



TUGAS AKHIR - EE 184801

**RANCANGAN KONFIGURASI PENGUKURAN EMISI
RADIASI EMC PADA PERANGKAT PONSEL DENGAN
MENGACU STANDAR CISPR 22**

ROSSALIYAH INDAH
NRP 0711144000040

Dosen Pembimbing
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - EE 184801

**DESIGN OF MEASUREMENT CONFIGURATION OF EMC
RADIATED EMISSION ON MOBILE DEVICES BASED ON
CISPR 22**

**ROSSALIYAH INDAH
NRP 0711144000040**

**Lecture Advisor
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.**

**DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Rancangan Konfigurasi Pengukuran Emisi Radiasi EMC pada Perangkat Ponsel dengan Mengacu Standar CISPR 22**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2020



Rossaliyah Indah
NRP. 0711 14 4000 0040

Halaman ini mengandung kekosongan

**RANCANGAN KONFIGURASI PENGUKURAN
EMISI RADIASI EMC PADA PERANGKAT PONSEL
DENGAN MENGACU STANDAR CISPR 22**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik


Pada

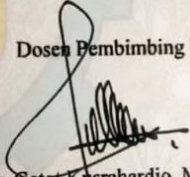
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
NIP. 197210012003121002


Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.
NIP. 195904281986011001



Halaman ini mengandung kekosongan

RANCANGAN KONFIGURASI PENGUKURAN EMISI RADIASI EMC PADA PERANGKAT PONSEL DENGAN MENGACU STANDAR CISPR 22

Nama : Rossalayah Indah
Pembimbing I : Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
Pembimbing II : Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

ABSTRAK

Electromagnetic Compatibility (EMC) adalah kemampuan suatu peralatan atau sistem untuk beroperasi secara normal di lingkungan elektromagnetik tanpa terpengaruh maupun menghasilkan interferensi terhadap lingkungannya. EMC selain berkaitan dengan mutu dan kualitas suatu produk, juga erat kaitannya dengan tingkat keamanan dan keselamatan bagi pemakainya. Oleh sebab itu, pengukuran EMC sangat penting untuk dilakukan. Mengingat ponsel saat ini tidak pernah lepas dari kebutuhan manusia serta fasilitas Wi-Fi yang juga semakin sering dimanfaatkan bagi para penggunanya, maka pada Tugas Akhir ini akan merancang konfigurasi khusus untuk pengukuran emisi radiasi pada frekuensi Wi-Fi perangkat ponsel.

Namun karena pengukuran di laboratorium EMC membutuhkan biaya yang besar, maka diperlukan rancangan konfigurasi sederhana dengan perlengkapan yang ada di laboratorium kampus agar menjadi lebih efisien dalam segi biaya dan bisa sebagai laboratorium alternatif pengukuran EMC.

Pada pengerjaan tugas akhir ini akan digunakan metode yang berdasar pada standar CISPR 22 dengan menjadikan beberapa kondisi pengukuran EMC yang dilakukan dengan bantuan *software* sebagai acuan. Setelah memperoleh hasil dengan kondisi yang sama, hasil pengukuran dengan antenna 0,8 – 18 GHz (bantuan *software*) dan antenna 2,17 – 3,3 GHz (secara manual) akan dibandingkan satu sama lain. Sehingga didapatkan harga rata-rata pengukuran kuat medan elektromagnetik dari lima ponsel *maximum-peak* dengan antenna 0,8 – 18 GHz sebesar 63,473 dB μ V/m dan bernilai 27,445 dB μ V/m untuk rata-rata *average-peak*nya. Sedangkan untuk pengukuran dengan antenna 2,17 – 3,3 GHz, nilai rata-rata *maximum-peak* mencapai angka 57,512

dB μ V/m dengan *average-peak* sebesar 20,307 dB μ V/m. Sementara kelima perangkat ponsel dinyatakan lolos uji terhadap kedua antena karena nilai *margin* dari *maximum-peak* maupun *average-peak*nya telah memenuhi ketentuan dari standar CISPR 22. Maka dari itu, konfigurasi pengukuran yang diusulkan dengan antena 2,17 – 3,3 GHz ini bisa diterapkan. Dengan catatan, pengukuran harus dilakukan di dalam *anechoic chamber*.

Kata kunci : *Electromagnetic Compatibility*, pengukuran emisi radiasi, CISPR 22, perangkat ponsel, Wi-Fi.

DESIGN OF MEASUREMENT CONFIGURATION OF EMC RADIATED EMISSION ON MOBILE DEVICES BASED ON CISPR 22

Name : Rossalayah Indah
Supervisor I : Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
Supervisor II : Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

ABSTRACT

Electromagnetic Compatibility (EMC) is the ability of a device or system to operate normally in an electromagnetic environment without being affected or generating interference with its environment. EMC in addition to relating to the quality and quality of a product, is also closely related to the level of security and safety for the user. Therefore, EMC measurement is very important to do. Since the current use of mobile phones has never been separated from human needs and Wi-Fi facilities are also increasingly being used by its users, this Final Project will design a specific configuration for measuring radiated emission on the Wi-Fi frequency of mobile devices.

However, because measurements in EMC laboratories require large costs, a simple configuration design with campus laboratories's equipment is needed in order to be more efficient in cost and can be an alternative laboratory for EMC measurement.

This final project will use a method based on the CISPR 22 by making several EMC measurement conditions carried out with the help of software as a reference. After getting results with the same conditions, the measurement results with the 0,8 – 18 GHz antenna (software help) and the 2,17 – 3,3 GHz antenna (manually) will be compared with each other. So that the average value of *maximum-peak* measurement of the strength of the electromagnetic field from five handphones with the Baristand antenna is 63.473 dB μ V/m and is 27.445 dB μ V/m for the average value of *average-peak*. As for measurements with antenna-ITS, the average value of *maximum-peak* is reached 57.512 dB μ V/m with an *average-peak* of 20.307 dB μ V/m. While the five tested-mobile devices were declared to have passed the tests of both antennas because the margins of the their *maximum-peak* and *average-peak* has fulfilled

requirements of CISPR 22. Therefore, the proposed measurement configuration with the 2.17 - 3.3 GHz antenna can be applied. With notes, measurements must be made in an anechoic chamber.

Keywords : Electromagnetic Compatibillity, radiated emission measurements, CISPR 22, handphone, Wi-Fi.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami ucapkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir dengan judul “**Rancangan Konfigurasi Pengukuran Emisi Radiasi EMC pada Perangkat Ponsel dengan Mengacu Standar CISPR 22**”. Yang mana tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi untuk jenjang pendidikan Strata 1 pada bidang studi Telekomunikasi Multimedia yang ada di jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan ini, saya selaku penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sangat mendalam kepada semua pihak yang telah mendukung selama proses penyelesaian tugas akhir ini, khususnya kepada:

1. Orang tua dan seluruh anggota keluarga di rumah yang senantiasa memberikan doa dan dukungan moral jarak jauh agar tetap semangat dalam mengerjakan tugas akhir.
2. Bapak Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D. dan Bapak Ir. Gatot Kusrahardjo, MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ibu Ika Prawesty Wulandari selaku penguji di Laboratorium Elektronika dan Telematika Baristand Surabaya serta pembimbing lapangan di Laboratorium EMC Baristand Surabaya yang telah membantu mengarahkan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Gunawan Sukaca selaku penyelia teknis Laboratorium Elektronika dan Telematika Baristand Surabaya.
5. Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D., Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT., serta Ibu Sri Rahayu, S.T. M.Kom. yang telah membantu dalam pemberian masukan untuk proses pengerjaan juga penulisan buku tugas akhir.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro ITS, khususnya bidang studi Telekomunikasi Multimedia, atas segala ilmu yang telah diberikan selama saya kuliah di ITS.
7. Semua teman-teman E-54, khususnya bidang Telekomunikasi Multimedia yang telah sama-sama berjuang menyelesaikan pendidikan di Teknik Elektro ITS.

Penulis menyadari bahwa penulisan buku ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga buku tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan kontribusi terhadap perkembangan keilmuan, khususnya dalam bidang telekomunikasi. Atas perhatian pembaca, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan memohon maaf apabila terdapat ketidakcocokan dan salah kata pada penulisan buku ini.

Surabaya, 10 Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi atau Manfaat.....	5
BAB 2 TEORI PENUNJANG DAN TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Electromagnetic Compatibility (EMC).....	7
2.1.1 Emisi Konduksi (<i>Conducted Emission</i>).....	8
2.1.2 Emisi Radiasi (<i>Radiated Emission</i>).....	8
2.1.3 Karakteristik atau Pengukur Gangguan.....	8
2.2 CISPR	9
2.3 CISPR 22	10
2.3.1 Definisi-definisi.....	11
2.3.2 Klasifikasi ITE	12
2.3.3 <i>Limit</i> untuk <i>Radiated Disturbance</i>	12
2.3.4 Kondisi Pengukuran secara Umum	15
2.3.5 Metode Pengukuran untuk <i>Radiated Disturbance</i>	17
2.3.6 Ketidakpastian Pengukuran	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 Menentukan Obyek Pengukuran	22

3.3	Komponen-Komponen yang Diperlukan dalam Pengukuran	22
3.4	Konfigurasi Sistem Pengukuran	26
3.4.1	Konfigurasi Pengukuran Antena 0,8 – 18 GHz	27
3.4.2	Konfigurasi Pengukuran Antena 2,17 – 3,3 GHz.....	29
3.5	Kodifikasi Perangkat yang Diujikan.....	30
3.5.1	Jenis Antena Uji.....	30
3.5.2	Jenis Ponsel Uji.....	31
3.6	Konsep Pemilihan Data Hasil Pengukuran	31
3.7	Skenario Pengukuran.....	32
3.7.1	Pengukuran Menggunakan Antena 0,8 – 18 GHz (A1) ...	32
3.7.2	Pemilihan Titik Sampel Data Pengukuran	35
3.7.3	Pengukuran dengan Menggunakan Antena 2,17 – 3,3 GHz (A2)	36
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1	Hasil Pengukuran Kuat Medan Elektromagnetik	41
4.1.1	Hasil Pengukuran Antena 0,8 – 18 GHz (A1).....	41
4.1.2	Hasil Pengukuran Antena 2,17 – 3,3 GHz (A2).....	46
4.2	Analisa dan Pembahasan	49
4.2.1	Perhitungan <i>Margin</i> Kuat Medan Elektromagnetik	51
4.2.2	Perhitungan Faktor Koreksi	52
4.2.3	Pengaruh Implementasi Standar CISPR 22.....	53
4.3	Perbandingan Performansi Tiap Ponsel.....	56
4.4	Kelayakan Konfigurasi Pengukuran dengan Antena 2,17 – 3,3 GHz	57
BAB 5	PENUTUP	59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....		61
LAMPIRAN A		63
LAMPIRAN B.....		71
LAMPIRAN C		81
LAMPIRAN D		83
RIWAYAT HIDUP PENULIS		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengujian EMC di <i>chamber</i>	8
Gambar 2.2 Alternatif minimum lokasi pengukuran.....	17
Gambar 3.1 Diagram alir	21
Gambar 3.2 BTS <i>simulator</i>	23
Gambar 3.3 Ponsel uji	23
Gambar 3.4 Antena penerima	25
Gambar 3.5 Antena Baristand	26
Gambar 3.6 Antena ITS	27
Gambar 3.7 Ilustrasi pengukuran dengan antena 0,8 – 18 GHz	28
Gambar 3.8 Konfigurasi pengukuran dengan antena 0,8 – 18 GHz	29
Gambar 3.9 Konfigurasi pengukuran dengan antena 2,17 – 3,3 GHz... ..	29
Gambar 3.10 Ilustrasi pengukuran dengan antena 2,17 – 3,3 GHz	30
Gambar 3.11 Ilustrasi pengukuran menggunakan antena 0,8 – 18 GHz	33
Gambar 3.12 Posisi antena 0,8 – 18 GHz pada polarisasi vertikal.....	33
Gambar 3.13 Posisi antena 0,8 – 18 GHz pada polarisasi horizontal....	35
Gambar 3.14 Perangkat <i>Controller CO3000</i>	37
Gambar 3.15 Tampilan spektrum sinyal pada <i>EMI Test Receiver</i>	37
Gambar 3.16 Tampilan nilai kuat medan yang terukur	38
Gambar 3.17 Ilustrasi pengukuran menggunakan antena 2,17 – 3,3 GHz	39
Gambar 3.18 Posisi antena 2,17 – 3,3 GHz pada polarisasi horizontal.	40
Gambar 4.1 Contoh hasil <i>sweeping</i> dari ponsel P1	42
Gambar 4.2 Titik <i>maximum-peak</i> dan <i>average-peak</i> ponsel P1	43
Gambar 4.3 Hasil pengukuran ponsel P1 dengan antena 0,8 – 18 GHz	44
Gambar 4.4 Tampilan spektrum saat pengukuran dengan antena 2,17 – 3,3 GHz.....	48
Gambar 4.5 Tampilan nilai <i>maximum-peak</i> beserta <i>average-peak</i>	49

Halaman ini mengandung kekosongan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Limit</i> untuk ITE kelas A pada pengukuran jarak 10 m.....	13
Tabel 2.2 <i>Limit</i> untuk ITE kelas B pada pengukuran jarak 10 m.....	13
Tabel 2.3 <i>Limit</i> untuk ITE kelas A pada pengukuran jarak 3 m.....	14
Tabel 2.4 <i>Limit</i> untuk ITE kelas B pada pengukuran jarak 3 m.....	14
Tabel 3.1 Kodifikasi antena uji	30
Tabel 3.2 Kodifikasi ponsel uji	31
Tabel 3.3 Kodifikasi kondisi pengukuran	32
Tabel 4.1 Contoh tabel hasil pengukuran ponsel P1	43
Tabel 4.2 Spesifikasi ponsel di beberapa titik frekuensi menonjol	45
Tabel 4.3 Kondisi pengukuran terbaik dengan antena 0,8 – 18 GHz....	46
Tabel 4.4 Hasil pengukuran dengan antena 2,17 – 3,3 GHz	47
Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil pengukuran dan rata-ratanya.....	49
Tabel 4.6 Perhitungan <i>margin</i> antar antena	51
Tabel 4.7 Nilai faktor koreksi antena pada frekuensi 2,4 GHz	53
Tabel 4.8 <i>Margin</i> hasil ukur antena 0,8 – 18 GHz terhadap batas standar CISPR 22	54
Tabel 4.9 <i>Margin</i> hasil ukur antena 2,17 – 3,3 GHz terhadap batas standar CISPR 22	55
Tabel 4.10 Perbandingan performansi tiap ponsel	56

Halaman ini mengandung kekosongan

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Electromagnetic Compatibility yang sering disingkat EMC adalah kemampuan suatu peralatan atau sistem untuk beroperasi secara normal di lingkungan elektromagnetik tanpa terpengaruh maupun menghasilkan interferensi terhadap lingkungannya. EMC berarti menghindari gangguan ke peralatan lain akibat interferensi melalui konduksi, radiasi, atau induksi. Dengan kata lain, tidak terpengaruh dan menyebabkan interferensi pada sistem yang lain maupun menyebabkan interferensi pada dirinya sendiri. Untuk memenuhi sasaran tersebut, maka EMC dibagi menjadi dua bagian, yaitu EMI (*Electromagnetic Interference*) dan EMS (*Electromagnetic Susceptibility*). EMI (*Electromagnetic Interference*) berhubungan dengan energi elektromagnetik yang dibangkitkan dan menghindari gangguan ke lingkungan sekitar. Sedangkan EMS (*Electromagnetic Susceptibility*) berhubungan dengan kemampuan peralatan beroperasi normal apabila terkena gangguan-gangguan elektromagnetik dari lingkungan. EMC selain berkaitan dengan mutu dan kualitas suatu produk, juga erat kaitannya dengan tingkat keamanan dan keselamatan bagi pemakainya.

Untuk pengujian EMC ini sendiri biasanya mengacu pada standar CISPR (*Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques*) atau dalam bahasa Inggrisnya, *International Special Committee on Radio Interference*. Dalam standar CISPR dibagi menjadi beberapa standar yang lebih spesifik, misalnya CISPR 11 yang diterapkan pada peralatan yang didesain untuk menghasilkan energi gelombang radio (RF) untuk tujuan industri, ilmu pengetahuan, dan kesehatan; CISPR 13 yang diterapkan pada penerima siaran radio dan televisi atau dari pemancar yang sejenis serta peralatan-peralatan pelengkapinya; CISPR 14 yang diterapkan pada motor listrik dan peralatan thermal bagi rumah tangga, alat-alat listrik dan peralatan sejenis; CISPR 15 yang diterapkan pada lampu listrik dan peralatan sejenis; CISPR 22 yang diterapkan pada peralatan Teknologi Informasi (ITE); dan masih banyak spesifikasi standar CISPR yang lainnya.

Pengadaan uji *Electromagnetic Compatibility* (EMC) ini biasanya membutuhkan laboratorium serta perlengkapan lengkap (seperti antenna, *chamber*, *turntable*, dll) dengan biaya yang cukup tinggi. Maka dari itu, dibutuhkan alternatif untuk memperkecil biaya yang dibutuhkan dalam pengujian EMC ini. Perlengkapan yang dimiliki laboratorium

kampus pun bisa dimanfaatkan untuk pengujian EMC yang lebih sederhana ini. Tetapi tentu saja dengan keterbatasan kemampuan uji hanya untuk peralatan tertentu saja. Dalam hal ini, akan difokuskan untuk pengujian *radiated emission* 3 meter (untuk frekuensi di atas 1 GHz) khusus Wi-Fi saja.

1.2 Permasalahan

Dari latar belakang, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara memanfaatkan perlengkapan yang ada di laboratorium kampus untuk pengukuran EMC yang lebih sederhana.
2. Bagaimana prosedur pengukuran EMC khususnya pada Wi-Fi di perangkat *handphone* dengan perlengkapan yang lebih sederhana mengacu pada standar CISPR 22.
3. Apa saja kekurangan pengukuran EMC pada Wi-Fi di perangkat *handphone* yang lebih sederhana dibandingkan dengan pengukuran EMC yang lebih maju (yang sudah ada di laboratorium EMC Baristand).

1.3 Batasan Masalah

Dari perumusan masalah, didapatkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Peralatan Teknologi Informasi (ITE) sesuai standar CISPR 22.
2. Pengukuran *radiated emission* untuk frekuensi di atas 1 GHz (Wi-Fi).
3. Pengukuran dilakukan pada perangkat *handphone*.

1.4 Tujuan

Dari perumusan masalah, didapatkan tujuan penulisan sebagai berikut:

1. Mengetahui cara memanfaatkan perlengkapan yang ada di laboratorium kampus untuk pengukuran EMC yang lebih sederhana.
2. Membuat prosedur pengukuran EMC khususnya pada Wi-Fi di perangkat *handphone* dengan perlengkapan yang lebih sederhana mengacu pada standar CISPR 22.
3. Mengetahui perbandingan pengukuran EMC pada Wi-Fi di perangkat *handphone* yang lebih sederhana dibandingkan dengan pengukuran EMC yang lebih maju (yang sudah ada di laboratorium EMC Baristand).

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Studi literatur

Pada bagian ini, peneliti mencari referensi melalui buku dan paper yang sesuai dengan topik tugas akhir yang diambil. Selain itu, peneliti mempelajari mengenai standar CISPR 22 yang digunakan sebagai pedoman dalam pengukuran EMC.

2. Observasi dan analisa masalah

Pada bagian ini dilakukan observasi mengenai masalah mengenai pengukuran EMC yang lebih sederhana pada Wi-Fi yang dapat mendukung penganalisa. Dan mencari data dari masalah yang bertema hampir sama dengan tema masalah yang diambil.

3. Perancangan sistem pengukuran EMC yang lebih sederhana pada Wi-Fi di perangkat handphone menurut standar CISPR 22

Pada bagian ini, peneliti melakukan perancangan sistem sekaligus pembuatan alat pengukuran EMC yang lebih sederhana pada Wi-Fi di perangkat *handphone* yang digunakan untuk mengambil data.

4. Uji coba pengukuran dengan peralatan yang ada di laboratorium kampus

Dengan peralatan yang tersedia di laboratorium kampus, dapat dilakukan pengukuran sesuai dengan perancangan sistem pengukuran sederhana yang telah dibuat berdasarkan standar CISPR 22.

5. Evaluasi dan validasi pengukuran

Pada bagian ini, dilakukan evaluasi terhadap hasil pengukuran sederhana yang telah dilakukan terlebih dahulu, kemudian dibandingkan dengan prosedur yang sudah ada, dan kemudian dilakukan validasi.

6. Prosedur pengukuran

Pada bagian prosedur pengukuran ini, dilakukan penyusunan prosedur pengukuran sederhana yang telah dilakukan yang dirasa hasilnya sudah cukup mendekati hasil dari prosedur pengukuran yang sudah ada.

7. Analisa

Dari hasil pengujian, dapat diketahui kelemahan dari rancangan prosedur pengukuran sederhana yang telah dibuat dibandingkan dengan prosedur pengukuran yang lebih canggih.

8. Penyusunan laporan

Tahap penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dari proses pengerjaan tugas akhir ini. Laporan berisi seluruh hal yang berkaitan dengan tugas akhir yang telah dikerjakan yaitu meliputi pendahuluan, studi literatur, tinjauan pustaka, perancangan dan pengujian sesuai prosedur, pengujian, analisa, serta penutup.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, perumusan masalah yang dihadapi dalam sistem, batasan permasalahan yang akan digunakan, tujuan dari pembuatan tugas akhir, metodologi penulisan, sistematika penulisan buku, dan relevansi dari tugas akhir ini.

BAB II TEORI PENUNJANG DAN TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori-teori dasar yang berhubungan dengan pembuatan dan penyusunan tugas akhir. Dasar teori ini terdiri dari beberapa bagian yakni pengertian dasar dari *Electromagnetic Compatibility* (EMC), penjabaran mengenai CISPR, penjabaran CISPR 22 termasuk batas-batas dan rancangan konfigurasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Di sini dibahas mengenai penentuan obyek pengukuran, komponen-komponen yang diperlukan, konfigurasi sistem pengukuran, kodifikasi perangkat yang diujikan, konsep pemilihan data hasil pengukuran, serta skenario pengukuran yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan pembahasan hasil-hasil pengukuran yang didapat ketika menggunakan dua buah antena dan lima jenis ponsel berbeda. Data-data tersebut diolah dan dibandingkan sehingga bisa ditarik

kesimpulan mengenai lolos atau tidaknya perangkat ponsel yang diujikan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan materi dan hasil analisis data pada bab IV. Selain itu juga dibahas mengenai saran yang bisa dilakukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1.7 Relevansi atau Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu sebagai berikut:

1. Menjadi referensi dalam pengukuran emisi radiasi EMC *handphone* pada frekuensi Wi-Fi yang lebih sederhana.
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa yang akan mengerjakan penelitian dengan topik *electromagnetic compatibility*.

Halaman ini mengandung kekosongan

BAB 2 TEORI PENUNJANG DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Electromagnetic Compatibility (EMC)

Electromagnetic Compatibility yang sering disingkat EMC adalah kemampuan suatu peralatan atau sistem untuk beroperasi secara normal di lingkungan elektromagnetik tanpa terpengaruh maupun menghasilkan interferensi terhadap lingkungannya. EMC berarti menghindari gangguan ke peralatan lain akibat interferensi melalui konduksi, radiasi, atau induksi. Dengan kata lain, tidak terpengaruh dan menyebabkan interferensi pada sistem yang lain maupun menyebabkan interferensi pada dirinya sendiri.

EMC dibagi menjadi dua bagian, yaitu EMI (*Electromagnetic Interference*) dan EMS (*Electromagnetic Susceptibility*).

1. *Electromagnetic Interference* (EMI)

EMI (*Electromagnetic Interference*) adalah emisi listrik atau magnet dari suatu perangkat yang mengganggu kerja perangkat lain secara normal. Efek EMI terhadap produk elektronika yaitu interferensi konduksi (*conducted interference*) dan interferensi radiasi (*radiated interference*). Interferensi konduksi masuk dan keluar dari perangkat (*devices*) melalui kabel dan sistem perkabelan. Sedangkan interferensi radiasi masuk dan keluar dari perangkat (*devices*) melalui media udara ke sistem perkabelan yang ada dan langsung menembus perangkat.

2. *Electromagnetic Susceptibility* (EMS)

EMS (*Electromagnetic Susceptibility*) atau disebut juga sebagai *Electromagnetic Immunity* adalah kemampuan perangkat atau sistem untuk tetap bekerja dengan baik terhadap gangguan medan elektromagnetik dari sumber-sumber medan elektromagnetik di sekitarnya. Efek EMS terhadap produk elektronika biasanya masuk dan keluar dari perangkat (*devices*) melalui media udara ke sistem perkabelan yang ada dan langsung menembus perangkat.

Dalam EMC terdapat dua tipe pengujian emisi, yaitu pengujian emisi konduksi (*conducted emission*) dan pengujian emisi radiasi (*radiated emission*).

2.1.1 Emisi Konduksi (*Conducted Emission*)

Emisi konduksi (*conducted emission*) adalah energi elektromagnetik yang diinginkan sepanjang propagasi suatu penghantar (konduktor). Konduktor dapat berupa kabel aliran daya, lapisan *metal* subsistem, atau sistem interkoneksi kabel-kabel.

2.1.2 Emisi Radiasi (*Radiated Emission*)

Emisi radiasi (*radiated emission*) adalah energi elektromagnetik yang diinginkan atau energi elektromagnetik yang tidak diinginkan yang merupakan propagasi ke dalam ruang bebas, sebagai suatu gelombang transfer elektromagnetik oleh gandengan kapasitif atau gandengan induktif.



Gambar 2.1 Pengujian EMC di *chamber*

2.1.3 Karakteristik atau Pengukur Gangguan

a. Spektrum

Spektrum adalah frekuensi *band* yang dapat mencakup *band* yang lebar maupun *band* yang sempit. Untuk mengukur spektrum dapat digunakan *spectrum analyzer*. *Spectrum analyzer* adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk melihat spektrum dari gelombang listrik, akustik, dan optik. Selain itu juga dapat digunakan untuk mengukur spektrum *power*.

b. *Waveform*

Waveform adalah sinyal gelombang yang dapat menggambarkan karakteristik gangguan dalam domain waktu.

c. Amplitudo

Amplitudo adalah nilai maksimum suatu sinyal dalam satuan tegangan (Volt), dan medan listrik (Volt/meter).

d. Energi

Energi adalah besaran suatu energi sesaat selama pada waktu gangguan berlangsung.

2.2 CISPR

CISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques) atau *International Special Committee on Radio Interference* (dalam bahasa Inggris). Adalah sebuah standar teknik pengukuran dan pengujian dan batas emisi dan imunitas pada pengujian *electromagnetic compatibility* yang direkomendasikan. Terdapat beberapa kategori standar pada CISPR, di antaranya:

1. Standar dasar

Standar dasar EMC memberikan aturan umum dan mendasar untuk penilaian EMC dan kinerja produk, sistem, atau instalasi, serta sebagai referensi untuk Standar Umum dan Standar Produk. Standar Dasar bersifat umum sehingga tidak diperuntukkan pada spesifikasi kelompok-kelompok produk maupun produk-produk itu sendiri, hanya untuk fenomena yang mengganggu dan pengukuran atau teknis *testing*. Standar ini tidak membahas *limit* maupun spesifikasi kinerja dari suatu produk.

2. Standar umum

Standar umum EMC mengaju pada lingkup tertentu, di mana menspesifikkan setelan minimum EMC, dapat diaplikasikan pada semua produk atau sistem yang beroperasi pada lingkup ini. Tidak ada standar spesifik yang dibutuhkan untuk suatu kelompok produk, produk, sistem, atau instalasi pada prosedur pengujian.

3. Standar produk

Standar produk mendefinisikan kebutuhan spesifik elektromagnetik, *limit* dan kondisi spesifik perlu diperhatikan untuk prosedur pengujian pada produk, sistem, atau instalasi.

2.3 CISPR 22

CISPR 22 adalah standar analog untuk standar Eropa EN 55022. Merupakan standar yang sangat sering dirujuk dalam semua standar EMC Eropa. Standar ini menentukan metode pengukuran, peralatan pengukuran, garis batas dan interpretasi penerapan garis batas.

CISPR 22 ini merupakan bagian dari standar CISPR untuk peralatan Teknologi Informasi, mencakup karakteristik gangguan radio serta batasan dan metode pengukuran. Mendefinisikan peralatan teknologi informasi sebagai peralatan atau perangkat yang beroperasi dengan voltase suplai pengenal yang tidak melebihi 600 V dan memiliki fungsi utama untuk memasukkan, menyimpan, menampilkan, mengambil, mentransmisikan, memproses, mengganti, atau mengendalikan data dan peralatan yang dapat digunakan dalam kombinasi dengan satu atau lebih port terminal dengan fungsi utama sebagai *transfer* informasi. Peralatan atau perangkat dengan fungsi utama transmisi radio atau penerimaan tidak tercakup dalam standar ini.

1. Pengujian

CISPR 22 mengacu pada CISPR 16 untuk metode pengujian. Metode ini menggunakan posisi ketinggian antena yang digeser dari 1 m ke 4 m. Berdasarkan *beamwidth* antena, pada frekuensi ini, antena selalu fokus tertuju ke arah EUT agar memberikan perkiraan kebutuhan yang wajar.

2. Kalibrasi

Metode kalibrasi CISPR 22 juga mengacu pada CISPR 16. Proses *scan* dan *sweep* pada *range* frekuensinya harus dilakukan pada berbagai ketinggian, posisi, dan kedua polaritas antena. Antena penerima yang digunakan untuk pengujian harus digunakan selama kalibrasi.

3. Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan cara mengubah tinggi antena, polarisasi, dan rotasi penuh meja putar sehingga semua aspek emisi bisa teramati. Data diolah dengan cara mencari amplitudo puncak

dan frekuensi. Titik yang dipilih adalah amplitudo tertinggi dari hasil polarisasi horizontal maupun vertikal.

Standar CISPR 22 menyajikan prosedur untuk pengukuran tingkat sinyal yang dihasilkan oleh peralatan teknologi informasi (ITE) dan menentukan batasan untuk rentang frekuensi antara 150 kHz dan 1000 MHz.

2.3.1 Definisi-definisi

Definisi-definisi yang digunakan dalam pembahasan kali ini adalah:

1. *Information Technology Equipment (ITE)*
 - a. Peralatan yang memiliki fungsi utama baik itu salah satu atau kombinasi dari *entry, storage, display, retrieval, transmission, processing, switching*, atau kontrol dari data dan pesan telekomunikasi dan yang dapat ditambahkan dengan satu atau lebih *port* terminal yang dioperasikan secara tipikal untuk transfer informasi.
 - b. Peralatan dengan tingkat suplai tegangan yang tidak melebihi 600 V.

Peralatan yang termasuk misalnya, perangkat *data processing*, mesin kantor, peralatan bisnis elektronik, dan perangkat telekomunikasi. Peralatan apapun (atau yang termasuk dari peralatan ITE) yang fungsi utamanya adalah radio transmisi atau penerima menurut Regulasi ITU-Radio tidak termasuk dari pembahasan kali ini.
2. *Equipment Under Test (EUT)*

Merupakan representatif dari perangkat ITE yang akan diuji.
3. *Arrangement*

Susunan fisik dari EUT serta peralatan tambahan yang tersambung yang berada di dalam area uji.
4. *Configuration*

Mode operasi dan kondisi operasional lainnya dari EUT.

5. *Assosiated Equipment (AE)*

Peralatan lain yang dibutuhkan untuk mendukung pengujian EUT. Peralatan tambahan ini dapat diletakkan di luar area uji.

2.3.2 **Klasifikasi ITE**

1. ITE kelas B

ITE kelas B adalah kategori dari peralatan yang memenuhi *limit* distorbansi ITE kelas B. Kelas ini diutamakan untuk penggunaan pada lingkungan rumah tangga, termasuk:

- a. Peralatan dengan penempatan tidak tetap seperti, perangkat portabel dengan suplai daya *built-in batteries*.
- b. Perangkat terminal telekomunikasi dengan suplai daya dari jaringan telekomunikasi.
- c. Personal komputer dan perangkat tambahan yang terhubung.

2. ITE kelas A

ITE kelas A adalah kategori dari ITE lain yang memenuhi *limit* ITE kelas A dan bukan *limit* dari ITE kelas B. Penjualan perangkatnya tidak harus dibatasi, namun harus disertakan peringatan pada petunjuk penggunaannya yang berbunyi “Ini adalah produk kelas A. Dalam lingkungan rumah tangga produk ini dapat mengakibatkan radio interferensi yang mana pengguna mungkin akan membutuhkan pengukuran yang memadai”.

2.3.3 **Limit untuk Radiated Disturbance**

1. *Limit* di bawah 1 GHz

EUT harus memenuhi *limit* pada tabel 2.1 atau tabel 2.2 ketika diukur pada pengukuran jarak 10 meter. Apabila pembacaan pada *receiver* menunjukkan fluktuasi mendekati *limit*, maka pembacaan harus diobservasi setidaknya 15 detik di setiap frekuensi pengukuran. Pembacaan tertinggi harus dicatat, dengan pengecualian jika terdapat pembacaan tinggi yang terisolasi sebaiknya dihiraukan.

Tabel 2.1 *Limit* untuk ITE kelas A pada pengukuran jarak 10 m

Rentang Frekuensi MHz	Batas Quasi-peak dB(μ V/m)
30 - 230	40
230 - 1000	47

Catatan:
- *Limit* yang lebih rendah sebaiknya digunakan pada frekuensi transisi.
- Ketentuan-ketentuan tambahan mungkin dibutuhkan pada keadaan terjadinya interferensi.

Tabel 2.2 *Limit* untuk ITE kelas B pada pengukuran jarak 10 m

Rentang Frekuensi MHz	Batas Quasi-peak dB(μ V/m)
30 - 230	30
230 - 1000	37

Catatan:
- *Limit* yang lebih rendah sebaiknya digunakan pada frekuensi transisi.
- Ketentuan-ketentuan tambahan mungkin dibutuhkan pada keadaan terjadinya interferensi.

2. *Limit* di atas 1 GHz

EUT harus memenuhi *limit* pada tabel 2.3 atau tabel 2.4 ketika diukur dengan prosedur tes kondisional yang dijelaskan di bawah.

Tabel 2.3 *Limit* untuk ITE kelas A pada pengukuran jarak 3 m

Rentang Frekuensi GHz	Batas Rata-rata dB(μ V/m)	Batas Peak dB(μ V/m)
1 - 3	56	76
3 - 6	60	80

Catatan: *Limit* yang lebih rendah sebaiknya digunakan pada frekuensi transisi.

Tabel 2.4 *Limit* untuk ITE kelas B pada pengukuran jarak 3 m

Rentang Frekuensi MHz	Batas Rata-rata dB(μ V/m)	Batas Peak dB(μ V/m)
1 - 3	50	70
3 - 6	54	74

Catatan: *Limit* yang lebih rendah sebaiknya digunakan pada frekuensi transisi.

Prosedur tes kondisional:

- Sumber internal tertinggi pada EUT didefinisikan sebagai frekuensi tertinggi yang dihasilkan atau digunakan dalam EUT atau ketika EUT beroperasi.
- Apabila frekuensi terbesar dari sumber internal EUT kurang dari 108 MHz, maka pengukuran hanya dijalankan sampai 1 GHz.
- Apabila frekuensi terbesar dari sumber internal EUT di antara 108 MHz dan 500 MHz, maka pengukuran sebaiknya hanya dijalankan sampai 2 GHz.

- Apabila frekuensi terbesar dari sumber internal EUT di antara 500 MHz dan 1 GHz, maka pengukuran sebaiknya hanya dijalankan sampai 5 GHz.
- Apabila frekuensi terbesar dari sumber internal EUT di atas 1 GHz, maka pengukuran sebaiknya dijalankan setidaknya 5 kali frekuensi tertinggi atau 6 GHz.

2.3.4 Kondisi Pengukuran secara Umum

1. *Noise* lingkungan

Lokasi uji harus bisa membedakan disturbansi dari EUT dan *noise* dari lingkungan. Kesesuaian lokasi dapat ditentukan dengan mengukur *noise* lingkungan dan EUT dalam keadaan mati dan memastikan jika level *noise* setidaknya 6 dB di bawah *limit* yang ditentukan pada sub-bab 2.3.3.

2. Pengaturan secara umum

Tidak ada cara yang spesifik untuk mengonfigurasi, menginstalasi, menata, dan mengoperasikan EUT karena dari pihak manufaktur sendiri memiliki spesifikasi dan rekomendasi masing-masing. Kabel *interface* atau *loads* atau *devices* setidaknya tersambung dengan satu dari masing-masing tipe port dari EUT, di mana setiap kabel harus dibatasi di perangkat tipikal dari kegunaan sebenarnya.

Kabel interkoneksi sebaiknya memiliki tipe dan panjang sesuai dengan kebutuhan perangkat individual. Jika panjangnya bervariasi, maka sebaiknya dipilih pada panjang yang menghasilkan disturbansi maksimal.

3. Pengaturan EUT

Posisi EUT relatif terhadap bidang referensi tanah harus sama dengan yang digunakan. Oleh karena itu, peralatan *floor-standing* diletakkan, namun terisolasi dari bidang referensi tanah, dan peralatan meja diletakkan di atas meja non-konduktif.

Peralatan yang dirancang untuk pemasangan di dinding harus diuji sebagai *tabletop* EUT. Orientasi peralatan harus konsisten dengan praktek pemasangan normal.

Kombinasi jenis peralatan yang diidentifikasi di atas juga harus diatur dengan cara yang sesuai dengan praktik pemasangan normal. Peralatan yang dirancang untuk *tabletop* dan di atas lantai harus diuji sebagai peralatan *tabletop* kecuali pemasangan yang biasanya dilakukan untuk pemasangan lantai, maka pengaturan itu harus digunakan.

Kabel telekomunikasi atau koneksi lainnya ke peralatan terkait yang berada di luar area uji harus digantungkan ke lantai, kemudian dialihkan ke tempat di mana mereka meninggalkan tempat uji.

Peralatan tambahan harus dipasang sesuai dengan praktek instalasi normal. yang berarti apabila peralatan tambahan berada di tempat uji, harus diatur dengan menggunakan kondisi yang sama yang berlaku untuk EUT (misalnya jarak dari *ground plane* dan insulasi dari *ground plane* jika *floor standing* tata letak kabel dll).

4. Penyusunan *tabletop*

Kondisi umum pada poin pengaturan EUT harus terpenuhi. Peralatan yang ditujukan untuk penggunaan meja harus ditempatkan pada meja non-konduktif. Ukuran meja nominalnya 1,5 meter x 1,0 meter namun pada akhirnya bergantung pada dimensi horizontal EUT.

Semua unit peralatan yang membentuk sistem yang diuji (termasuk peralatan EUT dan juga peralatan tambahan yang terkait) harus diatur sedemikian rupa sehingga pemisahan sejauh 0,1 meter antar unit. Di mana unit biasanya ditumpuk, maka ditempatkan secara langsung di atas satu sama lain (misalnya monitor dan PC meja) dan ditempatkan di bagian belakang.

Idealnya, tepian bagian belakang harus sama rata dengan bagian belakang meja pendukung, kecuali itu tidak mungkin atau memang dalam kondisi penggunaan normalnya juga seperti itu. Ini mungkin mengharuskan meja untuk diperpanjang. Jika hal ini tidak memungkinkan, maka unit tambahan dapat ditempatkan di sekitar sisi meja. Jika lebih dari dua unit yang diukur, pengaturan uji harus diberi jarak 0,1 meter antar unit kecuali memang biasanya berada berdekatan.

Kabel intra-unit harus disampirkan di bagian belakang meja. Jika kabel menggantung lebih dekat dari 0,4 meter dari bidang tanah horizontal (atau lantai), kelebihan harus dilipat di pusat kabel menjadi bundel tidak lebih dari 0,4 meter, sehingga bundel paling sedikit 0,4 m di atas bidang referensi tanah horizontal.

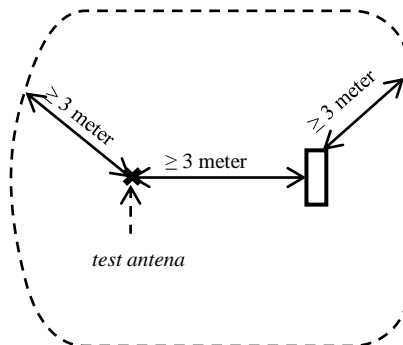
2.3.5 Metode Pengukuran untuk *Radiated Disturbance*

1. *Detector* pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan membuat *quasi-peak receiver* ukur pada *range* frekuensi 30 MHz – 1.000 MHz. Untuk mengurangi waktu pengukuran, sebaiknya menggunakan *peak receiver* ukur dari *quasi-peak*. Dalam kasus perselisihan, lebih dianjurkan untuk menggunakan *quasi-peak receiver* ukur.

2. Jarak antenna dengan EUT

Pengukuran medan radiasi harus dilakukan dengan antenna yang berada pada jarak horizontal dari batas EUT. Batas EUT didefinisikan oleh garis lurus imajiner yang menggambarkan konfigurasi geometris sederhana yang meliputi EUT. Semua kabel intersistem ITE dan menghubungkan ITE harus disertakan dalam batas ini.



Gambar 2.2 Alternatif minimum lokasi pengukuran

3. Jarak antenna dengan tanah

Antena harus disesuaikan antara ketinggian 1 meter dan 4 meter di atas bidang tanah untuk pembacaan maksimum pada setiap frekuensi uji.

4. *Azimuth* antenna dengan EUT

Azimuth antenna dengan EUT juga harus bervariasi selama pengukuran untuk menemukan pembacaan kuat medan maksimum. Untuk tujuan pengukuran, dimungkinkan untuk memutar EUT. Bila ini tidak praktis, EUT tetap berada dalam posisi tetap, dan pengukuran dilakukan di sekitar EUT.

5. Polarisasi antenna terhadap EUT

Polarisasi antenna terhadap EUT (horizontal dan vertikal) harus bervariasi selama pengukuran untuk menemukan pembacaan kuat medan maksimum.

6. Pengukuran *radiated emission* di atas 1 GHz

Limit dari *peak* detektor tidak boleh diaplikasikan pada disturbansi yang disebabkan oleh pancaran atau percikan api yang merupakan kerusakan tegangan tinggi. Gangguan seperti itu timbul saat perangkat ITE mengandung atau mengendalikan saklar mekanis yang mengendalikan arus pada induktor, atau bila perangkat ITE mengandung atau mengendalikan subsistem yang menciptakan listrik statis (seperti perangkat perawatan kertas). *Average limit* berlaku untuk gangguan dari pancaran atau percikan api, *limit peak* dan *average* akan berlaku untuk disturbansi lain dari perangkat ITE tersebut.

7. Pendataan hasil pengukuran

Dari semua disturbansi di atas (L -20 dB), di mana L adalah level *limit* pada unit logaritmik, mencatat setidaknya tingkat disturbansi dan frekuensi dari enam disturbansi tertinggi. Catat polarisasi antenna untuk setiap gangguan yang dilaporkan.

Selain itu, laporan pengujian harus mencakup nilai ketidakpastian pengukuran instrumentasi pengukuran dan

hubungan asosiasinya yang digunakan dalam melakukan uji emisi.

2.3.6 Ketidakpastian Pengukuran

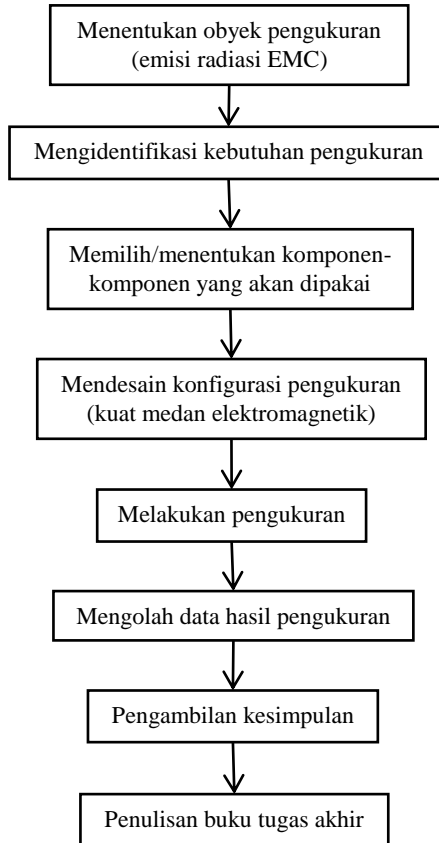
Penentuan penyesuaian dengan *limit* seharusnya didasarkan pada hasil dari penyesuaian pengukuran, tidak dengan mempertimbangkan ketidakpastian instrumentasi pengukuran. Bagaimanapun, ketidakpastian pengukuran pada pengukuran peralatan dan beberapa peralatan lain yang terhubung dalam rantai pengukuran harus diperhitungkan. Dan juga, hasil pengukuran serta perhitungan ketidakpastian harus dilampirkan dalam laporan pengujian.

Halaman ini mengandung kekosongan

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam merealisasikan Tugas Akhir dapat digambarkan sebagaimana yang tersusun dalam diagram alir penelitian seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir

Seperti yang tampak pada gambar 3.1, kegiatan diawali dengan menentukan obyek/parameter yang akan diteliti, memilih perangkat yang diperlukan, menentukan metode pengukuran, melakukan pengukuran, dan mengevaluasi hasilnya.

3.2 Menentukan Obyek Pengukuran

Langkah awal yang dilakukan dalam merealisasikan tugas akhir ini ialah dengan menentukan obyek yang diperlukan untuk mengetahui besarnya emisi radiasi EMC pada ponsel. Dalam hal ini pengukuran tersebut akan memperoleh besarnya kuat medan elektromagnetik dalam satuan $\text{dB}\mu\text{V/m}$ yang dipancarkan perangkat ponsel dan ditangkap oleh antenna penerima.

Kuat medan elektromagnetik ini diukur besarnya untuk mengimplementasikan batasan dari CISPR 22, sehingga dapat diketahui perangkat ponsel tersebut lolos uji emisi radiasi EMC atau tidak. Adapun titik yang harus diperhatikan ialah *maximum peak* serta *average peak* yang terukur.

Maximum peak ialah nilai puncak tertinggi dari kuat medan elektromagnetik yang terukur. Sedangkan *average peak* adalah rata-rata tertinggi dari kuat medan elektromagnetik yang berhasil diukur.

3.3 Komponen-Komponen yang Diperlukan dalam Pengukuran

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan pengukuran besaran kuat medan elektromagnetik yang sampai pada perangkat penerima (Rx).

Adapun komponen yang diperlukan ialah sebagai berikut:

- a. *Function Generator*
Befungsi sebagai sumber sinyal, yang bisa menghasilkan frekuensi dari 1 GHz – 6 GHz. Sinyal tersebut selanjutnya diumpankan ke perangkat pemancar (*transmitter*).
- b. *BTS Simulator*
Terdapat 2 *BTS simulator* masing-masing bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan 5 GHz. Kedua *simulator* terdapat masukan sinyal langsung dari *function generator*. Jadi,

BTS *simulator* sesungguhnya terdiri dari perangkat pemancar dan antena yang berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik.



Gambar 3.2 BTS *simulator*

c. Perangkat Ponsel (Wi-Fi)

Perangkat ponsel ini sebenarnya menjalankan dua pekerjaan sekaligus. Yang pertama, berfungsi sebagai penerima gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh antena 2,4 GHz dan 5 GHz. Berikutnya, ponsel tersebut akan memancarkan kembali ke antena lain yang berfungsi sebagai antena penerima. Dengan demikian, perangkat ponsel berfungsi sebagai pemancar sinyal Wi-Fi ke antena penerima (Rx).



Gambar 3.3 Ponsel uji

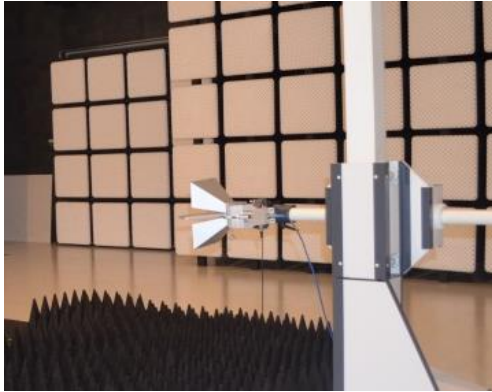
Contoh perangkat ponsel uji ditunjukkan pada gambar 3.3. Dalam pengukuran ini digunakan 5 buah ponsel dengan berbagai variasi merk dan tipe, di antaranya:

1. Advan 5501 (Wi-Fi *single-band* di 2,4 GHz)
2. Advan 5502 (Wi-Fi *dual-band* di 2,4 dan 5 GHz)
3. Advan 5503 (Wi-Fi *dual-band* di 2,4 dan 5 GHz)
4. Advan 6601 (Wi-Fi *single-band* di 2,4 GHz)
5. Lenovo (Wi-Fi *single-band* di 2,4 GHz)

Ponsel-ponsel tersebut akan diuji dan dianggap lolos ketika besarnya kuat medan elektromagnetik yang dipancarkan tidak melebihi batas yang ditentukan sebagaimana yang tercantum pada CISPR 22.

Ketika *maximum peak* maupun *average peak* nilainya berada di bawah batas yang ditentukan oleh CISPR 22, maka perangkat ponsel dianggap lolos uji. Dengan catatan, ketika titik *maximum peak* ataupun *average peak* melebihi batas yang ditentukan namun masih berada pada titik frekuensi kerjanya, yakni 2,4 GHz, maka perangkat ponsel masih tetap dianggap lolos uji pula.

- d. Antena penerima (Antena-Rx)
Antena penerima ini berfungsi untuk menangkap gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh perangkat ponsel. Oleh antena, gelombang elektromagnetik tersebut diubah kembali menjadi sinyal listrik.



Gambar 3.4 Antena penerima

Dalam pengukuran ini digunakan 2 jenis antena berbeda dengan spesifikasi sebagai berikut:

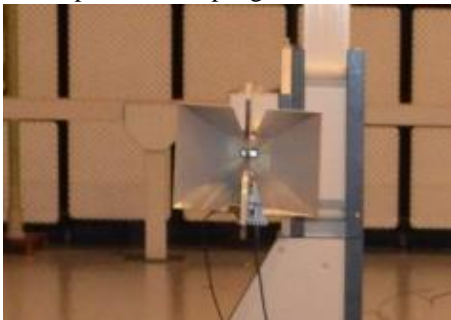
1. Antena Baristand
HF907 *double ridged horn antenna* dengan frekuensi kerja antara 0,8 – 18 GHz.
 2. Antena ITS
Standard gain horn antenna VT26SGAH10NK dengan frekuensi kerja antara 2,17 – 3,3 GHz.
- e. Perangkat Penerima (Rx)
Perangkat ini berfungsi menangkap sinyal listrik dari antena penerima. Sinyal tersebut selanjutnya dikonversi ke dalam besaran kuat medan elektromagnetik ($\text{dB}\mu\text{V/m}$), oleh karenanya alat ini disebut juga *EMI Test Receiver*.
- f. Perangkat Lunak Pemroses
Perangkat lunak ini berupa sebuah komputer yang diprogram sedemikian rupa sehingga bisa menjalankan beberapa fungsi, di antaranya:
- Mengontrol siklus pengukuran dalam bentuk instruksi-instruksi sesuai dengan langkah-langkah pengukuran yang diinginkan.

- Menampung data-data hasil dari serangkaian pengukuran yang telah dilakukan.
- Mengolah data-data hasil pengukuran dan menampilkannya dalam bentuk grafik.
- Menyediakan tampilan detail hasil pengukuran dalam bentuk tabel.

Adapun perangkat lunak yang digunakan selama pengujian Tugas Akhir berupa EMC 32 yang merupakan *software* bawaan dari Rohde & Schwarz (EMI *test receiver*) yang harus digunakan, karena modul pengukuran yang digunakan juga adalah produk dari Rohde & Schwarz.

3.4 Konfigurasi Sistem Pengukuran

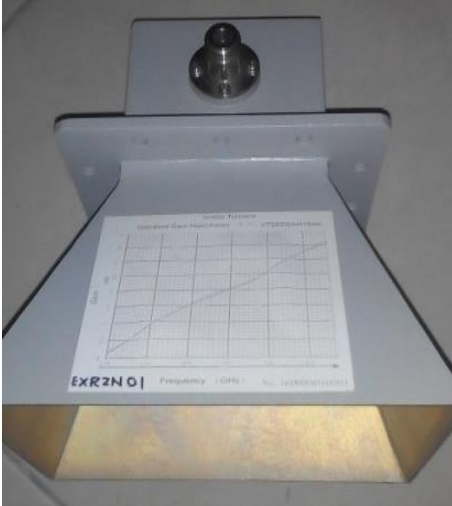
Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan pengukuran besarnya kuat medan elektromagnetik dari sinyal ponsel (yang berfungsi sebagai Wi-Fi) yang sampai pada antena penerima (antena-Rx). Sementara antena penerima yang digunakan dalam pengujian ada dua, yaitu antena milik Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya (Antena 0,8 – 18 GHz) dan antena milik Laboratorium B306 Departemen Teknik Elektro ITS (Antena 2,17 – 3,3 GHz), sehingga ada dua skenario yang berbeda dalam pelaksanaan pengukuran.



Gambar 3.5 Antena Baristand

Untuk jarak antara antena dan EUT (perangkat ponsel) yang digunakan dalam pengukuran ini ialah 3 meter, lebih pendek dari pengukurannya untuk frekuensi di bawah 1 GHz. Hal ini dikarenakan oleh

λ atau panjang gelombang sinyal yang lebih pendek dengan frekuensi demikian. Hal ini juga telah ditetapkan dalam CISPR 22 seperti yang telah disebutkan pada bab sebelumnya.



Gambar 3.6 Antena ITS

Dan seperti yang telah kita ketahui, bahwa Wi-Fi memiliki frekuensi *band* 2.4 GHz dan 5 GHz, oleh karena itu pembacaan dilakukan pada frekuensi antara 1 GHz sampai 6 GHz.

3.4.1 Konfigurasi Pengukuran Antena 0,8 – 18 GHz

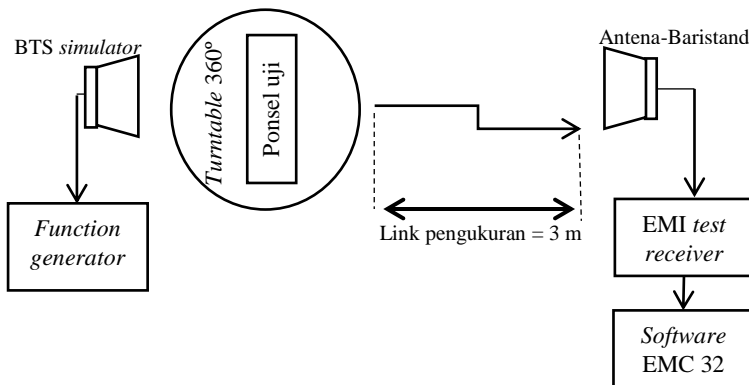
Karena di dalam laboratorium milik EMC Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya (Baristand) menggunakan *anechoic chamber* jenis *full anechoic*, sehingga memenuhi kondisi *Free Space Open Area Test Site* (FSOATS).

Berdasarkan standar pengukuran FSOATS versi CISPR, prosedur pengukuran sebuah *equipment under test* (EUT) harus mencakup variasi tinggi antena, perubahan polarisasi antena, dan menguji semua sudut penyebaran emisi dengan cara memutar meja uji (lokasi ponsel) satu putaran penuh.

Adapun langkah-langkah yang disarankan untuk menguji kemampuan perangkat di lingkungan *free space* (FSOATS) adalah sebagai berikut:

1. Mengatur polarisasi antenna pada posisi vertikal.
2. Mengatur tinggi antenna pada posisi 1 meter.
3. Mengukur profil emisi, dengan penganalisis aktif yang ditahan maksimum selama rotasi lambat dari meja putar dari 0 hingga 360 derajat. Langkah ini diulangi mencakup seluruh rentang frekuensi dalam beberapa sub-*scans* untuk meningkatkan akurasi.
4. Mengulangi langkah 2 hingga 3 tetapi dengan polarisasi antenna pada posisi horizontal.
5. Menyimpan data.
6. Memproses data.

Dari data yang tersimpan, selanjutnya diambil amplitudonya dan diplot dalam grafik kuat medan elektromagnetik (dBuV/m) sebagai fungsi frekuensi pengukuran (1 GHz – 6 GHz). Grafik menampilkan semua polarisasi yang diujikan (vertikal dan horizontal). Selanjutnya dipilih nilai kuat medan elektromagnetik di titik *maximum peak* dan *average peak* dan ditandai dengan warna dengan yang berbeda.



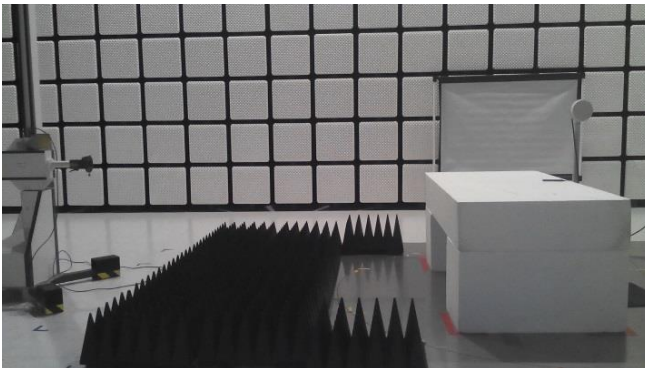
Gambar 3.7 Ilustrasi pengukuran dengan antenna 0,8 – 18 GHz



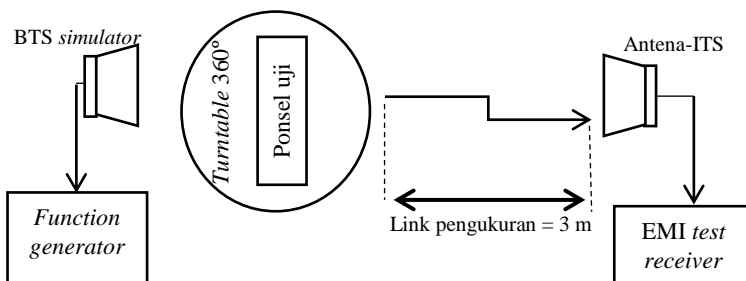
Gambar 3.8 Konfigurasi pengukuran dengan antenna 0,8 – 18 GHz

3.4.2 Konfigurasi Pengukuran Antena 2,17 – 3,3 GHz

Untuk mengukur pengaruh emisi radiasi perangkat ponsel pada antenna 2,17 – 3,3 GHz, dilakukan langkah-langkah yang hampir sama dengan langkah-langkah pengukuran pada antenna 0,8 – 18 GHz. Hanya saja dengan alasan efisiensi, maka tidak dilakukan pengukuran seluruh kondisi seperti pengukuran pada antenna 0,8 – 18 GHz. Namun, hasil pengukuran antenna 0,8 – 18 GHz dijadikan acuan pada pengukuran antenna 2,17 – 3,3 GHz terutama untuk posisi ketinggian antenna, jenis polarisasi dan sudut putaran meja pada kondisi diperoleh hasil terbaiknya. Kondisi tersebut selanjutnya diimplementasikan pada saat pengukuran antenna 2,17 – 3,3 GHz.



Gambar 3.9 Konfigurasi pengukuran dengan antenna 2,17 – 3,3 GHz



Gambar 3.10 Ilustrasi pengukuran dengan antena 2,17 – 3,3 GHz

3.5 Kodifikasi Perangkat yang Diujikan

Dalam penelitian Tugas Akhir ini dilakukan pengujian kuat medan elektromagnetik (EMC) yang dipancarkan oleh sebuah perangkat ponsel yang berperan sebagai pemancar sinyal Wi-Fi. Selanjutnya, sinyal Wi-Fi tersebut akan ditangkap oleh antena penerima untuk dilakukan pengukuran daya listriknya untuk dikonversi menjadi besaran kuat medan elektromagnetik (dalam $\text{dB}\mu\text{V/m}$). Dan yang menjadi fokus pengujian adalah pengaruh perbedaan penggunaan antena uji dan perbedaan ponsel yang digunakan sebagai sumber Wi-Fi.

3.5.1 Jenis Antena Uji

Sebagaimana yang telah disebutkan sebelumnya, dalam penelitian Tugas Akhir ini digunakan 2 buah antena penerima yang berbeda, yaitu antena dengan frekuensi antara 0,8 – 18 GHz (antena Baristand) dan antena dengan frekuensi 2,17 – 3,3 GHz (antena-ITS). Untuk menyederhanakan penyebutan dalam laporan hasil pengukuran, bisa dilakukan pengkodean jenis antena seperti tabel berikut.

Tabel 3.1 Kodifikasi antena uji

No.		Spesifikasi	Kode
1.	Antena Baristand	HF907 <i>double ridged horn antenna</i> (0,8 – 18 GHz)	A1
2.	Antena ITS	<i>Standard gain horn antenna</i> VT26SGAH10NK (2,17 – 3,3 GHz)	A2

3.5.2 Jenis Ponsel Uji

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, ada 5 buah ponsel yang digunakan sebagai sumber Wi-Fi. Adapun rincian kelima buah ponsel tersebut dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Kodifikasi ponsel uji

No.	Ponsel	Kode
1.	Advan 5501	P1
2.	Advan 5502	P2
3.	Advan 5503	P3
4.	Advan 6001	P4
5.	Lenovo	P5

3.6 Konsep Pemilihan Data Hasil Pengukuran

Berdasarkan semua hasil pengukuran yang sudah dilakukan pada semua kondisi antena, baik dalam perbedaan ketinggian, perbedaan polarisasi, maupun perbedaan arah sumber sinyal Wi-Fi, selanjutnya dilakukan pemilihan sejumlah kondisi kuat medan elektromagnetik terbaik.

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, untuk setiap perangkat ponsel akan dipilih empat titik kuat medan elektromagnetik yang menonjol, masing-masing untuk 2 kondisi *maximum peak* dan 2 kondisi *average peak*. Sehingga, masing-masing pengukuran ponsel akan diperoleh 4 buah nilai kuat medan elektromagnetik pada kondisi *maximum peak-1*, *maximum peak-2*, *average peak-1*, dan *average peak-2*. Namun, kondisi setiap pengukuran belum tentu sama mengingat spesifikasi dari masing-masing ponsel berbeda, ada yang *single-band* dan ada yang *dual-band*. Untuk itu, 4 titik ketentuan tersebut bisa berubah (fleksibel) dengan menambah atau mengurangi jumlah titik-titik yang dipilih sesuai dengan kebutuhan. Hal ini tergantung pada grafik hasil pengukuran yang telah diperoleh sebelumnya, bila dijumpai beberapa titik yang sekiranya dianggap menonjol.

Total jumlah data hasil pengukuran yang diperoleh bisa dihitung dengan mengalikan jumlah jenis polarisasi antena penerima (antena-Rx) yang digunakan dalam pengujian (vertikal & horizontal) dan banyaknya jenis ponsel yang digunakan sebagai sumber Wi-Fi yang diujikan (P1 s/d P5).

Dengan menggunakan 2 jenis antenna yang berbeda yang masing-masing diuji pada polarisasi vertikal dan horizontalnya dan 5 buah ponsel uji, maka bisa digambarkan jumlah titik sampel yang diperiksa nilai kuat medan elektromagnetiknya. Jika normalnya dipilih 4 buah titik menonjol (titik paling tinggi), maka semua kemungkinan nilai kuat medan elektromagnetik yang menonjol berada pada kondisi pengukuran sebagaimana yang diperlihatkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kodifikasi kondisi pengukuran

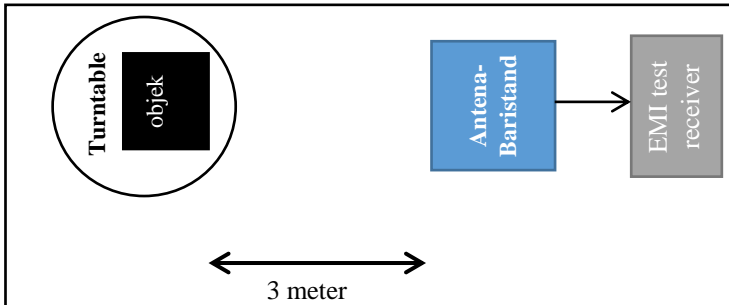
No.	Hasil Pengukuran	Klasifikasi	Kode
1.	Harga puncak (<i>peak</i>)	<i>Maximum peak-1</i> (Max-1)	T1-1
2.		<i>Maximum peak-2</i> (Max-2)	T1-2
3.		<i>Maximum peak-3</i> (Max-3)	T1-3
4.	Harga rata-rata (<i>average</i>)	<i>Average peak-1</i> (Av-1)	T2-1
5.		<i>Average peak-2</i> (Av-2)	T2-2
6.		<i>Average peak-3</i> (Av-3)	T2-3
7.		<i>dst.</i>	

3.7 Skenario Pengukuran

Dalam tugas akhir ini ada tiga skenario pengukuran yang dilakukan untuk mengukur besarnya kuat medan elektromagnetik dari masing-masing perangkat ponsel, yaitu pengukuran dengan menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1) dan dengan menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2).

3.7.1 Pengukuran Menggunakan Antena 0,8 – 18 GHz (A1)

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat medan elektromagnetik dari perangkat ponsel yang sampai ke antenna 0,8 – 18 GHz. Sementara sinyal ponselnya sendiri mendapatkan *input* sinyal dari perangkat pemancar (BTS simulator) yang dipancarkan lewat dua buah antenna (2,4 GHz dan 5 GHz) yang bekerja pada *range* frekuensi 1 – 6 GHz.



Gambar 3.11 Ilustrasi pengukuran menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz

3.7.1.1 Pengujian Polarisasi Vertikal A1

Langkah-langkah pengukuran besarnya kuat medan elektromagnetik yang sampai ke antenna penerima (antena 0,8 – 18 GHz) pada polarisasi vertikal ialah sebagai berikut:

1. Membuat konfigurasi seperti pada gambar 3.11.
2. Mengatur polarisasi antenna penerima pada posisi vertikal.



Gambar 3.12 Posisi antenna 0,8 – 18 GHz pada polarisasi vertikal

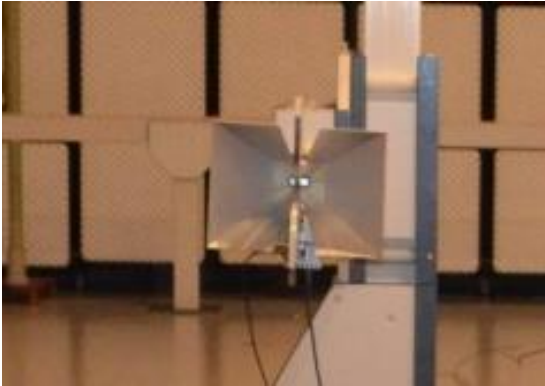
3. Mengatur tinggi antenna pada ketinggian 1 meter.
4. Memilih salah satu jenis ponsel yang akan diuji (misal, ponsel P1 ialah yang pertama kali diuji).

5. Mengaktifkan BTS *Simulator* (1 – 6 GHz) dengan mengatur *setting* pada mode WLAN *Signalling* (untuk mensimulasikan teknologi Wi-Fi).
6. Mengatur *setting* posisi *turntable* pada sudut 0° (posisi awal).
7. Mengatur *setting* frekuensi *function generator* pada posisi 1 GHz.
8. Menjalankan program EMC 32.
9. Menyimpan hasil pengukuran.
10. Menggeser frekuensi 20 Hz di atas 1 GHz.
11. Mengulangi langkah 8 – 9.
12. Mengulangi langkah 10 dan 11 hingga frekuensi mencapai 6 GHz.
13. Menggeser posisi *turntable* pada 1°.
14. Mengulangi langkah 6 – 12.
15. Mengulangi langkah 13 pada sudut berikutnya.
16. Mengulangi langkah 7 – 14.
17. Mengulangi langkah 15 dan 16 hingga satu putaran penuh (360°).
18. Menaikkan ketinggian antena penerima 1 cm lebih tinggi.
19. Mengulangi langkah 6 – 18.
20. Mengulangi langkah 18 dan 19 hingga posisi tinggi antena mencapai 4 m.
21. Memilih 4 hasil pengukuran terbaik (*maximum peak-1*, *maximum peak-2*, *average peak-1*, dan *average peak-2*) untuk dijadikan referensi dalam skenario pengukuran berikutnya.
22. Mengulangi langkah 3 – 21 untuk jenis ponsel yang lain (ponsel P2, P3, P4, dan P5).

3.7.1.2 Pengujian Polarisasi Horizontal A1

Untuk langkah-langkah pengukuran kuat medan elektromagnetik pada polarisasi horizontal antena penerima pada dasarnya sama dengan prosedur pengukuran pada polarisasi vertikal. Hanya saja kondisi antena penerima diputar sejauh 90° dari posisi semula. Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah:

1. Mengubah posisi antena penerima menjadi posisi horizontal (diputar 90°).



Gambar 3.13 Posisi antenna 0,8 – 18 GHz pada polarisasi horizontal

2. Mengulangi langkah 3 – 22 seperti pada pengujian antenna polarisasi vertikal (bagian 3.7.1.1).

3.7.2 Pemilihan Titik Sampel Data Pengukuran

Untuk mendapatkan titik-titik kondisi pengukuran yang dicuplik data hasilnya, dilakukan prosedur sebagai berikut:

1. Memilih salah satu kondisi pengukuran (tinggi antenna penerima, polarisasi antenna penerima dan posisi ponsel pada arah sudut tertentu).
2. Mengaktifkan *function generator* secara *sweeping*, dari frekuensi 1 GHz – 6 GHz.
3. Mencatat semua hasil pengukuran kuat medan elektromagnetik yang berhasil diukur.
4. Membuat plotting hasil pengukuran kuat medan elektromagnetik.
5. Memilih sejumlah titik yang menonjol (nilainya tinggi) dan catat nilai frekuensinya. Misal dipilih 2 titik frekuensi yang menghasilkan kuat medan elektromagnetik tertinggi (F1 dan F2).
6. Menggunakan 2 titik tersebut (F1 dan F2) untuk menarik semua hasil pengukuran gabungan pada bagian 3.7.1.
7. Memilih kondisi pengukuran yang menghasilkan kuat medan elektromagnetik tertinggi di F1 dan F2, baik dalam *maximum peak* maupun *average peak*.

8. Mencatat kondisi pengukuran sebagai T1-1 (*maximum peak-1*), T2-1 (*average peak-1*), T1-2 (*maximum peak-2*), dan T2-2 (*average peak-2*). Adapun yang dicatat meliputi kombinasi dari ketinggian antenna penerima, jenis polarisasi antenna penerima, dan posisi/sudut putaran ponsel.
9. Catatan: Kondisi T1-1, T1-2, T2-1, dan T2-2, selanjutnya akan dipergunakan untuk posisi pada pengukuran kuat medan elektromagnetik menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2).

3.7.3 Pengukuran dengan Menggunakan Antena 2,17 – 3,3 GHz (A2)

Pengukuran ini hampir sama dengan pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya, hanya saja antenna penerimanya diganti dengan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2). Selain itu, untuk efisiensi pengukuran kuat medan elektromagnetik menggunakan antenna ini hanya akan dipilih posisi-posisi tertentu saja yang sekiranya pada saat pengukuran menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1) diperoleh hasil kuat medan elektromagnetik yang terbaik, baik dari sisi ketinggian antenna maupun posisi putaran meja (lokasi ponsel).

Normalnya, terdapat 4 titik yang dipilih berdasarkan nilai kuat medan elektromagnetik terbaik, yaitu pada kondisi *maximum peak-1*, *maximum peak-2*, *average peak-1*, dan *average peak-2*. Sebagaimana yang sudah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya (3.7.2), disebut sebagai T1-1, T1-2, T2-1, dan T2-2.

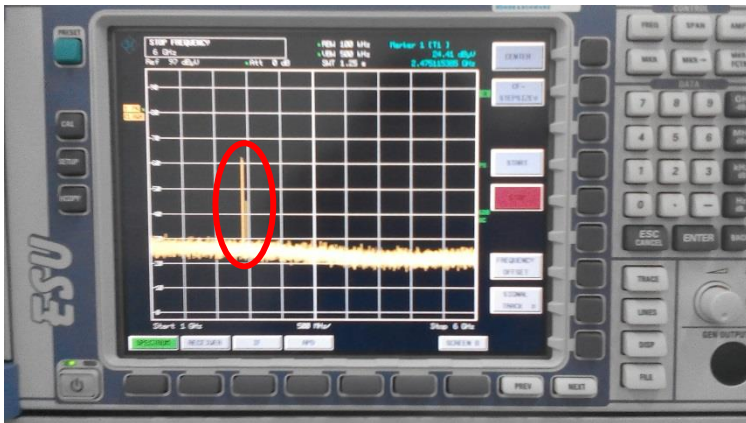
3.7.3.1 Alat-alat Ukur yang Diperlukan

Berbeda dengan pengukuran kuat medan elektromagnetik pada antenna 0,8 – 18 GHz (A1) yang dilakukan secara otomatis dengan bantuan *software*, pengukuran antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) ini justru mengacu pada hasil-hasil pengukuran terbaik dari antenna 0,8 – 18 GHz (T1-1, T2-1, T1-2, T2-2, dll). Dan untuk memastikan bahwa posisi antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) sama persis dengan antenna 0,8 – 18 GHz (A1), diperlukan alat bantu *tracking* antenna yang disebut **Controller CO3000** seperti gambar 3.14.



Gambar 3.14 Perangkat *Controller CO3000*

Untuk mengetahui besar kuat medan elektromagnetik antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2), digunakan alat ukur *EMI Test Receiver* sebagaimana yang terlihat pada gambar 3.16. Pada gambar tersebut tampak tampilan hasil kuat medan elektromagnetik untuk spektrum dengan frekuensi tertentu (lihat tanda merah pada gambar 3.15).



Gambar 3.15 Tampilan spektrum sinyal pada *EMI Test Receiver*

Selanjutnya untuk membaca nilai kuat medan terukur, maka masih harus menekan salah satu tombol yang ada pada sebelah kanan *display*, dan menghasilkan tampilan seperti pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Tampilan nilai kuat medan yang terukur

Dan untuk hasil pengukuran yang ditampilkan pada gambar 3.16, setelah dilakukan penekanan tombol, bisa dibaca nilai-nilai parameter yang diukur, seperti berikut ini.

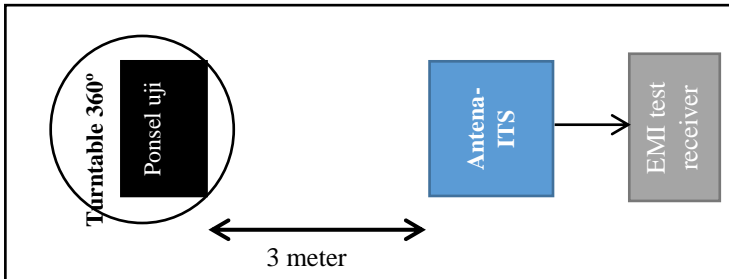
- Frekuensi terukur = 2,476 GHz.
- Kuat medan *Peak* = 64,27 dB μ V.
- Kuat medan *Average* = 21,70 dB μ V.

Prosedur pengukuran di atas berlaku untuk semua kondisi pengukuran, baik pada saat polarisasi antenna vertikal maupun horizontal.

3.7.3.2 Pengujian Polarisasi Vertikal A2

Langkah-langkah pengukuran besarnya kuat medan elektromagnetik yang sampai ke antenna penerima (antenna 2,17 – 3,3 GHz) pada polarisasi vertikal ialah sebagai berikut:

1. Membuat konfigurasi seperti pada gambar 3.17.
2. Mengganti antenna 0,8 – 18 GHz (A1) dengan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2).
3. Mengatur polarisasi antenna penerima pada posisi vertikal.
4. Memilih salah satu jenis ponsel yang akan diuji (misal, ponsel P1 ialah yang pertama kali diuji).
5. Mengatur kondisi perangkat pengukuran pada T1-1.



Gambar 3.17 Ilustrasi pengukuran menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz

6. Mengaktifkan BTS *Simulator* (1 – 6 GHz) dengan mengatur *setting* pada mode *WLAN Signalling* (untuk mensimulasikan teknologi Wi-Fi).
7. Mengukur besarnya kuat medan elektromagnetik terbaik yang terbaca pada *EMI Test Receiver*.
8. Mengatur kondisi perangkat pengukuran pada T1-2.
9. Mengulangi langkah 6 – 7.
10. Mengatur kondisi perangkat pengukuran pada T2-1.
11. Mengulangi langkah 6 – 7.
12. Mengatur kondisi perangkat pengukuran pada T2-2.
13. Mengulangi langkah 6 – 7.
14. Mengulangi langkah 4 – 13 untuk jenis ponsel lain (P2, P3, P4, dan P5).

3.7.3.3 Pengujian Polarisasi Horizontal A2

Untuk mengukur kuat medan elektromagnetik pada polarisasi horizontal antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2), langkah-langkah yang dilakukan pada dasarnya sama dengan prosedur pengukuran pada polarisasi vertikal. Hanya saja kondisi antenna penerima diputar sejauh 90° dari posisi semula.

Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah:

1. Mengubah posisi antenna penerima menjadi posisi horizontal (diputar 90°).



Gambar 3.18 Posisi antenna 2,17 – 3,3 GHz pada polarisasi horizontal

3. Mengatur kondisi perangkat pengukuran pada T1-1.
4. Mengaktifkan *BTS Simulator* (1 – 6 GHz) dengan mengatur *setting* pada mode *WLAN Signalling* (untuk mensimulasikan teknologi Wi-Fi).
5. Mengukur besarnya kuat medan elektromagnetik terbaik yang terbaca pada *EMI Test Receiver*.
6. Mengatur kondisi perangkat pengukuran pada T1-2.
7. Mengulangi langkah 4 – 5.
8. Mengatur kondisi perangkat pengukuran pada T2-1
9. Mengulangi langkah 4 – 5.
10. Mengatur kondisi perangkat pengukuran pada T2-2.
11. Mengulangi langkah 4 – 5.
12. Mengatur kondisi perangkat pengukuran pada T5.
13. Mengulangi langkah 4 – 5.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Kuat Medan Elektromagnetik

Dari pelaksanaan pengujian pengukuran besarnya kuat medan elektromagnetik (emisi radiasi EMC) yang mengacu pada pendekatan standar CISPR 22, maka diperoleh hasil pengukuran kuat medan elektromagnetik (dB μ V/m) sebagaimana yang akan ditampilkan dalam grafik-grafik di bawah ini.

Adapun hasil pengujian akan dikelompokkan berdasarkan jenis antenna penerima dan perangkat ponsel yang berfungsi sebagai perangkat peradiasi (*transmitter*).

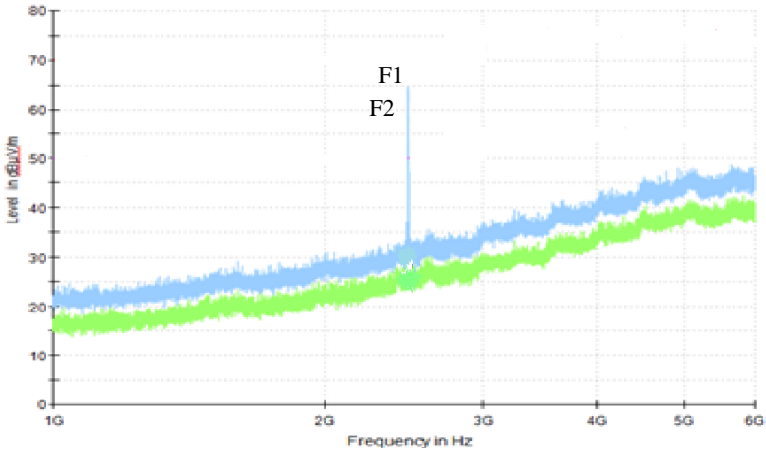
4.1.1 Hasil Pengukuran Antena 0,8 – 18 GHz (A1)

Pengukuran menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1) memanfaatkan *software* EMC32 yang nanti hasilnya akan dijadikan sebagai acuan pengukuran berikutnya.

4.1.1.1 Hasil Pemilihan Titik Sampel Pada Ponsel-1

Setelah memilih salah satu kondisi pengukuran (tinggi antenna penerima, polarisasi antenna penerima dan posisi ponsel pada arah sudut tertentu), sebagaimana yang diminta pada sub-bab 3.7.2 (langkah 1), kemudian dilakukan pengaktifan *function generator* secara *sweeping* (dari frekuensi 1 GHz – 6 GHz). Setelah semua hasil pengukuran kuat medan elektromagnetik dicatat, maka didapatkan hasil *ploting* nilai kuat medan elektromagnetik sebagai fungsi frekuensi sebagaimana yang terlihat pada gambar 4.1.

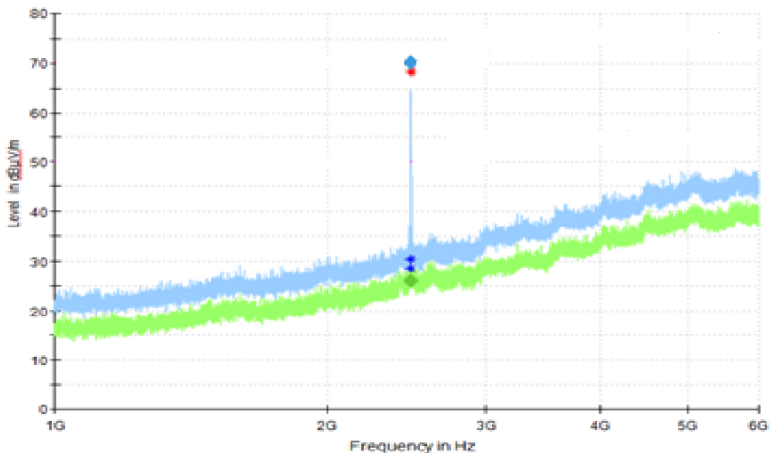
Dari hasil yang terdapat pada grafik di bawah, dipilih 2 poin dengan nilai kuat medan elektromagnetik tertinggi yang masing-masing disebut *maximum peak-1* dan *maximum peak-2*. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk mencari nilai frekuensi dari *function generator*, yang disebut sebagai F1 dan F2. Dan berdasarkan *software* EMC 32, diperoleh nilai F1 sebesar 2468,96972 MHz dan F2 sebesar 2475,9478 MHz.



Gambar 4.1 Contoh hasil *sweeping* dari ponsel P1

Selanjutnya dilakukan pengukuran kuat medan elektromagnetik, sebagaimana langkah-langkah pada sub-bab 2.7.1 dan menghasilkan jutaan data yang tersimpan. Data-data tersebut berupa data kuat medan elektromagnetik sebagai variasi frekuensi, jenis polarisasi antena, ketinggian antena penerima dan posisi sudut ponsel (P1). Dari data-data tersebut selanjutnya akan ditampilkan secara visual nilai rata-ratanya dan nilai maksimumnya sebagaimana terlihat pada gambar 4.2.

Selain menghasilkan plot kuat medan elektromagnetik maksimum dan rata-rata sebagai fungsi frekuensi, *software* EMC 32 juga memberi tanda pada tiap-tiap titik yang nilai kuat medan elektromagnetiknya menonjol. Berdasarkan gambar 4.2, ada 4 tanda yang muncul pada layar monitor EMC 32 yang masing-masing menunjukkan posisi *maximum peak* serta *average peak*.



Gambar 4.2 Titik *maximum-peak* dan *average-peak* ponsel P1

Berdasarkan 4 tanda tersebut, bisa dicari kondisi pengukuran yang menghasilkan nilai-nilai tersebut.

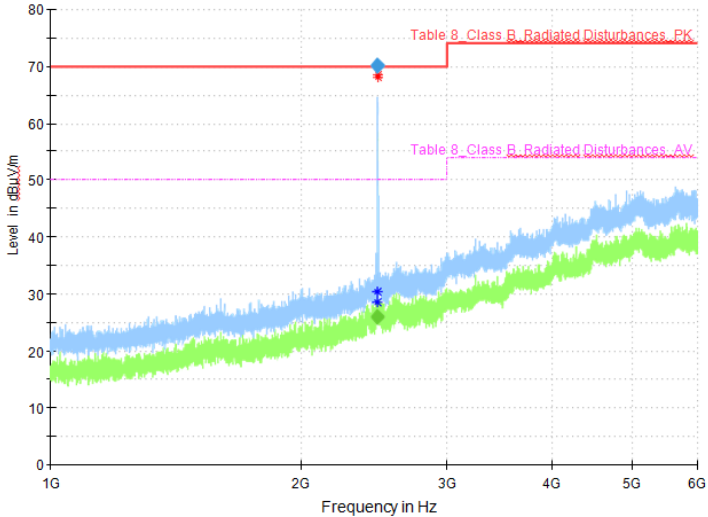
Tabel 4.1 Contoh tabel hasil pengukuran ponsel P1

	Kuat Medan (dBµV/m)	Frekuensi (MHz)	Ketinggian Antena (cm)	Sudut Ponsel (°)	Pol.	Kode
Max-1	70,12	2468,96972	132,0	13,0	H	T1-1
Av-1	25,96	2469,02204	108,0	307,0	V	T1-2
Max-2	69,96	2475,9478	116,0	155,0	H	T2-1
Av-2	25,92	2475,47272	150,0	67,0	V	T2-2

Kondisi T1-1, T1-2, T2-1, dan T2-2 nantinya akan dijadikan acuan dalam pengukuran kuat medan elektromagnetik menggunakan antena 2,17 – 3,3 GHz (A2).

Sebagai contoh, berikut ini adalah hasil dari pengukuran emisi radiasi pada frekuensi Wi-Fi yang dilakukan terhadap *handphone* P1. Dari grafik yang terdapat di bawah, dapat dipastikan bahwa EUT telah lolos uji emisi radiasi yang dilakukan. Karena baik titik *maximum peak*

maupun *average peak* dari EUT tidak melebihi batas yang telah ditetapkan.



Gambar 4.3 Hasil pengukuran ponsel P1 dengan antenna 0,8 – 18 GHz

Simbol bintang (*) berwarna merah merupakan titik dari nilai kuat medan elektromagnetiknya yang paling tinggi atau biasa disebut *maximum peak* yang didapat dari pengukuran pada tahapan *maximization*, sedangkan simbol bintang (*) berwarna biru ialah titik dari nilai *average peak*-nya. Kotak berwarna biru menunjukkan nilai titik *maximum peak* yang didapat pada tahapan *final measurement*, sedang kotak berwarna hijau menunjukkan nilai dari titik *average peak*-nya.

Garis berwarna merah (*Table 8 Class B Radiated Disturbances PK*) adalah batas untuk nilai *maximum-peak* dari kuat medan gangguan radiasi sesuai pada CISPR 22 seperti yang telah dibahas pada Bab 2, dan untuk garis putus-putus berwarna merah muda (*Table 8 Class B Radiated Disturbances AV*) adalah batas maksimal dari nilai *average-peak*.

Hasil pengujian sebagaimana yang telah dijelaskan di atas, juga akan diperoleh pada saat mengganti P1 menjadi P2, P3, P4, dan P5 yang hasilnya bisa dilihat di bagian lampiran Tugas Akhir ini.

4.1.1.2 Rekapitulasi Hasil Pengukuran Semua Ponsel

Dari pengukuran lima ponsel yang telah dilakukan, data-data hasil pengukurannya akan disajikan dalam satu tabel. Namun karena ponsel uji memiliki spesifikasi layanan Wi-Fi yang berbeda, maka akan digolongkan terlebih dulu sebagai berikut.

A. Jumlah Titik Sampel Masing-Masing Ponsel

Berdasarkan pengukuran kuat medan elektromagnetik yang sampai pada antenna penerima terhadap semua ponsel, ternyata terdapat variasi nilai kuat medan elektromagnetik yang menonjol.

Tabel 4.2 Spesifikasi ponsel di beberapa titik frekuensi menonjol

Ponsel	Tipe Band	Jumlah Titik Sampel	Frekuensi (MHz)
P1	Single	2	2468,96972
			2475,9478
P2	Dual	3	2475,81388
			2476,4122
			4945,01136
P3	Dual	3	2473,73208
			2479,04568
			5729,38008
P4	Single	2	2474,44504
			2475,30912
P5	Single	2	2470,4302
			2472,9818

B. Kondisi Hasil Pengukuran Terbaik

Dari sekian banyaknya titik hasil pengukuran *maximum-peak* maupun *average-peak*, *software* EMC32 dapat menyajikannya dalam beberapa kondisi pengukuran terbaik seperti yang tercantum pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Kondisi pengukuran terbaik dengan antenna 0,8 – 18 GHz

Ponsel	Ket.	Kuat Medan (dB μ V/m)	Frekuensi (MHz)	Ketinggian Antena (cm)	Sudut Ponsel (°)	Pol.	Kode
P1	Max-1	70,12	2468,96972	132,0	13,0	H	T1-1
	Av-1	25,96	2469,02204	108,0	307,0	V	T2-1
	Max-2	69,96	2475,9478	116,0	155,0	H	T1-2
	Av-2	25,92	2475,47272	150,0	67,0	V	T2-2
P2	Max-1	70,88	2475,81388	136,0	190,0	H	T1-1
	Av-1	28,44	2476,31476	99,0	0,0	H	T2-1
	Max-2	67,49	2476,4122	143,0	191,0	H	T1-2
	Av-2	27,25	2477,01648	109,0	6,0	H	T2-2
	Max-3	63,78	4945,01136	183,0	93,0	V	T1-3
	Av-3	35,30	4946,41536	250,0	86,0	V	T2-3
P3	Max-1	64,09	2473,73208	169,0	45,0	V	T1-1
	Av-1	23,26	2479,48032	177,0	27,0	V	T2-1
	Max-2	49,24	2479,04568	175,0	5,0	V	T1-2
	Max-3	48,68	5729,38008	127,0	134,0	V	T1-3
P4	Max-1	63,73	2474,44504	250,0	266,0	V	T1-1
	Av-1	24,84	2473,6108	117,0	-27,0	H	T2-1
	Max-2	58,22	2475,30912	99,0	45,0	V	T1-2
	Av-2	24,22	2474,7236	149,0	84,0	V	T2-2
	Max-1	65,99	2470,4302	108,0	218,0	V	T1-1
P5	Av-1	29,84	2470,4572	134,0	224,0	V	T2-1
	Max-2	69,50	2472,9818	99,0	217,0	V	T1-2
	Av-2	29,42	2472,6438	108,0	222,0	V	T2-2

4.1.2 Hasil Pengukuran Antena 2,17 – 3,3 GHz (A2)

Skenario pengukuran menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) yang telah dilakukan agak berbeda dibanding skenario menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1). Hal ini disebabkan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) berkecenderungan memiliki hanya mampu dipakai untuk pengukuran ponsel *single-band* (2,4 GHz), sedangkan antenna 0,8 – 18 GHz (A1) memiliki kapasitas *dual-band* (2,4 GHz dan 5 GHz). Oleh sebab itu, pengukuran kuat medan elektromagnetik menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) hanya difokuskan pada pancaran gelombang elektromagnetik pada frekuensi sekitar 2,4 GHz.

Untuk efisiensi pengukuran menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2), secara teknis mengacu pada hasil pengukuran antenna 0,8 – 18

GHz (A1). Berdasarkan besarnya emisi kuat medan elektromagnetik hasil pengukuran menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1), dipilih 4 kondisi terbaiknya yang masing-masing kondisi menghasilkan nilai kuat medan elektromagnetik tertinggi, baik dalam variabel *maximum* ataupun *average*.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran dengan antenna 2,17 – 3,3 GHz

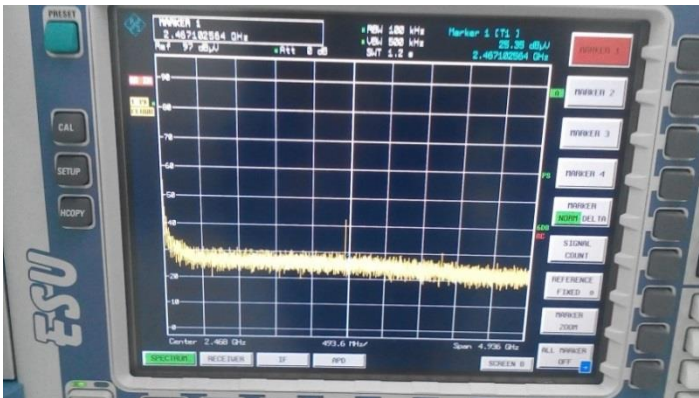
Ponsel	Kode	Frekuensi (MHz)	Ketinggian Antena (cm)	Sudut Ponsel (°)	Pol.	Kuat Medan (dB μ V/m)	
						<i>Maximum peak</i>	<i>Average peak</i>
P1	T1-1	2468,96972	132,0	13,0	H	67,74	18,75
	T2-1	2469,02204	108,0	307,0	V	67,95	20,42
	T1-2	2475,9478	116,0	155,0	H	67,14	21,33
	T2-2	2475,47272	150,0	67,0	V	64,15	23,74
P2	T1-1	2475,81388	136,0	190,0	H	61,71	20,59
	T2-1	2476,31476	99,0	0,0	H	62,21	22,2
	T1-2	2476,4122	143,0	191,0	H	64,27	21,78
	T2-2	2477,01648	109,0	6,0	H	62,04	22,09
	T1-3	4945,01136	183,0	93,0	V	27,79	15,85
	T2-3	4946,41536	250,0	86,0	V	27,96	15,86
P3	T1-1	2473,73208	169,0	45,0	V	64,16	21,68
	T2-1	2479,48032	177,0	27,0	V	57,47	21,75
	T1-2	2479,04568	175,0	5,0	V	56,07	20,45
	T1-3	5729,38008	127,0	134,0	V	28,62	15,95
P4	T1-1	2474,44504	250,0	266,0	V	62,12	21,13
	T2-1	2473,6108	117,0	-27,0	H	64,13	21
	T1-2	2475,30912	99,0	45,0	V	55,1	19,68
	T2-2	2474,7236	149,0	84,0	V	64,44	21,26
P5	T1-1	2470,4302	108,0	218,0	V	58,72	19,16
	T2-1	2470,4572	134,0	224,0	V	57,79	20,55
	T1-2	2472,9818	99,0	217,0	V	63,14	20,49
	T2-2	2472,6438	108,0	222,0	V	60,54	21,05

Dalam pengukuran P2, didapatkan 3 titik *maximum-peak* serta *average-peak*. Hal ini disebabkan karena perangkat ponsel P2 mendukung layanan Wi-Fi *dual-band*. Sehingga ketika diukur dengan menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1) dan juga *software*, kemunculan titik *maximum-peak* dan *average-peak* tidak hanya di sekitar frekuensi 2,4 GHz saja, namun di sekitar 5 GHz juga.

Untuk pengukuran dengan menggunakan antenna 2,17 – 3,3 (A2) GHz, pada titik frekuensi 4945,01136 MHz dan 4946,41536 MHz kuat medan elektromagnetiknya tidak bisa terbaca oleh antenna. Hal ini disebabkan oleh *range* frekuensi yang bisa diukur oleh antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) terbatas *range* frekuensinya.

Dalam pengukuran ponsel P3 pun menghasilkan 3 titik *maximum-peak* dan *average-peak*. Sama dengan ponsel P2, perangkat ponsel P3 ini juga mendukung layanan Wi-Fi *dual-band*. Sehingga, terdeteksi *maximum-peak* dan *average-peak* pada frekuensi 5729,38008 MHz juga.

Sebagai contoh, pengukuran dengan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) ini dilakukan pembacaan titik *maximum-peak* serta *average-peak* secara manual. Dengan alat ukur EMI *Test Receiver*, maka bisa didapatkan bentuk spektrum yang muncul di titik frekuensi kerja dan sekaligus dapat diketahui besar nilai *maximum-peak* beserta *average-peak*nya seperti yang tertera pada kedua gambar berikut.



Gambar 4.4 Tampilan spektrum saat pengukuran dengan antenna 2,17 – 3,3 GHz



Gambar 4.5 Tampilan nilai *maximum-peak* beserta *average-peak*

4.2 Analisa dan Pembahasan

Berdasar hasil pengukuran kelima ponsel menggunakan dua antenna berbeda dengan berbagai kondisi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, maka data-data yang diperoleh dapat dirangkum dan direkapitulasi sehingga didapatkan nilai rata-ratanya seperti yang tersaji pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil pengukuran dan rata-ratanya

Ponsel	Kondisi	Antena 0,8 – 18 GHz		Antena 2,17 – 3,3 GHz	
		<i>Maximum peak</i> (dBµV/m)	<i>Average peak</i> (dBµV/m)	<i>Maximum peak</i> (dBµV/m)	<i>Average peak</i> (dBµV/m)
P1	T1-1	70,12		67,74	18,75
	T2-1		25,96	67,95	20,42
	T1-2	69,96		67,14	21,33
	T2-2		25,92	64,15	23,74
P2	T1-1	70,88		61,71	20,59
	T2-1		28,44	62,21	22,2
	T1-2	67,49		64,27	21,78
	T2-2		27,25	62,04	22,09
	T1-3	63,78		-	
	T2-3		35,30		-

Ponsel	Kondisi	Antena 0,8 – 18 GHz		Antena 2,17 – 3,3 GHz	
		<i>Maximum peak</i> (dB μ V/m)	<i>Average peak</i> (dB μ V/m)	<i>Maximum peak</i> (dB μ V/m)	<i>Average peak</i> (dB μ V/m)
P3	T1-1	64,09		64,16	21,68
	T2-1		23,26	57,47	21,75
	T1-2	49,24		56,07	20,45
	T1-3	48,68		-	
P4	T1-1	63,73		62,12	21,13
	T2-1		24,84	64,13	21
	T1-2	58,22		55,1	19,68
	T2-2		24,22	64,44	21,26
P5	T1-1	65,99		58,72	19,16
	T2-1		29,84	57,79	20,55
	T1-2	69,50		63,14	20,49
	T2-2		29,42	60,54	21,05
RATA-RATA		63,473	27,445	57,512	20,307

Tabel di atas merupakan rekapitulasi hasil pengukuran baik menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1) maupun antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2), baik untuk yang *single-band* maupun *dual-band*. Khusus untuk yang dicetak tebal, menunjukkan hasil pengukuran pada frekuensi sekitar 5 GHz. Sedangkan sisanya untuk kondisi frekuensi 2,4 GHz.

Untuk hasil pengukuran kuat medan elektromagnetik (EMC) menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1), didapatkan nilai rata-rata dari nilai *maximum-peak*-nya sebesar 63,473 dB μ V/m. Sedangkan rata-rata dari *average-peak*-nya bernilai 27,445 dB μ V/m.

Pada pengukuran di titik frekuensi 2,4 GHz dengan menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1), dapat dilihat bahwa ponsel P2 memiliki performa terbaik dengan nilai *maximum-peak* sebesar 70,88 dB μ V/m, dan ponsel P3 memiliki performa terburuk dengan nilai 49,24 dB μ V/m. Begitu juga untuk pengukuran di frekuensi 5 GHz, ponsel terbaik dengan nilai *maximum-peak* tertinggi sebesar 63,78 dB μ V/m ialah ponsel P2, sedang P3 adalah yang terburuk dengan nilai 48,68 dB μ V/m.

Untuk hasil pengukuran pada frekuensi 2,4 GHz menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2), diketahui ponsel P1 merupakan ponsel dengan performa terbaik, besar *maximum-peak*-nya senilai 67,95

dB μ V/m. Dan ponsel terburuk ialah ponsel P4 dengan nilai 55,1 dB μ V/m.

Sementara, untuk pengukuran kuat medan elektromagnetik pada frekuensi 5 GHz hanya dilakukan menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1) saja. Dan ponsel yang memungkinkan untuk dipakai menangkap frekuensi tersebut hanya P2 dan P3 saja. Seperti yang terlihat pada tabel 4.5, nilai kuat medan elektromagnetik P2 terukur sebesar 63,78 dB μ V/m untuk nilai *peak*-nya dan 35,30 dB μ V/m untuk nilai *average*-nya. Sementara untuk ponsel P3 hanya mampu menangkap nilai *peak*-nya saja sebesar 48,68 dB μ V/m di frekuensi 5,729 GHz.

4.2.1 Perhitungan *Margin* Kuat Medan Elektromagnetik

Yang dimaksud *margin* di sini adalah selisih antara hasil pengukuran kuat medan elektromagnetik (EMC) menggunakan antenna 0,8 – 18 GHz (A1) dan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2). Normalnya, perhitungan *margin* dilakukan dengan mengurangkan hasil pengukuran antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) pada hasil pengukuran antenna 0,8 – 18 GHz (A1). Namun, jika hasil pengukuran kuat medan elektromagnetik menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) ternyata hasilnya lebih tinggi, maka berlaku sebaliknya, yaitu kuat medan elektromagnetik antenna 2,17 – 3,3 GHz (A1) dikurangi antenna 0,8 – 18 GHz.

Untuk semua hasil pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya, hasil perhitungan *margin* kuat medan elektromagnetik dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan *margin* antar antenna

Ponsel	Kode	<i>Margin</i> (dB)	
		<i>Maximum peak</i> (dB μ V/m)	<i>Average peak</i> (dB μ V/m)
P1	T1-1	2,38	
	T2-1		5,54
	T1-2	2,82	
	T2-2		2,18

Ponsel	Kode	Margin (dB)	
		Maximum peak (dB μ V/m)	Average peak (dB μ V/m)
P2	T1-1	9,17	
	T2-1		6,24
	T1-2	3,22	
	T2-2		5,16
	T1-3	-	
	T2-3	-	
P3	T1-1	- (0,07)	
	T2-1		1,51
	T1-2	- (6,83)	
	T1-3	-	
P4	T1-1	1,61	
	T2-1		3,84
	T1-2	3,12	
	T2-2		2,96
P5	T1-1	7,27	
	T2-1		9,29
	T1-2	6,36	
	T2-2		8,37
RATA-RATA		4,285	5,01

Berdasarkan tabel 4.6, *margin* pengukuran kuat medan elektromagnetik hasil radiasi antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) dan antenna 0,8 – 18 GHz (A1) memiliki sebaran yang bervariasi, tidak mencerminkan pola tertentu. Namun bisa dihitung rata-ratanya, yaitu sebesar 4,285 dB untuk nilai *maximum peak*-nya, dan 5,01 dB untuk rata-rata *margin* dari nilai *average-peak*-nya.

4.2.2 Perhitungan Faktor Koreksi

Faktor koreksi diperlukan untuk mengetahui nilai kuat medan elektromagnetik *real* sebelum masuk antenna penerima. Hal ini telah dicantumkan pada prosedur pengukuran menurut CISPR 22, bahwa ketidakpastian pengukuran harus dicantumkan pada laporan pengujian.

Faktor koreksi bisa dihitung dengan menjumlahkan besarnya *gain* antena (dB) dan rugi-rugi kabel antena (dB μ V). Hasil perhitungan faktor koreksi tersebut selanjutnya ditambahkan pada nilai-nilai hasil pengukuran kuat medan elektromagnetik yang sudah ada.

Untuk antena 0,8 – 18 GHz (A1), nilai faktor koreksi sudah diketahui dari spesifikasi perangkat yang juga dicantumkan dalam *software*-nya. Antena 0,8 – 18 GHz (A1) memiliki *gain* sebesar 8,3 dB (nilai *gain* antena sudah ditambah dengan *gain amplifier*), sedang *cable loss*-nya sebesar 3,83 dB μ V. Hasil perhitungan faktor koreksi diperoleh dengan cara sebagai berikut.

$$K1 = \text{gain antena } 0,8 - 18 \text{ GHz} - \text{cable loss}$$

$$K2 = \text{gain antena } 2,17 - 3,3 \text{ GHz} - \text{cable loss}$$

Sehingga besar faktor koreksi kedua antena dalam frekuensi Wi-Fi 2,4 GHz bisa disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.7 Nilai faktor koreksi antena pada frekuensi 2,4 GHz

Parameter	Faktor Koreksi (dB)	
	Antena 0,8 – 18 GHz (A1)	Antena 2,17 – 3,3 GHz (A2)
Gain antena (dB)	8,3	11,03
Rugi-rugi kabel (dB μ V)	3,83	3,83
	4,4	7,2

Sedang untuk tabel faktor koreksi antena 2,17 – 3,3 GHz (A2) yang relatif terhadap antena 0,8 – 18 GHz (A1) memiliki nilai yang bervariasi. Untuk data ini dapat dilihat pada bagian lampiran.

4.2.3 Pengaruh Implementasi Standar CISPR 22

Berdasar bahasan yang telah disajikan pada bab 2, standar CISPR 22 memiliki batas nilai masing-masing untuk *maximum-peak* maupun *average-peak* pada frekuensi tertentu dan dalam kondisi pengukuran tiap-tiap kelas golongan ITE yang diklasifikasikan.

Adanya batas ini membuat munculnya nilai *margin*, yaitu selisih antara besar kuat medan elektromagnetik yang terukur dengan batas yang telah ditetapkan.

Berikut ialah tabel data-data hasil pengukuran oleh antenna 0,8 – 18 GHz (A1) beserta nilai batas yang ditentukan oleh standar CISPR 22. Adapun besar *maximum-peak* beserta *average-peak* yang tersaji pada tabel berikut ini sudah dikurangi dengan nilai faktor koreksi.

Tabel 4.8 Margin hasil ukur antenna 0,8 – 18 GHz terhadap batas standar CISPR 22

Ponsel	Limit (dB μ V/m)	Kuat Medan yang Terukur (dB μ V/m)		Margin (dB)	
		Maximum peak	Average peak	Maximum peak	Average peak
P1	70	65,72		4,28	
	50		21,56		28,44
	70	65,56		4,44	
	50		21,52		28,48
P2	70	66,48		3,52	
	50		24,04		25,96
	70	63,09		6,91	
	50		22,85		27,15
	74	59,38		14,62	
	54		30,9		23,1
P3	70	59,69		10,31	
	50		18,86		31,14
	70	44,84		25,16	
	74	44,28		29,72	
P4	70	59,33		10,67	
	50		20,44		29,56
	70	53,82		16,18	
	50		19,82		30,18
P5	70	61,59		8,41	
	50		25,44		24,56
	70	65,1		4,9	
	50		25,02		24,98
RATA-RATA				11,593	27,355

Rata-rata *margin* nilai *maximum-peak* dari hasil pengukuran antenna 0,8 – 18 GHz (A1) sebesar 11,593 dB, sedangkan untuk *average-peak*nya mencapai 27,355 dB.

Tabel 4.9 *Margin* hasil ukur antenna 2,17 – 3,3 GHz terhadap batas standar CISPR 22

Ponsel	Limit (dB μ V/m)	Kuat Medan yang Terukur (dB μ V/m)		Margin (dB)	
		Maximum peak	Average peak	Maximum peak	Average peak
P1	70	60,54		9,46	
	50		13,22		36,78
	70	59,94		10,06	
	50		16,54		33,46
P2	70	54,51		15,49	
	50		15		35
	70	57,07		12,93	
	50		14,89		35,11
P3	70	56,96		13,04	
	50		14,55		35,45
	70	48,87		21,13	
P4	70	54,92		15,08	
	50		13,8		36,2
	70	47,9		22,1	
	50		14,06		35,94
P5	70	51,52		18,48	
	50		13,35		36,65
	70	55,94		14,06	
	50		13,85		36,15
RATA-RATA				15,183	35,638

Untuk nilai rata-rata *margin* dari *maximum-peak* hasil pengukuran antenna 2,17 – 3,3 GHz (A2) yaitu sebesar 15,183 dB, dan untuk rata-rata *average-peak* bernilai 35,638 dB.

4.3 Perbandingan Performansi Tiap Ponsel

Seperti pada data-data yang telah tersaji pada tabel-tabel sebelumnya, maka dapat dibuat perbandingan performansi tiap ponsel terhadap batas yang ditentukan oleh CISPR 22 seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Perbandingan performansi tiap ponsel

Ponsel	Limit (dB μ V/m)	Antena 0,8 – 18 GHz		Antena 2,17 – 3,3 GHz	
		Maximum peak (dB μ V/m)	Average peak (dB μ V/m)	Maximum peak (dB μ V/m)	Average peak (dB μ V/m)
P1	70	65,72		60,54	
	50		21,56		13,22
	70	65,56		59,94	
	50		21,52		16,54
P2	70	66,48		54,51	
	50		24,04		15
	70	63,09		57,07	
	50		22,85		14,89
	74	59,38		-	
	54		30,9		-
P3	70	59,69		56,96	
	50		18,86		14,55
	70	44,84		48,87	
	74	44,28			-
P4	70	59,33		54,92	
	50		20,44		13,8
	70	53,82		47,9	
	50		19,82		14,06
P5	70	61,59		51,52	
	50		25,44		13,35
	70	65,1		55,94	
	50		25,02		13,85

Berdasar data pada tabel 4.10, dapat dilihat bahwa nilai *maximum peak* maupun *average peak* dari kelima ponsel ketika diukur dengan kedua antenna tidak ada yang melebihi batas yang ditetapkan oleh CISPR 22.

Maka, dapat disimpulkan bahwa kelima ponsel ini lolos uji, baik ketika diukur dengan antenna 0,8 – 18 GHz maupun antenna 2,17 – 3,3 GHz. Dengan hasil pengukuran dari antenna 0,8 – 18 GHz memiliki nilai yang lebih tinggi dari hasil pengukuran antenna 2,17 – 3,3 GHz.

Namun untuk hasil pengukuran ponsel dengan spesifikasi Wi-Fi *dual-band* (P2 dan P3) tidak dapat diukur oleh antenna 2,17 – 3,3 GHz, dikarenakan antenna ini hanya bekerja hingga frekuensi tertinggi di 3,3 GHz saja.

4.4 Kelayakan Konfigurasi Pengukuran dengan Antena 2,17 – 3,3 GHz

Dalam bab 3 sudah tercantum penjelasan mengenai skenario pengukuran dari masing-masing antenna yang digunakan. Mengenai detail langkah-langkah setiap pengukuran bisa dilihat pada subbab 3.7. Karena pengukuran dengan antenna 2,17 – 3,3 GHz dilakukan secara manual, tidak seperti antenna 0,8 – 18 GHz yang menggunakan *software*, maka tahapan yang dilakukan pun sedikit berbeda.

Karena dilakukan secara manual, maka pengaturan ketinggian antenna, polarisasi antenna, dan posisi sudut ponsel pada meja diatur sendiri dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Pengukuran dilakukan setiap kenaikan antenna 1 meter dan cukup sampai posisi tertinggi di 4 meter.
2. Ponsel diputar dari 0° - 360° , pengukuran dilakukan setiap kelipatan 90° sudut ponsel.
3. Pengukuran dilakukan pada posisi kedua polarisasi antenna, baik vertikal maupun horizontal.

Berdasar data yang didapat dari hasil pengukuran menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz seperti yang tercantum di tabel pada subbab 4.3, dapat disimpulkan bahwa pengukuran dengan konfigurasi sederhana yang dilakukan pada pengerjaan tugas akhir ini bisa diterapkan. Dengan catatan, pengukuran hanya bisa dilakukan di dalam *anechoic chamber*. Karena jika dilakukan di luar *chamber*, maka akan sulit diidentifikasi sinyal mana yang terukur sebenarnya.

Halaman ini mengandung kekosongan

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan konfigurasi pengukuran emisi radiasi kuat medan elektromagnetik (EMC) pada perangkat ponsel dengan mengacu standar CISPR 22, maka secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasar hasil yang didapat, kelima ponsel yang diujikan dalam tugas akhir ini dinyatakan lolos uji, baik diukur dengan antenna 0,18 – 18 GHz maupun antenna 2,17 – 3,3 GHz.
2. Prosedur pengukuran emisi radiasi EMC menggunakan antenna 2,17 – 3,3 GHz dengan cara yang lebih sederhana (berbeda dengan pengukuran di Baristand) yang disusun dalam pengerjaan tugas akhir ini bisa diterapkan. Dengan catatan, pengukuran harus dilakukan di dalam *chamber*.
3. Nilai rata-rata *margin* (selisih) hasil pengukuran dari kedua antenna dengan batas CISPR 22 memiliki nilai hampir serupa. Sedangkan untuk faktor koreksi, antenna 0,8 – 18 GHz memiliki nilai sebesar 4,4 dB dan untuk antenna 2,17 – 3,3 GHz bernilai 7,2 dB.
4. Pengukuran dengan antenna 2,17 – 3,3 GHz memiliki kelemahan di mana pengukuran ini kurang efisien dalam segi waktu, karena pengaturan posisi antenna dan sudut ponsel serta proses pengukurannya dilakukan secara manual.

5.2 Saran

Adapun beberapa hal yang masih bisa dikembangkan untuk penelitian berikutnya dari tugas akhir ini antara lain:

1. Dari serangkaian rancangan konfigurasi pengukuran emisi radiasi kuat medan elektromagnetik (EMC) pada perangkat ponsel dengan mengacu standar CISPR 22 ini mungkin dapat dibuat sebagai acuan pengukuran EMC lebih lanjut di laboratorium-ITS.
2. Dapat dicoba juga untuk pengukuran EMC pada golongan benda uji lain dengan mengacu pada standar CISPR yang lain.

Halaman ini mengandung kekosongan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Andy, "Measurements of A Device Use Methods Based Upon CISPR 22 and 47 CFR Part 15 in The Range 1-6 GHz", Cisco Systems Inc.: USA, 2009.
- [2] Henzen, Christian & S. Sascha, "CISPR 22 Compliance Test of Power-Line Transmission Systems", Intellon Corporation: Germany.
- [3] "International Electrotechnical Commission (IEC)", CISPR 22 (Edition 6.0), 2008-09.
- [4] "International Electrotechnical Commission (IEC)", Guidance for Users of The CISPR Standards, 2015.
- [5] Kodali, V. Prasad. "Engineering Electromagnetic Compatibility", The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 1996.
- [6] Ott, Henry W., "Electromagnetic Compatibility Engineering", 2009.
- [7] "Laboratorium EMC Baristand Surabaya." [Online]. Available: <http://baristandsurabaya.kemenperin.go.id/component/content/article/98-baristand-news/851.html>. [Accessed November 2018].
- [8] "Laboratorium Electromagnetic Compatibility." [Online]. Available: <http://smtp.lipi.go.id/berita59-Lab%20EMC.html>. [Accessed November 2018].

Halaman ini mengandung kekosongan

LAMPIRAN A

PROPOSAL TUGAS AKHIR

Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro - ITS

EE 184801 TUGAS AKHIR – 6 SKS


Nama Mahasiswa : Rossaliyah Indah
Nomor Pokok : 0711144000040
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Ganjil 2019/2020
Dosen Pembimbing : 1. Eko Setjiadi, ST., MT., Ph.D
2. Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.
Judul Tugas Akhir : **Rancangan Konfigurasi Pengukuran Emisi Radiasi EMC pada Perangkat Ponsel dengan Mengacu Standar CISPR 22**
(Design of Measurement Configuration of EMC Radiated Emission on Mobile Devices based on CISPR 22 Standard)

11 SEP 2019


Uraian Tugas Akhir :

Electromagnetic Compatibility yang sering disingkat EMC adalah kemampuan suatu peralatan atau sistem untuk beroperasi secara normal di lingkungan elektromagnetik tanpa terpengaruh maupun menghasilkan interferensi terhadap lingkungannya. Dengan kata lain, suatu sistem tidak terpengaruh dan menyebabkan interferensi pada sistem yang lain maupun menyebabkan interferensi pada dirinya sendiri. EMC selain berkaitan dengan mutu dan kualitas suatu produk, juga erat kaitannya dengan tingkat keamanan dan keselamatan bagi pemakainya. [6] Maka dari itu, pengukuran EMC ini sangatlah penting untuk dilakukan. Untuk pengujian EMC ini sendiri biasanya mengacu pada standar CISPR. Dalam standar, CISPR dibagi menjadi beberapa standar yang lebih spesifik. Dalam hal ini yang digunakan sebagai acuan standar pengukuran emisi radiasi yaitu CISPR 22. CISPR 22 ini diterapkan pada peralatan Teknologi Informasi (ITE), seperti ponsel. Rancangan konfigurasi yang digunakan kali ini yaitu khusus untuk frekuensi Wi-Fi pada perangkat ponsel saja. Mengingat ponsel saat ini yang tidak pernah lepas dari kebutuhan manusia, serta fasilitas Wi-Fi yang saat ini juga sangat sering dimanfaatkan bagi para penggunanya. Dengan memanfaatkan peralatan laboratorium kampus, maka akan dirancang konfigurasi yang sederhana sehingga akan menjadi lebih efisien dalam segi biaya pengukuran.

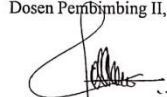
Dosen Pembimbing I,


Eko Setjiadi, ST., MT., Ph.D.
NIP. 197210012003121002


Mengetahui,
Ketua Program Studi S1


Dedet C. Riawan, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 197311192000031001

Dosen Pembimbing II,


Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.
NIP. 195904281986011001

Menyetujui,
Kepala Laboratorium Antena dan Propagasi


Prof. Dr. Ir. Ganantyo Hendrantoro, Ph.D.
NIP. 19701111199031002

USULAN TUGAS AKHIR

A. JUDUL TUGAS AKHIR

**Rancangan Konfigurasi Pengukuran Emisi Radiasi EMC pada Perangkat
Handphone dengan Mengacu Standar CISPR 22**

B. RUANG LINGKUP

1. Pengukuran emisi radiasi EMC untuk frekuensi Wi-Fi.
2. Standar CISPR 22.
3. Perangkat Teknologi Informasi (ITE).

C. LATAR BELAKANG

Electromagnetic Compatibility yang sering disingkat EMC adalah kemampuan suatu peralatan atau sistem untuk beroperasi secara normal di lingkungan elektromagnetik tanpa terpengaruh maupun menghasilkan interferensi terhadap lingkungannya. EMC berarti menghindari gangguan ke peralatan lain akibat interferensi melalui konduksi, radiasi, atau induksi. Dengan kata lain, tidak terpengaruh dan menyebabkan interferensi pada sistem yang lain maupun menyebabkan interferensi pada dirinya sendiri. Untuk memenuhi sasaran tersebut, maka EMC dibagi menjadi dua bagian, yaitu EMI (*Electromagnetic Interference*) dan EMS (*Electromagnetic Susceptibility*). EMI (*Electromagnetic Interference*) berhubungan dengan energi elektromagnetik yang dibangkitkan dan menghindari gangguan ke lingkungan sekitar. Sedangkan EMS (*Electromagnetic Susceptibility*) berhubungan dengan kemampuan peralatan beroperasi normal apabila terkena gangguan-gangguan elektromagnetik dari lingkungan. EMC selain berkaitan dengan mutu dan kualitas suatu produk, juga erat kaitannya dengan tingkat keamanan dan keselamatan bagi pemakainya. [6]

Untuk pengujian EMC ini sendiri biasanya mengacu pada standar CISPR (*Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques*) atau dalam bahasa Inggrisnya, *International Special Committee on Radio Interference*. Dalam standar CISPR dibagi menjadi beberapa standar yang lebih spesifik, misalnya CISPR 11 yang diterapkan pada peralatan yang didesain untuk menghasilkan energi gelombang radio (RF) untuk tujuan industri, ilmu pengetahuan, dan kesehatan; CISPR 13 yang diterapkan pada penerima siaran radio dan televisi atau dari pemancar yang sejenis serta peralatan-peralatan pelengkapannya; CISPR 14 yang diterapkan pada motor listrik dan peralatan thermal bagi rumah tangga, alat-alat listrik dan peralatan sejenis; CISPR 15 yang diterapkan pada lampu listrik dan peralatan sejenis; CISPR 22 yang diterapkan pada peralatan Teknologi Informasi (ITE); dan masih banyak spesifikasi standar CISPR yang lainnya.

Pengadaan uji *Electromagnetic Compatibility* (EMC) ini biasanya membutuhkan laboratorium serta perlengkapan lengkap (seperti antenna, *chamber*, *turntable*, dll) dengan biaya yang cukup tinggi. Maka dari itu, dibutuhkan alternatif untuk memperkecil biaya yang dibutuhkan dalam pengujian EMC ini. Perlengkapan yang dimiliki laboratorium kampus pun bisa dimanfaatkan untuk pengujian EMC yang lebih sederhana ini. Tetapi tentu saja dengan keterbatasan kemampuan uji hanya untuk peralatan tertentu saja. Dalam hal ini, akan difokuskan untuk pengujian *radiated emission* 3 meter (untuk frekuensi di atas 1 GHz) khusus Wi-Fi saja.

D. PERUMUSAN MASALAH

Dari latar belakang, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara memanfaatkan perlengkapan yang ada di laboratorium kampus untuk pengukuran EMC yang lebih sederhana.
2. Bagaimana prosedur pengukuran EMC khususnya pada Wi-Fi di perangkat *handphone* dengan perlengkapan yang lebih sederhana mengacu pada standar CISPR 22.
3. Apa saja kekurangan pengukuran EMC pada Wi-Fi di perangkat *handphone* yang lebih sederhana dibandingkan dengan pengukuran EMC yang lebih maju (yang sudah ada di laboratorium EMC Baristand).

E. BATASAN MASALAH

Dari perumusan masalah, didapatkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Peralatan Teknologi Informasi (ITE) sesuai standar CISPR 22.
2. Pengukuran *radiated emission* untuk frekuensi di atas 1 GHz (Wi-Fi).
3. Pengukuran dilakukan pada perangkat *handphone*.

F. TUJUAN TUGAS AKHIR

Dari perumusan masalah, didapatkan tujuan penulisan sebagai berikut:

1. Mengetahui cara memanfaatkan perlengkapan yang ada di laboratorium kampus untuk pengukuran EMC yang lebih sederhana.
2. Membuat prosedur pengukuran EMC khususnya pada Wi-Fi di perangkat *handphone* dengan perlengkapan yang lebih sederhana mengacu pada standar CISPR 22.
3. Mengetahui perbandingan pengukuran EMC pada Wi-Fi di perangkat *handphone* yang lebih sederhana dibandingkan dengan pengukuran EMC yang lebih maju (yang sudah ada di laboratorium EMC Baristand).

G. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

1. *Electromagnetic Compatibility* (EMC)

Electromagnetic Compatibility yang sering disingkat EMC adalah kemampuan suatu peralatan atau sistem untuk beroperasi secara normal di lingkungan elektromagnetik tanpa terpengaruh maupun menghasilkan interferensi terhadap lingkungannya. EMC berarti menghindari gangguan ke peralatan lain akibat interferensi melalui konduksi, radiasi, atau induksi. Dengan kata lain, tidak terpengaruh dan menyebabkan interferensi pada sistem yang lain maupun menyebabkan interferensi pada dirinya sendiri. [6]

EMC dibagi menjadi dua bagian, yaitu EMI (*Electromagnetic Interference*) dan EMS (*Electromagnetic Susceptibility*).

a. EMI (*Electromagnetic Interference*)

EMI (*Electromagnetic Interference*) adalah emisi listrik atau magnet dari suatu perangkat yang mengganggu kerja perangkat lain secara normal. Efek EMI terhadap produk elektronika yaitu interferensi konduksi (*conducted interference*)

Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Elektro - ITS

dan interferensi radiasi (*radiated interference*). Interferensi konduksi masuk dan keluar dari perangkat (*devices*) melalui kabel dan sistem perkabelan. Sedangkan interferensi radiasi masuk dan keluar dari perangkat (*devices*) melalui media udara ke sistem perkabelan yang ada dan langsung menembus perangkat. [5]

b. EMS (*Electromagnetic Susceptibility*)

EMS (*Electromagnetic Susceptibility*) atau disebut juga sebagai *Electromagnetic Immunity* adalah kemampuan perangkat atau sistem untuk tetap bekerja dengan baik terhadap gangguan medan elektromagnetik dari sumber-sumber medan elektromagnetik di sekitarnya. Efek EMS terhadap produk elektronika biasanya masuk dan keluar dari perangkat (*devices*) melalui media udara ke sistem perkabelan yang ada dan langsung menembus perangkat. [5]

Dalam EMC terdapat dua tipe pengujian emisi, yaitu pengujian emisi konduksi (*conducted emission*) dan pengujian emisi radiasi (*radiated emission*).

a. *Conducted emission*

Conducted emission adalah energi elektromagnetik yang diinginkan sepanjang propagasi suatu penghantar (konduktor). Konduktor dapat berupa kabel aliran daya, lapisan *metal* subsistem, atau sistem interkoneksi kabel-kabel.

b. *Radiated emission*

Radiated emission adalah energi elektromagnetik yang diinginkan atau energi elektromagnetik yang tidak diinginkan yang merupakan propagasi ke dalam ruang bebas, sebagai suatu gelombang transfer elektromagnetik oleh gandingan kapasitif atau gandingan induktif.



Gambar 1. Pengujian EMC di *chamber*

Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Elektro - ITS

2. CISPR

CISPR (*Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques*) atau *International Special Committee on Radio Interference* (dalam bahasa Inggris) adalah sebuah standar teknik pengukuran dan pengujian dan batas emisi dan imunitas pada pengujian *Electromagnetic Compatibility* yang direkomendasikan. [4] Terdapat beberapa kategori standar pada CISPR, di antaranya:

a. Standar Dasar

Standar dasar EMC memberikan aturan umum dan mendasar untuk penilaian EMC dan kinerja produk, sistem, atau instalasi, serta sebagai referensi untuk standar umum dan standar produk. Standar dasar bersifat umum sehingga tidak diperuntukkan pada spesifikasi kelompok-kelompok produk maupun produk-produk itu sendiri, hanya untuk fenomena yang mengganggu dan pengukuran atau teknis *testing*. Standar ini tidak membahas *limit* maupun spesifikasi kinerja dari suatu produk. [4]

b. Standar Umum

Standar umum EMC mengacu pada lingkup tertentu, di mana menspesifikasikan setelan minimum EMC, dapat diaplikasikan pada semua produk atau sistem yang beroperasi pada lingkup ini. Tidak ada standar spesifik yang dibutuhkan untuk suatu kelompok produk, sistem, atau instalasi pada prosedur pengujian. [4]

c. Standar Produk

Standar produk mendefinisikan kebutuhan spesifik EM, *limit* dan kondisi spesifik perlu diperhatikan untuk prosedur pengujian pada produk, sistem, atau instalasi. Standar produk yang digunakan sebagai acuan pada pengujian ini yaitu CISPR 22. [4]

3. CISPR 22

CISPR 22 adalah standar analog untuk standar Eropa EN 55022. Merupakan standar yang sangat sering dirujuk dalam semua standar EMC Eropa. Standar ini menentukan metode pengukuran, peralatan pengukuran, garis batas dan interpretasi penerapan garis batas. [3]

CISPR 22 ini merupakan bagian dari standar CISPR untuk peralatan Teknologi Informasi, mencakup karakteristik gangguan radio serta batasan dan metode pengukuran. Mendefinisikan peralatan teknologi informasi sebagai peralatan atau perangkat yang beroperasi dengan voltase suplai pengenal yang tidak melebihi 600 V dan memiliki fungsi utama untuk memasukkan, menyimpan, menampilkan, mengambil, mentransmisikan, memproses, mengganti, atau mengendalikan data dan peralatan yang dapat digunakan dalam kombinasi dengan satu atau lebih port terminal dengan fungsi utama sebagai *transfer* informasi. Peralatan atau perangkat dengan fungsi utama transmisi radio atau penerimaan tidak tercakup dalam standar ini. [3]

Pengujian

CISPR 22 mengacu pada CISPR 16 untuk metode pengujian. Metode ini menggunakan posisi ketinggian antena yang digeser dari 1 m ke 4 m. Berdasarkan *beamwidth* antena, pada frekuensi ini, antena selalu fokus tertuju ke arah EUT agar memberikan perkiraan kebutuhan yang wajar. [1]

Kalibrasi

Metode kalibrasi CISPR 22 juga mengacu pada CISPR 16. Proses *scan* dan *sweep* pada *range* frekuensinya harus dilakukan pada berbagai ketinggian, posisi, dan kedua polaritas antenna. Antena penerima yang digunakan untuk pengujian harus digunakan selama kalibrasi. [1]

Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan cara mengubah tinggi antenna, polarisasi, dan rotasi penuh meja putar sehingga semua aspek emisi bisa teramati. Data diolah dengan cara mencari amplitudo puncak dan frekuensi. Titik yang dipilih adalah amplitudo tertinggi dari hasil polarisasi horizontal maupun vertikal. [1]

Standar CISPR 22 menyajikan prosedur untuk pengukuran tingkat sinyal yang dihasilkan oleh peralatan teknologi informasi (ITE) dan menentukan batasan untuk rentang frekuensi antara 150 kHz dan 1000 MHz. [2]

Standar tersebut membagi lagi peralatan teknologi informasi menjadi dua kategori, kelas A dan kelas B. Batas yang berbeda berlaku untuk kategori ini, di mana batas kelas B lebih sempit daripada kelas A. Jika perangkat yang diuji tidak memenuhi batasan kelas B yang lebih sempit, namun masih pada batas kelas A, perangkat dapat digunakan tanpa batasan jika disertakan pemberitahuan yang mengindikasikan bahwa produk tersebut dapat menyebabkan gangguan radio. [2]

a. ITE Kelas B

ITE kelas B adalah kategori dari peralatan yang memenuhi *limit* distorsi ITE kelas B. Kelas ini diutamakan untuk penggunaan pada lingkungan rumah tangga [3], termasuk:

- i. Peralatan dengan penempatan tidak tetap seperti, perangkat portabel dengan suplai daya *built-in batteries*.
- ii. Perangkat terminal telekomunikasi dengan suplai daya dari jaringan telekomunikasi.
- iii. Personal komputer dan perangkat tambahan yang terhubung.

<i>Frequency range</i> MHz	<i>Average limit</i> dB(μ V/m)	<i>Peak limit</i> dB(μ V/m)
1 – 3	50	70
3 – 6	54	74

Note 1 : Limit yang lebih rendah sebaiknya digunakan pada frekuensi transisi.

Tabel 1. *Limit* untuk *radiated disturbance* ITE kelas B pada pengukuran jarak 3 m

b. ITE kelas A

ITE kelas A adalah kategori dari ITE lain yang memenuhi *limit* ITE kelas A dan bukan *limit* dari ITE kelas B. [3]

<i>Frequency range</i> GHz	<i>Average limit</i> dB(μ V/m)	<i>Peak limit</i> dB(μ V/m)
1 – 3	56	76
3 – 6	60	80

Note 1 : Limit yang lebih rendah sebaiknya digunakan pada frekuensi transisi.

Tabel 2. *Limit* untuk *radiated disturbance* ITE kelas A pada pengukuran jarak 3 m

H. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Studi literatur

Pada bagian ini, peneliti mencari referensi melalui buku dan paper yang sesuai dengan topik tugas akhir yang diambil. Selain itu, peneliti mempelajari mengenai standar CISPR 22 yang digunakan sebagai pedoman dalam pengukuran EMC.
2. Observasi dan analisa masalah

Pada bagian ini dilakukan observasi mengenai masalah pengukuran EMC yang lebih sederhana pada Wi-Fi yang dapat mendukung penganalisa. Dan mencari data dari masalah yang bertema hampir sama dengan tema masalah yang diambil.
3. Perancangan sistem pengukuran EMC yang lebih sederhana pada Wi-Fi di perangkat *handphone* menurut standar CISPR 22

Pada bagian ini, peneliti melakukan perancangan sistem sekaligus pembuatan alat pengukuran EMC yang lebih sederhana pada Wi-Fi di perangkat *handphone* yang digunakan untuk mengambil data.
4. Uji coba pengukuran dengan peralatan yang ada di laboratorium kampus

Dengan peralatan yang tersedia di laboratorium kampus, dapat dilakukan pengukuran sesuai dengan perancangan sistem pengukuran sederhana yang telah dibuat berdasarkan standar CISPR 22.
5. Evaluasi dan validasi pengukuran

Pada bagian ini, dilakukan evaluasi terhadap hasil pengukuran sederhana yang telah dilakukan terlebih dahulu, kemudian dibandingkan dengan prosedur yang sudah ada, dan kemudian dilakukan validasi.
6. Prosedur pengukuran

Pada bagian prosedur pengukuran ini, dilakukan penyusunan prosedur pengukuran sederhana yang telah dilakukan yang dirasa hasilnya sudah cukup mendekati hasil dari prosedur pengukuran yang sudah ada.
7. Analisa

Dari hasil pengujian, dapat diketahui kelebihan dan kelemahan dari rancangan prosedur pengukuran sederhana yang telah dibuat dibandingkan dengan prosedur pengukuran yang lebih canggih.
8. Penyusunan laporan

Tahap penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dari proses pengerjaan tugas akhir ini. Laporan berisi seluruh hal yang berkaitan dengan tugas akhir yang telah dikerjakan yaitu meliputi pendahuluan, studi literatur, tinjauan pustaka, perancangan dan pengujian sesuai prosedur, pengujian, analisa, serta penutup.

I. RELEVANSI

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

1. Menjadi referensi dalam pengukuran emisi radiasi EMC *handphone* pada frekuensi Wi-Fi yang lebih sederhana.
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa yang akan mengerjakan penelitian dengan topik *electromagnetic compatibility*.

J. PENJADWALAN

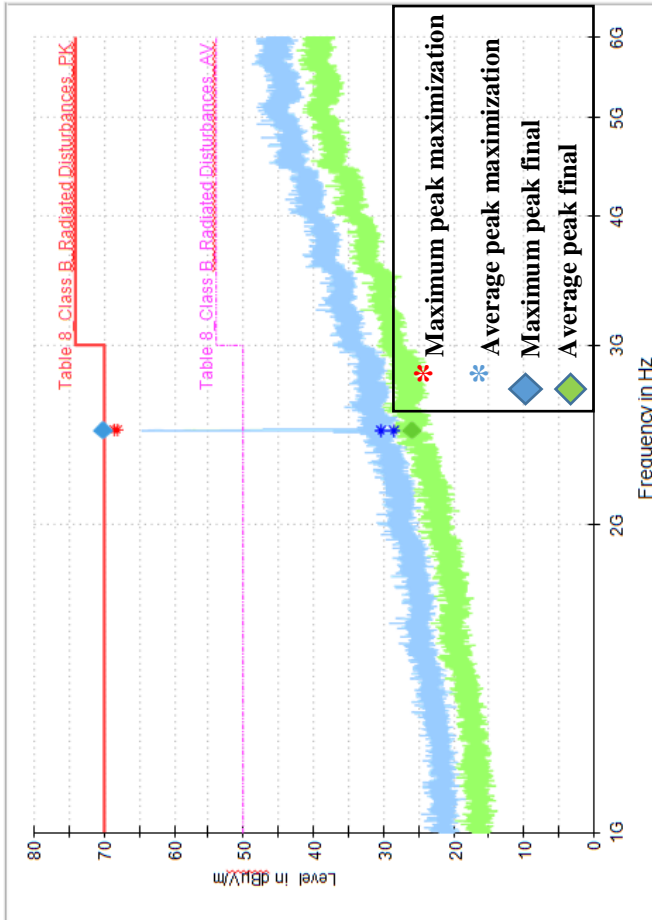
No	Kegiatan	Bulan ke-															
		1				2				3				4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi literatur	■	■	■	■												
2.	Observasi dan analisa masalah	■	■	■	■												
3.	Perancangan sistem pengukuran EMC yang lebih sederhana	■	■	■	■	■	■	■	■								
4.	Uji coba pengukuran dengan peralatan yang ada di laboratorium kampus					■	■	■	■								
5.	Evaluasi dan validasi data							■	■	■	■	■	■				
6.	Prosedur pengukuran											■	■	■	■	■	■
7.	Analisa													■	■	■	■
8.	Penyusunan laporan															■	■

K. DAFTAR PUSTAKA

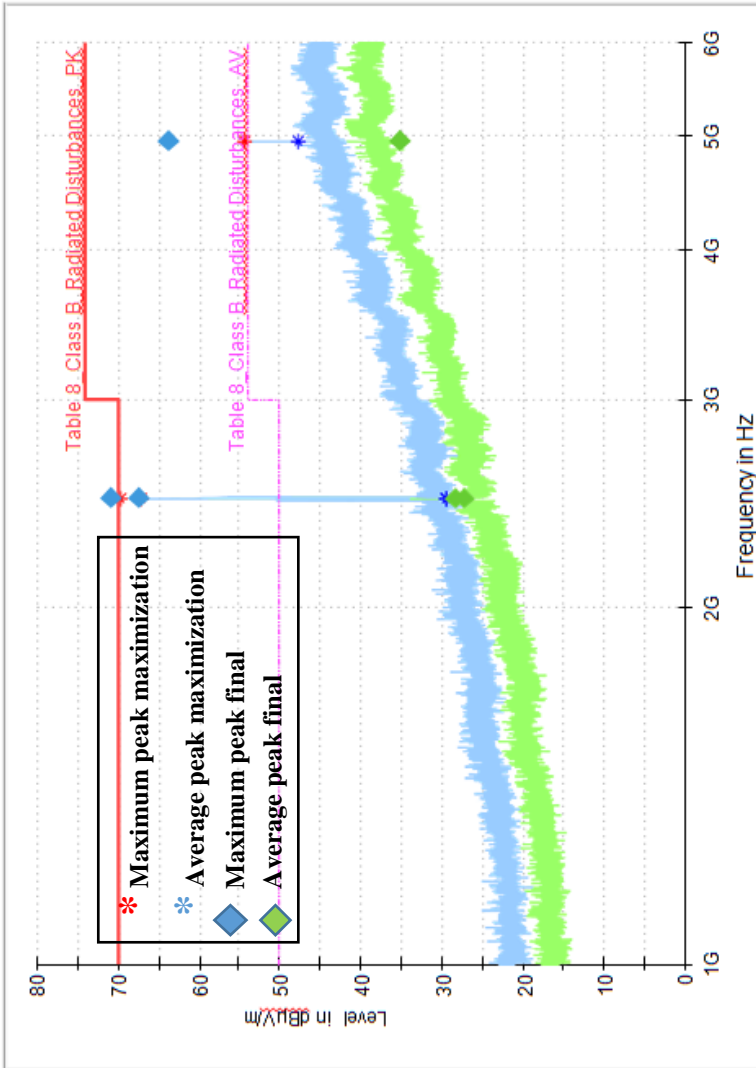
- [1] G. Andy. 2009. *Measurements of A Device Use Methods Based Upon CISPR 22 and 47 CFR Part 15 in The Range 1-6 GHz*. Cisco Systems Inc.: USA.
- [2] Henzen, Christian & S. Sascha. *CISPR 22 Compliance Test of Power-Line Transmission Systems*. Intellon Corporation: Germany.
- [3] *International Electrotechnical Commission (IEC)*. 2008-09. CISPR 22 (Edition 6.0).
- [4] *International Electrotechnical Commission (IEC)*. 2015. *Guidance for Users of The CISPR Standards*.
- [5] n.n, *Laboratorium EMC Baristand Surabaya*. [Online]. Available: <http://baristandsurabaya.kemenperin.go.id/component/content/article/98-baristand-news/851.html>. [Accessed November 2017].
- [6] n.n, *Laboratorium Electromagnetic Compatibility*. [Online]. Available: <http://smtp.lipi.go.id/berita59-Lab%20EMC.html>. [Accessed November 2017].

LAMPIRAN B DATA HASIL PENGUKURAN

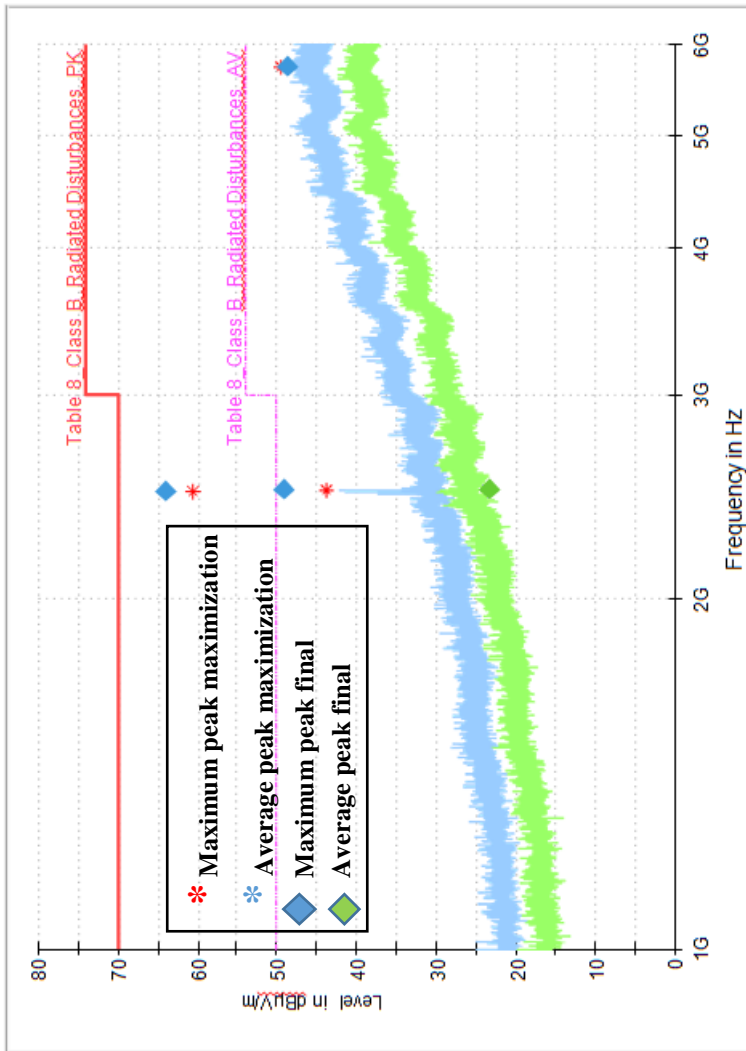
B.1 Hasil Pengukuran Menggunakan Antena 0,8 – 18 GHz



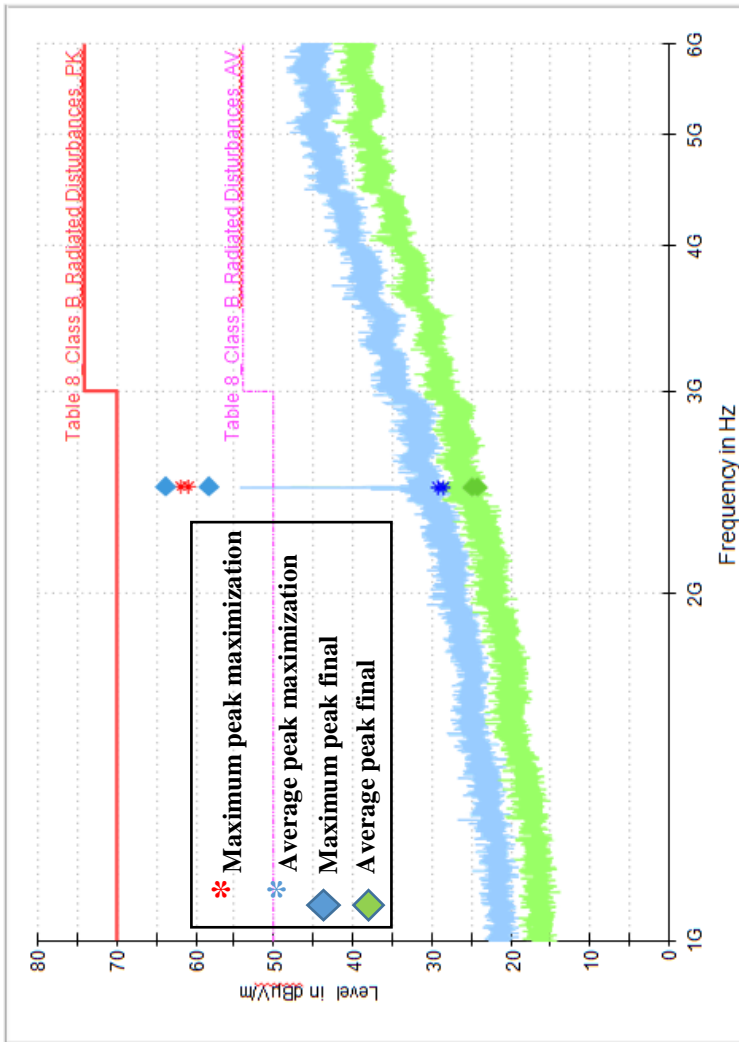
Gambar 1. Grafik hasil pengukuran ponsel P1



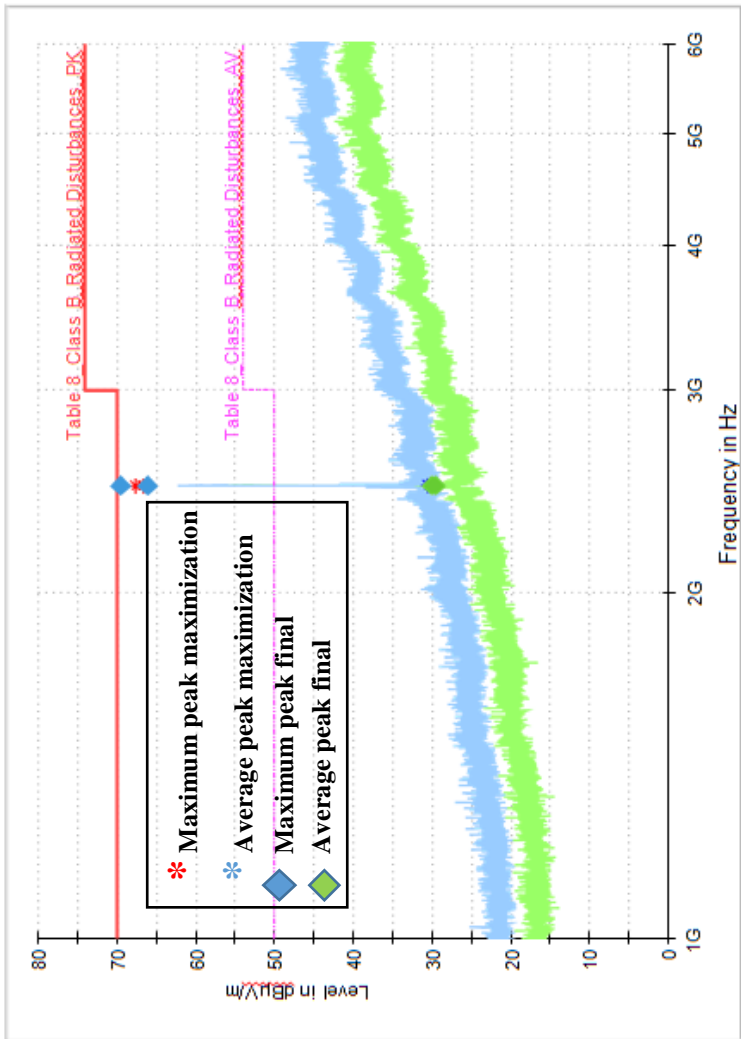
Gambar 2. Grafik hasil pengukuran ponsel P2



Gambar 3. Grafik hasil pengukuran ponsel P3



Gambar 4. Grafik hasil pengukuran ponsel P4

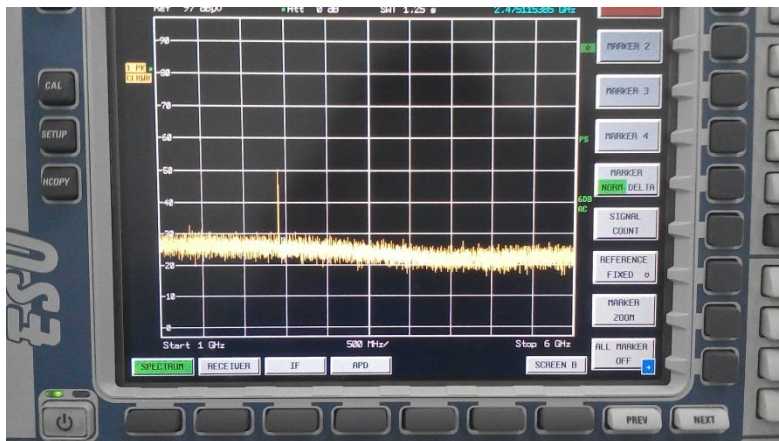


Gambar 5. Grafik hasil pengukuran ponsel P5

B.2 Hasil Pengukuran Menggunakan Antena 2,17 – 3,3 GHz



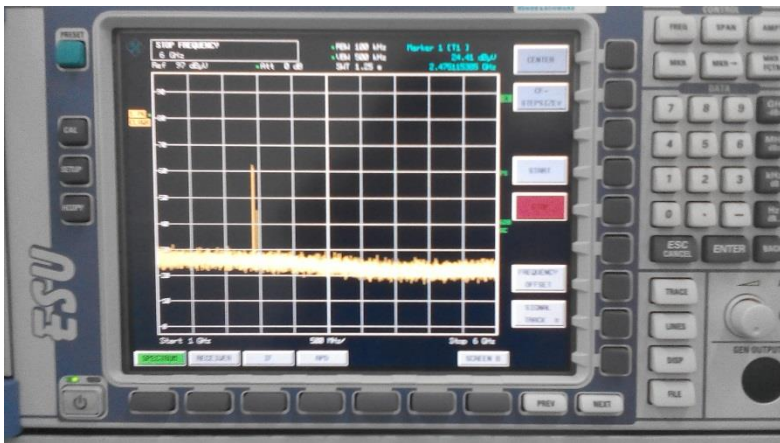
Gambar 6. Hasil pengukuran ponsel P1



Gambar 7. Spektrum hasil pengukuran ponsel P1



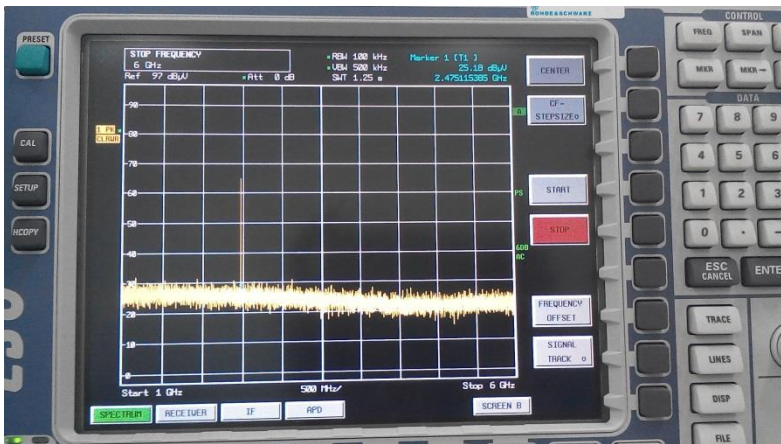
Gambar 8. Hasil pengukuran ponsel P2



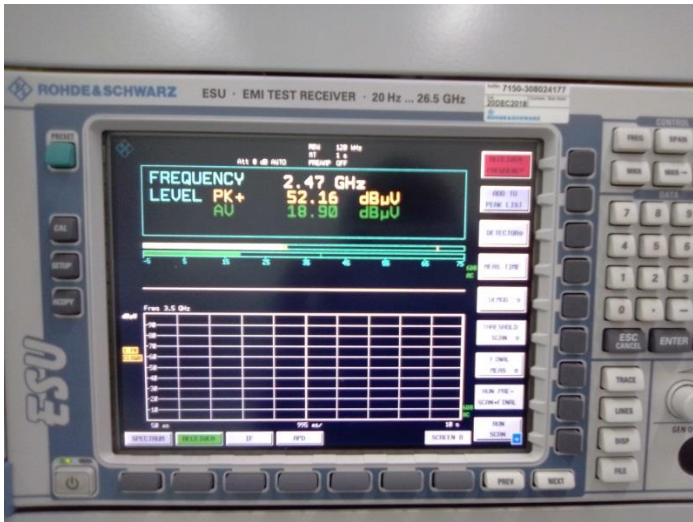
Gambar 9. Spektrum hasil pengukuran ponsel P2



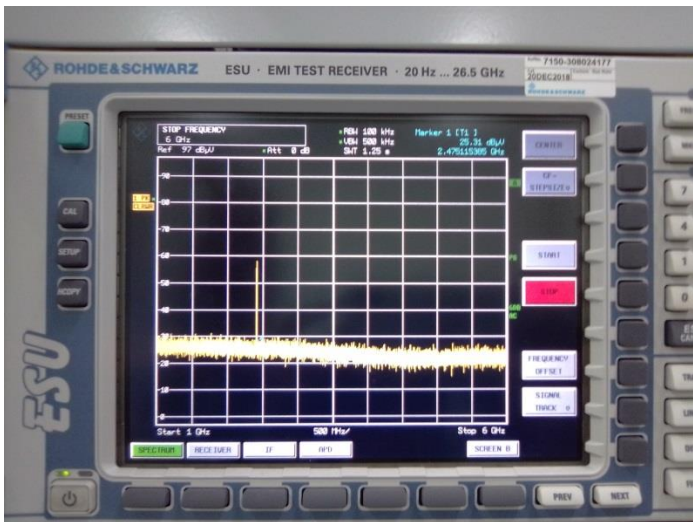
Gambar 12. Hasil pengukuran ponsel P4



Gambar 13. Spektrum hasil pengukuran ponsel P4



Gambar 14. Hasil pengukuran ponsel P5



Gambar 15. Spektrum hasil pengukuran ponsel P5

LAMPIRAN C
FAKTOR KOREKSI RELATIF ANTENA 2,17 – 3,3
GHZ TERHADAP ANTENA 0,8 – 18 GHZ

Tabel 1. Data faktor koreksi relatif untuk nilai *maximum-peak*

Ponsel	Antena 0,8 – 18 GHz			Cable loss (db μ V/m)	Antena 2,17 – 3,3 GHz		Faktor Koreksi Relatif (dB)
	Maximum peak (db μ V/m)	Faktor Koreksi (dB)	Gain Antena (dB)		Maximum peak (db μ V/m)	Gain Antena (dB)	
P1	70,12	4,4	8,3	3,83	67,74	11,03	5,18
	69,96	4,4	8,3	3,83	67,14	11,03	5,62
P2	70,88	4,4	8,3	3,83	61,71	11,03	11,97
	67,49	4,4	8,3	3,83	64,27	11,03	5,92
	63,78	20,7	8,3	3,83	27,79	11,03	-
P3	64,09	4,4	8,3	3,83	64,16	11,03	2,73
	49,24	4,4	8,3	3,83	56,07	11,03	- 4,13
	48,68	22,2	8,3	3,83	28,62	11,03	-
P4	63,73	4,4	8,3	3,83	62,12	11,03	4,41
	58,22	4,4	8,3	3,83	55,1	11,03	5,92
P5	65,99	4,4	8,3	3,83	58,72	11,03	10,07
	69,5	4,4	8,3	3,83	63,14	11,03	9,16

Tabel 2. Data faktor koreksi relatif untuk nilai *average-peak*

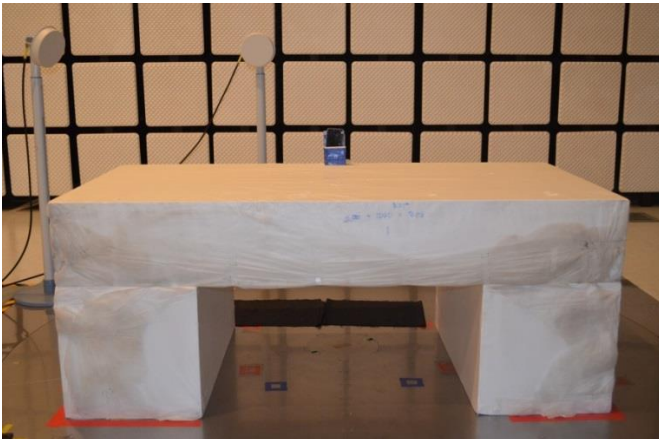
Ponsel	Antena 0,8 – 18 GHz			Cable loss (db μ V/m)	Antena 2,17 – 3,3 GHz		Faktor Koreksi Relatif (dB)
	Average peak (db μ V/m)	Faktor Koreksi (dB)	Gain Antena (dB)		Average peak (db μ V/m)	Gain Antena (dB)	
P1	25,96	4,4	8,3	3,83	20,42	11,03	8,34
	25,92	4,4	8,3	3,83	23,74	11,03	4,98
P2	28,44	4,4	8,3	3,83	22,2	11,03	8,94
	27,25	4,4	8,3	3,83	22,09	11,03	7,86
	35,3	20,7	8,3	3,83	15,86	11,03	-
P3	23,26	4,4	8,3	3,83	21,75	11,03	4,21
P4	24,84	4,4	8,3	3,83	21	11,03	6,64
	24,22	4,4	8,3	3,83	21,26	11,03	5,76
P5	29,84	4,4	8,3	3,83	20,55	11,03	12,09
	29,42	4,4	8,3	3,83	21,05	11,03	11,17

LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENGUKURAN

D.1 Dokumentasi Pengukuran Menggunakan Antena 0,8 – 18 GHz



Gambar 1. Penataan segala instrumentasi dalam *chamber*



Gambar 2. Penataan ponsel uji pada *tabletop*



Gambar 3. Penataan segala instrumentasi dilihat dari samping

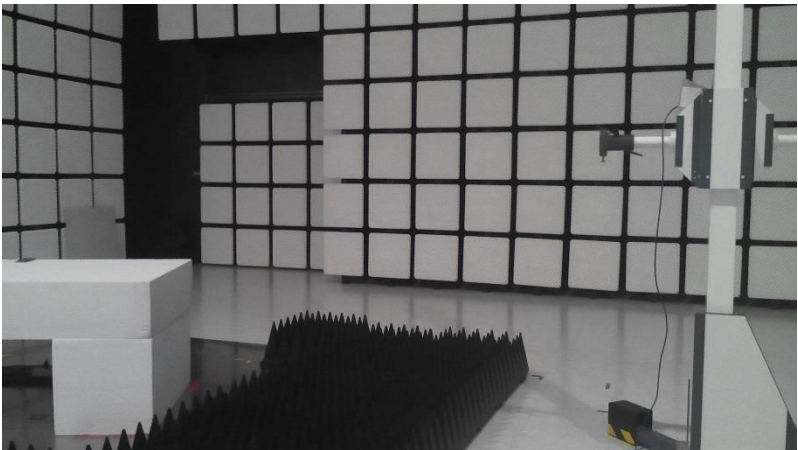
D.1 Dokumentasi Pengukuran Menggunakan Antena 0,8 – 18 GHz



Gambar 4. Penataan pada kondisi tertentu

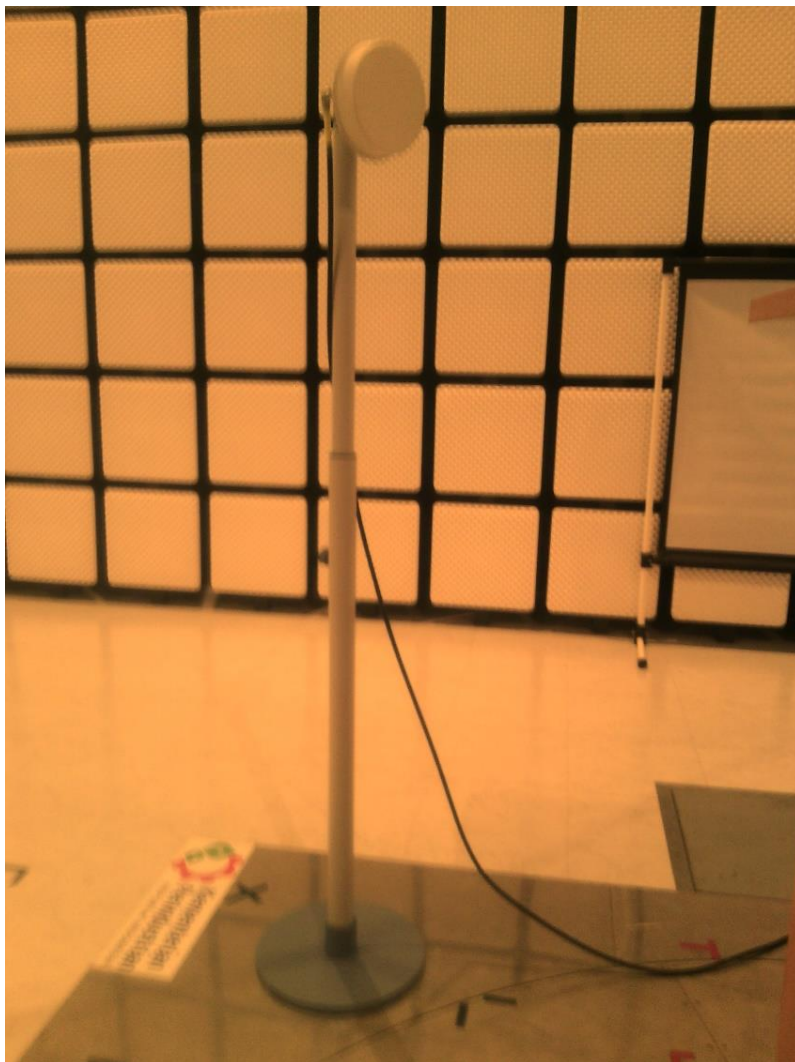


Gambar 5. Posisi ponsel paada *tabletop*



Gambar 6. Penataan instrumentasi dilihat dari samping

D.3 Dokumentasi Peralatan yang Lain



Gambar 7. BTS *simulator*



Gambar 8. Alat ukur EMI Test Receiver



Gambar 9. Komputer sedang *running software EMC32*



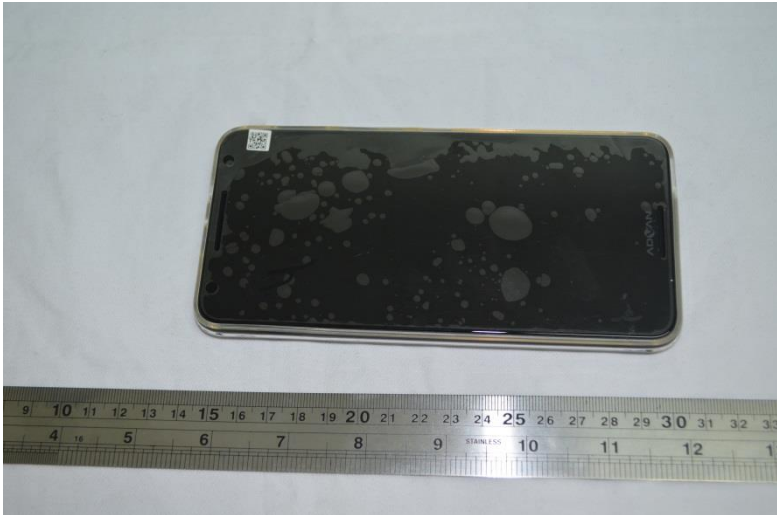
Gambar 10. Gambar fisik ponsel P1



Gambar 11. Gambar fisik ponsel P2



Gambar 12. Gambar fisik ponsel P3

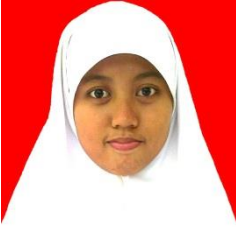


Gambar 13. Gambar fisik ponsel P4



Gambar 14. Gambar fisik ponsel P5

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis buku ini merupakan seorang putri yang terlahir di Lamongan pada hari Sabtu tanggal 1 Maret 1997. Diberi nama Rossaliyah Indah dan dipanggil Rossa atau Caca oleh keluarga untuk lebih akrabnya. Dibesarkan di Lamongan dan Surabaya juga. Pernah tinggal di Surabaya kurang lebih 12 tahun lamanya. Memiliki seorang saudara laki-laki yang lebih muda 6 tahun darinya. Pendidikan pertama yang ditempuh adalah di Satria Bangsa, dilanjutkan dengan bersekolah di SDN Gading II Surabaya dan lulus pada tahun 2009. Setelah itu bersama keluarga, ia berpindah kembali ke kota kelahiran dan melanjutkan pendidikan di Lamongan selama 5 tahun. Tiga tahun di SMP Negeri 1 Kembangbahu, dan hanya dua tahun di SMA Negeri 2 Lamongan. Setelah lulus, ia kembali lagi ke Surabaya karena berhasil diterima di Departemen Teknik Elektro ITS (S1) pada tahun 2014. Jika ingin menghubungi penulis lebih lanjut, dapat melalui alamat email berikut, rossaliyahindah@gmail.com.