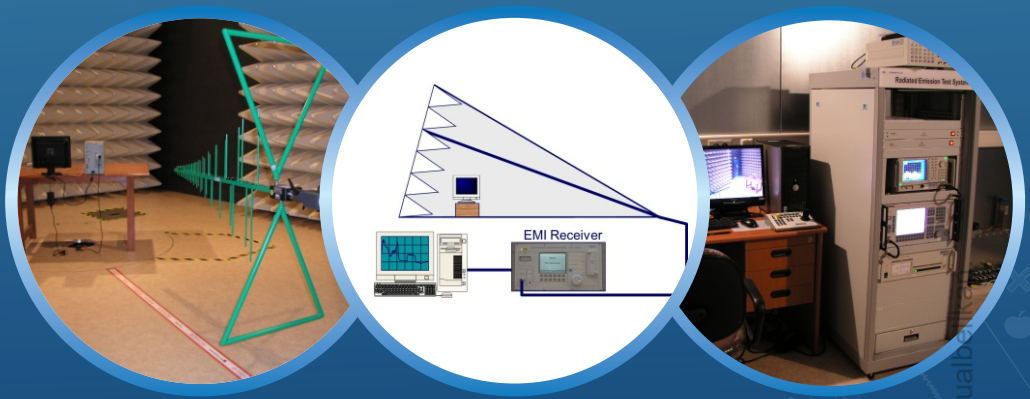
ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG ILMU KAYU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN

TEKNOLOGI PENGUJIAN PENENTU EFEK POSITIF MAUPUN NEGATIF MEDAN ELEKTROMAGNETIK HASIL PRODUK TEKNOLOGI SERTA INDUSTRI BERBASIS ELEKTRONIKA DAN KELISTRIKAN



OLEH:

R. HARRY ARJADI

LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
JAKARTA, 6 OKTOBER 2020

Buku ini tidak diperjualbu

TEKNOLOGI PENGUJIAN PENENTU EFEK POSITIF MAUPUN NEGATIF MEDAN ELEKTROMAGNETIK HASIL PRODUK TEKNOLOGI SERTA INDUSTRI BERBASIS ELEKTRONIKA DAN KELISTRIKAN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian
dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

All Rights Reserved

Buku ini tidak diperjualbelikan.

LIPI

ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG TEKNOLOGI PENGUJIAN

TEKNOLOGI PENGUJIAN PENENTU EFEK POSITIF MAUPUN NEGATIF MEDAN ELEKTROMAGNETIK HASIL PRODUK TEKNOLOGI SERTA INDUSTRI BERBASIS ELEKTRONIKA DAN KELISTRIKAN

OLEH:
R. HARRY ARJADI

LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
JAKARTA, 6 OKTOBER 2020

Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2020 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Pusat Penelitian Teknologi Pengujian

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Teknologi Pengujian Penentu Efek Positif Maupun Negatif Medan Elektromagnetik Hasil Produk Teknologi serta Industri Berbasis Elektronika dan Kelistrikan/R. Harry Arjadi. Jakarta: LIPI Press, 2020.

xi + 68 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-602-496-158-9 (cetak)
978-602-496-159-6 (*e-book*)

1. Teknologi Pengujian
2. Elektromagnetik
2. Efek Positif dan Negatif

539.2

Copy editor : Sonny Heru Kusuma
Proofreader : Risma Wahyu H.
Penata Isi : Rahma Hilma Taslima
Desainer Sampul : Meita Safitri

Cetakan : Oktober 2020

LIPI

Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Gedung PDDI LIPI, Lantai 6
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710
Telp.: (021) 573 3465
e-mail: press@mail.lipi.go.id
website: lipipress.lipi.go.id
LIPI Press
@lipi_press

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BIODATA RINGKAS

R. Harry Arjadi, lahir di Bandung, Jawa Barat, pada 22 April 1956, adalah anak ketiga dari enam bersaudara dari Bapak R. Suwito Tirtoatmodjo, B.Sc. dan Ibu Mamy Nuratmi (almh.). Menikah dengan Ir. Laksmi Andriastuti dan dikaruniai seorang anak, Asti Arya Nuriastuti, S.TP.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 4/M tahun 2013 tanggal 11 Januari 2013, yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Utama terhitung mulai 1 Juli 2012.

Berdasarkan Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Nomor 190/A/2020 tanggal 22 September 2020 tentang Pembentukan Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan pidato pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Pudjokusuman II Yogyakarta, tahun 1968; Sekolah Menengah Pertama III IKIP Yogyakarta, tahun 1971; dan Sekolah Menengah Atas Negeri IV Yogyakarta, tahun 1974. Memperoleh gelar Sarjana dari Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung tahun 1981 bidang Fisika Teknik; gelar Master of Science dari Salford University, United Kingdom (UK), tahun 1988, bidang *Electronic Engineering*; dan gelar Ph.D. bidang *Electronic Instrumentation Design* dari Salford University, United Kingdom (UK), tahun 1992.

Mengikuti beberapa pelatihan terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain *Thick Film Technology* di University of South Australia, Adelaide, Australia (1993); Pelatihan tentang "Scanning Tunnelling Microscope and Atomic Force Micros-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

copy", Waseda University, Jepang, yang merupakan program JSPS (1998); "In Service Training Program of Certification" dan "Technical Training for Electrical Safety and Electromagnetic Compatibility (EMC)", di Korea Selatan (2000), dan "EMC Training Course for The Field(s) of EMI/EMS Testing" di Korean Testing Laboratory, Korea Selatan (2007).

Pernah menduduki jabatan struktural sebagai Kepala Laboratorium Teknologi Pengujian P2 KIM LIPI (1995–2000), Kepala Bidang Teknologi Pengujian P2 KIM LIPI (2001–2004), Kepala Bidang Teknologi Pengujian P2 SMTP (2005–2009); dan Kepala Pusat Penelitian SMTP (2014–2016).

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Peneliti Muda golongan III/d tahun 1999; Peneliti Madya golongan IV/b tahun 2003; Peneliti Madya golongan IV/c tahun 2008 dengan kepakaran interdisiplin; dan Peneliti Utama golongan IV/d tahun 2012 bidang interdisiplin yang kemudian berubah menjadi bidang Teknologi Pengujian.

Menghasilkan 60 karya tulis Ilmiah (KTI) yang telah dipublikasikan, baik ditulis sendiri maupun dengan penulis lain dalam bentuk buku, bagian dari buku, jurnal, prosiding, dan makalah yang diterbitkan serta disampaikan dalam pertemuan nasional dan internasional. Sebanyak 12 KTI di antaranya ditulis dalam bahasa Inggris.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, di antaranya sebagai pembimbing skripsi (S1) pada beberapa perguruan tinggi, antara lain Universitas Indonesia, Universitas Sumatra Utara, Institut Teknologi Indonesia; pembimbing dan penguji tesis (S2) pada Institut Teknologi Bandung; dan sebagai *reviewer* dan penguji disertasi (S3) pada Institut Teknologi Bandung.

Ikut aktif dalam kegiatan profesi ilmiah dan kegiatan internasional; sebagai anggota dan pengurus Himpunan Masyarakat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Instrumentasi (HiMII), anggota delegasi Indonesia dalam Program *Barrier Removal to the Cost-Effective Development and Implementation of Energy Efficiency Standards and Labeling* (BRESL) tahun 2010 sampai 2014, sebagai perwakilan Indonesia di *Asia Network Forum* (ANF), tahun 2008 sampai sekarang, dan sebagai *Guest Lecture* di ETC–Taiwan, tahun 2018.

Menerima tanda penghargaan, di antaranya Satyalancana Karya Satya X Tahun (2000), XX Tahun (2005), XXX Tahun (2013), dan Satyalancana Pembangunan (2018) dari Presiden Republik Indonesia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS v
PRAKATA PENGUKUHAN..... ix

I PENDAHULUAN 1
II TEKNOLOGI PENGUJIAN DAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK 4
2.1 Teknologi Pengujian 4
2.2 Medan Elektromagnetik 7
2.3 Sumber-Sumber Medan Elektromagnetik..... 7
III TEKNOLOGI PENGUJIAN PENGENDALI EFEK POSITIF DAN NEGATIF MEDAN ELEKTROMAGNETIK 12
3.1 Efek Positif Medan Elektromagnetik pada Beberapa Bidang.. 12
3.2 Dampak Negatif Medan Elektromagnetik..... 16
3.3 Teknologi Pengujian Pengendali Efek Negatif Medan Elektromagnetik (EM)..... 18
IV KESIMPULAN 23
V PENUTUP 25

UCAPAN TERIMA KASIH 27
DAFTAR PUSTAKA..... 30
LAMPIRAN 37
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH..... 46
DAFTAR RIWAYAT HIDUP 55

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Assaalamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset yang mulia dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah Swt. Tuhan YME, Yang Mahakuasa atas alam dan hidup ini. Atas rahmat, hidayat, dan karunia, serta izin-Nya-lah pada kesempatan ini kita bisa berkumpul dan bertemu di tempat yang Insya Allah diberkahi ini. Semoga kita semua dalam keadaan sehat walafiat serta dalam lindungan-Nya.

Pada kesempatan yang berbahagia ini pula, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

"TEKNOLOGI PENGUJIAN PENENTU EFEK POSITIF MAUPUN NEGATIF MEDAN ELEKTROMAGNETIK HASIL PRODUK TEKNOLOGI SERTA INDUSTRI BERBASIS ELEKTRONIKA DAN KELISTRIKAN"

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

I. PENDAHULUAN

Berjalannya waktu dan perubahan fenomena alam diiringi dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, berpengaruh pada perkembangan teknologi di segala bidang, di antaranya bidang elektronika dan kelistrikan. Melihat realita yang ada, seperti yang disampaikan pada buku tentang *Kajian Pemahaman dan Kesadaran Pemangku Kepentingan Industri Elektronika terhadap SNI Wajib*[1] dan buku tentang *Langkah-langkah Strategis untuk Peningkatan Daya Saing Produk Elektronika*[2], teknologi di bidang ini berkembang sangat cepat, dan perkembangannya diikuti dengan pertumbuhan masyarakat modern yang memiliki mobilitas tinggi dan selalu mencari efisiensi di segala aspek. Kebutuhan peralatan yang akan mendukung kegiatan masyarakat modern ini makin beraneka ragam dengan efisiensi yang lebih. Tidak bisa dipungkiri, peralatan pendukung ini lebih membutuhkan peralatan yang didasari ilmu pengetahuan dan teknologi yang lebih maju. Seperti yang telah diketahui secara umum, di bidang telekomunikasi, khususnya komunikasi jarak jauh telah menghadirkan telepon seluler yang dianggap lebih efisien dibandingkan telepon *fixed line*. Kehadiran telepon seluler sangat membantu masyarakat dalam berkomunikasi di mana pun mereka berada. Saat ini telepon seluler sudah menjadi kebutuhan sehari-hari dan digunakan secara umum oleh semua usia serta dari berbagai macam kalangan.

Di bidang lainnya, seperti halnya kebutuhan akan peralatan rumah tangga, telah ditawarkan beberapa peralatan rumah tangga yang memberikan kemudahan bagi ibu rumah tangga ataupun para pelaku yang membutuhkan peralatan rumah tangga untuk menyelesaikan pekerjaannya dengan lebih mudah dan cepat. Banyak peralatan baru yang didasari oleh perkem-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

bangan ilmu pengetahuan dan teknologi, seperti halnya dikenal dengan pengolah makanan (*food processor*), penanak nasi (*rice cooker*), kompor listrik (*electric stove*), pengondisi ruangan (*air conditioner*), dan lemari pendingin (*refrigerator*)[1–4]. Demikian juga di bidang lainnya, seperti transportasi, kesehatan, maupun pertanian, diperlukan peralatan pendukung yang merupakan hasil teknologi dan industri maju.

Pada era revolusi industri 4.0 yang berbasiskan *Internet of Thing*s (IoT) saat ini, produk teknologi dan industri sebagai peralatan pendukung merupakan produk berbasis kelistrikan dan elektronika serta menghasilkan medan elektromagnetik, yang kemudian menjadi sumber medan elektromagnetik bagi lingkungan. Dengan demikian, dapat terlihat dampak positif medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh produk dengan teknologi maju tersebut bagi kehidupan. Dampak positif itu antara lain adanya komunikasi antarpengguna dengan peralatan pendukung tersebut melalui komunikasi radio frekuensi (RF) sehingga pekerjaan dengan alat pendukung tersebut tidak terhambat, baik oleh waktu maupun jarak.

Kelebihan dan kemudahan yang ditawarkan oleh produk hasil teknologi dan industri ini, selain ada banyak dampak positif, juga terdapat dampak negatif bagi masyarakat yang menimbulkan kekhawatiran para ahli, yaitu radiasi medan elektromagnetik yang dihasilkan dan dipancarkan produk baru tersebut. Radiasi *radio frequency-electromagnetic field* (RF-EMF) sering dituding sebagai penyebab berbagai masalah. Hasil penelitian tentang pengaruh gelombang elektromagnetik pada cairan tubuh manusia yang berjudul "Studi dan Analisis Rancang Bangun Sistem dan Metode Pengukuran *Spesific Absorbtion Rate* (SAR) *Mobile Phone*"[5,6], menunjukkan adanya peningkatan temperatur cairan pengganti cairan kepala sebesar 1,43°C setelah mendapat-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

kan paparan gelombang elektromagnetik yang bekerja pada frekuensi 900 MHz dengan intensitas sebesar 70 dBmV. Hal ini menunjukkan adanya efek negatif yang dihasilkan oleh medan elektromagnetik pada kesehatan.

Hal lain yang perlu diperhatikan dengan adanya perkembangan teknologi dan industri ini, akibat adanya revolusi industri 4.0, mengakibatkan adanya sejumlah besar data secara *online* di udara/di ruang fisik terakumulasi di dunia maya dan dianalisis oleh kecerdasan buatan (*artificial intelegent*/AI), maka perlu untuk diendapkan menjadi bentuk teknologi di segala bidang yang akan dimanfaatkan oleh manusia dalam kehidupannya. Proses ini menjadikan timbulnya revolusi industri 5.0 dan yang dikenal di Jepang sebagai *Society 5.0,* yaitu penggunaan teknologi untuk harkat hidup manusia[7–12].

Banyak hal yang perlu dilakukan untuk mengendalikan dampak dari perubahan teknologi, termasuk adanya dampak dari hasil teknologi dan industri yang menghasilkan medan elektromagnetik pada lingkungan. Perlu dilakukan penelitian tentang sistem dan metode pengujian dan atau pengukuran untuk produk hasil teknologi dan industri yang selalu berkembang sesuai dengan perkembangan zaman. Penelitian tentang teknologi pengujian haruslah menjadi prioritas dan perhatian bagi seluruh pemangku kepentingan untuk jaminan mutu produk teknologi maupun industri tersebut. Demikian pula infrastruktur untuk teknologi pengujian perlu diperhatikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

II. TEKNOLOGI PENGUJIAN DAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK

2.1 Teknologi Pengujian

Daya saing (mutu) produk dan objek, baik hasil teknologi maupun industri harus memenuhi optimalisasi melalui penelitian dan pengembangan, perancangan dan produksi, serta telah melalui karakterisasi untuk memenuhi spesifikasi dan regulasi yang diinginkan, seperti halnya kinerja (*performance*), mempunyai daya saing (*quality*), keamanan (*safety*), fungsi, harga, dan kompatibel terhadap lingkungan (Gambar 1).

Teknologi yang menjamin dan memastikan bahwa suatu produk, baik teknologi maupun industri akan memberikan manfaat positif bagi lingkungannya, yang juga termasuk pengguna, salah satunya adalah teknologi pengujian. Teknologi pengujian merupakan satu set kegiatan pengujian dan atau pengukuran yang menjamin bahwa suatu produk, baik teknologi maupun industri berfungsi sesuai dengan tujuannya, yaitu mempunyai kinerja (*performance*) sesuai dengan spesifikasinya dan aman (*safety*), baik untuk pengguna maupun aman untuk produk itu sendiri[1–4].

Teknologi pengujian adalah ilmu tentang sistem dan metode dalam melakukan pengujian dan atau pengukuran untuk mengetahui kondisi sebuah produk teknologi atau industri. Ilmu tentang teknologi pengujian ini ditinjau dari beberapa aspek, yaitu aspek fungsi dari sistem dan metode pengujian dan atau pengukuran serta aspek keilmuan yang digunakan dalam menghasilkan sistem dan metode tersebut. Teknologi pengujian sesuai dengan fungsinya dapat dikategorikan menjadi tiga kategori, yaitu teknologi pengujian untuk kinerja produk sesuai dengan spesifikasi, teknologi pengujian untuk faktor keselamatan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

(*safety*) sesuai dengan standar teknis keselamatan, dan teknologi pengujian untuk fungsi produk sesuai standar mutu (*quality*) (Gambar 2).

Hasil penelitian tentang "Perancangan dan Pengembangan Sistem dan Metode Uji Pengaruh *Electromagnetic Compatibility* (EMC) pada Kinerja Peralatan Kelistrikan dan Elektronika Berdasarkan Standar IEC 61000-4 Series" menunjukkan bahwa teknologi pengujian berdasarkan keilmuan dibagi dalam beberapa macam sistem dan metode pengukuran dan atau pengujian, yaitu teknologi pengujian efek kelistrikan dan elektronika, teknologi pengujian mikroanalisis (basis keilmuan kimia), teknologi pengujian efek mekanik, teknologi pengujian efek lingkungan, dan juga teknologi pengujian efek elektromagnetik (basis keilmuan fisika), termasuk kompatibilitas terhadap gelombang/medan elektromagnetik di dalamnya (Gambar 3).

Secara umum, pengujian merupakan serangkaian pengukuran suatu besaran fisik suatu produk, baik teknologi maupun industri yang nilai hasil pengukurannya, tidak boleh melebihi level persyaratan yang ditunjukkan oleh standar teknis maupun regulasi yang berlaku untuk produk industri dan teknologi tersebut. Dengan demikian, dalam rangkaian pengujian dan atau pengukuran diperlukan adanya sistem dan metode yang didukung oleh beberapa hal, antara lain perangkat/sistem dan metode pengukuran, standar teknis dan atau regulasi, dan sumber daya manusia (SDM) pelaksana yang sesuai dengan kepakaran dalam pengujian suatu produk tertentu (Gambar 4).

Mengacu pada pendalaman tentang teknologi pengujian, telah dilakukan penelitian di bidang teknologi pengujian untuk mendukung tingkat kualitas beberapa produk industri dan teknologi, antara lain "Teknologi pengujian untuk mengetahui besarnya radiasi medan elektromagnetik pada permukaan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Printed Circuit Board (PCB)"[13,14]; "Pengaruh medan elektromagnetik sistem perkeretaapian terhadap lingkungannya"[15–20]; "Peralatan metrologi dan pengujian"; "Pengembangan teknologi pengukuran dan metrologi EMC dan promosi LIPI"[21–28]; dan penelitian-penelitian tentang teknologi pengujian yang mencakup teknologi pengujian kualitas produk industri dan teknologi; teknologi pengujian kualitas perangkat/komponen pada produk industri dan teknologi; teknologi pengujian material produk industri dan teknologi, serta yang lainnya.

Dengan berkembangnya teknologi saat ini, dan sejalan dengan isu global tentang revolusi industri 4.0 maka produk, baik hasil teknologi maupun industri semakin kompleks[8], terlebih sudah mulai adanya isu global tentang revolusi industri 5.0, yang di lingkungan masyarakat Jepang dikenal sebagai *Society 5.0*[7–12].

Sejalan dengan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian di bidang perangkat/sistem dan metode pengukuran untuk mendukung pengujian, sesuai dengan perkembangan teknologi yang ada, termasuk keterkaitannya dengan beberapa bidang keilmuan. Demikian juga menyangkut masalah standar teknis dan atau regulasi, tentu sebelum diberlakukan perlu untuk dilakukan penelitian serta kajian standar teknis/regulasinya, agar tidak menjadi standar teknis/regulasi yang tidak dapat diterapkan.

Bagaimana dengan SDM pelaksana, hal tersebut juga menjadi salah satu bidang yang sangat diperlukan untuk dilakukan kajian dan penelitian tentang teknologi yang telah berkembang agar masalah-masalah kepakaran, kemampuan, serta kedisiplinan SDM untuk masalah pengujian hasil industri dan teknologi sesuai dengan kepakaran yang diperlukan. Selain

Buku ini tidak diperjualbelikan.

itu, agar pelaksanaan pengujian untuk pemenuhan standar teknis dan regulasi dapat dipertanggungjawabkan.

2.2 Medan Elektromagnetik

Lingkungan hidup tidak akan pernah terlepas dari sifat-sifat fisika, kimiawi, dan biologis. Terdapat puluhan juta bahkan lebih materi dan partikel yang tersebar pada lingkungan kehidupan. Salah satu yang selalu berada di dekat lingkungan kehidupan adalah medan elektromagnetik dan semakin terasa keberadaannya setelah banyaknya produk, baik hasil teknologi maupun industri yang dihasilkan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini.

Medan elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat walaupun tidak ada media perantara. Medan elektromagnetik terbentuk dari usikan medan magnet dan medan listrik. Kedua medan bergetar dalam arah yang saling tegak lurus. Medan magnet dan medan listrik pembentuk medan elektromagnetik yang berupa gelombang transversal, yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getarnya[29–31](Gambar 5).

2.3 Sumber-Sumber Medan Elektromagnetik

Sumber-sumber medan elektromagnetik sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain telepon seluler/*gadget*, lampu penerangan (lampu LED khususnya), *microwave oven*, televisi, kipas listrik (*electric fan*), lemari pendingin (*refrigerator*), dan pengondisi udara (*air conditioner*/AC)[1–3]. Intinya, sumber medan elektromagnetik dihasilkan dan atau berasal dari peralatan (*device*) yang menggunakan listrik, atau dengan kata lain adanya aliran listrik dalam peralatan tersebut. Jadi, sumber-sumber

Buku ini tidak diperjualbelikan.

medan elektromagnetik adalah peralatan-peralatan yang berbasiskan kelistrikan atau elektronika.

2.3.1 Medan Elektromagnetik Telepon Seluler/Gadget

Peralatan komunikasi seperti halnya telepon seluler (*mobile phone*) secara rancangan kegunaannya akan menghasilkan medan/gelombang elektromagnetik (Gambar 6). Diketahui macam-macam model telepon seluler beredar di pasar, dan hampir semua orang telah menggunakan peralatan komunikasi tersebut. Dengan demikian, dilihat dari medan/gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh telepon seluler akan berbeda dari satu jenis dengan jenis yang lain.

Secara umum, medan/gelombang elektromagnetik tersebut bekerja pada beberapa pita frekuensi tertentu, antara lain pada frekuensi tengah 900 MHz, 1.800 MHz, dan 2.400 MHz. Dari hasil penelitian tentang ”Perancangan Sumber Medan EMS Homogen sebagai Acuan dalam Pengukuran Efek Medan pada Benda Uji”[22] menunjukkan bahwa medan/gelombang elektromagnetik ini selain memberikan pengaruh positif sebagai peralatan komunikasi yang memberikan kemudahan bagi pengguna, juga akan memberikan pengaruh negatif terhadap lingkungannya, termasuk memberikan dampak negatif pada manusia atau kehidupan lainnya. Hal yang mungkin terjadi pada kesehatan manusia adalah terganggunya kualitas bioelektrik pada tubuh manusia[32–34], seperti yang ditunjukkan dari hasil penelitian tentang ”Perancangan Sistem Pengukuran Interferensi Gelombang Elektro-Magnetik pada Tangan dengan Menggunakan Simulasi Cairan Pengganti”[5,6] (Gambar 7).

Kualitas kesehatan manusia akan tergantung pada asupan yang diterima, tetapi kualitas bioelektrik dalam tubuh manusia

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang menggerakkan kehidupan juga akan sangat memengaruhi kondisi kehidupan tersebut.

2.3.2 Medan Elektromagnetik Peralatan Rumah Tangga

Peralatan berbasis kelistrikan menghasilkan medan elektromagnetik (EMF), termasuk di dalamnya peralatan rumah tangga yang berbasis kelistrikan. Medan-medan elektromagnetik ini dapat berlapis, satu demi satu, menciptakan tingkat radiasi yang berbahaya. Itu sebabnya dapur adalah salah satu *hotspot* medan elektromagnetik (EMF) yang berbahaya. Akan tetapi, kamar lain juga terpengaruh, seperti halnya kamar tidur.

Orang lebih banyak menghabiskan waktu pada saat tidur, medan elektromagnetik (EMF) di kamar tidur adalah masalah serius. Walaupun paparan medan elektromagnetik di kamar tidur lebih kecil dibandingkan di dapur, namun paparannya lebih lama/lebih panjang waktunya. Menurut standar, medan elektromagnetik di kamar tidur (terutama di area kepala) harus tetap di bawah 1 mG saat tidur dan tidak pernah melebihi 2–4 mG[35]. Beberapa sumber medan elektromagnetik di kamar tidur antara lain berasal dari jam elektrik (*electric clock*), lampu tidur (*LED lamp*), televisi, pisau cukur listrik **(***electric razors*), dan pengering rambut (*hair dryers*) (Gambar 8).

Jadi, semua peralatan/produk yang berbasis kelistrikan dan elektronika akan menghasilkan medan elektromagnetik dan memancarkan/meradiasikannya sesuai dengan teori Maxwell.

> "Teori Maxwell yang lengkap dan simetris menunjukkan bahwa, gaya listrik dan magnet tidak terpisah, tetapi manifestasi berbeda dari hal yang sama yaitu gaya elektromagnetik"[29–31].

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Maxwell menyatakan bahwa medan elektromagnetik akan merambat dengan kecepatan rambat yang dinyatakan oleh persamaan:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

Dengan: $\sqrt{\mu_0}$ adalah permeabilitas ruang bebas dan $\sqrt{\varepsilon_0}$ adalah permitivitas ruang bebas (Gambar 9).

2.3.2.1 Medan Elektromagnetik Moda Transportasi

Sumber medan elektromagnetik selain berasal dari produk-produk rumah tangga ataupun seluler, alat transportasi seperti halnya alat transportasi kereta api, khususnya kereta rel listrik (KRL), ataupun mobil/motor yang menggunakan listrik, juga menjadi sumber-sumber medan elektromagnetik[15,36]. Moda transportasi tipe ini sudah mulai dipergunakan di masyarakat, tentu moda transportasi ini menjadi sumber-sumber medan elektromagnetik di sekitar masyarakat.

Moda transportasi ini bergerak dengan menggunakan komponen penggerak berbasiskan kelistrikan dan elektronika. Seperti halnya KRL bergerak dikarenakan adanya motor listrik (motor traksi) yang ada di bagian roda kereta, tentu motor listrik ini bisa bekerja karena adanya aliran listrik pada kumparan di motor traksi tersebut (Gambar 10).

Demikian juga dengan halnya kendaraan motor lainnya, baik kendaraan roda dua maupun roda empat yang menggunakan tenaga listrik. Motor penggeraknya adalah motor traksi, yang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pasti akan menghasilkan medan elektromagnetik selain fungsi utamanya yaitu menghasilkan gaya gerak (Gambar 11).

Penjelasan dan pemahaman tentang medan elektromagnetik pada moda transportasi memberikan penjelasan tentang adanya medan elektromagnetik yang diradiasikan ke lingkungan di mana moda transportasi berada[30–32]. Jadi, perlu ditentukan dan diketahui batas maksimum tentang daya medan elektromagnetik yang diperbolehkan, yaitu melalui serangkaian kegiatan pengujian, yang tentu saja memerlukan teknologi pengujian yang sesuai dengan produk tersebut. Beberapa negara di sekitar Indonesia telah banyak yang menggunakan moda transportasi yang berbasiskan kelistrikan dan elektronika, untuk membatasi bahaya yang mungkin terjadi, maka telah diberlakukan regulasi dan standar teknis yang diacu untuk pelaksanaan pengujian produk moda transportasi berbasiskan kelistrikan dan elektronika.

Seperti yang telah disampaikan sebelumnya, traksi terjadi karena adanya medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan pada motor traksi yang dialiri oleh listrik, seperti halnya hasil observasi penelitian oleh Hans Christian Orsted pada tahun 1820 menghasilkan kesimpulan bahwa arus listrik yang mengalir melalui kawat menghasilkan medan magnet (Gambar 12).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

III. TEKNOLOGI PENGUJIAN PENGENDALI EFEK POSITIF DAN NEGATIF MEDAN ELEKTROMAGNETIK

3.1 Efek Positif Medan Elektromagnetik pada Beberapa Bidang

Efek positif medan elektromagnetik akan memberikan manfaat bagi kehidupan. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adanya efek positif medan elektromagnetik pada beberapa bidang, antara lain bidang komunikasi, bidang industri peralatan rumah tangga, bidang transportasi, bidang kesehatan, serta bidang pertanian, dan masih banyak lagi bidang-bidang yang lain. Beberapa bidang yang menghasilkan medan elektromagnetik dengan memberikan dampak positifnya, antara lain.

3.1.1 Bidang Pertanian (Pangan)

Kebutuhan pangan salah satu faktor yang akan mendukung dalam kesejahteraan masyarakat dalam satu negara. Penelitian tentang "Kompatibilitas Elektromagnetik untuk meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Pangan Lokal (2016–2017)" adalah suatu penelitian tentang metode dalam memperlakukan bibit tanaman untuk mendapatkan bibit yang lebih berkualitas. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya efek positif medan elektromagnetik yang dipaparkan pada bibit tersebut. Perlakuan dengan menggunakan medan elektromagnetik adalah salah satu cara baru untuk mendapatkan kualitas pangan yang lebih baik ataupun waktu tanam yang lebih cepat. Dengan memberikan paparan medan elektromagnetik pada semaian bibit kacang-kacangan, akan terlihat bahwa pada intensitas tertentu bibit kedelai akan keluar kecambahnya dengan lebih cepat waktu yang dibutuhkannya (Gambar 13).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

3.1.2 Bidang Transportasi

Moda transportasi yang mulai banyak diminati, dikembangkan untuk lebih banyak memberikan kemudahan bagi pengguna adalah moda transportasi kereta, khususnya di dalam kota menggunakan kereta rel listrik (KRL). Penggunaan moda kereta rel listrik ini juga telah dikembangkan dengan moda yang lebih banyak dapat membantu kebutuhan pengguna transportasi, yaitu dengan pengembangan *mass rapid transit* (MRT) maupu *light rail transit* (LRT)[15]. Baik MRT maupun LRT menggunakan listrik sebagai tenaga penggerak moda transportasi ini, yaitu roda digerakkan dengan menggunakan motor traksi, yang berarti medan elektromagnetik akan dihasilkan di sekitar gerbong kereta ini. Secara fungsi ada kemudahan dalam penggunaan energi yang digunakan untuk penggerak transportasi ini. Hasil pengujian dan atau pengukuran besarnya radiasi gelombang elektromagnetik untuk tenaga penggerak lebih besar intensitasnya untuk mendapatkan tenaga gerak yang lebih besar juga[16] (Gambar 14).

Kecepatan dan efisiensi waktu sangat dibutuhkan saat ini, di mana kinerja dalam suatu pekerjaan diprioritaskan dalam membangun etos kerja yang baik sehingga keterkaitan akan kebutuhan teknologi juga diperlukan guna mendukung sarana kendaraan transportasi seperti halnya kereta api. Karena kendaraan umum ini banyak diminati masyarakat maka harus ada perhatian lebih dalam meningkatkan pelayanan dan kenyamanan, terutama hal keselamatan. Penggunaan sensor atau detektor dapat membantu memfasilitasi alat transportasi berupa moda kereta untuk mendukung sistem keamanan dan informasi yang terpusat. Hasil penelitian tentang "Deteksi Posisi Kereta Api dengan Prinsip *Radio Frequency Identification* (RFID)"[36] dan penelitian tentang "Perancangan Sistem Pembacaan *Radio Frequency Indentification* (RFID) Berdasarkan Karakteristik

Buku ini tidak diperjualbelikan.

RFID Tipe CR-103 sebagai Alat Identifikasi Posisi Kereta"[37] menunjukkan bahwa penggunaan alat pendukung seperti sensor/ detektor dengan prinsip *Radio Frequency Identification* (RFID), data yang diperoleh mencakup pada penggunaan gelombang radio frekuensi yang ditentukan. Dengan jarak deteksi yang relatif dekat dan instalasi tidak terlalu rumit, akan lebih mudah untuk mengontrol dan mendeteksi kereta api agar dapat mengurangi kejadian yang tidak diinginkan, seperti kecelakaan, baik di dalam lintasan rel maupun di luar. Alat RFID pada sistem berfungsi untuk mengukur seberapa kuat medan elektromagnetik yang dihasilkan, yaitu dengan menggunakan sensor *hall effect* pada jarak yang telah ditentukan[38].

Teknologi RFID berkembang dengan cepat dari tahun ke tahun, kehadirannya memberikan kontribusi dan tanggapan positif kepada instansi atau konsumen yang menggunakan jasanya. Keberadaan RFID diperlukan untuk memenuhi kecepatan dan ketepatan dalam memproses data serta pemberitahuan informasi. Penggunaan RFID untuk *tracking* pertama kali digunakan sekitar tahun 1980-an. Kemampuannya dapat melacak atau men-*tracking object* yang bergerak sehingga sangat ideal untuk diaplikasikan pada kereta api (Gambar 15).

Ini juga merupakan salah satu buah manis yang memberikan vitamin dari teknologi yang menggunakan medan elektromagnetik pada permasalahan transportasi, dalam menjamin keamanan dan keselamatan pengguna dalam bertransportasi.

3.1.3 Bidang Kesehatan

Kesehatan adalah salah satu faktor penting untuk dapat mendukung seluruh kegiatan kehidupan, baik kesehatan manusia maupun kesehatan lingkungan, termasuk di dalamnya kehidupan tumbuhan maupun kehidupan lainnya. Dalam jaminan perawatan kesehatan, telah banyak dihasilkan peralatan kesehat-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

an dengan teknologi tinggi, yang pada umumnya berbasis elektronika dan kelistrikan. Berdasarkan ilmu pengetahuan fisika, peralatan yang berbasiskan elektronika dan kelistrikan menjadi sumber medan elekteromagnetik. Medan elektromagnetik salah satunya memberikan efek positif bagi kesehatan. Selain peralatan kesehatan yang memberikan jaminan bagi pasien, medan elektromagnetik yang dihasilkan juga bisa digunakan sebagai sarana untuk proses perawatan kesehatan. Selain peralatan kesehatan yang memberikan jaminan bagi pasien, medan elektromagnetik yang dihasilkan juga bisa digunakan sebagai sarana untuk proses perawatan kesehatan. Salah satunya adalah medan elektromagnetik dapat memengaruhi aliran darah dalam tubuh manusia, dalam hal ini medan elektromagnetik akan memengaruhi partikel-partikel yang ada di dalam darah[39–44].

Pada era Revolusi Industri 4.0, pemanfaatan IoT menjadi bentuk yang digunakan dalam kegiatan kehidupan, termasuk dalam pelayanan kesehatan. *Smart Hospital* adalah salah satu bentuk pemanfaatan teknologi tinggi informatika dalam pelayanan kesehatan. Rumah sakit tipe ini menerapkan sistem *online* pada dua bagian, yaitu bagian manajemen dan bagian teknologinya. Pada bagian manajemen, sistem *online* digunakan untuk sistem ketatausahaan, sistem keuangan, ataupun sistem SDM-nya, sedangkan penggunaan sistem *online* pada bagian teknologinya yaitu peralatan medis yang digunakan dalam merawat pasien. Sistem monitoring kondisi pasien, sistem pengolahan data pasien, dan lainnya sudah terpusat. Penggunaan sistem *online* ini tentu juga akan memberikan dampak negatif pada sistem yang digunakan, khususnya dalam penggunaan gelombang radio frekuensi (RF), yang artinya medan elektromagnetik akan teradiasi (Gambar 16).

Penggunaan IoT dalam pelayanan kesehatan akan memberikan hal yang baik bagi pasien, khususnya yang berada di daerah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pedesaan dan atau daerah terpencil. Pelayanan kesehatan dengan teknologi IoT ini membuat pasien tidak perlu lagi datang ke kota yang memiliki fasilitas kesehatan dengan teknologi tinggi, yang mungkin tidak dimiliki oleh pelayanan kesehatan di pedesaan dan atau daerah terpencil. Seperti halnya *telemedicine*, yaitu perangkat kesehatan secara jarak jauh[8,24] (Gambar 17).

3.2 Dampak Negatif Medan Elektromagnetik

Medan elektromagnetik yang telah dijabarkan sebelumnya, akan memberikan efek positif pada beberapa bidang. Namun, adanya efek positif tentu memberikan juga efek negatif pada lingkungannya. Seperti halnya pada moda transportasi kereta rel listrik (KRL), medan elektromagnetik dihasilkan oleh motor penggeraknya (traksi motor) dan diradiasikan ke dalam gerbong KRL, khususnya di dalam gerbong di area di atas traksi motornya. Tentu hal tersebut dikhawatirkan akan memberikan efek negatif kepada penumpang dalam gerbong yang berada di area motor listrik tersebut.

Bagaimana efek negatif medan elektromagnetik pada tumbuhan, tentu hal ini akan memberikan efek bahwa tumbuhan/tanaman tertentu tidak dapat tumbuh dengan baik, bahkan tumbuhan akan mati. Hal tersebut tentu juga tergantung pada besar-kecilnya level medan elektromagnetik yang memengaruhinya.

Hal lain yang sangat perlu diperhatikan adalah efek negatif medan elektromagnetik yang mungkin terjadi pada kesehatan. Ada beberapa gejala yang timbul karena efek negatif medan elektromagnetik, seperti yang disampaikan pada beberapa artikel tentang pengaruh medan/gelombang elektromagnetik pada kesehatan[5,6,10,31,39–44] antara lain meningkatnya temperatur cairan kepala yang tentu akan mengubah sifat-sifat cairan kepala itu

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sendiri dan akan memengaruhi kerja dari fungsi-fungsi di kepala. Kemungkinan yang lain adalah terhambatnya atau berkurangnya laju aliran darah akibat pengaruh medan elektromagnetik yang terpapar di sekitar tubuh manusia, seperti yang disampaikan pada tulisan hasil penelitian yang berjudul "Pengaruh Radiasi Gelombang EM Pada Frekuensi Telepon Seluler 900 MHz pada cairan tubuh manusia"[5].

Bagaimana dengan pengaruh medan elektromagnetik *mobile phone* pada lingkungan? Pada penelitian tentang metode pengujian/pengukuran pengaruh medan elektromagnetik pada kinerja alat pacu jantung (*pacemaker*) didapatkan bahwa sistem alat pacu jantung yang tidak terlindungi (*Un-shielded*) dari pengaruh medan/gelombang elektromagnetik dengan baik maka medan elektromagnetik akan memengaruhi sistem alat pacu jantung tersebut. Inti dari alat pacu jantung adalah berupa generator sinyal dengan frekuensi denyut sama dengan denyut jantung, yaitu sekitar 1 denyut per detiknya. Hal ini ditunjukkan dari hasil penelitian tentang "Pengaruh Medan Elektromagnetik pada Kinerja Alat Pacu Jantung", dengan menggunakan alat pacu jantung buatan yang tidak terlindungi (*un-shielded*). Generator alat pacu jantung buatan, yang tidak terlindungi dari medan elektromagnetik, terlihat denyut bekerja dengan normal pada saat tidak dipaparkan medan elektromagnetik (Gambar 19a). Namun, ketika dipaparkan medan elektromagnetik dengan frekuensi 900 MHz akan terlihat gangguan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi paparan sebesar 900 MHz[39–45] (Gambar 19b), pada puncak denyut generator sinyal alat pacu jantung buatan tersebut. Oleh karena itu, melihat efek paparan medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh generator alat pacu jantung buatan tersebut, dapat diketahui bagaimana alat pacu jantung dapat bekerja dengan baik apabila jantung diberi denyut

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sekitar 1 denyut per detik, ditambah getaran pada puncak-puncak denyut sebesar 900 MHz.

3.3 Teknologi Pengujian Penendali Efek Negatif Medan Elektromagnetik (EM)

Dengan mengetahui efek negatif radiasi medan elektromagnetik pada lingkungan, perlu adanya jaminan bahwa medan elektromagnetik dari produk hasil teknologi dan industri tidak melebihi level yang diizinkan sesuai dengan standar, baik teknis maupun regulasi yang berlaku[46].

Terlepas dari besar kecilnya efek negatif medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh produk teknologi maupun industri, khususnya berbasis elektronika dan kelistrikan, bukan menjadi jaminan bisa terhindar dari dampak radiasi medan elektromagnetik tersebut karena energi radiasi RF-EMF bersifat kumulatif dan bisa membahayakan bila digunakan secara berlebihan dengan intensitas penggunaan yang terlalu sering. Dengan demikian, perlu untuk mengendalikan efek-efek tersebut dengan melalui pengujian atau pengukuran besarnya medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh produk hasil teknologi dan industri sebelum digunakan. Teknologi pengujian menjadi penting untuk ikut berperan dalam mengendalikan besar kecilnya efek medan elektromagnetik agar masih berada di ambang batas yang diizinkan oleh standar teknis ataupun regulasi[1–4].

Mengacu pada pemahaman akan arti pentingnya teknologi pengujian, maka perlu dikembangkan teknologi pengujian secara berkelanjutan untuk menjamin bahwa medan elektromagnetik yang dihasilkan sebuah produk teknologi dan industri tidak berada di atas ambang batas yang dipersyaratkan.

Cara medan elektromagnetik diradiasikan ke lingkungan terdiri dari dua cara, yaitu diradiasikan melalui media udara

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dan melalui media konduktor. Pemahaman tentang efek medan elektromagnetik juga dapat ditinjau dari dua sisi, yaitu bagaimana medan elektromagnetik memengaruhi kinerja produk hasil teknologi maupun industri, dan bagaimana kinerja produk hasil teknologi maupun industri setelah dipengaruhi oleh medan elektromagnetik. Kedua hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh medan elektromagnetik dibagi menjadi dua[13,14] yaitu

a) Interferensi Elektromagnetik (*Electromagnetic Interference/*EMI)
b) Immunitas Elektromagnetik (*Electromagnetic Immunity or Susceptibility*/EMS)

Interferensi Elektromagnetik (*Electromagnetic Interference/* EMI) didefinisikan sebagai emisi listrik atau magnet dari produk hasil teknologi maupun industri yang digambarkan sebagai suatu perangkat atau sistem yang mengganggu kinerja perangkat atau sistem lain secara normal. Sementara itu, Immunitas Elektromagnetik (*Electromagnetik Immunity or Susseptibility*/ EMS) didefinisikan sebagai kemampuan produk hasil teknologi maupun industri yang digambarkan sebagai perangkat dan atau sistem untuk tetap bekerja dengan baik terhadap gangguan medan elektromagnetik dari sumber-sumber medan elektromagnetik di sekitarnya. Dengan memperhatikan mekanisme radiasi dan mekanisme pengaruh/efek medan elektromagnetik maka radiasi medan elektromagnetik dapat ditunjukkan pada Gambar 20.

Mengacu pada efek medan elektromagnetik terhadap lingkungannya bahwa efek tersebut dapat memberikan efek, baik positif maupun negatif. Efek positif tentu sudah jelas memberikan dampak yang baik, khususnya pada kesehatan, tetapi yang perlu diperhatikan adalah dampak negatif medan elektromagnetik pada lingkungan, apalagi dampak negatif pada kesehatan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dengan demikian, perlu dipikirkan teknologi pengujian yang digunakan untuk melakukan pengukuran dan pengujian dalam menentukan apakah suatu produk, baik hasil teknologi maupun industri tidak menghasilkan medan elektromagnetik di atas ambang batas yang diizinkan, sesuai dengan standar teknis dan regulasi yang berlaku[3,36].

Sebagai peneliti di bidang teknologi pengujian, tentu mempunyai tanggung jawab untuk meneliti dan menyediakan teknologi pengujian yang dapat menjamin bahwa produk-produk hasil teknologi maupun industri yang ada di masyarakat mempunyai kinerja sesuai dengan spesifikasi dan standar teknis yang berlaku. Telah diketahui bahwa suatu produk hasil teknologi dan industri yang berbasis kelistrikan dan atau elektronika akan menghasilkan medan elektromagnetik, dan diketahui ada empat cara medan elektromagnetik memberikan efek/pengaruh pada lingkungannya. Oleh karena itu, diperlukan paling tidak empat teknologi pengujian untuk menyatakan sebuah produk hasil teknologi maupun industri baik atau layak untuk digunakan, artinya hasil pengujian dan atau pengukuran tidak melebihi ambang batas yang dipersyaratkan oleh standar teknis maupun regulasi yang berlaku.

Teknologi pengujian yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran dan pengujian efek medan elektromagnetik dapat dibagi menjadi:

a) Teknologi Pengujian Emisi Radiasi (*Radiated Emission Testing Technology*),

b) Teknologi Pengujian Emisi Konduksi (*Conducted Emission Testing Technology*),

c) Teknologi Pengujian *Susceptibility/Immunity* Radiasi (*Radiated Susceptibility/Immunity Testing Technology*),

Buku ini tidak diperjualbelikan.

d) Teknologi Pengujian *Susceptibility/Immunity* Konduksi (*Conducted Susceptibility/Immunity Testing Technology*).

Diagram blok Sistem Pengukuran dan atau Pengujian *Electromagnetic Interference* adalah sistem dan metode pengukuran/pengujian besarnya medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh sebuah produk teknologi atau industri, baik secara konduksi maupun radiasi. Sementara itu, diagram blok Sistem Pengukuran/Pengujian *Electromagnetic Susceptibility/Immunity* adalah sistem dan metode pengukuran/pengujian, respons produk teknologi maupun industri terhadap paparan medan elektromagnetik dari sumber/generator gelombang elektromagnetik, yang besarnya disesuaikan dengan nilai ambang batas yang diizinkan oleh standar teknis maupun regulasi (Gambar 21ab).

Pengujian dan atau pengukuran besarnya medan elektromagnetik, baik produk hasil teknologi maupun industri perlu dipastikan menggunakan sistem dan metode yang benar sehingga dapat dipercaya bahwa besarnya medan yang diukur adalah murni dihasilkan oleh produk tersebut. Hasil penelitian yang berjudul "Pengembangan Sarana Laboratorium *Electromagnetic Compatibilities* (EMC) untuk Memenuhi Standar CISPR (2014)" menunjukkan bahwa teknologi pengujian pengaruh medan elektromagnetik pada lingkungan memerlukan ruang khusus, yaitu *Shielded Chamber,* untuk memastikan bahwa medan elektromagnetik yang terukur adalah murni dihasilkan oleh produk uji. Tentu *Shielded Chamber* ini memerlukan persyaratan-persyaratan khusus yang sesuai dengan acuannya, antara lain standar CISPR, IEC series, dan ITU series[47–52].

Hal ini tentu menjadi bagian program pemangku kepentingan untuk menyediakan sarana dan prasarana pengukuran dan pengujian untuk masalah EMC yang dapat dipertanggung-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

jawabkan secara ilmiah[44]. Setelah mengetahui arti pentingnya teknologi pengujian, kemudian dilakukan beberapa penelitian tentang sistem dan metode pengujian yang digunakan untuk menentukan bahwa produk berbasis kelistrikan dan elektronika yang digunakan masyarakat dijamin tidak melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh standar agar tidak memberikan efek negatif pada kehidupan. Penelitian tentang "Pengembangan Sistem Uji Keamanan (*Safety Test*) untuk Peralatan Berbasis Elektronika dan Kelistrikan"; "Pengembangan Metode dan Pengukuran Resistansi dan Konduktansi Lapisan Tipis dengan Sistem STM"[21;] "Kegiatan Perancangan Sumber Medan EMS Homogen sebagai Acuan dalam Pengukuran Efek Medan pada Benda Uji"[22], dan yang lainnya, dapat membantu meningkatkan kualitas produk sesuai dengan standar teknis maupun regulasi yang berlaku sehingga efek negatifnya dapat dikendalikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

IV. KESIMPULAN

Mengacu pada hasil-hasil penelitian dan penjelasan yang telah disampaikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penjaminan kualitas, baik hasil produk teknologi maupun industri harus melalui kegiatan pengujian atau penilaian kesesuaian produk terhadap standar teknis yang menjadi acuannya, baik standar teknis nasional, regional maupun internasional.

Baik produk teknologi maupun industri, khususnya yang berbasis elektronika dan kelistrikan akan menimbulkan, baik efek positif maupun negatif dari medan elektromagnetik yang ditimbulkannya bagi lingkungan, khususnya bagi kehidupan manusia. Kegiatan penelitian di bidang teknologi pengujian menunjukkan bahwa sistem dan metode pengujian dan atau pengukuran untuk mengendalikan dan mengontrol tingkat efek, baik positif maupun negatif produk tersebut, yang sejalan dengan perkembangan ilmu dan teknologi masih kurang.

Walaupun standar teknis telah memberikan keterangan tentang sistem dan metode pengujian dan atau pengukurannya, tetapi penerjemahan dan implementasi tentang hal tersebut tidak sama antarpemangku kepentingan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dan pengkajian lanjutan tentang standar teknis, khususnya yang bersifat regional dan internasional, agar dapat digunakan oleh pemangku kepentingan dengan pemahaman yang sama.

Sistem dan metode pengujian dan atau pengukuran medan elektromagnetik saat ini mengacu pada standar teknis nasional, regional dan internasional. Dengan adanya perkembangan teknologi maka perlu dikembangkan sistem dan metode pengujian dan atau pengukuran medan elektromagnetik sesuai dengan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

standar teknis baru untuk produk teknologi dan industri hasil perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Selain itu, juga harus disesuaikan dengan perkembangan revolusi industri 4.0, dan revolusi industri 5.0 atau yang dikenal juga sebagai *Society* 5.0 di Jepang[53].

Dapat disimpulkan juga bahwa produk hasil teknologi, khususnya produk baru hasil penelitian, perlu pengujian dan atau pengukuran untuk menjamin hasil penelitian telah sesuai dengan perancangannya. Dengan demikian, tentu dibutuhkan sistem dan metode pengujian serta standar teknis nasional baru yang disesuaikan untuk kondisi Indonesia (adanya *National differences*) dan yang sesuai dengan produk baru tersebut.

Ilmu tentang teknologi pengujian menjadi hal yang penting untuk dikembangkan dan diteliti, karena dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sejalan dengan perkembangan zaman, produk hasil teknologi dan industri yang ditawarkan dalam mendukung perkembangan dan kemajuan bangsa juga semakin maju dan kompleks. Oleh karena itu, perlu untuk diperhatikan infrastruktur jaminan mutu produk teknologi dan industri yang didukung oleh sistem dan metode pengujian dan atau pengukuran.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

V. PENUTUP

Kemajuan teknologi tidak dapat dipungkiri, Revolusi Industri 4.0 telah berjalan sehingga semua kegiatan di dunia ini tidak lepas dari proses, sistem, dan metode yang berdasarkan *Internet of Things* (IoT), tentu hal ini akan melibatkan produk-produk berbasiskan kelistrikan dan elektronika. Seperti halnya produk untuk kepentingan rumah tangga, elektrik oven, sebagai contoh, tidak hanya menggunakan listrik ataupun elektronika saja, tetapi juga menggunakan radio frekuensi jarak jauh sebagai media pengontrol.

Hal lain yang berhubungan dengan produk rumah tangga dengan perkembangan teknologi yaitu mengisi kebutuhan rumah tangga di dalam lemari pendingin (*refrigerator*). Pengisian lemari pendingin tidak lagi dilakukan secara manual setelah pemiliknya berbelanja. Akan tetapi, sudah dilakukan secara *online* dengan belanja langsung ke *super market* tertentu menggunakan fasilitas *online*, dan langsung dikirim oleh *super market* tersebut ke rumah. Tentu hal tersebut tidak dapat lepas dari medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh peralatan pendukung untuk berkomunikasi secara *online*. Demikian juga untuk hasil produk teknologi maupun industri, untuk peralatan komunikasi, semakin bertambah kemajuan teknologinya, maka tidak tertutup kemungkinan, dampak-dampak negatif yang dihasilkan muncul ke permukaan, khususnya masalah medan elektromagnetik.

Hal yang perlu untuk diperhatikan, yaitu kita telah masuk pada era revolusi industri 5.0, yang juga diperkenalkan di Jepang sebagai *Society 5.0*: Penggunaan Teknologi untuk Harkat Hidup Manusia. Secara sederhana, *Society 5.0*[7–13] dapat diartikan se-

Buku ini tidak diperjualbelikan.

bagai suatu konsep masyarakat yang berpusat pada manusia (*human-centered*) dan berbasis teknologi (*technology based*).

Konsep industri 4.0, adalah masyarakat mencari, mengutip, dan menganalisis data atau informasi dengan mengakses layanan *cloud* melalui internet. Sementara itu, konsep pada revolusi industri 5.0 atau *Society 5.0* adalah sejumlah besar informasi dari sensor di ruang fisik terakumulasi di dunia maya dan dianalisis oleh kecerdasan buatan, dan hasilnya diumpan balik ke manusia dalam ruang fisik dalam berbagai bentuk[7–13].

Pembatasan kemungkinan terjadinya efek negatif dari produk-produk tersebut, perlu pengujian dan atau pengukuran yang tentu memerlukan perangkat/sistem dan metode yang sesuai dengan kebutuhan. Hal tersebut menunjukkan pentingnya sistem ataupun metode pengujian dan atau pengukuran yang teknologinya disesuaikan dengan perkembangan hasil produk, baik teknologi maupun industri yang menggunakan teknologi yang lebih maju.

Oleh karena itu, terlihat lebih jelas, penelitian dan sumber daya manusia yang kompeten di bidang teknologi pengujian menjadi sangat penting artinya, agar dapat menjamin kualitas produk hasil teknologi maupun industri yang semakin maju. Demikian juga dalam hal menjamin dan mengendalikan efek positif dan efek negatif (khususnya) dari produk kemajuan teknologi maupun industri pada masyarakat secara umum, khususnya efek pada kesehatan manusia dan pada generasi penerus bangsa di masa depan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Mengakhiri orasi pengukuhan Profesor riset ini, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan hormat saya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada saya hingga penyelenggaraan pengukuhan ini.

Ucapan terima kasih pertama-tama saya sampaikan kepada yang terhormat Presiden Republik Indonesia, Ir. H. Joko Widodo, atas penetapan sebagai Peneliti Ahli Utama. Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Dr. Laksana Tri Handoko, M.Sc.; Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M.Agr.; Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Gadis Sri Haryani; Tim Penilai Naskah Orasi Ilmiah, Prof. Dr. Estiko Rijanto, Prof. Dr. Ir. Husein Avicenna Akil, M.Sc., dan Prof. Sunartoto, M.Eng. sehingga naskah orasi ini layak untuk disampaikan pada orasi ini; serta panitia pelaksana pengukuhan profesor riset.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Deputi Bidang Jasa Ilmiah LIPI, Dr. Mego Pinandito, M.Eng.; Sekretaris Utama LIPI, Rr. Nur Tri Aries Suestiningtyas, M.A.; Plt. Kepala Pusat Penelitian Teknologi Pengujian LIPI, Ihsan Supono, M.T., Ph.D.; Kepala Biro Organisasi dan SDM LIPI, Dr. Heru Santoso, M.App.Sc. beserta jajarannya; dan Sekretariat Majelis Profesor Riset LIPI, Susandi Prihayanto, S.E.

Pencapaian saya pada puncak karier peneliti ini tidak lepas dari dukungan dan arahan yang telah diberikan oleh almarhum Ir. Herudi Kartowisastro. Kepada beliau saya menyampaikan penghormatan dan apresiasi yang sangat mendalam.

Kompetensi dan kepakaran yang saya dapatkan tidak lepas dari kesempatan yang saya peroleh selama saya bekerja di LIPI,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yaitu berkesempatan mendapatkan kegiatan-kegiatan penelitian yang saya lakukan dengan dukungan dana APBN, baik melalui program tematik, penelitian kompetitif, Riset Unggulan Terpadu LIPI, Program JSPS, maupun program penelitian bersama dengan beberapa kementerian yang terkait. Di samping itu, saya juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada Prof. Dr. Ciryl W. Smith, yang telah memperkenalkan saya bidang ilmu yang menjadi salah satu kepakaran saya, yaitu bidang *Bio-Electromagnetic*. Selain itu, juga ketulusan beliau untuk membimbing saya dalam menyelesaikan program S2 (M.Sc.) dan S3 (Ph.D.) di Salford University, United Kingdom.

Terima kasih untuk seluruh peneliti yang pernah bersama-sama bekerja di Lembaga Instrumentasi Nasional LIPI, yang kemudian menjadi Pusat Penelitian dan Pengembangan KIM LIPI. Saya sampaikan juga terima kasih saya kepada rekan-rekan peneliti di bawah naungan Pusat Penelitian KIM LIPI, khususnya rekan-rekan peneliti di bidang teknologi pengujian. Kemudian pada tahun 2005 berubah menjadi Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian LIPI, dan sekarang menjadi Pusat Penelitian Teknologi Pengujian LIPI.

Kepada Ayahanda Bapak Suwito Tirtoatmodjo, B.Sc, dan kepada Ibunda, almarhumah Mamy Nuratmi, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada saya untuk terus berkarya dan belajar dalam meniti karier.

Saya bersyukur bahwa istri tercinta, Laksmi Andri Astuti, yang selama ini setia mendampingi, memberikan pengertian, dan kebebasan kepada saya untuk menjadi seorang peneliti yang benar, serta selalu memberikan dorongan semangat untuk berkarya. Kepada Ananda, Asti Arya Nuriastuti, terima kasih atas pengertian dan pemahamannya terhadap profesi ayahnya, sebagai peneliti, yang sebagian besar waktunya terpakai untuk

Buku ini tidak diperjualbelikan.

kegiatan serta kesibukan. Saya juga menyampaikan terima kasih kepada keluarga besar Bapak dan Ibu (almh.) Suwito Tirtoatmaodjo, serta keluarga besar Bapak (alm.) dan Ibu (almh.) Moerdoko atas dukungannya.

Akhir kata, apresiasi secara tulus saya sampaikan kepada seluruh hadirin yang berkenan mengikuti acara pengukuhan Profesor Riset ini.

Wabillahi taufik walhidayah, wassalamualaikum warakhmatullahi wabarokatuh.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. **Arjadi RH**, Kadarwati S, Andiani D, Bahar B. Kajian pemahaman dan kesadaran pemangku kepentingan industri elektronika terhadap SNI wajib. Jakarta: LIPI Press; 2006.
2. **Arjadi RH**, Kadarwati S, Andiani D, Bahar B. Langkah-langkah strategis untuk peningkatan daya saing produk elektronika. Jakarta: LIPI Press; 2007.
3. **Arjadi RH**, Kadarwati S, Andiani D, Bahar B. Meneropong daya saing produk elektronika dan kelistrikan: Mendukung penerapan regulasi wajib uji berdasarkan SNI. Jakarta: LIPI Press; 2008.
4. Kadarwati S, Andiani D, **Arjadi RH**. Kesiapan Indonesia dalam menghadapi ASEAN EE-MRA 1 Januari 2011. Prosiding Seminar Nasional AMTeQ; 28–29 Juli 2009, Graha Widia Bhakti, Puspiptek, Serpong, Tangerang. 2009. 45–50.
5. **Arjadi RH**. Pengaruh radiasi gelombang EM pada frekuensi telepon seluler 900 MHz pada cairan tubuh manusia. Prosiding Seminar Nasional AMTeQ; 23–24 Oktober 2013; Airlangga Convention Center, Surabaya. 2013. 126–138.
6. **Arjadi RH**. Sistem pengukuran medan magnetik dari sumber medan elektromagnetik Helmholtz. Prosiding Seminar Nasional AMTeQ; 12–13 September 2006; Graha Widia Bhakti, Puspiptek, Serpong, Tangerang. 2006. 81–92.
7. **Arjadi RH**. Disain dan konstruksi STM untuk penelitian topography dan properties polimer lapisan tipis. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM) '92; 17–20 November 1992; Serpong, Tangerang. 1992. 94–106.
8. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Citra permukaan sampel dari Cu/Si(100) pada Scanning Tunneling Microscope (STM) dengan polaritas sample yang berbeda. Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi I; 22–23 Oktober 1996, Gedung DRN Puspiptek, Serpong, Tangerang. 1996. 346–350.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

9. **Arjadi RH,** . Metode pengukuran konduksi dan resistansi bahan lapisan tipis dengan Scanning Tunneling Microscope (STM). Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'97; 1997; 25–27 November 1997; Manggala Wana Bhakti, Jakarta, 1997. 148–156.

10. Demir KA, Doven G, Sezen B. Industy 5.0 and human-robot co-working. The 3rd World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship. Procedia Computer Science; 1 Januari 2019; 158: 688–695. Elsevier.

11. Paschek D, Mocan A, Draghici A. Industry 5.0-The expected impact of next Industrial Revolution. Dalam Thriving on Future Education, Industry, Business, and Society. Proceedings of the Make Learn and Technology, Innovation and Industrial Management (TIIM) International Conference; Mei 2019; Piran, Slovenia; 2019: 125–132.

12. Haddad SA, Houben R, Serdijn WA. The evolution of pacemakers: an electronics perspective, from the hand crank to advanced wavelet analysis. Dalam: Proceedings of the 3rd DISENS Symposium on Biomedical Sensors; 19 Mei 2005.

13. **Arjadi RH**, Nugoho HW, Utomo B. Radiasi medan elektomagnetik dari *Printed Wiring Board* (PWB). Prosiding Seminar Nasional AMTeQ; 18–19 Oktrober 2011; Graha Widia Bhakti Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan. 2011. 127–138.

14. **Arjadi RH**, Hidayat T. Railway development in Indonesia. German-ASEAN Conference on Mass transport technology (focus on railway technology). Singapura; 2010.

15. Ardiatna W, Mandaris D, Andiani D, **Arjadi RH**. Pengukuran tingkat emisi radiasi ektromagnetik kereta rel listrik terhadap lingkungannya. Jurnal Teknologi Indonesia 2010; 33(2): 100–106.

16. Yoppy, Anam MK, Yudhistira, Wibowo P, **Arjadi RH**, Nugroho HW, Prananto HD. Analysis of step up transformer for pulsed electric fields generator. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science Juli 2016; 3(1): 59–66.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

17. Sudrajat MI, Yoppy, Anam MK, **Arjadi RH**, Nugroho HW. Spectral analysis of conducted emission characteristics of LED lightings with dimmable driver for passenger train. Prosiding Internasional Multidisciplinary Conferences on Productivity and Sustainability (IMCPS); 5–7 Desember 2017; Jakarta. 2017. 34–38.

18. Wibowo P, Prananto HD, Yudhistira, Yoppy, Anam MK, **Arjadi RH.** Characterization of electromagnetic compatibility performance of trains LED lighting by mapping of radiated interference distribution. Prosiding International Multidisciplinary Conferences on Productivity and Sustainability (IMCPS); 5–7 Desember 2017; Jakarta. 2017. 39–42.

19. Nugroho HW, Wibowo P, **Arjadi RH**, Prananto HD, Sudrajat MI. Characteristics of electromagnetic interference LED lightings for passenger train. Prosiding International Multidisciplinary Conferences on Productivity and Sustainability (IMCPS); 5–7 Desember 2017; Jakarta. 2017. 43–46.

20. **Arjadi RH**. Direct sample heating sistem for STM measurement. Dalam Bayuwati D, Astuti ET, Hadiyanto, Ginting M, Muchtar, Subyakto, editor. Proceedings of the Fifth Asian Symposium on Visualization; 22–23 September 1998; Bali. 1998.

21. **Arjadi RH**, Mandaris D, Nugroho HW, Utomo B. EMC CB radiated measurement sistem and method design for electric and electronic based product. Prosiding Seminar Nasional AMTeQ; 28–29 Juli 2009; Graha Widia Bhakti Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan; 2009.

22. **Arjadi RH**, Khotimah Kh, Hidayat SW, Rahmanto D, Andiani D, Kobayasi N. Development of multispectral imaging system using LED illumination and CCD camera for microscope slide specimen. Prosiding seminar The 6th IIEEJ International Conference on Image Electronics and Visual Computing (IEVC); 21–24 Agustus 2019; Kuta Bali, Indonesia.

23. **Arjadi RH**. Scanning Tunneling Microscope untuk pengukuran topography dan elektrik properties dari suatu bahan konduktor. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'92; 17–20 November 1992; Gedung Manggala Wanabhakti, Jakarta. 1992.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

24. **Arjadi RH.** Metode pembuatan jarum thermal sensor untuk deteksi distribusi temperatur permukaan bahan. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'98; 22–23 September 1998; Serpong, Tangerang. 1998. 54–68.

25. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Metode perubah parameter ujung jarum sistem STM dengan menggunakan tegangan sample yang tinggi. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'96; 26–27 November 1996; Hotel Wisata Internasional Jakarta. Jakarta: 1996. 388–397.

26. **Arjadi RH.** Perancangan sistem pengukuran konstanta dielektrik larutan garam dengan prinsip kapasitansi. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'03; 22–23 Juli 2003; Graha Widia Bhakti Puspiptek, Serpong-Tangerang: 2003. 195–202.

27. **Arjadi RH**. Elektromagnetik dan revolusi industri 4.0. Seminar nasional Revolusi Industri 4.0 sebagai peluang dan tantangan di era generasi milenial; 19 Januari 2019; Teknik Industri, Universitas Pamulang.

28. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Pengukuran dengan STM pada permukaan lapisan tipis polimer toluen ($C_6H_5CH_3$) yang didepositkan pada bahan konduktor silicon (Si). Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II; 29–30 Oktober 1997, PUSARPEDAL, Serpong-Tangerang; 1997. 222–227.

29. Ulaby FT. Fundamentals of Applied Electromagnetics. United State: Prentice Hall, 2001.

30. Surya Y. Getaran dan Gelombang. Serpong: Kandel; 2009.

31. Wentworth, S.M. Fundamental of Electromagnetics with Engineering Applications. International Edition, John Wiley & Sons. Inc; 2005.

32. Olivieria, J. Perancangan sistem deteksi pengaruh induksi gelombang elektromagnetik terhadap bioelektrik dengan menggunakan detektor kumparan. Indonesia 2017.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

33. Jeong Y. Introduction to bioelectricity. Dalam: Hoi-Jun Y, van Hoof C, editor. Bio-Medical CMOS ICs: Integrated Circuits and Systems. Boston, MA: Springer; 2011; chapter 2: 13–29.

34. Towe BC. Bioelectricity and Its Measurement. Dalam: Kutz M, editor. Biomedical engineering and design handbook. New York: McGraw-Hill; 2004.

35. WHO. Environmental Health Criteria 238: Extremely Low Frequency Fields. Published under the joint sponsorship of the International Labour Organization, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, and the World Health Organization. Spanyol: WHO; 2007.

36. Alderman BA, **Arjadi RH**. Deteksi posisi kereta api dengan prinsip Radio Frequency Identification (RFID). Presentasi di Teknik Elektro-Institut Teknologi Indonesia, Indonesia 2013.

37. Cahyaningrum E, **Arjadi RH**, Darmawan D. Perancangan sistem pembacaan Radio Frequency Identification (RFID) berdasarkan karakteristik RFID Tipe CR-103 sebagai alat identifikasi posisi kereta. Jurnal Universitas Negeri Yogyakarta 2013; II(1).

38. Kho, D. Pengertian Sensor Suhu dan Jenis-jenisnya. Jakarta: Teknik Elektronika; 2016.

39. Cahyono EA, **Arjadi RH**. Pengaruh medan elektromagnetik terhadap kinerja alat pacu jantung. Presentasi di Teknik Elektro-Institut Teknologi Indonesia. Indonesia 2015.

40. Kristian N, **Arjadi RH**. Perancangan sistem pengukuran interferensi gelombang elektromagnetik pada tangan dengan menggunakan simulasi cairan. Presentasi di Teknik Elektro-Institut Teknologi Indonesia. Indonesia 2018.

41. Putri GR, **Arjadi RH**. Pengaruh pancaran medan elektromagnetik terhadap kecepatan aliran darah. Presentasi di Teknik Elektro-Institut Teknologi Indonesia. Indonesia 2014.

42. Laily R. Interferensi RF-EMF yang dipancarkan Telepon Seluler dengan Phantom sebagai Representative Biophysics. Presentasi di Teknik Elektro-Institut Teknologi Indonesia, Indonesia 2012.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

43. Guyton AC, Hall JE. Fisiologi Kedokteran. Jakarta: EGC; 1997. 9.

44. Hodgkin AL, Huxley AF. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. J. Physiol. 28 Agustus 1952; 117(4): 500–544.

45. Williams L, Wilkins. ECG Interpretation made incredibly easy! London: Wolters Kluwer Health; 2011.

46. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 17/PER/M. KOMINFO/10/2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Komunikasi dan Informatika; 2010.

47. Wibowo P, **Arjadi RH**, Kadarwati S. Penggunaan RF absorber untuk pengukuran shielding effectiveness ventilasi udara pada electromagnetic shielded chamber. Prosiding seminar nasional AMTeQ, 19–20 Oktober 2010, Graha Widia Bhakti Puspiptek, Serpong-Tangerang Selatan; 2010. 97–105.

48. Marvin AC, Dawson L, Flintoft ID, Dawson JF. A method for the measurement of shielding effectiveness of planar samples requiring no sample edge preparation or contact. IEEE Transactions on Elektromagnetik Compatibility, May 2009; 51(2): 255–62.

49. Frenzel T, Stumpf J, Koch M. Shielding effectiveness of original and modified building materials. Advance in Radio Science 2007; 5: 69–73.

50. David V, Vremera E, Salceanu A, Nica I, Baltag O. On the characterization of electromagnetic shielding effectiveness of materials. 15st IMEKO TC 4 International Symposium on Novelties in Electrical Measurements and Instrumentation; September 2007; Iasi, Romania. 73–78.

51. Gao C, Li L, Cui X, Zhao Z. Calculate the SE of wire structures using NEC. Proceedings Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics (CEEM); 4 November 2003; IEEE. 344–345.

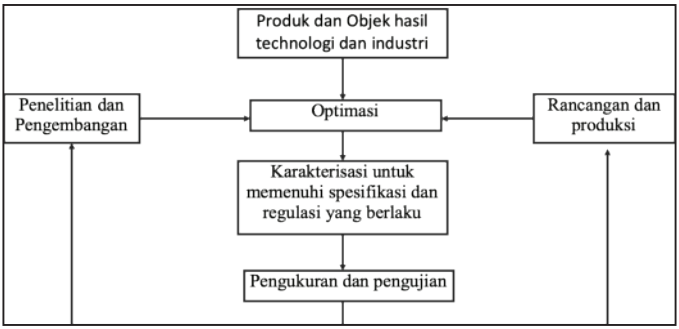
Buku ini tidak diperjualbelikan.

52. Gonschorek KH, Vick R. Electromagnetic compatibility for device design and system integration. Berlin: Springer Science & Business Media; 2009.

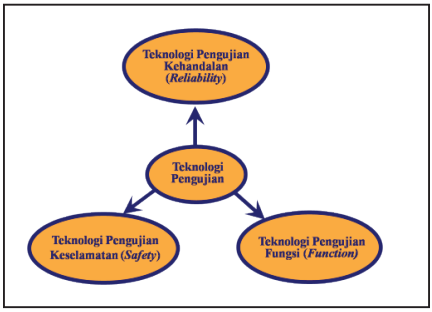
53. Skobelev PO, Borovik YS. On the way from industry 4.0 to industry 5.0: From digital manufacturing to digital society. International Scientific Journal Industry 4.0 2017; 2(6): 307–311.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

LAMPIRAN



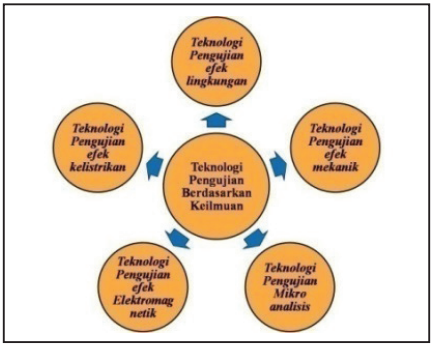
Gambar 1. Peranan Pengukuran dan Pengujian dalam Peningkatan Mutu (Daya Saing) Produk dan Objek Hasil Teknologi dan Industri



Sumber: Harry a EMC articles

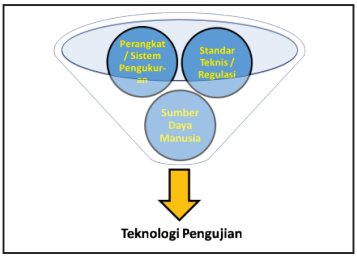
Gambar 2. Jenis Teknologi Pengujian Berdasarkan Fungsinya

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Harry a EMC articles

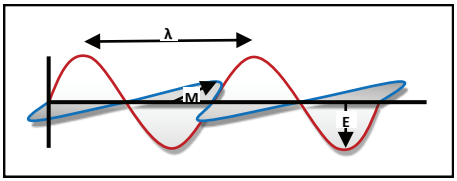
Gambar 3. Jenis teknologi pengujian berdasarkan basis keilmuan.



Sumber: Harry a EMC articles

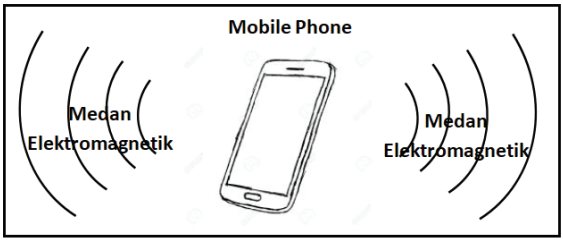
Gambar 4. Faktor-Faktor Pendukung yang Ada dalam Teknologi Pengujian

Buku ini tidak diperjualbelikan.

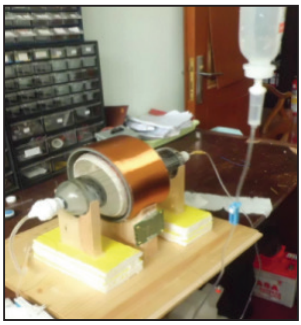


Ket.:
λ = Panjang Gelombang
E = Amplitude Medan listrik
M = Amplitude Medan Magnetik

Gambar 5. Arah Getar dan Rambat Medan Elektromagnetik[13]



Gambar 6. Produk Elektroniky Kerjanya Menggunakan Medan Elektromagnetik dan Memancarkan Radiasi Elektromagnetik (REM)

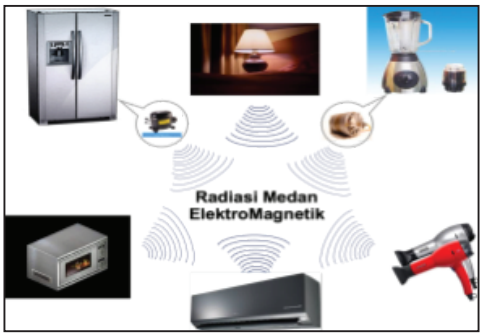


Gambar 7. Metode Pengukuran Efek Medan Magnetik terhadap Cairan Tubuh[41]

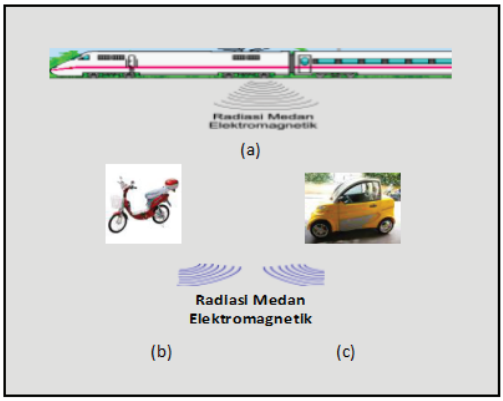
Buku ini tidak diperjualbelikan.

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

Gambar 8. Persamaan Maxwell tentang Medan Elektromagnetik



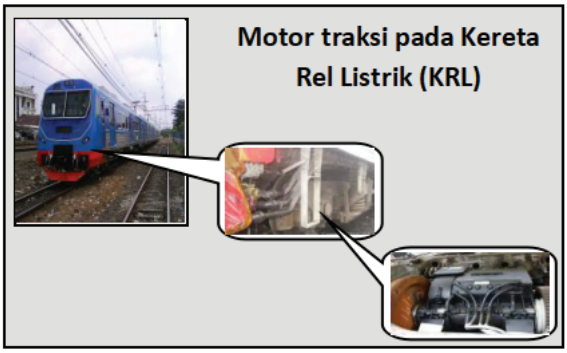
Gambar 9. Peralatan Rumah Tangga yang Menghasilkan Medan Elektromagnetik[1,2]



Ket.: a) Kereta Rel Listrik (KRL), b) e-Motor Cycle, dan c) e-Car

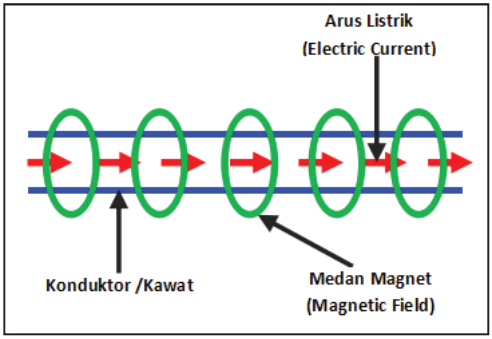
Gambar 10. Kendaraan yang Menghasilkan Medan Elektromagnetik

Buku ini tidak diperjualbelikan.



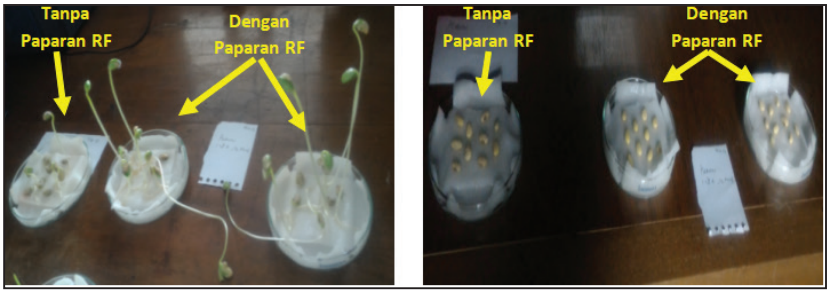
Sumber: PT INKA, PT Pindad

Gambar 11. Contoh Motor Traksi untuk Kendaraan Roda 2 dan 4



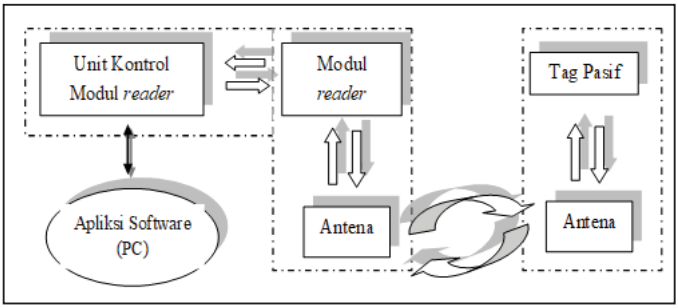
Gambar 12. Medan Magnetik yang ditimbulkan oleh arus dalam konduktor

Buku ini tidak diperjualbelikan.



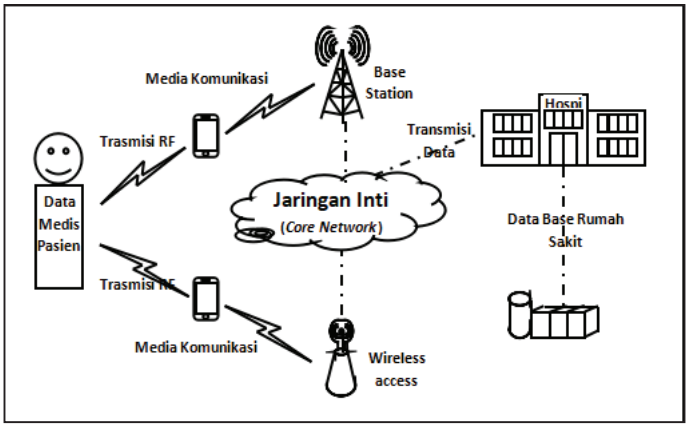
Gambar 13. Pertumbuhan bibit kacang kedele yang diberi paparan medan elektromagnetik (RF).

Gambar 14. Pengukuran/Pengujian Radiasi Medan *Electromagnetic* di dalam KRL

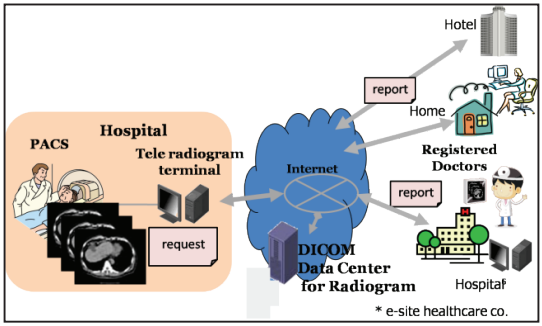


Gambar 15. Diagram Blok Sistem Pendeteksian dengan Prinsip RFID[37]

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Gambar 16. Diagram Blok Smart Hospital[21]



Gambar 17. Infrastruktur untuk sistem *Telemedecine*[21]

Buku ini tidak diperjualbelikan.

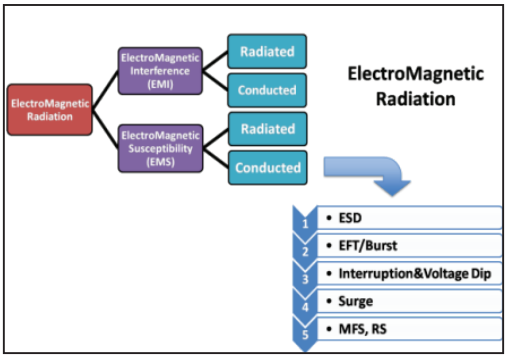
Gambar 18. Contoh beberapa efek negatif radiasi medan elektromagnetik pada kesehatan

Kondisi *shielded* RF OFF 900 MHz

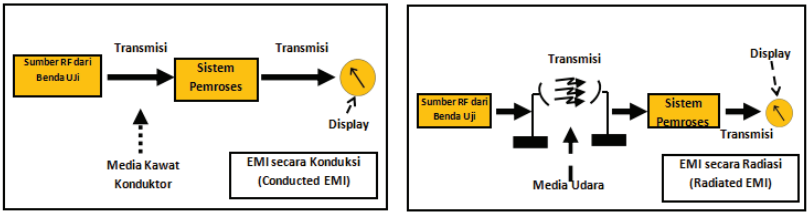
Kondisi *shielded* RF ON 900 MHz

Gambar 19. Pengaruh Medan Elektromagnetik 900 MHz, Pada sinyal alat pacu jantung (1,3 Hz)[40]

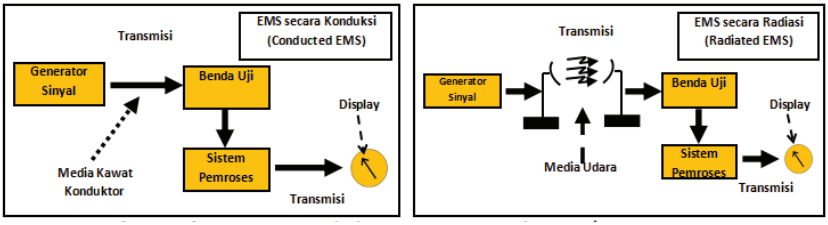
Buku ini tidak diperjualbelikan.



Gambar 20. Radiasi Medan Elektromagnetik[27]



Gambar 21a. Diagram Blok Sistem Pengukuran/Pengujian EMI



Gambar 21b. Diagram Blok Sistem Pengukuran/Pengujian EMS

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Buku Nasional

1. **Arjadi RH**, Kadarwati S, Andiani D, Bahar B. Kajian pemahaman dan kesadaran pemangku kepentingan industri elektronika terhadap SNI wajib. Jakarta: LIPI Press; 2006.
2. **Arjadi RH**, Kadarwati S, Andiani D, Bahar B. Langkah-langkah strategis untuk peningkatan daya saing produk elektronika. Jakarta: LIPI Press; 2007.
3. **Arjadi RH,** Kadarwati S, Andiani D, Bahar B. Meneropong daya saing produk elektronika dan kelistrikan: Mendukung penerapan regulasi wajib uji berdasarkan SNI. Jakarta: LIPI Press; 2008.
4. Kadarwati S, Andiani D, Wibowo P, **Arjadi RH**. Radiasi elektromagnetik pada alat telekomunikasi militer MIL-STD 461E. Jakarta: LIPI Press; 2010.

Bagian dari Buku Nasional

5. Wibowo P, **Arjadi RH**. Perkembangan standar militer MIL-STD-461. Dalam: Radiasi elektromagnetik pada alat telekomunikasi militer NIL-STD 461E. Jakarta: LIPI Press; 2010.
6. Kadarwati S, Wibowo P, Sudrajat MI, **Arjadi RH**. Rancang bangun sistem dan metode uji interferensi ALKOM militer berdasarkan MIL-STD-461 E. Dalam: Radiasi elektromagnetik pada alat telekomunikasi militer NIL-STD 461E. Jakarta: LIPI Press; 2010.

Jurnal

7. Yoppy, Anam MK, Yudhistira, Wibowo P, **Arjadi RH**, Nugroho HW, Prananto HD. Analysis of step up transformer for pulsed electric fields generator. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. Juli 2016; 3(1): 59–66.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

8. Septiana L, Suzuki H, Ishikawa M, Obi T, Kobayashi N, Ohyama N, Ichimura T, Sasaki A, Wihardjo E, **Arjadi RH**. Elastic and collagen fibers segmentation based on U-Net deep learning using hematoxylin and eosin stained hyperspectral images. Journal IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing 2020; 8(1): 17–26.

9. Ardiatna W, Mandaris D, Andiani, **Arjadi RH**. Pengukuran tingkat emisi radiasi elektromagnetik kereta rel listrik terhadap lingkungannya. Jurnal Teknologi Indonesia 2010: 33(2): 100–106.

10. Larasaty FT, Siswandari NA, **Arjadi RH**. Perancangan dan realisasi rangkaian rectifier dan OP-AMP untuk proses charging cellular pada sistem pemanen energi frekuensi radio. Jurnal Elektro PENS, Teknik Telekomunikasi 2019: 2(2).

Prosiding

11. Montezari R, Wibowo P, Mandaris D, Ramza H, **Arjadi RH**. Visualisasi 3-dimensi radiasi antena berdasarkan data pengukuran anechoic chamber. Prosiding Seminar Nasional Annual Meeting on Testing and Quality (AMTeQ) 2009; 28–29 Juli 2009; Graha Widia Bhakti, Puspiptek, Serpong, Tangerang. 2009. 125–130.

12. **Arjadi RH**, Hidaya T. Railway development in Indonesia. German-ASEAN Conference on Mass Transport Technology (Focus on Railway Technology). Singapura; 2010.

13. **Arjadi RH**. Direct sample heating sistem for STM measurement. Dalam Bayuwati D, Astuti ET, Hadiyanto, Ginting M, Muchtar, Subyakto, editor. Proceedings of the Fifth Asian Symposium on Visualization. Kompleks Puspiptek, Serpong; 1998.

14. **Arjadi RH**, Andriastuti L. STM surface image of 500^{o}C heated CuSi (100). Proceedings of the Fifth Asian Symposisum on Visualization. Kompleks Puspiptek, Serpong; 1998.

15. **Arjadi RH**, Mandaris D, Nugroho HW, Utomo B. EMC CB radiated measurement sistem and method design for electric and electronic based product. Prosiding Seminar Nasional AMTeQ; Serpong; 2009.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

16. Yoppy**, Arjadi RH,** Chandra H, Prananto HD, Wijanarko TAW. RSSI comparison of ESP8266 modules. Prosiding Seminar Electrical Power, Electronic, Communications, Controls and Informatics (EECCIS) 9 Oktober 2018; IEEE. 150–153.

17. 17. Yoppy, **Arjadi RH**, Wijanarko TAW, Hidayat SW, Trivida E, Nugroho HW. Effects of MOSFET gate driving on conducted emission in a flyback LED driver. Prosiding Internasional IEEE Explore; 16–17 Oktober 2019; Conference on Energy Conversion (CENCON), IEEE; 2019.

18. Sudrajat MI, Yoppy, Anam MK, **Arjadi RH**, Nugroho HW. Spectral analysis of conducted emission characteristics of LED lightings with dimmable driver for passenger train. Prosiding Internasional Multidisciplinary Conferences on Productivity and Sustainability (IMCPS); 5–7 Desember 2017; Jakarta. 2017. 34–38.

19. Wibowo P, Prananto HD, Yudhistira, Yoppy, Anam MK, **Arjadi RH.** Characterization of electromagnetic compatibility performance of trains LED lighting by mapping of radiated interference distribution. Prosiding International Multidisciplinary Conferences on Productivity and Sustainability (IMCPS); 5–7 Desember 2017; Jakarta; 2017. 39–42.

20. Nugroho HW, Wibowo P, **Arjadi RH**, Prananto HD, Sudrajat MI. Characteristics of electromagnetic interference LED lightings for passenger train. Prosiding International Multidisciplinary Conferences on Productivity and Sustainability (IMCPS); 5–7 Desember 2017; Jakarta; 2017. 43–46.

21. Supono I, Benisius, Ardiatna W, Ishikawa M, Kobayashi N, **Arjadi RH**. Identification of nucleus in pancreas cell of hyper spectral Image using template-matching and axis length-based methods. Prosiding seminar The 6th IIEEJ International Conference on Image Electronics and Visual Computing (IEVC); 21–24 Agustus 2019; Kuta Bali, Indonesia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

22. **Arjad RH**, Khotimah Kh, Hidayat SW, Rahmanto D, Andiani D, Kobayasi N. Development of multispectral imaging system using LED illumination and CCD camera for microscope slide specimen. Prosiding seminar The 6th IIEEJ International Conference on Image Electronics and Visual Computing (IEVC); 21–24 Agustus 2019; Kuta Bali, Indonesia.

23. **Arjadi RH**, Soesatyo B. Analisis hasil pengukuran konsentrasi CO dengan personal komputer–HP 85. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'84; 24–25 Oktober 1984, Widya Graha LIPI, Jakarta.1984. D3.

24. **Arjadi RH**, Soesatyo B. Kemungkinan pembuatan sistem pompa air surya dengan peralatan yang ada di pasar. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'84; 24–25 Oktober 1984, Widya Graha LIPI, Jakarta.1984. G1.

25. Soesatyo B, **Arjadi RH**, Sihombing P. Studi tingkat konsentrasi CO di beberapa tempat di Jakarta dan Bandung. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'84; 24–25 Oktober 1984; Widya Graha LIPI, Jakarta.1984. G3.

26. **Arjadi RH**, Soesatyo B. Pengukuran konsentrasi NO_x dan SO_2 di udara: Analisis kemampuan teknis. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'84; Jakarta. 1984. D10.

27. **Arjadi RH**. Scanning Tunneling Microscope untuk pengukuran topography dan elektrik properties dari suatu bahan konduktor. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'92; 17–20 November 1992; Gedung Manggala Wanabhakti, Jakarta. 1992.

28. **Arjadi RH**. Disain dan kontruksi STM untuk penelitian topografi dan properties polimer lapisan tipis. Publikasi Ilmiah/Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'92; 17–20 November 1992; Gedung Manggala Wanabhakti, Jakarta. 1992. 94–106.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

29. **Arjadi RH**. Metode pengukuran ketebalan lapisan metal pada non konduktor material dengan teknik arus edy. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'93; 2–4 November 1993; Gedung Manggala Wanabhakti, Jakarta. 1993. 69–86.

30. **Arjadi RH**. Metode pengukuran topografi bahan konduktor dan non konduktor dengan prisip Scanning Capasitansi Profiler (SCP). Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'94; 2–3 November 1994; Gedung Manggala Wanabhakti, Jakarta. 1994. 274–283.

31. Manurung R, **Arjadi RH**. Perancangan low signal detector untuk mendeteksi arus tunnel pada sistem Scanning Tunneling Microscope (STM). Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'94; 2–3 November 1994; Gedung Manggala Wanabhakti, Jakarta. 1994. 224–233.

32. **Arjadi RH**. Karakteristik jarum tungsten untuk sistem Scanning Tunneling Microscope (STM). Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'96; 26–27 November 1996; Hotel Wisata Indonesia, Jakarta; 1996. 417–425.

33. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Metode perubah parameter ujung jarum sistem STM dengan menggunakan tegangan sample yang tinggi. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'96; 26–27 November 1996; Hotel Wisata Indonesia, Jakarta; 1996. 388–397.

34. **Arjadi RH**. Topografi permukaan sampel dari Cu/Si(100) pada Scanning Tunneling Microscope (STM) dengan kemiringan permukaan sample sebesar 4°. Prosiding Pertemuan Himpunan Fisika; Jakarta, Indonesia; 1996.

35. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Citra permukaan sampel dari Cu/Si(100) pada Scanning Tunneling Microscope (STM) dengan polaritas sample yang berbeda. Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi I; 22–23 Oktober 1996; Gedung DRN Puspiptek, Serpong, Tangerang. 1996. 346–350.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

36. **Arjadi RH**. Metode pengukuran konduksi dan resistansi bahan lapisan tipis dengan Scanning Tunneling Microscope (STM). Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'97; 25–27 November 1997; Manggala Wana Bhakti, Jakarta. 1997. 148–156.

37. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Pengukuran dengan STM pada permukaan lapisan tipis polimer toluen ($C_6H_5CH_3$) yang dideposit-kan pada bahan konduktor silicon (Si). Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II; 29–30 Oktober 1997; PUSARPEDAL, Serpong-Tangerang. 1997. 222–227.

38. **Arjadi RH**. Metode pembuatan jarum thermal sensor untuk deteksi distribusi temperatur permukaan bahan. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'98; 22–23 September 1998, Graha Widya Bhakti Puspiptek, Serpong-Tangerang. 1998. 54–68.

39. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Topografi antar lapisan atom sample Si(100) pada Scanning Tunneling Microscope (STM) untuk karakterisasi. Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan'99; 19–20 Oktober 1999; Serpong. PPSMBATAN; 1999. 245–248.

40. **Arjadi RH**. Pengembangan sistem Atomic Force Microscope (AFM) untuk pengukuran topografi permukaan bahan non-konduktor. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'99; 16–17 November 1999; Serpong, Tangerang. 1999. 305–315.

41. **Arjadi RH**. Pembuatan jarum sensor probe STM dengan metoda elektro etsa. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'99; 16–17 November 1999; Serpong, Tangerang. 1999. 316–321.

42. **Arjadi RH**. Disain dan konstruksi STM untuk penelitian topografi dan properties polimer lapisan tipis. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'99; 16–17 November 1999; Serpong, Tangerang. 1999.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

43. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Efek hysterisis piezoelektrik blok-translator sebagai sistem penyapu (scanner) pada Scanning Tunneling Microscope (STM). Prosiding Simposium Fisika Nasional XVIII; 25–27 April 2000; Puspiptek, Serpong, Tangerang; 2000.

44. Wahono DR, **Arjadi RH**, Tjahjono H. Optimalisasi suhu pada ruang pendingin vaksin yang digerakkan dengan tenaga panas. Prosiding Simposium Fisika Nasional XVIII; 25–27 April 2000; Puspiptek, Serpong, Tangerang; 2000.

45. **Arjadi RH**. Fungsi ramp (ramp function) sebagai pengendali jarum sensor Scanning Tunneling Microscope (STM). Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'2000; Jakarta. 2000.

46. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Pengukuran hasil proses elektrolitik etsa pada pembuatan jarum ukur Scanning Tunneling Microscope (STM). Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'2000; Jakarta. 2000.

47. **Arjadi RH**, Andriastuti L. Efek getaran mekanik pada hasil pengukuran dengan Scanning Tunneling Microscope (STM). Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'01; Jakarta. 2001.

48. Kadarwati S, Sutraprawata D, Tappa B, **Arjadi RH**. Prototipe inkubator CO2 berbasis microprocessor 8088 untuk pembudidayaan sel. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'01; Jakarta. 2001.

49. Herlambang B, **Arjadi RH**. Pembuatan sensor gas CO dengan lapisan tipis SnO2 menggunakan evaporasi cepat oksidasi. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'01; Jakarta. 2001.

50. Herlambang B, **Arjadi RH**. Pengaruh durasi oksidasi terhadap sensitivitas sensor gas CO yang difabrikasi dengan metode evaporasi cepat dan oksidasi. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'01; Jakarta. 2001.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

51. Salomo S, Kurniadi D, Amoranto T, **Arjadi RH**. Estimasi komposisi fraksi aliran multi komponen-multi fasa menggunakan tomografi ultrasonik. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'02; Jakarta. 2002.

52. **Arjadi RH**. Perancangan sistem pengukuran konstanta dielektrik larutan garam dengan prinsip kapasitansi. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'03; 22–23 Juli 2003; Graha Widia Bhakti Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan; 2003. 195–202.

53. **Arjadi RH**. Perancangan sistem pengukuran kekuatan otot kaki dengan menggunakan strain gage. Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi (PPI KIM)'05; Graha Widia Bhakti Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan. 2005.

54. **Arjadi RH**. Sistem pengukuran medan magnetik dari sumber medan elektromagnetik Helmholtz. Prosiding Seminar Nasional Annual Meeting on Testing and Quality (AMTeQ) 2006; 12–13 September 2006; Graha Widia Bhakti, Puspiptek-Serpong, Tangerang; 2006. 81–92.

55. Kadarwati S, Andiani D, **Arjadi RH**. Kesiapan Indonesia dalam menghadapi ASEAN EE-MRA 1 Januari 2011. Prosiding Seminar Nasional Annual Meeting on Testing and Quality (AMTeQ) 2009; 28–29 Juli 2009; Graha Widia Bhakti, Puspiptek, Serpong, Tangerang; 2009. 45–50.

56. Bakti P, Utomo B, Firdaus H, **Arjadi RH**. Analisis penggunaan power compensator terhadap daya aktif pada peralatan yang bersifat resistif, induktif, dan resistif-induktif-kapasitif (RLC). Prosiding Seminar Nasional Annual Meeting on Testing and Quality (AMTeQ) 2010; 19–20 Oktober 2010; Graha Widia Bhakti Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan; 2010. 1–9.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

57. Wibowo P, **Arjadi RH**, Kadarwati S. Penggunaan RF Absorber untuk pengukuran shielding effectiveness ventilasi udara pada electromagnetic shielded chamber. Prosiding Seminar Nasional Annual Meeting on Testing and Quality (AMTeQ) 2010; 19–20 Oktober 2010; Graha Widia Bhakti Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan; 2010. 97–105.

58. **Arjadi RH**, Nugoho HW, Utomo B. Radiasi medan elektomagnetik dari *Printed Wiring Board* (PWB). Prosiding Seminar Nasional Annual Meeting on Testing and Quality (AMTeQ) 2011; 18–19 Oktober 2011; Graha Widia Bhakti Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan; 2011. 127–138.

59. Mandaris D, **Arjadi RH**, Firdaus H, Wibowo P, Nugroho HW. Pengukuran dan analisis shielding effectiveness mini chamber elektromagnetik. Prosiding Seminar Nasional Annual Meeting on Testing and Quality (AMTeQ) 2013; 23–24 Oktober 2013; Airlangga Convention Center, Surabaya; 2013. 100–110.

60. **Arjadi RH**. Pengaruh radiasi gelombang EM pada frekuensi telepon seluler 900 MHz pada cairan tubuh manusia. Prosiding Seminar Nasional Annual Meeting on Testing and Quality (AMTeQ) 2013; 23–24 Oktober 2013; Airlangga Convention Center, Surabaya; 2013. 126–138.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama	:	Dr. Ir. R. Harry Arjadi, M.Sc.
Tempat, Tanggal Lahir	:	Bandung, 22 April 1956
Anak ke-	:	3 dari 6 bersaudara
Jenis Kelamin	:	Pria
Nama Ayah Kandung	:	Suwito Tirtoatmodjo, B.Sc.
Nama Ibu Kandung	:	Mamy Nuratmi
Nama Istri	:	Ir. Laksmi Andri Astuti
Jumlah Anak	:	1 Orang
Nama Anak	:	Asti Arya Nuriastuti, S.TP.
Nama Instansi	:	Pusat Penelitian Teknologi Pengujian LIPI
Judul Orasi	:	Teknologi Pengujian Penentu Efek Positif maupun Negatif Medan Elektromagnetik Hasil Produk Teknologi serta Industri Berbasis Elektronika dan Kelistrikan
Bidang Kepakaran	:	Teknologi Pengujian
No. SK Pangkat Terakhir	:	Surat Keputusan Ka. LIPI No. 509/D.1/2018
No. SK Peneliti Ahli Utama	:	No. 0749/D.1/VI/2012, Tanggal 29 Juni 2012

Buku ini tidak diperjualbelikan.

B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah/ PT/Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
1	SD	SD Pujokusuman Yogyakarta	Yogyakarta	1968
2	SMP	SMP IKIP III Yogyakarta	Yogyakarta	1971
3	SMA	SMAN IV Yogyakarta	Yogyakarta	1974
4	S1	Institut Teknologi Bandung	Bandung	1981
5	S2	Salford University, UK	Salford, United Kingdom	1988
6	S3	Salford University, UK	Salford, United Kingdom	1992

C. Pendidikan Nonformal

No.	Nama Pelatihan/ Pendidikan	Tempat/Kota/Negara	Tahun
1	Karakteristik dan Desain Aplikasi Sel Fotovoltaik (*Characteristic and design for photovoltaic cell*)	LFN – LIPI	1983
2	Teknologi Energi Terbarukan (*Revewable Energy*)	LFN–LIPI	1984
3	Thick Film Tecnology	University of Shouth Australia	1993
4	Workshop Real-time Control Sistem: Perspektif Pemakai dan Industrinya di Indonesia (*user perceive and Indonesian industries*)	Pusat Ilmu Komputer UI	1994

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Pelatihan/ Pendidikan	Tempat/Kota/Negara	Tahun
5	Lead Assessor ISO 9000 Quality System Training	NOVO Quality Service	1996
6	Training Lead Assessor Sistem Mutu ISO 9000 (*Quality management system ISO 9000*)	Dewan Standardisasi Nasional	1996
7	Pelatihan Pengelolaan Penelitian dan Pengembangan (*Training of Directing Research and Development*)	Puslitbang KIM LIPI	1996
8	*Scanning Tunneling Microscope and Atomic Force Microscopy*	JSPS	1998
9	*In Service Training Program of Certification*	Korean Testing Laboratory	2000
10	*Technical Training for Electrical Safety and EMC*	Korean Testing Laboratory	2000
11	Pelatihan Lead Asesor Laboratotium (*Training for Laboratory Lead Assessor*)	BSN	2004
12	EMC *Training Course for The Field(s) of* EMI/EMS *Testing*	Korean Testing Laboratory	2007
13	Keysight EMI Receiver Training/Workshop	Keysigh Technologies, Hardaya Perkasa	2014
14	Pelatihan Ketidakpastian Pengukuran Dalam Pengujian di Pusat Teknologi Elektronika – BPPT (*Uncertainty in Testing*)	P2SMTP LIPI	2016

Buku ini tidak diperjualbelikan.

D. Jabatan Struktural

No	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1	Kepala Lab. Teknik Pengujian	Puslit KIM LIPI	1995
2	Manager Mutu	Puslitbang KIM LIPI	2000
3	Kepala Bidang Teknik Pengujian	Puslit KIM LIPI	2001
4	Kepala Bidang Teknologi Pengujian	Puslit SMTP LIPI	2005
5	Manajer Teknis Bidang Teknologi Pengujian	Puslit SMTP LIPI	2009
6	Penyelia Uji *Electromagnetic Compatibility* (EMC)	Puslit SMTP LIPI	2009–2020
7	Kepala P2 SMTP LIPI	Puslit SMTP LIPI	2014

E. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1	Peneliti Muda III/d	1999–2003
2	Peneliti Madya IV/b	1 Juni 2003–2008
3	Peneliti Madya IV/c	1 Juni 2008–2012
4	Peneliti Utama IV/d	1 Juli 2012–sekarang

F. Penugasan Khusus Nasional/Internasional

No.	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
1	Team Teknis Standardisasi Industri Elektronika	Deperindag	
2	Dewan Editor PPI KIM	Puslitbang KIM LIPI	1989/1990
3	Dewan Editor PPI KIM	Puslitbang KIM LIPI	1990/1991

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
4	Komite Standar Nasional untuk Satuan Ukuran Dewan Standardisasi Nasional	BSN	1990
5	Panitia Teknik Proses Pengukuran dan Kontrol Industri (PTPI)	-	1990
6	Panitia Teknik Bidang Standar Ketenagalistrikan	Departemen ESDM	1991/1992
7	ISO 9000 *Quality Standards Anticipating the Global Market*	Asian Business Consultants Pte Ltd.	1992
8	Panitia Teknik Bidang Standar Ketenagalistrikan	Departemen ESDM	1993/1994
9	Asean Australia Regional Conference on Biomedical Electronics 1994	ITB	1994
10	Pertemuan Ilmiah Sains Materi II	LIPI	1997
11	Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan ’99	LIPI	1999
12	Instruktur pada Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi, dan Metrologi PPI KIM 1999	Puslit KIM LIPI	1999
13	Workshop Auditor Lembaga Inspeksi KAN	LIPI	2000
14	Apresiasi II 2001 Asesor Kepala dan Panitia Teknis Laboratorium Penguji dan Kalibrasi KAN	LIPI	2001

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
15	Seminar Nasional Teknologi Alat Kesehatan ”Peranan Teknologi dalam Peningkatan Kualitas Pelayanan Kesehatan di Rumah Sakit” BPPT	LIPI	2002
16	Peran Puspiptek dalam Mendukung Daya Saing Industri Nasional	Menteri Riset dan Teknologi Republik Indonesia	2002
17	Pelatihan Pengenalan dan Dokumentasi Pedoman KNAPP 02-2002 tentang Persyaratan Umum Pranata Penelitian dan Pengembangan	KAN	2003
18	Pelatihan Ketidakpastian Pengukuran pada Laboratorium Pengujian	P2SMTP LIPI	2009
19	*Training on Electromagnetic Compatibility* (EMC) *Basic Understanding and Measurement Principal*	P2SMTP LIPI	2013
20	*Understanding* EMC for *Better Life and Environment Conference*	P2SMTP LIPI Tridaya Setiamanunggal Sertifikat No: 091/ LT.EXT/IV/2013	2013

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
21	Delegasi Indonesia dalam Progran *BRESL* (*Barrier Removal to the Cost-Effective Development and Implementation of Energy Efficiency Standards and Labeling*)	LIPI	2010–2014
22	Sebagai perwakilan Indonesia di *Asia Network Forum* (ANF)	LIPI	2008–2018
23	*Guest Lecture* di ETC – Taiwan	LIPI	2018

G. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan, Tempat	Peran/Tugas	Tahun
1	Pengebangan Sistem STM (*Scanning Tunneling Microscope*) untuk Pengukuran Topografi dan Karakteristik Bahan Konduktor dan Semikonduktor	Peneliti Utama	1993
2	Pengembangan Sistem Pengukur Ketebalan Lapisan Tipis dengan Prinsip *Eddy Current*	Peneliti Pengusul	1988
3	Pengebangan Sistem STM (*Scanning Tunneling Microscope*) untuk Pengukuran Topografi dan Karakteristik Bahan Konduktor dan Semikonduktor	Peneliti Utama	1993
4	Pengembangan Sistem Uji Keamanan (*Safety test*) untuk Peralatan Berbasis Elektronika dan Kelistrikan	Peneliti Utama	1994

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan, Tempat	Peran/Tugas	Tahun
5	Pengembangan Metode Pengukuran Resistensi dan Konduktansi Lapisan Tipis dengan Sistem STM	Peneliti Utama	1999
6	Pengukuran dan Pengujian sebagai kunci dalam menunjang peningkatan daya saing produk teknologi maupun industri berbasis kelistrikan dan elektronika di pasar dunia	Peneliti Utama	2006
7	Perancangan dan Pengembangan Sistem dan Metode Uji Pengaruh EMC (*Electromagnetic Compatibility*) pada Kinerja Peralatan Kelistrikan dan Elektronika berdasarkan Standar IEC 61000-4-Series	Peneliti Utama	2009–2010
8	Perancangan Sistem dan Metode Pengukuran EMC Radiatif PCB Peralatan Berbasis Kelistrikan dan Elektronika	Peneliti Utama	2009/10
9	Kegiatan Analisis Pengaruh Gangguan Medan Elektromagnetik dari Sistem Perkeretaapian terhadap Lingkungannya	Peneliti Anggota	2011
10	Kegiatan Perancangan Sumber Medan EMS Homogen sebagai Acuan dalam Pengukuran Efek Medan Pada Benda Uji	Peneliti Utama	2011
11	Kegiatan Analisis Emisi Radiasi Medan Elektromagnetik pada Komponen Sistem Kereta Rel Listrik	Peneliti Pengusul/Utama	2012

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan, Tempat	Peran/Tugas	Tahun
12	Kegiatan Perancangan Sumber Medan EMS Homegen sebagai Acuan dalam Pengukuran Efek Medan pada Benda Uji	Peneliti Utama	2012
13	Pengembangan Sistem Penjaminan Mutu Penggunaan Energi Alternatif untuk Peralatan RT	Peneliti Anggota	2012
14	Pengembangan IP Code Mengacu pada IEC 60529 pada P2SMTP	Peneliti Anggota	2012
15	Kegiatan Studi dan Analisis Rancang Bangun Sistem dan Metode Pengukuran "*Spesific Absorbtion Rate* (SAR) *Mobile Phone*"	Peneliti Utama	2013
16	Studi & Analisa Rancang Bangun Sistem dan Metode Pengukuran SAR *Mobile Phone*	Peneliti Utama	2014
17	Pengembangan Sarana Laboratorium *Electromagnetic Compatibility* (EMC) untuk memenuhi Standar CISPR	Peneliti Utama	2014
18	Studi dan Analisa Rancang bangun Sistem dan Metode Pengukuran "*Spesific Absorbtion Rate* (SAR) *Mobile Phone*"	Peneliti Utama	2015
19	Pengembangan Teknologi Pengukuran dan Metrologi EMC dan Promosi LIPI	Peneliti Utama	2015
20	Peralatan Metrologi dan Pengujian	Peneliti Utama	2015
21	Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengukuran Radiasi Elektromagnetik BTS	Peneliti Anggota	2015
22	Studi dan Analisa Rancang Bangun Sistim Pengukuran Radiasi Elektromagnetik BTS	Peneliti Anggota	2015

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan, Tempat	Peran/Tugas	Tahun
23	Sistim Pengukuran Kualitas Sinyal Bioelektrikal Tubuh Akibat Pengaruh Medan Elektromagnetik Untuk Meningkatkan Jaminan Kesehatan	Peneliti Utama	2016
24	Kompatibilitas Medan Elektromagnetik Untuk Meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Lokal	Peneliti Anggota	2016
25	Kompatibilitas Medan Elektromagnetik Untuk Meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Lokal (Tahun ke-2)	Peneliti Anggota	2017
26	Perancangan Sistem Paparan Medan Listrik Untuk Meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Pangan	Peneliti Anggota	2018
27	Kelompok Penelitian Elektromagnetik (EM)	Ketua Kelompok	2016–2020

H. Editor Jurnal/Prosiding

No.	Nama Jurnal/Prosiding	Peran/Tugas	Tahun
1	Jurnal Instrumentasi LIPI	Mitra Bestari	s.d. 2019
2	Jurnal Standardisasi BSN	Mitra Bestari	2018–2020
3	Jurnal Instrumentasi BSN	Mitra Bestari	2019–2020
4	Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri (JTPII)-Baristan, Surabaya	Mitra Bestari	2018–2020

Buku ini tidak diperjualbelikan.

I. Karya Tulis Ilmiah

No.	KualifikasiPenulis	Jumlah
1	Penulis Tunggal	17
2	Bersama Penulis lainnya	43
	Total	60

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1	Bahasa Indonesia	48
2	Bahasa Inggris	12
	Total	60

J. Pembinaan Kader Ilmiah

Pejabat Fungsional Peneliti

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1	Sutrisno Salomo	P2 KIM LIPI	Pembimbing II Program S2 ITB	2002
2	Priyo Wibowo	P2 TP LIPI	Pembimbing II Program S2 UI	2014
3	M. Imam Sudrajat	P2 TP LIPI	Pembimbing II Program S2 UI	2016
4	Prayoga Bakti	P2 TP LIPI	Pembimbing II Program S2 ITB	2017
5	Yudhistira	P2 TP LIPI	Pembimbing II Program S2 ITB	2019/2020

Mahasiswa

No.	Nama Bimbingan	PT/Universitas	Tahun Lulus
1	Bahrudin NIM: 011930001	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	1999
2	Cuncun Setiawan NIM: 011950012	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2000

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Bimbingan	PT/Universitas	Tahun Lulus
3	Eko Teguh Santoso NIM: 011960047	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2000
4	Subhan NIM: 011970021	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2000
5	Arfiansyah NIM: 011970034	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2001
6	Dhandy Arisakti W. NIM: 011970010	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2001
7	Rini Komalasari NIM: 011970068	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2001
8	R. Cahyo Wibowo NIM: 011970004	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2001
9	Farizki Nur Nugroho NIM: 011960039	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2002
10	Muhammad Yusuf NIM: 011990110	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2005
11	Hery Darmawan NIM: 011990104	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2005
12	Nur Arif Maulana NIM: 011990084	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2006
13	Didiet Pradityo NIM: 111092509	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2011
14	Muhammad Alwi Huda NIM: 111092510	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2011
15	Barrun Agile Al. NIM: 111070011	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2013
16	Oschar Haris NIM: 111.10.0015	Institut Teknologi Indonesia (ITI)	2015
17	Rantonius Samosir NIM: 2391211171	Universitas Indonesia (UI)	1995
18	Sutrisno Salomo (S2) 2001	Institut Teknologi Bandung (ITB)	2002

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Bimbingan	PT/Universitas	Tahun Lulus
19	Ester Ulur Sari M. Silalahi NIM: 950801013	Univ. Sumatra Utara (USU)	2000
20	Aria Sari Dewi Kaban NIM: 950801007	Univ. Sumatra Utara (USU)	2001
21	Janus Situmeang NIM: 960801022.	Univ. Sumatra Utara (USU)	2002
22	Juniastel Rajaguguk NIM: 980801030	Univ. Sumatra Utara (USU)	2003
23	Sembi Bukit Hutagaol NIM: 960801058	Univ. Sumatra Utara (USU)	2004
24	Kristina Sur Bakti NIM: 010801034	Univ. Sumatra Utara (USU)	2006
25	Moh. Ikbal Awaluddin NIM: 07306141020	Univ. Negeri Yogyakarta (UNY)	2010
26	Fera Tri Malasari NIM: 05306144004	Univ. Negeri Yogyakarta (UNY)	2011
27	Fadhilah Tri Larasaty NRP NIM: 1210151055	Politeknik Elektronika Nasional Surabaya (PENS)	2019
28	R. Montezari NIM: 020301020	Univ. Muhamaddiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA)	2009
29	Nurianzyah NIM: 020301013	Univ. Muhamaddiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA)	2009
30	Agus Mulya Permana NIM: 02031002	Univ. Muhamaddiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA)	2009
31	Budi Setiawan NIM: 0603025014	Univ. Muhamaddiyah Prof. Dr. Hamka (UHAMKA)	2010
32	Wilson Julius NIM: 212010001	Univ. Kristen Krida Wacana (UKRIDA)	2014

Buku ini tidak diperjualbelikan.

K. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1	Anggota	Himpunan Masyarakat Instrumentasi Indonesia (HiMII)	1983
2	Anggota	Masyarakat Standardisasi (Mastan)	2004–sekarang

L. Tanda Penghargaan

No.	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Satyalancana Karya Satya X Tahun	Presiden RI	2000
2	Satyalancana Karya Satya XX Tahun	Presiden RI	2005
3	Satyalancana Karya Satya XXX Tahun	Presiden RI	2013
4	Satyalancana Pembangunan	Presiden RI	2018

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

LIPI

LIPI Press

Gedung PDDI LIPI, Lantai 6
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710
Telp. (+62 21) 573 3465
E-mail: press@mail.lipi.go.id
Website: lipipress.lipi.go.id

ISBN 978-602-496-158-9