Prov. Daerah Istimewa Yogyakarta.	93,28 94,27
20.	Kementerian Sosial RI	1. Balai Besar Rehabilitasi Sosial Bina Grahita (BBRSBG) "Kartini", Temanggung. 2. Panti Sosial Tresna Werdha (PSTW) "Gau Mabaji" Makassar.	94,76 85,22
21.	Kementerian Pekerjaan Umum RI	1. Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional, Pusat Litbang Permukiman di Denpasar. 2. Balai Diklat PU Wilayah II, PusDik Bandung. 3. Balai Pelatihan Jasa Konstruksi, Pusat Pembinaan Kompetensi dan pelatihan Konstruksi di Jakarta.	86,52 88,87 86,68
22.	Kementerian Komunikasi dan Informatika RI	1. UPT Balai Besar Pengujian Perangkat Telekomunikasi di Jakarta.	
23.	Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi	1. Balai Besar Pengembangan Latihan Kerja Dalam Negeri di Bandung. 2. Balai Latihan Kerja Industri di Semarang.	92,55 88,59

24.	Kementerian BUMN	1. Pelayanan PPSA Pelabuhan Cabang Banjarmasin, Kalimantan Selatan.	92,52
		2. Pelayanan Terminal Penumpang Pelabuhan Tenau Kupang, NTT.	91,02
25.	Kementerian ESDM	1. Unit Pelayanan Migas Terpadu, Ditjen Minyak dan Gas Bumi, Jakarta.	94,69
26.	PT Pertamina (Persero)	1. Instalasi Surabaya Group, Surabaya.	93,18
		2. SPBU 34.41.340, Jl. Tol Cikampek Km 57, Cikampek.	84,13
27.	PT PGN (Persero)	1. PT PGN (Persero) Area Penjualan dan Layanan Batam.	93,18
		2. PT PGN (Persero) Area Penjualan dan Layanan Palembang.	87,87
28.	Ditlantas, Kepolisian Negara RI	1. Satpas, Kota Cimahi.	85,56
		2. Samsat Bandung Tengah.	89,64
		3. Pelayanan BPKB Banjarmasin.	85,75
		4. Samsat Jakarta Barat.	90,55
		5. Pelayanan BPKB Medan.	91,65
29.	Kejaksaan Agung	1. Kejaksaan Negeri Jakarta Selatan.	89,65
		2. Kejaksaan Negeri Surabaya.	90,23
		3. Kejaksaan Negeri Balikpapan.	87,56
30.	Kalimantan Timur	1. Badan Perpustakaan Prov. Kaltim.	94,70
		2. Puskesmas Loa Ipuh Kab. Kutai Kertanegara.	92,42
		3. Puskesmas Terapung Kab. Kutai Barat.	92,05
		4. Dinas Kependudukan & Catatan Sipil Kota Balikpapan.	92,05
		5. Kantor Pelayanan Perizinan Terpadu (KP2T) Kota Tarakan.	
31.	Kalimantan Selatan	1. Badan Pelayanan Satu Pintu Kabupaten Banjar.	86,56
		2. Pusat Kesehatan Masyarakat Cempaka Kota Banjarmasin.	90,87
		3. KP2T Kabupaten Hulu Sungai Tengah.	92,55
		4. Kantor Perpustakaan Umum Kab. Kotabaru.	87,65
32.	Kalimantan Barat	1. PT. Bank Kalbar Cabang Ngabang.	95,33
		2. Puskesmas Sungai Duri, Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Bengkayang.	97,24
		3. Puskesmas Tempunak, Kecamatan Tempunak, Kabupaten Sintang.	95,35
		4. UPPD Pontianak Wilayah I Dispenda Provinsi Kalimantan Barat.	95,56
		5. RSUD Dr. Ahmad Dipenogoro, Kabupaten Kapuas Hulu.	95,35
33.	Kalimantan Tengah	1. RSUD Dr. H. Soemarno Sosroatmodjo Kabupaten Kapuas di Kuala Kapuas.	94,69
		2. RSUD Sultan Imanuddin Kabupaten Kotawaringin Barat di Pangkalan Bun.	97,34
		3. Puskesmas Menteng Kota Palangka Raya di Palangka Raya.	94,69
		4. Puskesmas Dusun Selatan Kabupaten Barito Selatan di Buntok.	87,12
		5. Puskesmas Ketapang 2 Kab. Kotawaringin Timur di Sampit.	83,71

34. Sumatera Selatan	1. RSUD Daerah dr. Rabain, Kabupaten Muara Enim.	89,34
	2. Kantor Pelayanan Perizinan Terpadu Kabupaten Musi Banyuasin.	90,35
	3. Kantor Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Musi Rawas.	88,67
	4. Kantor Pelayanan Perizinan Lubuk Linggau.	
	5. Badan Perizinan dan Penanaman Modal Kabupaten Ogan Komering Ilir.	87,56 89,33
35. Jambi	1. RSUD Raden Mattaher Provinsi Jambi.	94,70
	2. Badan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (BPTSP) Kabupaten Batanghari.	90,20
	3. Puskesmas Tanjung Agung Kabupaten Bungo.	84,10
	4. Puskesmas Rawasari Kecamatan Kota Baru Kota Jambi.	78,03
36. Sulawesi Tenggara	1. RSUD Abunawas Kota Kendari.	94,60
	2. Catatan Sipil Kabupaten Wakatobi.	92,46
	3. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Muna.	92,46
	4. RSUD Daerah Kota Bau-Bau.	91,65
37. Sulawesi Utara	1. UPTD Wilayah I Manado Dinas Pendapatan Daerah Prov. Sulawesi Utara.	94,69
	2. Badan Pelayanan Perijinan Terpadu dan Penanaman Modal Daerah Kota Bitung.	94,64
	3. Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kabupaten Kepulauan Siau, Tagulandang, Biaro.	93,18
	4. Puskesmas Inobonto Kabupaten Bolaang Mongondow.	
38. Kepulauan Bangka Belitung	1. SMK Negeri 3 Kota Pangkalpinang.	88,76
	2. Dinas kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Bangka Tengah.	88,45
39. Sumatera Utara	1. Dinas Pendapatan Prov. Sumatera Utara.	85,66
	2. RSUD Swadana Daerah Tarutung.	91,34
	3. Rumah Sakit Umum Jiwa Prov. Sumatera Utara.	90,24
	4. Kantor Pelayanan Perizinan Terpadu Kota Tebing Tinggi.	90,55
	5. Kantor Arsip dan Dokumentasi Perpustakaan Kabupaten Asahan.	87,65
	6. Puskesmas Pariwisata Pantai Cermin Kabupaten Serdang Bedagai.	92,66
	7. Badan Penanaman Modal dan Perizinan Terpadu Kabupaten Samosir.	88,78
	8. Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kabupaten Batu Bara.	87,65
	9. Badan Perpustakaan dan Arsip Daerah Sumatera Utara.	85,76
40. Riau	1. SMK Negeri 1 Tembilahan, Kab. Indragiri Hilir.	97,34
	2. Badan Pelayanan Terpadu Kota Pekanbaru.	97,36
	3. Puskesmas Tambusai Kab. Rokan Hulu.	97,50
	4. Puskesmas Tambilahan, Kab. Indragiri Hilir.	94,73

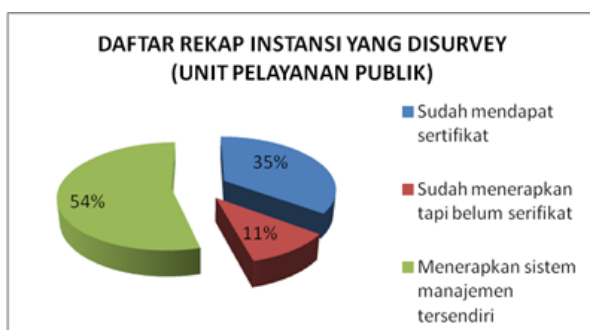


41. Bengkulu	1. Kantor KPTSP Kabupaten Muko-Muko.	87,12
	2. Puskesmas Perawatan Kembang Sri Kab. Bengkulu Tengah.	79,92
	3. Puskesmas Muara Aman Kabupaten Lebong.	79,54
42. D I Yogyakarta	1. Taman Pinter Kota Yogyakarta.	89,57
	2. Puskesmas Patok I, Kabupaten Gunung Kidul.	90,45
43. Jawa Barat	1. Balai Benih Kentang Pangalengan Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Jawa Barat.	92,05
	2. Rumah Sakit Umum Daerah Kota Depok.	
	3. SMKN I Cibadak Kabupaten Sukabumi.	94,69
	4. Puskesmas Cipageran Kota Cimahi.	92,05
	5. UPTD SMA Negeri I Kabupaten Majalengka.	91,66
	6. PDAM Tirta Patriot Kota Bekasi.	91,29
	7. Badan Pelayanan Perijinan Terpadu Kota Tasikmalaya.	91,28
	8. Badan Pelayanan Perijinan Terpadu Kabupaten Bekasi.	90,15
	9. Rumah Potong Hewan Terpadu Kota Bogor.	
		90,01
44. DKI Jakarta	1. Puskesmas Kecamatan Tebet Kota Administrasi Jakarta Selatan.	93,55
	2. Puskesmas Kelurahan Rawa Badak Utara, Kota Administrasi Jakarta Utara.	90,65
45. NTB	1. Puskesmas Karang Taliwang Kota Mataram.	91,71
	2. Puskesmas Taliwang Kabupaten Sumbawa Barat	86,53
	3. Rumah Sakit Umum Daerah Praya Kabupaten Lombok Tengah.	84,29
46. Jawa Timur	1. RSUD Haji Surabaya.	100
	2. RSUD dr. Saiful Anwar Malang.	100
	3. Kantor Bersama SAMSAT Kediri Katang.	100
	4. Kantor Perpustakaan Umum dan Arsip Kota Malang.	100
	5. RSUD Ibnu Sina Kabupaten Gresik.	97,35
	6. RSUD Kabupaten Nganjuk.	97,35
	7. RSUD Kabupaten Jombang.	97,35
	8. Puskesmas Pasirian Kabupaten Lumajang.	95,22
	9. Puskesmas Wonoasih Kota Probolinggo.	95,24
	10. SMKN 1 Kota Surabaya.	95,36
	11. RSUD H. Moh. Anwar Kabupaten Sumenep.	92,86
	12. PDAM Kabupaten Malang.	92,65
	13. Kantor Pelayanan Perizinan Kabupaten Pacitan.	91,68
47. Maluku	1. RSUD Dr. M. Haulussy Ambon, Provinsi Maluku.	88,87
	2. Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil, Kabupaten Maluku Tenggara Barat – Saumlaki.	87,56
	3. Kantor Camat Bula, Kabupaten Seram Bagian Timur – Bula.	86,24

48. NTT	1. RSUD Kabupaten Sikka.	91,34
	2. Puskesmas Kabupaten Timur Tengah Utara.	90,34
	3. RSUD Kabupaten Alor.	87,86
	4. RSUD Kabupaten Sumba Timur.	88,80
49. Gorontalo	1. Puskesmas Paguyaman Kabupaten Boalemo.	86,34
	2. Kantor Camat Limboto Kabupaten Gorontalo.	85,66
50. Lampung	1. RSUD Kabupaten Lampung Selatan.	88,72
	2. RSUD Kabupaten Lampung Barat.	86,76
	3. RSUD Kabupaten Tulang Bawang.	87,45
51. Sulawesi Selatan	1. Puskesmas Jongaya Kota Makassar.	97,35
	2. BPP Mutu Barang Disperindag Provinsi Sulawesi Selatan.	94,70
	3. RSUD Syeh Yusuf Kabupaten Gowa.	93,18
	4. Puskesmas Balocci Kabupaten Pangkep.	91,67
	5. Unit Pembinaan dan Pengujian Mutu Hasil Perikanan Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan.	90,53
	6. Puskesmas Bontotiro Kabupaten Bulukumba.	89,39
	7. Unit Pelayanan Terpadu Perizinan Kabupaten Bone.	86,74
	8. Kantor Pelayanan Terpadu Kota Palopo.	85,23
52. Bali	1. PDAM Gianyar Cabang Sukawati.	100
	2. Puskesmas II Denpasar Selatan Kota Denpasar.	96,24
	3. Rumah Sakit Indra Provinsi Bali.	92,33
53. Banten	1. Puskesmas Majasari Kabupaten Pandeglang.	82,45
	2. Puskesmas Kelapa Dua Kabupaten Tangerang.	77,66
	3. Badan Pelayanan Perijinan Terpadu (BP2T) Kota Tangerang Selatan.	76,68
54. Kepulauan Riau	1. Kantor Bersama Samsat Batam Center Provinsi Kepulauan Riau.	87,56
55. Jawa Tengah	1. RSUD Dr. Moewardi Surakarta.	98,48
	2. Akademi Keperawatan Provinsi Jawa Tengah.	96,59
	3. UP3AD Kota Semarang.	94,70
	4. Puskesmas Kedawung Kab. Sragen.	98,48
	5. BPMPP Kabupaten Banyumas.	97,35
	6. SMKN 1 Kota Magelang.	95,45
	7. SMKN 2 Kabupaten Wonogiri.	94,70
	8. PDAM Kabupaten Kudus.	94,70
	9. SMKN 1 Kabupaten Temanggung.	94,70
	10. RSUD Dr. Soewondo Kabupaten Kendal.	94,70
	11. Puskesmas Margadana Kota Tegal.	93,94
	12. RSUD Kabupaten Karanganyar.	93,18
56. NAD	1. KPPTSP Kota Banda Aceh.	92,05
	2. Badan Pelayanan Perizinan Terpadu Aceh.	90,53
	3. KPPT Kabupaten Aceh Barat.	89,77
	4. RSUD Datu Beru Kab. Aceh Tengah.	89,39
	5. RSUD Kabupaten Simeulue.	87,12
	6. Rumah Sakit Ibu dan Anak Aceh.	86,36
	7. KPTSP Kabupaten Aceh Besar.	81,06

57. Sulawesi Tengah	1. Puskesmas Kec. Banawa Kab. Donggala. 2. RS Anutapura Kota Palu. 3. UPT. Pelatihan Kesehatan Provinsi Sulteng.	
58. Sumatera Barat	1. Puskesmas Matur Kabupaten Agam. 2. Kantor Pelayanan Perizinan Terpadu Solok. 3. Kantor Pelayanan Terpadu Kota Padang. 4. Badan Pelayanan Perizinan Terpadu dan Pengadaan Barang Jasa Kab. Dharmasraya. 5. Kantor Pelayanan Terpadu Kabupaten Tanah Datar. 6. Puskesmas Payolansek Kota Payakumbuh.	94,64 92,05 92,04 89,39 86,74 84,39
59. Sulawesi Barat	1. Sintap Mamuju. 2. Puskesmas Majene.	89,36 86,74

Berdasarkan Tabel 2, Jumlah Unit Pelayanan Publik (UPP) yang diusulkan sebanyak 250, namun yg diambil acak untuk kajian sebanyak 207 institusi. Berikut disampaikan hasil rekap terhadap UPP yang disurvei pada Gambar 1, sebagai berikut:



Gambar 1 Daftar rekap instansi yang disurvei

Berdasarkan Gambar 1, dari hasil analisis diperoleh hasil bahwa bahwa 35% institusi pemerintah khususnya BUMN dan BUMD telah menerapkan SNI ISO 9001:2008 sebagai landasan pelayanan prima, 11% telah menerapkan SNI ISO 9001:2008 namun belum disertifikasi dan 54% institusi yang disurvei menerapkan sistem manajemen lain dalam melayani masyarakat.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa 35% institusi pemerintah khususnya BUMN dan BUMD telah menerapkan SNI ISO 9001:2008 sebagai landasan pelayanan prima. Dengan tingkat presentasi itu dapat diperoleh kesimpulan bahwa tingkat penerapan SNI ISO 9001:2008 oleh unit pelayanan publik masih rendah. Sebanyak 54% dari institusi yang disurvei menerapkan sistem manajemen lain

dalam melayani masyarakat. Dengan tingkat presentase sebesar ini, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar unit pelayanan publik belum menerapkan SNI ISO 9001:2008 sebagai landasan pelayanan prima.

Dari institusi yang disurvei, 11% telah menerapkan SNI ISO 9001:2008, namun belum disertifikasi, dengan tingkat presentase ini dapat disimpulkan bahwa unit pelayanan publik sebenarnya sudah mengetahui dan menerapkan SNI ISO 9001:2008 dalam melakukan pelayanan meskipun instansi tersebut belum mendapat sertifikasi. Umumnya institusi mengalami kendala dalam penerapan SNI ISO 9001:2008 khususnya dalam hal penerapan dan pendanaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2008), SNI ISO 9001:2008 Sistem Manajemen Mutu, Jakarta, BSN.
- Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara. (2003), Kepmenpan Nomor : 63/KEP/M.PAN/7/2003 tentang Pedoman Umum Penyelenggaraan Pelayanan Publik, Jakarta.
- Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara. (2004), Kepmenpan Nomor : KEP/25/M.PAN/2/2004 tentang Pedoman Penyusunan Indeks Kepuasan Masyarakat Unit Pelayanan Instansi Pemerintah, Jakarta.
- Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara. (2004) Kepmenpan Nomor : KEP/26/M.PAN/2/2004 tentang Petunjuk Teknis Transparansi dan Akuntabilitas Dalam Penyelenggaraan Pelayanan Publik, Jakarta.

- Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara. (2009), Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara No 12 tahun 2009 tentang pedoman penilaian penyelenggaraan pelayanan public pemerintah kabupaten kota, Jakarta.
- Crosby, P.B., (1980), *Quality is Free – The Art of Making Quality Certain*, MacGraw Hill Book Company, New York.
- Feigenbaum, AV (1988), *Total Quality Development in the 1990s – An international perspective in Chase*, R.I(ed), *Total Quality Management : An IFS Briefing*, IFS Publication, pp 3-9.
- Juran, J.M., Gyra, F.M., (1993), *Quality Planning and Analysis*, (3rd ed) MacGraw Hill Book Company, Singapore.
- Universitas Pendidikan Indonesia, diperoleh November 2012 dari [http://repository.upi.edu/operator/upload/d\\_ipa\\_054283\\_chapter1.pdf](http://repository.upi.edu/operator/upload/d_ipa_054283_chapter1.pdf).
- Farida dan Herry Agung Prabowo. (2007). *Hubungan Antara Penerapan Sistem Manajemen Mutu (SMM) Terhadap Performa.*
- Usaha Kecil, Dan Menengah (UKM) (Studi Kasus pada UKM yang telah menerapkan SMM di Tangerang), Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Universitas Terbuka, diperoleh November 2012 dari <http://www.ut.ac.id/html/suplemen/ekma4414/38.htm>.
- International Organization for Standardization (ISO) (2011), Diakses: November 2011. ISO Standards, Available online at: <http://www.iso.org>.
- Kusumo. H. (2010). Kesadaran anggota APEC tentang perlunya memperhatikan Efisiensi dan Konservasi Energi.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009, tentang Konservasi Energi, Jakarta.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006, tentang Kebijakan Energi Nasional, Jakarta Standardization Administration of China. Diakses: November 2011. Available online at: <http://www.sac.gov.cn/>.
- Wikipedia. (2011). Diakses: November 2011 “Biogas”, Available online at: <http://id.wikipedia.org/wiki/biogas>.

## PEMBERLAKUAN REGULASI HELM SNI DAN PERSENTASE PERUBAHAN TINGKAT CEDERA KEPALA DAN MENINGGAL DUNIA AKIBAT KECELAKAAN SEPEDA MOTOR DI WILAYAH KOTA BANDUNG

### *Implementation SNI Regulation for Helmet And Percentage of Change To Head Injury dan Death Caused by Motorcycle Accident In Bandung City Area*

Endi Hari Purwanto

Puslitbang Badan Standardisasi Nasional, Gd.Manggala Wanabakti Blok 4 Lt.4,  
Jl.Gatot Subroto, Senayan, Jakarta Pusat 10720  
e-mail: endihp@yahoo.com

Diterima: 30 Desember 2012, Direvisi: 13 Mei 2013, Disetujui: 1 Juni 2013

#### Abstrak

Pemberlakuan regulasi penggunaan helm SNI yang sudah diberlakukan sejak tanggal 22 Juni 2009 dan didukung dengan regulasi pendukung berupa diberlakukannya secara wajib penerapan SNI helm bagi produsen sejak 1 April 2010, diharapkan dapat meningkatkan keselamatan pengendara sepeda motor dari ancaman cedera kepala saat mengalami kecelakaan. Implikasinya diharapkan mampu memberikan penurunan terhadap beberapa karakteristik korban cedera kepala terutama terhadap jumlah cedera kepala berat, sedang maupun ringan, kemudian jumlah meninggal dunia dan jumlah cedera S02 dan S06, yang terjadi dalam 3 tahun terakhir pasca diberlakukannya regulasi tersebut. Artikel ini melakukan perbandingan karakteristik korban cedera kepala antara sebelum dan sesudah diberlakukannya regulasi SNI dengan menggunakan metode uji F dan uji t dua sampel berpasangan. Dengan mengambil 479 sampel (slovin 10%) dari N=2.396 populasi. Dari 479 sampel tersebut diperoleh 170 korban cedera kepala-sepeda motor dengan kondisi menggunakan helm di wilayah kota Bandung dari 2006 hingga 2011. Asumsi yang digunakan adalah 2006-2008 sebagai sebelum diberlakukan regulasi (helm belum SNI) dan 2009-2011 sebagai sesudah diberlakukannya regulasi (helm sudah SNI). Hasilnya menunjukkan bahwa kebijakan penggunaan helm SNI menurunkan jumlah cedera kepala berat (severe HI) walaupun secara statistik tidak signifikan. Meskipun cedera kepala ringan (mild HI) meningkat sebesar 51,58 %, kemudian cedera kepala sedang (mod HI) pun meningkat sebesar 38,15%, namun cedera kepala berat (severe HI) menurun sebesar 100%. Di sisi lain kebijakan diberlakukannya penggunaan helm SNI tidak menurunkan jumlah meninggal dunia baik meninggal yang kurang dari 48 jam atau yang lebih dari 48 jam. Kebijakan diberlakukannya penggunaan helm SNI secara positif berimplikasi menurunkan jumlah cedera kepala fraktur tengkorak dan tulang wajah (S02) sebesar 39,6%, kemudian menurunkan cedera intrakranial (S06) menurun sebesar 33,3 % hingga akhir tahun 2011.

**Kata kunci:** regulasi helm SNI, sepeda motor, kecelakaan sepeda motor, cedera kepala dan meninggal dunia

#### Abstract

*SNI helmets use of regulation that has been in effect since June 22, 2009 and supported the enactment of a regulation supporting SNI helmets mandatory for manufacturers since 1 April 2010, is expected to improve the safety of motorcyclists from the threat of head injuries at an accident. The implication of the decline is expected to provide some characteristics of head injuries mainly to the number of severe head injury, moderate or mild, then the number of deaths and number of injured S02 and S06, which occurred in the last 3 years after the entry into force of these regulations. This article is a comparison between the characteristics of head injuries before and after the enactment of regulations SNI using the F test and paired two-sample t test. By taking 479 samples (Slovin 10%) of N = 2396 population. The samples obtained from 479 170 head-injured motorcycle helmet use in the condition of the city of Bandung from 2006 to 2011. The assumptions used are as before applicable regulatory 2006-2008 (SNI helmet yet) and 2009-2011 as the post-enactment of regulations (helmet already SNI). The result shows that the policy of using SNI helmets reduce the number of severe head injury (severe HI), although not statistically significant. Although mild head injury (mild HI) increased by 51.58 per cent, then moderate head injury (HI mod) also increased by 38.15 percent yet severe head injury (severe HI) decreased by 100 percent. On the other hand the implementation of policies SNI helmet use does not decrease the number of dead had died less than 48 hours or more than 48 hours. SNI helmet use policy enactment positive implications for lowering the number of head injuries and a skull fracture facial bones (S02) of 39.6 percent, and reduce intracranial injury (S06) decreased by 33.3 percent by the end of 2011.*

**Keywords:** regulation SNI helmet, motorcycle, motorcycle accidents, head injuries and died

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Rata-rata jumlah kecelakaan sepeda motor terhadap seluruh kecelakaan kendaraan jalan raya yang terjadi antara tahun 2002 hingga 2010 adalah sebesar 61,5% artinya lebih dari setengah kejadian kecelakaan kendaraan jalan raya dialami sepeda motor (BPS, 2012). Selain itu data statistik kecelakaan sepeda motor (*The National Highway Traffic Safety Administration*, NHTSA, USA) tahun 1998 menunjukkan bahwa 46% dari total kecelakaan yang dialami pengendara adalah dikarenakan tidak menggunakan helm dan memprediksikan bahwa helm sepeda motor mampu mengurangi tingkat kefatalan hingga 29% dari kecelakaan yang terjadi.

Dalam upaya melindungi masyarakat dari potensi cedera berat kepala akibat kecelakaan sepeda motor sekaligus meningkatkan keamanan, dan keselamatan berkendara sepeda motor secara nasional maka Pemerintah mengeluarkan regulasi melalui Peraturan Menteri (Permen) Perindustrian nomor 40/M-Ind/Per/6/2008 tentang pemberlakuan Standar Nasional Indonesia (SNI) Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Dua Secara Wajib Dikeluarkan dan Permen nomor No.40/M-IND/PER/IV/2009 tentang penundaan pemberlakuan SNI helm secara wajib. Kemudian diperkuat UU nomor 22 tahun 2009 yang mewajibkan setiap orang yang mengemudikan sepeda motor untuk menggunakan helm yang memenuhi SNI (pasal 106, ayat 8).

Pemberlakuan 3 regulasi ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan pengendara sepeda motor dari ancaman cedera kepala saat mengalami kecelakaan. Kebijakan ini diharapkan mampu menurunkan jumlah meninggal dunia (death rate) dan jumlah cedera kepala (head injury rate) yang terjadi paling tidak dalam 3 tahun terakhir pasca diberlakukannya regulasi tersebut.

Namun permasalahannya belum diketahui sejauh mana tingkat penurunan jumlah cedera kepala pasca diberlakukannya regulasi helm SNI kemudian sejauh mana tingkat penurunan jumlah korban meninggal dunia pasca diberlakukannya regulasi helm SNI tersebut dan secara lebih khusus lagi sejauh mana tingkat penurunan jumlah cedera fraktur tengkorak dan tulang wajah (S02) dan cedera intrakranial (S06) yang terjadi pasca regulasi helm SNI diberlakukan. Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dalam wilayah kota

Bandung dengan fokus subjek penelitian yaitu korban cedera kepala dan dengan objek penelitian tingkat cedera kepala.

### 1.2 Tujuan

Untuk mengetahui keefektifan 3 kebijakan tersebut maka perlu diketahui implikasi pemberlakuan penggunaan regulasi helm SNI ditinjau dari karakteristik korban cedera kepala antara sebelum dengan sesudah diberlakukannya regulasi helm SNI. Artikel ini disusun untuk mengkaji perubahan angka cedera kepala dan korban meninggal dunia pasca diberlakukannya regulasi helm SNI.

Artikel ini secara spesifik adalah ingin membuktikan bahwa ada penurunan jumlah cedera kepala pasca diberlakukannya regulasi helm SNI, membuktikan bahwa ada penurunan jumlah korban meninggal dunia pasca diberlakukannya regulasi helm SNI dan membuktikan bahwa ada penurunan jumlah cedera fraktur tengkorak dan tulang wajah (S02) dan cedera intrakranial (S06).

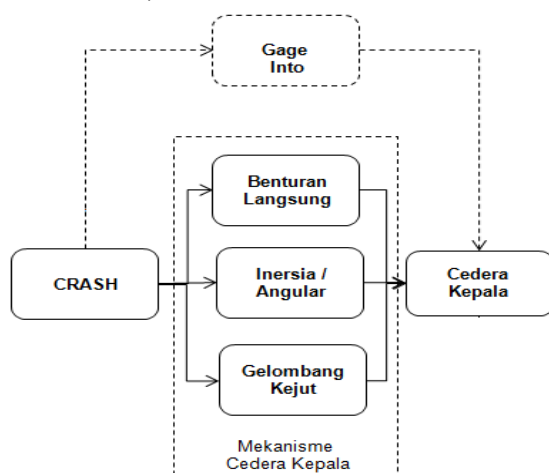
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Kecelakaan (accident) merupakan suatu kejadian atau aktivitas yang tidak diharapkan, tidak diperkirakan atau di luar yang diharapkan sebelumnya yang mengakibatkan cedera, kerugian atau kerusakan (Roger L. Brower, 1990). Dalam konteks tersebut maka kecelakaan masih bersifat luas, dapat terjadi di semua aspek kehidupan misalnya kecelakaan industri, kecelakaan kerja, kecelakaan penerbangan, kecelakaan lalu lintas dan sebagainya. Kecelakaan lalu lintas adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia atau kerugian harta benda (UU No. 22, 2009). Kecelakaan lalu lintas dapat terjadi pada semua moda termasuk sepeda motor. Sepeda motor adalah kendaraan bermotor beroda dua dengan atau tanpa rumah-rumah dan dengan atau tanpa kereta samping atau kendaraan bermotor beroda tiga tanpa rumah-rumah (UU No. 22, 2009). Maka kecelakaan lalu lintas sepeda motor didefinisikan sebagai suatu peristiwa atau kejadian yang tidak diduga dan tidak diharapkan yang melibatkan kendaraan sepeda motor yang mengakibatkan korban manusia atau kerugian harta benda.

Sebuah kecelakaan lalu lintas merupakan kalimat yang umum digunakan untuk menggambarkan suatu kegagalan performansi dari satu atau lebih komponen berkendara yang menimbulkan kematian, cedera pada anggota

badan dan kerusakan harta benda. Suatu kecelakaan jalan raya dapat dikategorikan menjadi 4 kategori: 1) multi kendaraan, 2) kendaraan tunggal, 3) pejalan kaki – kendaraan dan 4) kendaraan – benda sekitar (Khisty, 1998).

Mekanisme cedera kepala saat berkendara diawali dengan terjadinya kecelakaan lalu lintas, baik itu kecelakaan karena diri sendiri (tunggal) maupun kecelakaan karena faktor kendaraan lain atau menimbulkan kecelakaan bagi kendaraan lain (ganda). Maka kecelakaan merupakan pintu masuk pertama sebelum terjadinya cedera kepala. Proses kecelakaan hingga mengalami cedera kepala dapat diilustrasikan dalam gambar 1 berikut ini (Umar Kasan, 2012):



Gambar 1 Mekanisme cedera kepala (sumber: disarikan dari tulisan Prof. Umar Kasan, Sp.BS (2012): *Kerusakan Jaringan Otak Akibat Trauma Langsung*)

Penilaian derajat keparahan cedera kepala dilakukan menggunakan *Glasgow Coma Scale* (GCS) yang diciptakan oleh Jennet dan Teasdale di tahun 1974. GCS adalah suatu skala untuk menilai secara kuantitatif tingkat kesadaran seseorang dan kelainan *neirologis* yang terjadi. Ada 3 aspek yang dinilai yaitu 1) reaksi membuka mata (*eye opening*), reaksi berbicara (*verbal respon*) dan reaksi lengan tungkai (*motor respon*). Berikut ini adalah penggolongan GCS didasarkan skala bobot yang dinilai (ES.Nasution, 2010):

1. Cedera kepala ringan (*mild head injury*). Digolongkan ke dalam mild HI apabila skala GCS 13 – 15, dengan ciri-ciri yaitu dapat terjadi kehilangan kesadaran (pingsan) kurang dari 30 menit atau mengalami amnesia retrograde, tidak ada fraktur tengkorak, tidak ada kontusio cerebral maupun hematoma. (PPNI Klaten, 2009).

2. Cedera kepala sedang (*Moderate HI*). Digolongkan ke dalam mod HI apabila skala GCS 9 – 12, dengan ciri-ciri yaitu kehilangan kesadaran atau *amnesia retrograd* lebih dari 30 menit tetapi kurang dari 24 jam dan dapat mengalami fraktur tengkorak. (Syaiful Saanin, 1995).
3. Cedera kepala berat (*Severe HI*). Digolongkan ke dalam severe HI apabila skala GCS 3 – 8, dengan ciri-ciri yaitu kehilangan kesadaran dan atau terjadi amnesia lebih dari 24 jam serta dapat mengalami kontusio cerebral, *laserasi* atau *hematoma intracranial* (PPNI Klaten, 2009).

Berdasarkan teori keselamatan di atas maka penggunaan helm merupakan salah satu tindakan yang tepat untuk menekan laju kematian dan cedera kepala akibat kecelakaan sepeda motor. Menurut WHO (2011) menyatakan bahwa pemakaian helm secara benar dapat menurunkan resiko kematian hingga mencapai 40% dan mengurangi tingkat resiko cedera parah hingga lebih dari 70%, selain itu ketika regulasi pemakaian helm diberlakukan dan ditegakkan, maka rata-rata pemakaian helm meningkat lebih dari 90% dan penerapan standar helm menjadi sangat penting untuk menjamin keefektifannya mengurangi dampak benturan kepala saat kecelakaan (www.who.int, 2012).

Produk helm memperoleh sertifikasi helm SNI apabila lulus uji yang dipersyaratkan dalam SNI 1811:2007. Prosedur uji yang harus dilalui meliputi: 1) Uji penyerapan energi kejut pada komponen sungkup helm, 2) Uji penetrasi pada komponen sungkup helm, 3) Uji kekuatan/impak pada komponen sungkup helm, 4) Uji kelicinan sabuk helm, 5) Uji keausan sabuk, dan 6) Uji pelindung dagu.

Jika ditinjau dari salah satu persyaratan uji misalnya penyerapan energi kejut, performansi SNI 1811:2007 termasuk standar yang berada ditengah-tengah dari sejumlah standar helm yang terdapat di internasional. Batas penurunan percepatan yang tercantum dalam SNI adalah  $\leq 300g$ . US DOT menggunakan batas penyerapan energi kejut yang paling longgar yaitu  $\leq 400g$  dan yang paling ketat adalah standar Uni Eropa (ECE) dan produsen helm Snell Amerika yaitu  $\leq 275g$ . Semakin besar batas penurunan percepatan yang dipersyaratkan maka semakin tidak aman (*high risk*). Karena jika semakin besar angka penurunan percepatan maka semakin kecil energi kejut yang berhasil diserap oleh helm pasca benturan.

Secara teknis, helm SNI dengan batas penurunan percepatan  $\leq 300g$ , sudah

memberikan perlindungan yang mencukupi, hal ini didasarkan pada hasil analisis statistik kasus cedera kepala yang terjadi, perilaku berkendara dan pertimbangan populasi cc sepeda motor yang digunakan masyarakat (Hobbs, 1995).

Regulasi merupakan bagian dari kebijakan. Regulasi merupakan elemen kebijakan. Suatu efektifitas kebijakan dapat diukur dengan membandingkan keadaan sebelum dengan sesudah kebijakan itu diimplementasikan. Kebijakan terhadap suatu regulasi bisa beragam sifatnya yakni kebijakan implementasi, kebijakan penghapusan dan kebijakan perubahan. Kebijakan implementasi adalah kebijakan untuk menerapkan suatu aturan, kebijakan penghapusan adalah kebijakan penghilangan atau peniadaan suatu aturan dan kebijakan perubahan adalah kebijakan perbaikan atau revisi terhadap suatu aturan.

Dengan demikian suatu studi atau analisis yang didasarkan pada catatan dan data literatur masa lalu (data sekunder) untuk membuktikan adanya dampak atau perubahan atau hubungan atas suatu kebijakan yang telah diberlakukan terhadap parameter (*outcome*) yang diharapkan dengan membandingkan keadaan sebelum dan sesudah aksi kebijakan disebut studi retrospektif kebijakan. Studi retrospektif kebijakan penggunaan helm sepeda motor secara wajib di beberapa negara maju dan berkembang, membuktikan adanya penurunan tingkat cedera kepala pasca implementasi kebijakan regulasi tersebut dan menunjukkan penurunan angka kematian (*death rate*). Dari sudut pandang yang lain juga menunjukkan bahwa setelah diberlakukan penghapusan atau peniadaan regulasi helm, tingkat cedera kepala cenderung meningkat.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Periode dan Lokasi Sumber Data

Artikel ini menggunakan desain analisis *longitudinal-time series* atau *crosssectional berulang (repeated crosssectional)* yaitu studi yang membandingkan perubahan objek yang dikaji yaitu tingkat cedera kepala akibat kecelakaan sepeda motor sebagai dampak langsung penggunaan helm SNI sepeda motor di masyarakat. Asumsi yang digunakan adalah periode antara 2006 – 2008 sebagai kondisi sebelum diberlakukannya regulasi helm SNI sehingga helm yang ada di masyarakat masih tidak standar (*substandar*) dan periode antara 2009 – 2011 diasumsikan kondisi sesudah diberlakukannya regulasi sehingga helm di

masyarakat sudah memiliki kualitas SNI yang sama.

Lokasi studi adalah data empirik di IGD rumah sakit Hasan Sadikin. Pemilihan lokasi studi didasarkan pada pertimbangan bahwa penerapan hukum dan regulasi penggunaan helm SNI di Indonesia (NKRI) diterapkan sama secara serentak dan nasional (UUD, pasal 27 ayat 1), maka pengambilan salah satu lokasi kota di Indonesia dari seluruh kota di wilayah hukum Indonesia dapat mencukupi dan memenuhi syarat untuk membuktikan adanya dampak kebijakan yang dimaksud walaupun dengan lingkup wilayah yang lebih kecil yaitu kota Bandung.

#### 3.2 Batasan Wilayah Studi

Batasan wilayah studi yang digunakan dalam artikel ini adalah dibatasi menurut sistem pembagian wilayah hukum Kepolisian Wilayah Kota Besar Bandung. Polwiltabes terbagi menjadi 3 wilayah Kepolisian Resor Kota (Polresta) yaitu: 1) Polresta Bandung Barat, 2) Polresta Bandung Tengah dan 3) Polresta Bandung Timur. Selengkapnya tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1 Ruang lingkup wilayah kajian

No	Wilayah Polresta	Wilayah Polsekte
1	Bandung Barat (19 wilayah)	Andir, Cicendo, Sukasari, Astanaanyar, Bandung Kulon, Babakan Ciparay, Bojongloa Kidul, Bojongloa Kaler, Soreang, Cimahi, Padalarang, Batujajar, Cililin, Majalaya, Banjar, Cicalengka, Banjaran, Cipatat, dan Lembang
2	Bandung Tengah (9 wilayah)	Regol, Cidadap, Coblong, Lengkong, Kiaracondong, Bandung Wetan, Sumur Bandung, Cibeunying Kaler, Cibeunying Kidul
3	Bandung Timur (7 wilayah)	Cibiru, Rancasari, Antapani, Arcamanik, Buah Batu, Bandung Kidul, Ujung Berung, Majalaya

Sumber: hasil pengolahan peneliti, 2012.

Secara umum artikel ini menggunakan data *observasional* atau *non-eksperimental* dengan analisis deskriptif yang menganalisis 2 kondisi yaitu tingkat cedera kepala pengendara sepeda motor antara sebelum dan sesudah diberlakukannya regulasi dengan menggunakan analisis uji F dan uji t-berpasangan.



### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Artikel ini menggunakan data sekunder berupa data rekam medis pasien cedera kepala IGD rumah sakit Hasan Sadikin Bandung dari tahun 2006 sampai dengan 2011 (N=2396). Pengambilan sampel dengan menggunakan metode *slovin* sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + N \cdot e^2}$$

keterangan:  
 n = ukuran sampel  
 N = ukuran populasi  
 e = nilai kritis (batas ketelitian) yang diinginkan, kesalahan pengambilan sampel yang ditolerir

Kemudian dari sampel tersebut diambil sampel n=479 responden. Dari sampel tersebut diperoleh 170 responden menggunakan helm saat kecelakaan, 274 responden tidak memakai helm dan 35 responden tidak ada keterangan.

Data yang dikumpulkan meliputi 2 jenis data yaitu data karakteristik umum korban dan data cedera kepala dan meninggal dunia untuk analisis *before-after*. Karakteristik umum korban meliputi umur korban, status korban (pengemudi/penumpang), jenis kelamin, pendidikan, pekerjaan, kepemilikan SIM, jenis kecelakaan, lawan tabrakan, tipe kecelakaan, dan kecepatan saat *crash*. Sedangkan cedera kepala meliputi cedera kepala ringan (*mild HI*), cedera kepala sedang (*mod HI*), cedera kepala berat (*severe HI*) dan jenis cedera kepala (pola luka).

### 3.4 Metode Analisis Data

Makalah ini memiliki 4 sasaran utama: 1) Membuktikan bahwa ada penurunan tingkat kematian (MD) karena cedera kepala setelah menggunakan helm SNI, 2) membuktikan bahwa ada penurunan tingkat cedera kepala berat (*severe HI*) setelah helm SNI digunakan, 3) membuktikan bahwa ada penurunan tingkat cedera sedang (*mod HI*) setelah menggunakan helm SNI, dan 4) membuktikan bahwa ada penurunan tingkat cedera kepala ringan (*mild HI*) setelah penggunaan helm SNI.

Tabel 3 Perubahan terhadap jumlah meninggal dunia, *severe HI*, *mod HI* dan *mild HI*

No	Tingkat Cedera Kepala	Rata-Rata Sebelum Reg. SNI	Rata-Rata Sesudah Reg. SNI	Perubahan	Sig. Statistik
1	Meninggal dunia	1.43	1.80	Naik 25.49%	Tidak
2	Severe HI rate	0.55	-	<b>Turun 100%</b>	Tidak
3	Mod HI rate	8.36	11.55	Naik 38.15%	Tidak
4	Mild HI rate	11.63	17.63	Naik 51.58%	Tidak

Sumber: *hasil pengolahan peneliti, 2012*

Untuk mencapai tujuan adalah dengan menggunakan metode analisis sebelum dan sesudah (*before and after analysis*). Uji statistik yang digunakan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2 Metode analisis

No	Analysis	Rumus
1	Uji-F	$F_{hit} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = \mu_D$ atau $H_0 : \mu_D = 0$
2	Uji t dua sampel berpasangan	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 > \mu_D$ atau $H_1 : \mu_D > 0$

Sumber: *hasil pengolahan peneliti, 2012.*

Metode yang digunakan adalah analisis Uji F dan Uji-t. Dengan tingkat kepercayaan 95%. Hipotesis umum yang diajukan adalah:

- $H_0$  : Tidak ada perbedaan antara rata-rata sebelum maupun sesudah pemberlakuan regulasi helm SNI.  
 $H_1$  : Ada perbedaan antara rata-rata sebelum maupun sesudah pemberlakuan regulasi helm SNI.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perubahan Terhadap Jumlah meninggal dunia, *severe HI*, *mod HI*, dan *mild HI* (*Head Injury*)

Hasil menunjukkan bahwa kebijakan pemberlakuan helm SNI di wilayah kota Bandung memberikan perubahan positif terhadap penurunan tingkat cedera kepala baik *mild HI*, *mod HI* dan *severe HI*. Hal ini terbukti dari adanya penurunan angka rata-rata jumlah cedera kepala pasca pemberlakuan helm SNI.

Dari 170 sampel yang diambil memperlihatkan bahwa karakteristik cedera kepala *mild HI* mencapai 60,6%, cedera kepala *mod HI* mencapai 38,2% dan *severe HI* mencapai 1,2%. Hal ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan Wijanarka dan Dwiprahasto (2005) yang menyebutkan dari 74 sampel korban cedera kepala terdapat 76% mengalami mild HI, 15% mengalami mod HI dan 9% mengalami severe HI. Sebuah penelitian di rumah sakit Islam Klaten memperlihatkan bahwa 88,8% responden mengalami cedera kepala ringan (*mild HI*). Proporsi *mild HI* yang tinggi ini memiliki korelasi dengan jenis helm yang digunakan. SNI hanya memperkenalkan 2 jenis helm yaitu: helm *open face* dan helm *full face*. Yohannes dan Hatmoko (2005) membuktikan bahwa helm *open face* (60%) mengalami kerusakan yang lebih parah ketika mengalami benturan saat kecelakaan dibandingkan dengan helm *full face* (40%). Ini artinya pengendara dengan helm *open face* akan lebih banyak mengalami cedera wajah akibat bagian muka karena helm yang terbuka dan fenomena ini mengarahkan pada suatu dugaan bahwa korban *mild HI* lebih banyak menggunakan helm *open face* sedangkan kelompok korban *mod HI* dan *severe HI* diperkirakan menggunakan helm *full face*. Terbukti berdasarkan persentase penurunan rata-rata angka cedera kepala sesudah regulasi. Dugaan ini senada dengan Yohannes (2006) yang membuktikan bahwa dari 181 responden pengendara sepeda motor 87,3% lebih menyukai helm selain *open face* dan 12,7% menggunakan helm *full face*. Alasan utama adalah mereka enggan menggunakan helm *full face* karena merasa tidak nyaman atau gerah serta terbatas pandangan ke depan.

Dalam kasus ini jenis cedera *severe HI* mengalami penurunan meskipun tidak signifikan secara statistik. Fakta ini merefleksikan bahwa masyarakat cenderung mematuhi kebijakan penggunaan helm SNI hingga akhir 2011 sekaligus efektif berimplikasi memberikan perlindungan dari resiko *severe HI* bagi pengendara. Hal yang kontradiksi menunjukkan

bahwa *Mod HI* justru mengalami peningkatan sebesar 38,15%, kemudian *mild HI* juga mengalami peningkatan yang tidak sedikit yaitu 51,58% dan *severe HI* turun sebesar 100%. Fakta ini mempunyai makna bahwa kebijakan regulasi helm SNI mampu memberikan perlindungan penuh terhadap potensi *Severe HI* selama 2006-2011 namun ironisnya *Mod HI* dan *Mild HI* justru mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan tahun 2009 terjadi peningkatan yang signifikan untuk cedera *Mod HI* dan *Mild HI* melebihi rata-rata per tahunnya. Ada dugaan bahwa tahun tersebut merupakan masa transisi antara regulasi helm non SNI dengan regulasi helm SNI mulai diwajibkan sehingga masih ditemukan di lapangan sejumlah produk helm yang belum ber-SNI. Tingkat meninggal dunia yang cenderung meningkat merupakan fenomena yang kontradiktif terhadap kebijakan tersebut. Namun dugaan kuat faktor yang paling utama berpengaruh terhadap hal tersebut adalah tergantung pada tipe kecelakaan sepeda motor yang dialami, jenis kecelakaan (tunggal/ganda), konsumsi alkohol dan lama pertolongan. Berdasarkan 170 data yang dikumpulkan menunjukkan bahwa kecelakaan dengan jenis kecelakaan tabrak depan-depan, kemudian faktor lawan tabrakan dan kecepatan saat berkendara berpotensi berakhir dengan korban meninggal dunia meskipun dalam kondisi menggunakan helm dan ber-SNI. Bahkan tidak sedikit disebabkan faktor lamanya proses pertolongan menuju rumah sakit. Jadi helm ber-SNI telah menjalankan sesuai dengan fungsinya namun terdapat faktor lain yang lebih dominan sehingga diperlukan pengkondisian faktor lainnya untuk mendapatkan implikasi positif.

#### 4.2 Implikasi Terhadap Jumlah Cedera S02 dan S06

Jika dianalisis lebih detil maka penggunaan helm SNI sangat kuat berimplikasi terhadap tingkat keparahan korban berdasar jenis cedera S02. Cedera S02 adalah cedera fraktur tengkorak dan tulang wajah. (Tabel 4).

Diagnosa Cedera Kepala	Rata-Rata Sebelum Reg. SNI	Rata-Rata Sesudah Reg. SNI	Implikasi	Sig. Statistik
Cedera fraktur tengkorak & tulang wajah (S02)	0.79	0.72	Turun 8.61%	Tidak
Cedera intrakranial (S06)	0.50	0.47	Turun 5.5%	Tidak

Sumber: hasil pengolahan peneliti, 2012

Fraktur tengkorak dan tulang wajah (S02). Cedera S02 menempati urutan pertama dengan jumlah korban terbanyak dari 170 sampel yaitu mencapai 77 korban (45,3%). Fakta ini mempunyai korelasi terhadap banyaknya korban mild HI. Mild HI diindikasikan disebabkan oleh jenis helm yang digunakan adalah helm open face. Sedangkan helm open face memiliki resiko tinggi terhadap cedera tulang wajah karena bagian wajah relatif tidak terlindungi sebagaimana helm full face sehingga potensi

mengalami cedera disekitar wajah akan cenderung sama besarnya dengan proporsi *mild HI*. Di sisi lain memperlihatkan bahwa cedera S02 mengalami penurunan pasca diberlakukannya regulasi helm SNI dengan menempati urutan persentase tertinggi kedua sebesar 8,61%. Ini artinya bahwa penggunaan helm SNI berimplikasi positif terhadap penurunan jumlah cedera S02 sebesar 8,61% hingga akhir tahun 2011.

Tabel 5 Implikasi terhadap jumlah turunan cedera kepala S06 (n=170)

No	ICS	Diagnosa Cedera Kepala	Rata-Rata Sebelum Reg. SNI	Rata-Rata Sesudah Reg. SNI	Implikasi	% Penurunan (%)
1	S06.4	Pendarahan <i>Epidural</i>	2.67	1.67	turun	7.6
2	S06.5	Trauma <i>Subdural Haemorrhage</i>	2.33	1.00	turun	5.9
3	S06.0	Gegar	2.67	0.33	turun	5.3
4	S06.7	Cedera <i>Intrakranial</i> dengan koma berkepanjangan	0.33	0.33	turun	1.2
5	S06.6	Trauma Pendarahan <i>Subarachnoid</i>	0.33	-	turun	0.6
6	S06.2	Cedera Otak <i>Diffuse</i>	0.67	2.00	naik	4.7
7	S06.3	Cedera Otak <i>Focal</i>	-	0.67	naik	1.2

Sumber: hasil pengolahan peneliti, 2012

Cedera *intrakranial* (S06). Cedera S06 dialami sebanyak 45 korban dari 170 sampel atau 26,5%. Cedera S06 merupakan cedera terbanyak kedua setelah cedera S02. Cedera intrakranial (S06) adalah cedera kepala yang mencapai jaringan kepala bagian dalam setelah tulang tengkorak (*skull bone*) meliputi: lapisan durameter, lapisan subdural, lapisan *arachnoida*, lapisan *subarachnoida* dan lapisan otak. Cedera intrakranial mengalami penurunan sebesar 5,5% akibat kebijakan penggunaan helm SNI diantaranya meliputi *epidural hematoma* (S06.4) turun sebesar 7,6 %, *subdural haemorrhage* (S06.5) turun sebesar 5,9%, cedera gegar otak (S06.0) turun sebesar 5,3%, cedera intrakranial dengan koma berkepanjangan (S06.7) turun sebesar 1,2% dan *subarachnoid hematoma* (S06.6) turun sebesar 0,6%). Namun cedera otak *diffuse* (S06.2) dan cedera otak focal (S06.3) cenderung naik sebesar 4,7% dan 1,2%. Kenaikan ini dikarenakan jenis cedera tersebut tidak dirasakan sebagai cedera pada awal pasca kecelakaan namun baru terasa setelah beberapa hari mulai dari 1 minggu hingga 4 bulan kemudian dan diagnosa cedera kepala berupa S06.2 dan S06.3. Cedera ini adalah cedera

dimana bagian yang luka mengalami pembusukan, berair dan mengandung nanah.

#### 4.3 Implikasi terhadap jumlah korban meninggal dunia

Dari 170 sampel diperoleh 6,5% korban mengalami cedera kepala yang berakhir meninggal dunia dan 93,5% mengalami cedera kepala dan menjalani perawatan. Angka ini termasuk indikator keselamatan yang cukup membanggakan dimana proporsi meninggal dunia masih lebih kecil dibandingkan dengan proporsi cedera kepala dan menjalani perawatan. Hal yang senada juga dibuktikan dalam sebuah penelitian di lima rumah sakit di wilayah DKI, hasilnya memperlihatkan bahwa dari 425 responden, 7,04% mengalami meninggal dunia dan 92,96% mengalami cedera kepala (Woro, 2005). Berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan di IGD RSUP Fatmawati yang menunjukkan 55 % korban mengalami cedera kepala (Woro dan Puspitasari, 2007).

Tabel 6 Implikasi terhadap jumlah turunan cedera kepala S06 (n=170)

Meninggal Dunia	Rata-Rata Sebelum Reg. SNI	Rata-Rata Sesudah Reg. SNI	Implikasi
Meninggal < 48 jam	-	0.33	naik
Meninggal > 48 jam	1.67	1.67	konstan

Sumber: hasil pengolahan peneliti, 2012

Fakta membuktikan bahwa kebijakan penggunaan helm SNI tidak memberikan pengaruh terhadap penurunan jumlah korban meninggal dunia. Korban meninggal yang kurang dari 48 jam bahkan mengalami peningkatan sedangkan korban dengan meninggal lebih dari 48 jam tidak mengalami perubahan (*konstan*). Fenomena ini dapat ditafsirkan bahwa ada kemungkinan bahwa penyebab utama korban adalah bukan semata-mata penggunaan helm SNI namun ada faktor lain yang lebih mempengaruhi. Diantaranya yang mungkin adalah faktor tipe kecelakaan, lamanya pertolongan atau lawan tabrakan. Namun permasalahan ini tidak dibahas detail dalam artikel ini.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di muka maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa kebijakan diberlakukannya penggunaan helm SNI secara positif berimplikasi menurunkan jumlah cedera kepala berat (*severe HI*) walaupun secara statistik tidak signifikan. Meskipun cedera kepala ringan (*mild HI*) meningkat sebesar 51,58%, kemudian cedera kepala sedang (*mod HI*) pun meningkat sebesar 38,15% namun cedera kepala berat (*severe HI*) menurun sebesar 100%. Di sisi lain, kebijakan diberlakukannya penggunaan helm SNI tidak menurunkan jumlah meninggal dunia baik meninggal yang kurang dari 48 jam atau yang lebih dari 48 jam.

Kebijakan diberlakukannya penggunaan helm SNI secara positif berimplikasi menurunkan jumlah cedera kepala fraktur tengkorak dan tulang wajah (S02) sebesar 39,6%, kemudian menurunkan cedera intrakranial (S06) menurun sebesar 33,3%

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ir. Idwan Santoso M.Si., Ph.D, atas ilmu dan waktu yang diberikan selama proses penulisan artikel ini. Juga tidak lupa penulis ucapkan terima kasih yang tiada

terhingga kepada Dr. Eng. Pradono, SE., M.Ec.Dev atas waktu dan kesediaannya memberikan koreksi, saran dan masukan ilmu yang sangat bermanfaat sehingga artikel ini dapat tersusun dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2012) : *Data Kecelakaan Kendaraan Bermotor Per Moda*, www.bps.go.id, Jakarta, diakses tgl. 24 Februari 2012.
- Hobbs, F.D. (1995): *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas Edisi Kedua*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Khisty, C.Jotin. (1998): *Transportation Engineering: an Introduction*, Prentice Hall Publisher, New Jersey, USA.
- NHTSA. (1998): *Motorcycle Accident Statistics*, www.webbikeworld.com, diakses tgl. 30 Mei 2012.
- Peraturan Menteri Perindustrian nomor 40/M-Ind/Per/6/2008 (2008): *Pemberlakuan SNI Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Dua Secara Wajib*, Pemerintah Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Perindustrian nomor 40/M-Ind/Per/IV/2009 (2009): *Penundaan Pemberlakuan SNI Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Dua Secara Wajib*, Pemerintah Republik Indonesia.
- Persatuan Prawat Nasional Indonesia (2009): *Mild Head Injury*, Klaten
- Saanin, Syaiful (1995): *Moderate Head Injury*
- Brower, Roger L. (1990): *Safety & Health for Engineers*, Penerbit Van Nustrand, p.16 – 26.
- Nasution, ES. (2010): *Karakteristik Penderita Cedera Kepala Akibat Kecelakaan Sepeda Motor*, www.repository.usu.ac.id, diakses tgl. 16 Juli 2012.
- Umar, Kasan (2012): *Kerusakan Jaringan Otak Akibat Trauma Langsung*, Paper Kuliah tanpa penerbit.
- Undang-Undang Dasar, pasal 27 ayat 1 (1945): *Kedudukan Dalam Hukum Setiap Warga Negara*.

- Undang-Undang nomor 22 (2009): *Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*, Presiden Republik Indonesia
- WHO. (2009) : *Global Status Report On Road Safety, Department of Violence & Injury Prevention & Disability (VIP)*, <http://www.un.org>, diakses tgl. 29 Mei 2012.
- Wijanarka dan Dwiprahasto (2005): *Implementasi Clinical Governance: Pengembangan Indikator Klinik Cedera Kepala di Instalasi Gawat Darurat*, Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan 2005, VIII(4), Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Woro, Riyadina (2007): *Profil Keparahan Cidera Yang Dialami Oleh Korban Kecelakaan Lalu Lintas Sepeda Motor Yang Masuk Ke IGD RSUP Fatmawati*, Jurnal Kesehatan, RSUP Fatmawati
- Yohannes dan Hatmoko (2005): *Hubungan antara Perilaku Agresif Sebagai Pemicu Terhadap Kecelakaan*, Yogyakarta
- Yohannes (2006): *Hubungan Antara Tebal Helm Pengendara Sepeda Motor dengan Kecepatan Kendaraan*, Yogyakarta.

## 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

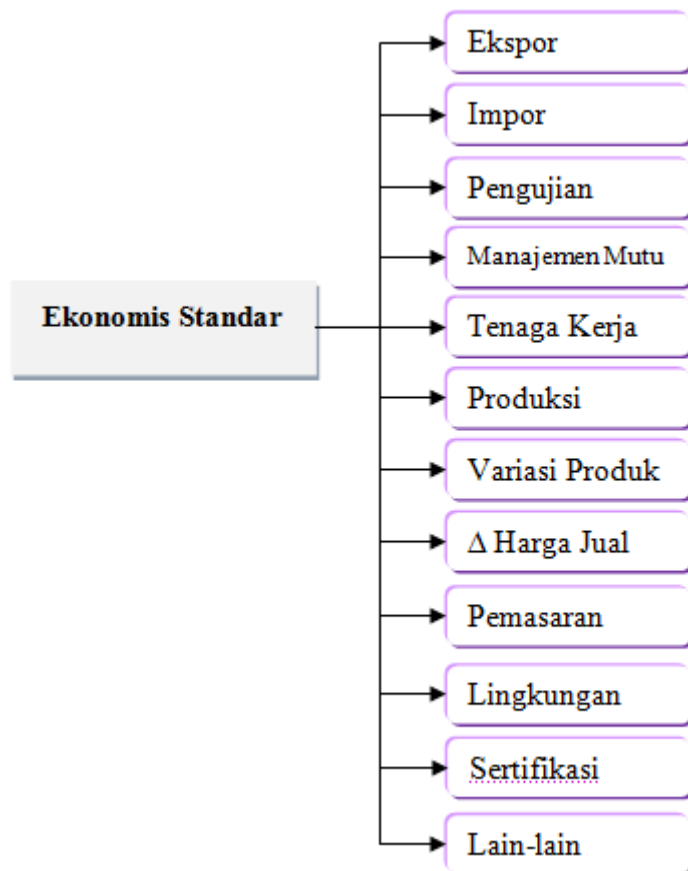
Penerapan SNI diharapkan dapat memberikan dampak ekonomi bagi produsen dengan

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.

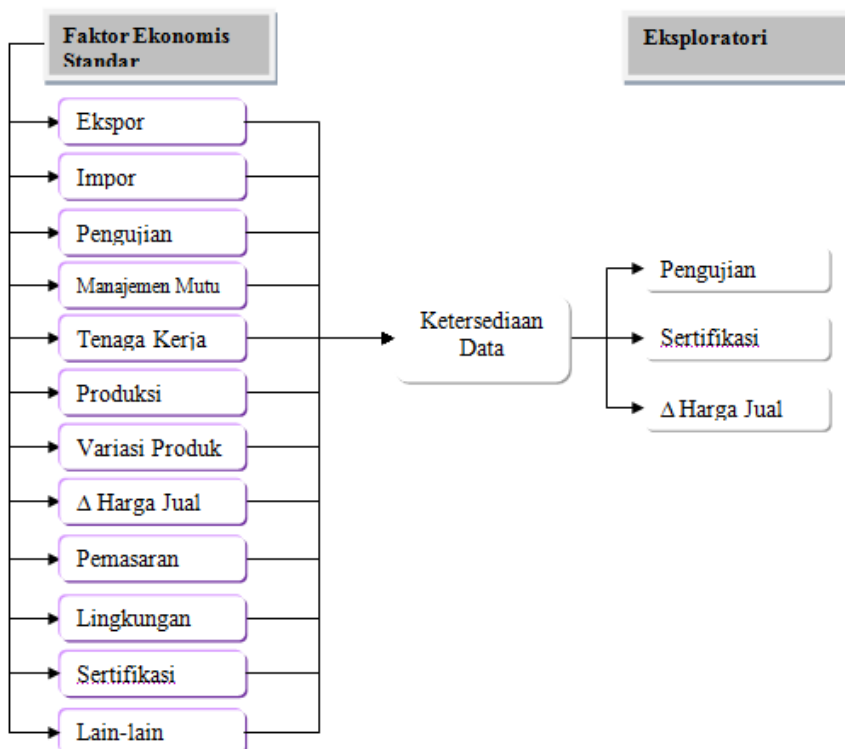
### 2.1 Teori Analisa Faktor

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).

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

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
- $\delta lopro$  = 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:

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

$$\begin{aligned} \delta h &= (1.859-1.581) \times 12.800.000000 \\ &= \text{Rp.}3.550.222222.222 \\ &\approx \text{Rp.}3,6\text{triliun} \end{aligned}$$

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 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:

$$\begin{aligned} \text{Total contoh uji} &= \frac{\text{populasi produk kemasan}}{100.000} \\ &= \frac{9.988.851728\text{kemasan}}{100.000} \\ &= 99.889 \text{ contoh uji} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Biaya sertifikasi produk} (\delta lopro) &= \text{biaya sertifikasi rata - rata SNI AMDK pertahun} \\ &\times \text{jumlah industri} \\ &= 17.837.000 \times 548 \\ &= \text{Rp.}9.774.676000 \end{aligned}$$

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 trilyun. 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 trilyun).

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil kajian diketahui bahwa nilai ekonomis produk Air Minum Dalam kemasan (AMDK) pada tahun 2008 sebesar Rp. 2,78 trilyun. 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

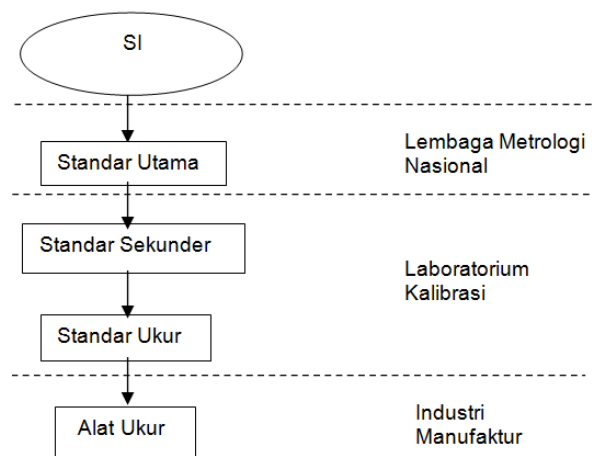
dapat terjadi oleh karena tidak tersedianya lingkup kalibrasi yang sesuai pada laboratorium kalibrasi di provinsi.

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 Puspiptek 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:

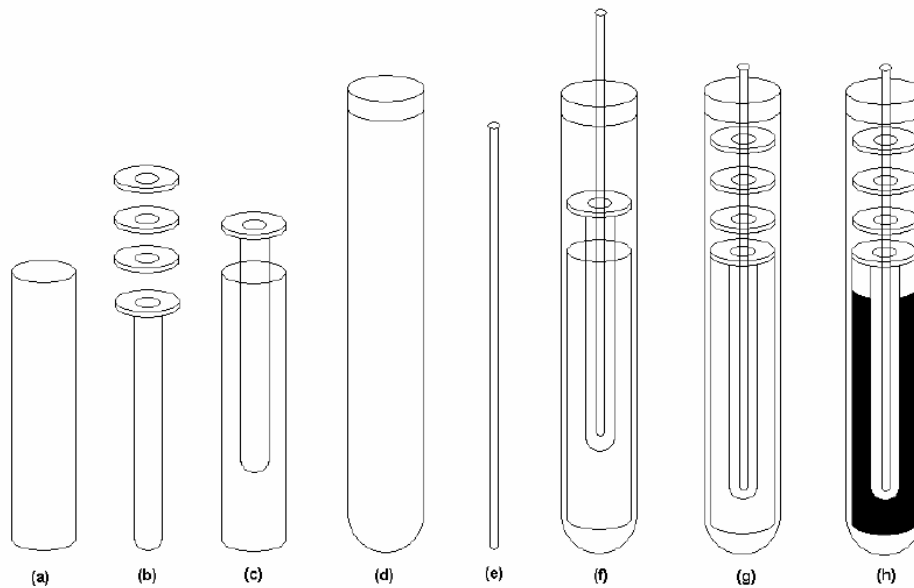
$$k = \frac{c_s}{c_l} \quad (2)$$

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 reproduisibilitas 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.

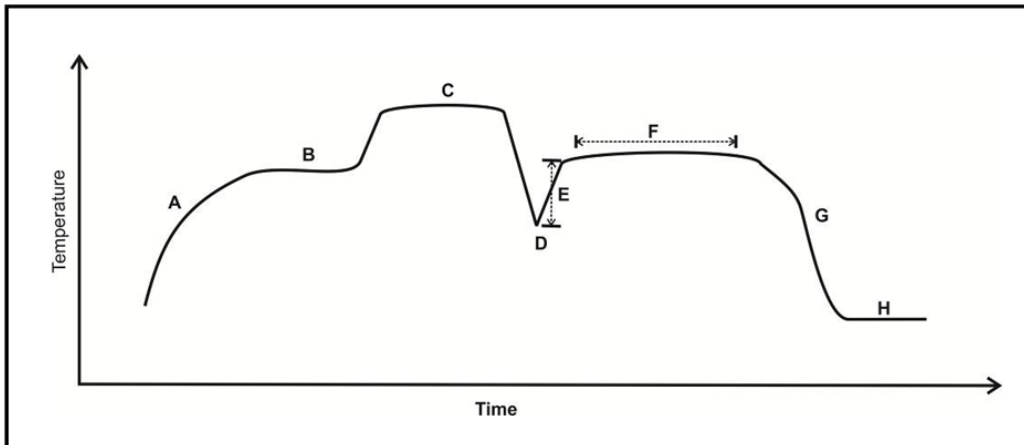
### 3. METODE PENELITIAN

#### 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.

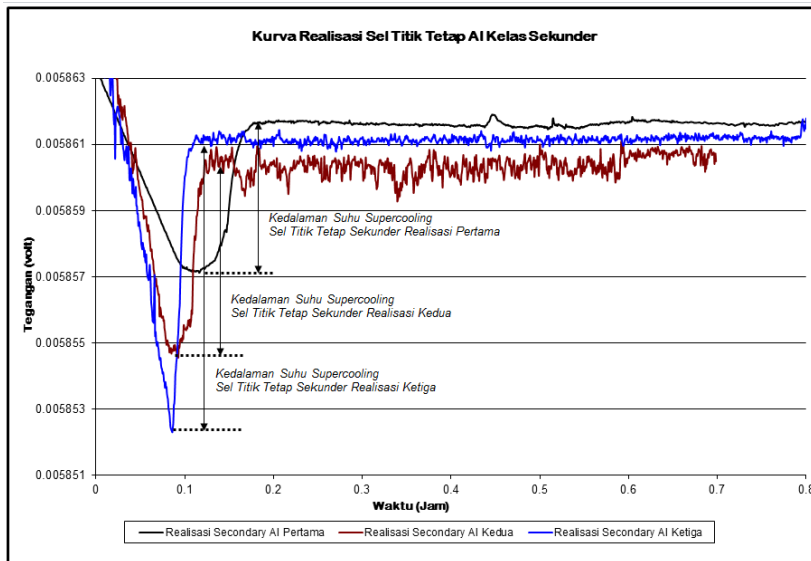
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 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

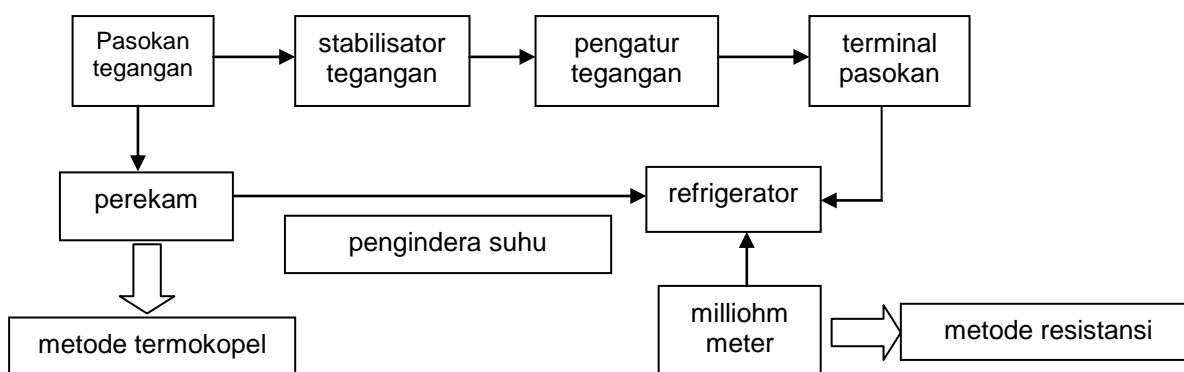
#### 3.1 Spesifikasi refrigerator

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

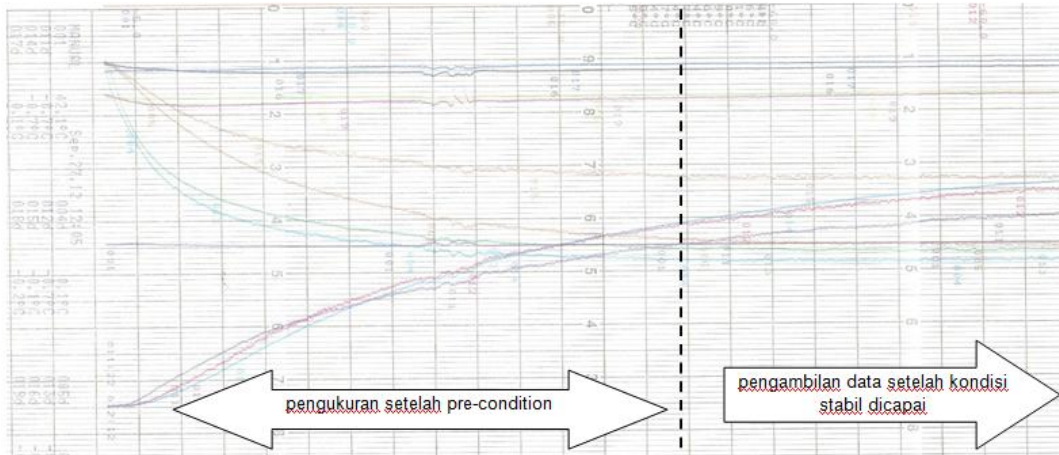
### 4.1 Pengukuran metode termokopel

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

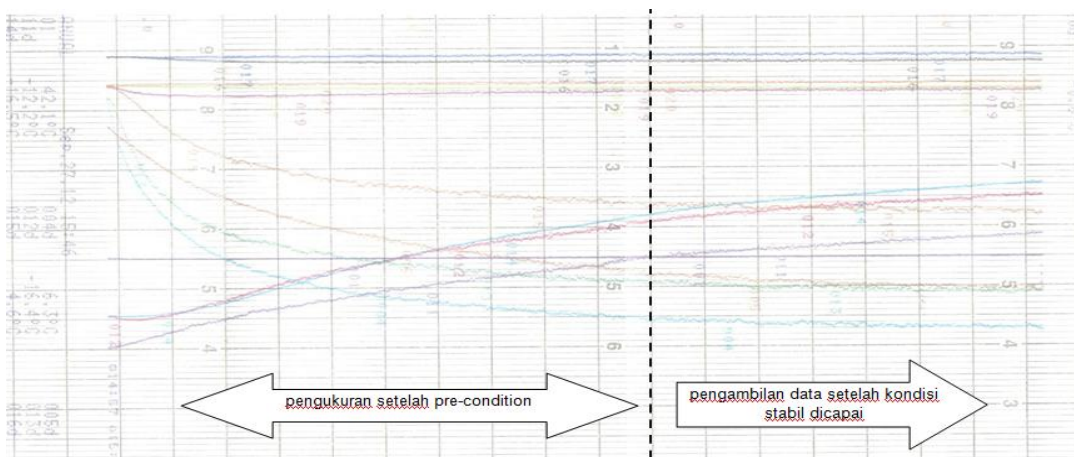


43°C±1°C selama 24 jam dengan kondisi pintu refrigerator terbuka. Hal ini bertujuan memberikan homogenitas temperatur antara lingkungan di dalam chamber dengan

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*.

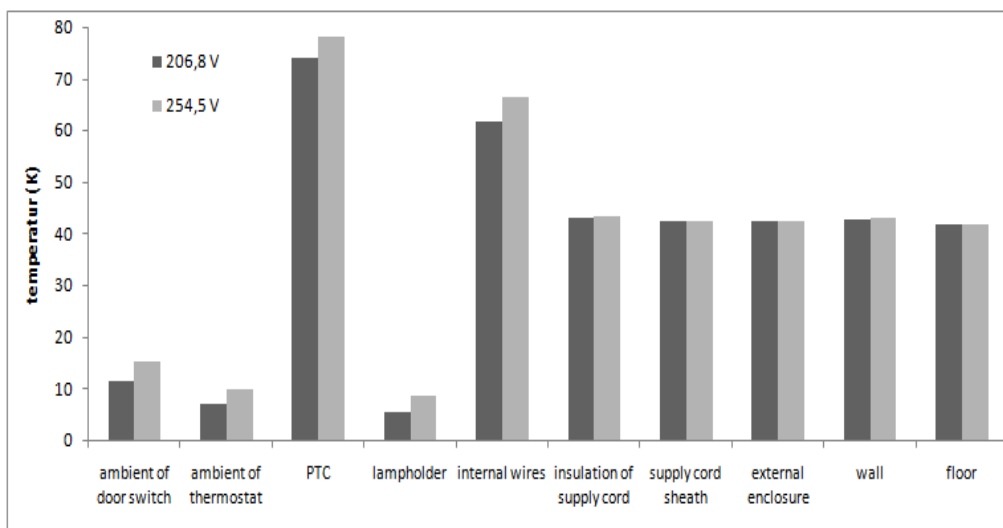
(vi) *external enclosure, wall* dan *floor*, pengukuran dilakukan dengan menempatkan termokopel pada pegangan pintu refrigerator (*handle*) menggunakan perekat tahan panas. Sedangkan *wall* dilakukan dengan menempatkan termokopel pada salah satu dinding dari *test corner* menggunakan perekat tahan panas.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



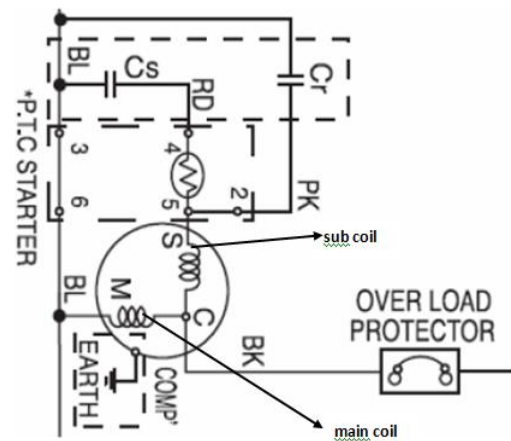
Gambar 4 Grafik temperatur komponen sistem refrigerasi

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

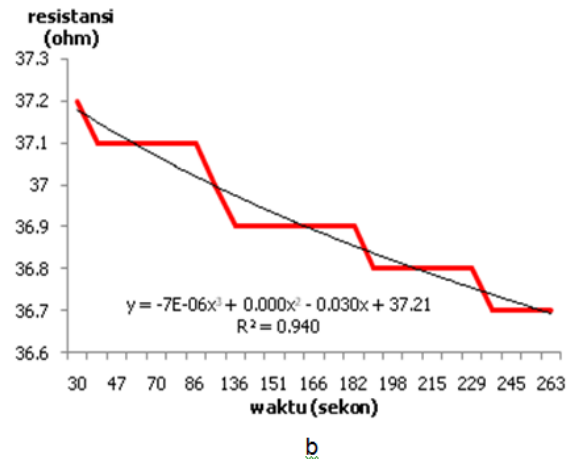
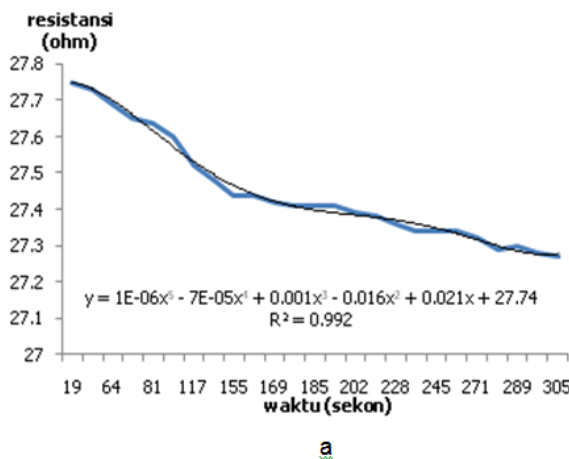
dengan nilai berturut-turut adalah 43,3K; 42,5K; 42,5K dan 43,6K; 42,7K; 42,5K. Nilai ini juga tidak jauh berbeda dengan *room ambient*. Hal ini memperlihatkan bahwa fenomena perpindahan panas konduksi yang terjadi pada *insulation of supply cord* dan *supply cord sheath* tidak begitu mempengaruhi karena 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.

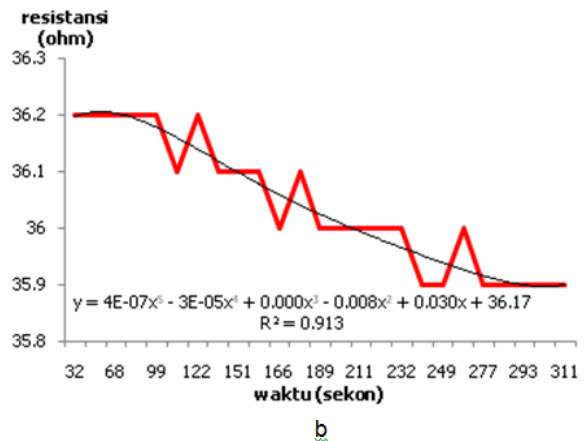
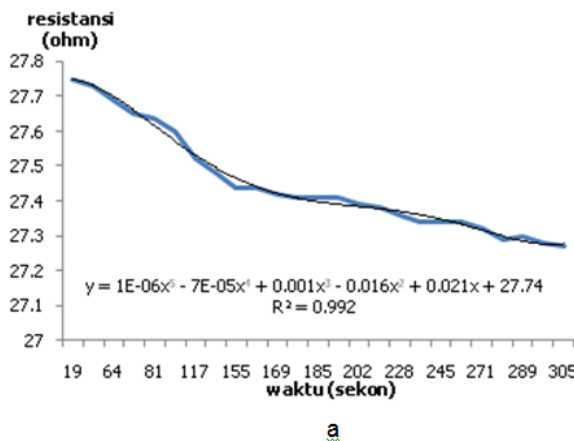
4.2 Pengukuran dengan metode resistansi  
Gambar 5 menunjukkan rangkaian listrik motor kompresor untuk pengukuran metode resistansi.



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

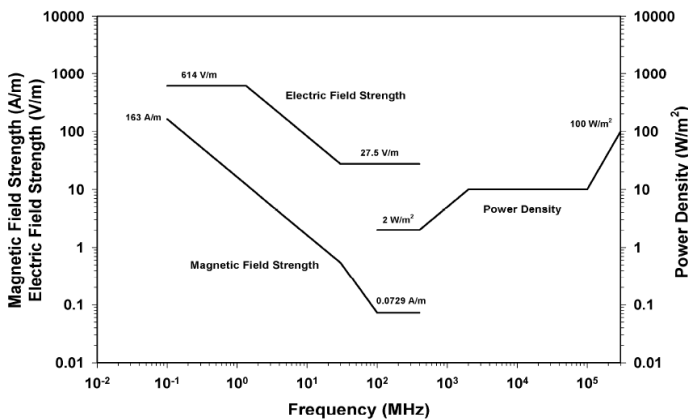
Frequency Range (MHz)	RMS electric field strength (E) <sup>a</sup> (V/m)	RMS magnetic field strength (H) <sup>a</sup> (A/m)	RMS power density (S) E-Field, H-field (W/m <sup>2</sup> )	Averaging time <sup>b</sup>  E  <sup>2</sup> ,  H  <sup>2</sup> or S (min)	
0.1—1.34	614	16.3/f <sub>M</sub>	(1000, 100 000/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.

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

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 :

$$d = R.c$$

$$c = 2.\text{atan}2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$a = \sin^2(\Delta\phi/2) + \cos(\phi_1).\cos(\phi_2).\sin^2(\Delta\lambda/2)$$

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

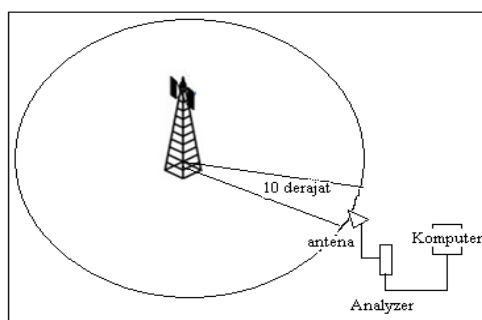
$E_x$  = nilai pada jarak  $D$  m

$n$  = 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.

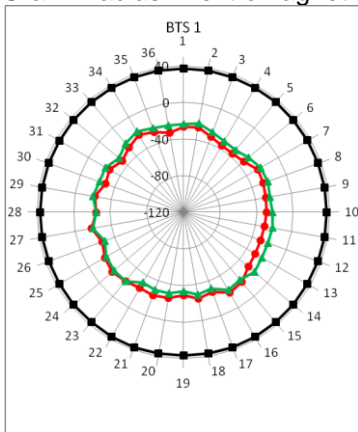
Metode pengambilan data pengukuran dilakukan dengan cara diambil sampel 36 titik mengitari menara, dengan perbedaan sudut 10 derajat, dari titik awal pengukuran Jarak pengambilan data disesuaikan dengan kondisi BTS di lapangan, hasil pengukuran akan dinormalisasi menggunakan persamaan (3).

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.

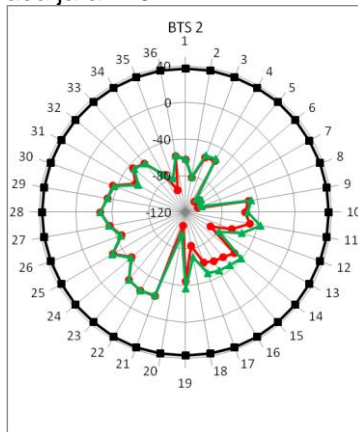
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran di lapangan dihitung dengan menggunakan persamaan 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

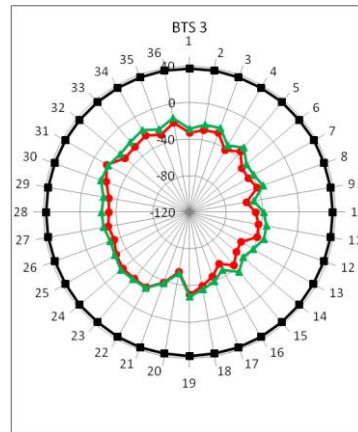
Grafik Radiasi Elektromagnetik pada jarak 10 m



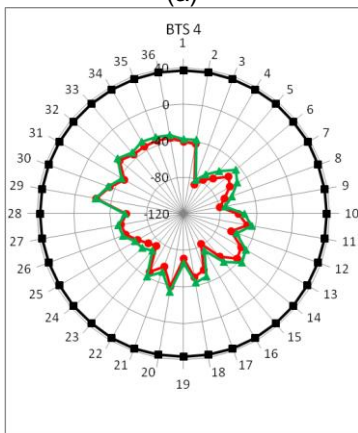
(a)



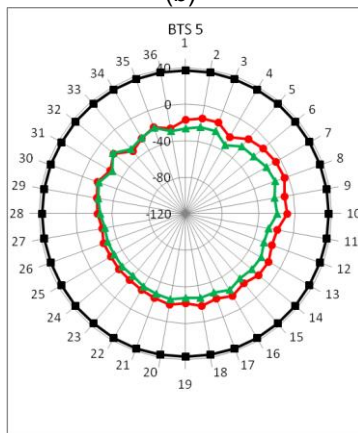
(b)



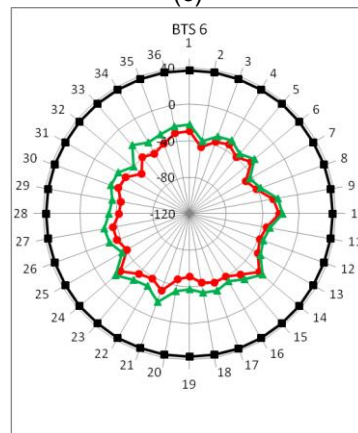
(c)



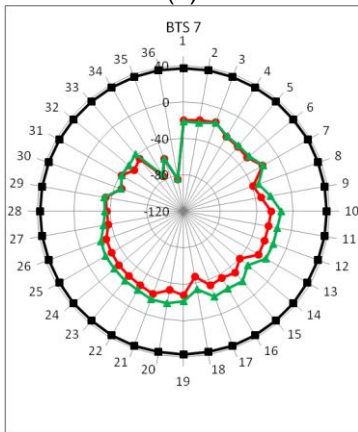
(d)



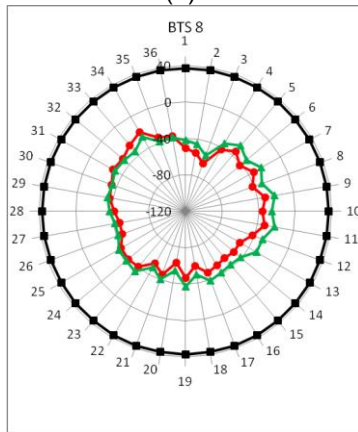
(e)



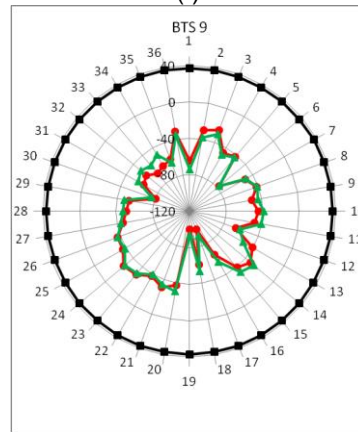
(f)



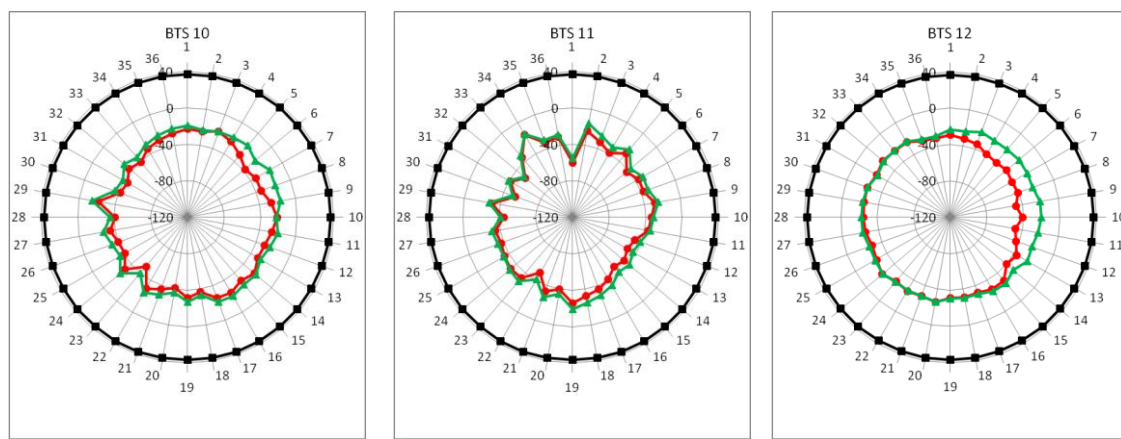
(g)



(h)



(i)



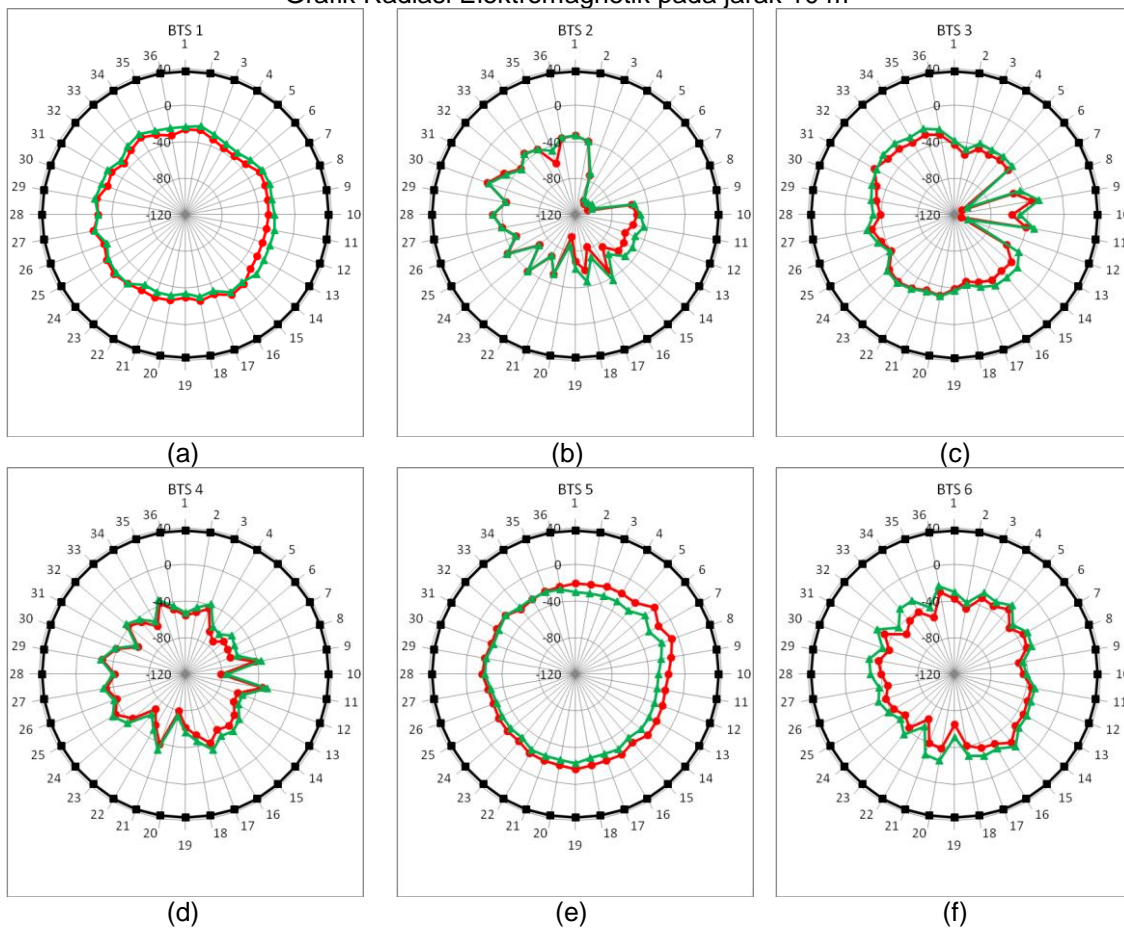
(j) Besarnya radiasi berdasarkan pengukuran Besarnya radiasi berdasarkan perhitungan  
 Batasan Standar IEEE

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

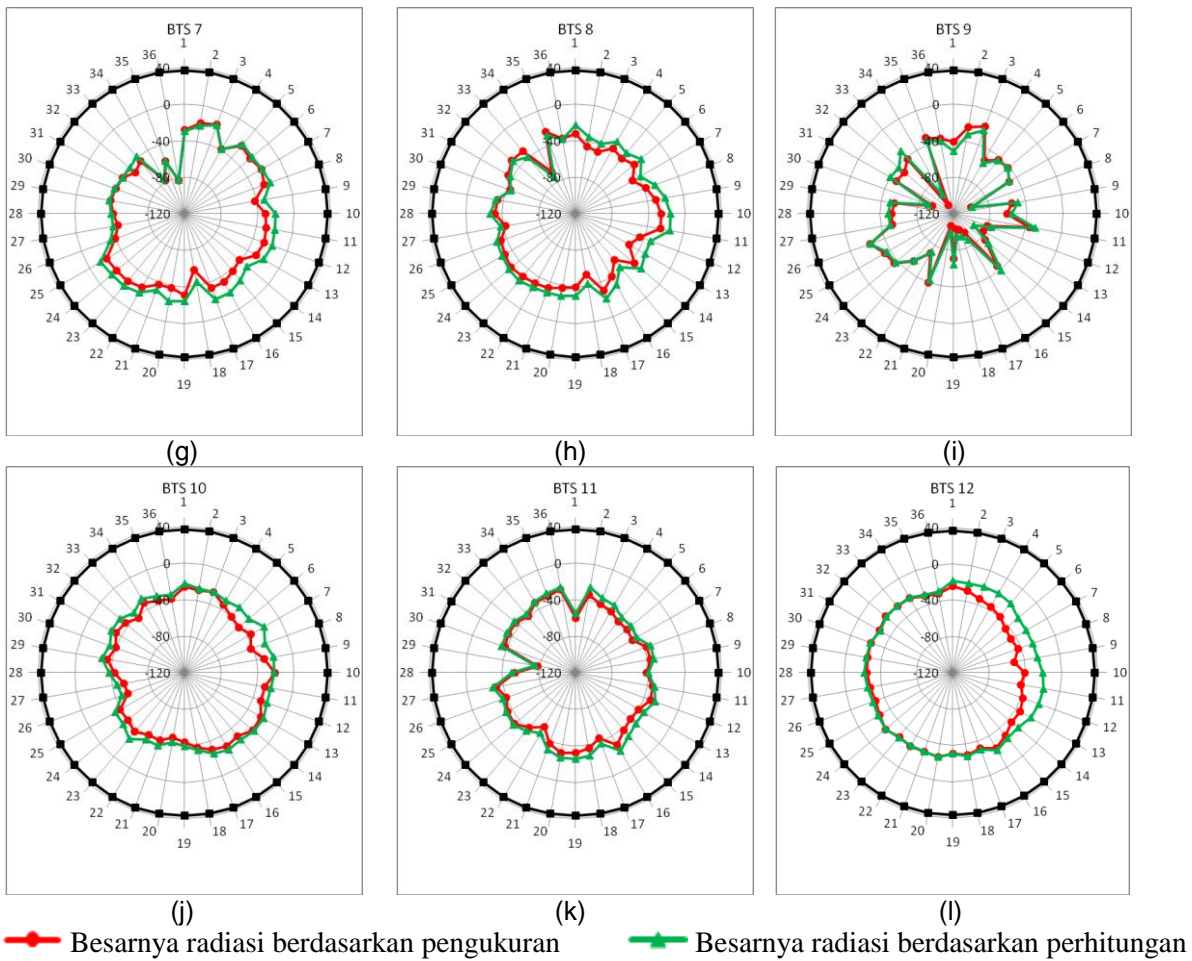
Gambar tersebut menunjukkan bahwa radiasi yang dipancarkan oleh BTS 1 sampai dengan 12 berada dibawah batasan standar IEEE. Sedangkan hasil pengukuran radiasi BTS pada

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 antena Horizontal ( $\text{dBm/m}^2$ )

Gambar 4 (a) sampai dengan (l) menunjukkan hasil analisa dari perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan terhadap standar untuk radiasi sinyal BTS secara horizontal, 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 antena.

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 antena untuk posisi vertikal berada pada frekuensi 947 MHz sebesar  $-4.419 \text{ dBm/m}^2$  sedangkan untuk posisi antena horizontal, 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