

**SISTEM TENAGA LISTRIK : POLUSI DAN PENGARUH MEDAN
ELEKTROMAKNETIK TERHADAP
KESEHATAN MASAYRAKAT**

USMAN SALEH BAAFAI

PIDATO

**Disampaikan pada waktu Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap
Fakultas Teknik
Universitas Sumatera Utara**

Assalamualikumwr wb

Yang terhormat,

Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia.

Rektor Universitas Sumatera Utara.

Para anggota Senat Universitas Sumatera Utara.

Para Guru Besar, Lektor dan Asisten.

Para teman sejawat

Para mahasiswa dan hadirin yang saya muliakan.

Pada pagi hari yang berbahagia ini, izinkanlah saya memanjatkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT serta selawat dan salam kepada junjungan nabi besar Muhammad saw yang diharapkan syafaatnya dihari kemudian, dan hanya dengan berkat dan ijinNya sajalah saya dapat menyampaikan pidato pengukuhan saya sebagai Guru Besar tetap dalam bidang Distribusi Sistem Tenaga pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

Hadirin yang saya muliakan,

Pada kesempatan ini saya akan menyampaikan pidato pengukuhan saya berjudul :

**"Sistem Tenaga Listrik : Polusi dan Pengaruh Medan Elektromagnetik
terhadap Kesehatan Manusia"**

Pendahuluan

Kebutuhan akan energi listrik yang terus berkembang menghendaki suatu kontinuitas pencatutan dan disamping itu juga memerlukan kualitas dari bentuk sistem tegangannya (yang lebih dikenal dengan istilah Electric Power System Quality). Adanya beban-beban suatu rasa maupun peralatan-peralatan yang banyak menggunakan komponen elektronika di jaringan elektrik menyebabkan terjadinya polusi pada sistem tegangan. Yang mana hal ini sangat mengganggu dan bahkan dapat merusak bagi peralatan yang membutuhkan sistem atau bentuk dari tegangan yang mendekati sinusoidal.

Disamping itu pengaruh lain dari energi listrik terhadap kehidupan manusia terjadi karena energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit dan disalurkan melalui transmisi tegangan tinggi dan sistem distribusi akan menimbulkan medan elektromagnetik. Semakin tinggi tegangan yang dibutuhkan sebuah peralatan maka medan listrik yang dihasilkan dari peralatan tersebut semakin besar, begitu juga peralatan rumah tangga yang menggunakan energi listrik tersebut akan

menimbulkan medan magnetik dan induksi magnetik terhadap makhluk hidup sedikit banyak akan mempengaruhi tingkat kesehatan. Secara tidak langsung, induksi tersebut akan menyebabkan tersimpannya sejumlah elektron dalam tubuh makhluk hidup dan merupakan sesuatu yang tidak normal.

Kelebihan elektron tersebut akan mempengaruhi kerja susunan saraf yang membuat komunikasi antar sel terganggu, dimana kelebihan elektron tersebut yang tersimpan dalam tubuh karena tubuh tersebut tidak dapat mengalirkan kelebihan elektron ke bumi disebabkan terisolasi (kasut kaki, karpet dll) terhadap bumi.

Hadirin yang saya muliakan,
Polusi yang timbul didalam sistem tenaga.

a. Voltage sag (voltage dip)

Penurunan tegangan ini disebabkan oleh gangguan yang terjadi pada sistem tenaga dan starting beban-beban yang besar seperti motor listrik, hal ini akan menghasilkan perubahan cepat dari tegangan (dengan amplitude tegangan lebih kecil dari 10 %).

Pemutusan sesaat yang berlangsung sangat singkat 2 sampai 5 detik menyebabkan kehilangan tegangan dan ini akan menyebabkan kehilangan memori dari pengaturan yang menggunakan komputer dan beban-beban yang sensitip lainnya (misalnya pada industri, perkantoran dan perumahan).

b. Fluktuasi Tegangan.

Fluktuasi tegangan dapat juga dinyatakan sebagai flicker dan pengaruh dari fluktuasi ini pada fluks luminus dari lampu pijar yang menghasilkan denyutan (flicker) yang diterima oleh penglihatan manusia. Besarannya dibawah 0,5 % dan fluktuasi tegangan ini menghasilkan flicker yang hanya dapat dilihat pada lampu pijar bila frekwensinya didalam kisaran 6 -8 Hz.

Penyebab dari fluktuasi tegangan dapat diklasifikasikan didalam dua kelompok :

- Peralatan yang menggunakan daya dengan perubahan cepat tanur listrik, mesin las, pabrik baja, kompressor dan semua mesin yang berputar.
- Peralatan yang tidak berfluktuasi, tetapi yang bekerja secara terputus-putus: motor-motor tertentu yang dijalankan selalu, peralatan rumah tangga yang diatur oleh sistem elektronik, dll.

Diantara peralatan listrik yang mampu menghasilkan flicker dan paling banyak menimbulkan masalah gangguan adalah tanur listrik dan mesin las. Jika harga dari flicker ini melampaui suatu batas harga yang diijinkan dapat menimbulkan gangguan pada : perobahan dari flux lampu pijar, perubahan gambar pada televisi, gangguan operasi dari peralatan radiography dan kesalahan penyetulan peralatan pengatur. Misalnya, dalam hal dimana sumber pengganggu adalah suatu tanur listrik, penyelesaiannya dapat dilakukan sebagai berikut :

- Pemasangan suatu induktansi yang seri dengan peralatan ; pengganggu.
- Penyambungan pada suatu jaringan dengan tegangan yang lebih tinggi (Pemasangan transformator untuk mencatu tanur).
- Pemasangan kompensator sinkron atau lebih baik, yang sekarang dikenal dengan kompensator statik yang diletakkan sedekat mungkin ke tanur.
- Pemasangan batere kondensator seri, diujung titik penyambungan dimana tersambung tanur dan langganan lainnya,

Semua prosedur ini yaitu gunanya untuk menaikkan daya hubung singkat dari jaringan, maupun mengurangi daya hubung singkat tanur, atau pun didalam hal kompensator statik, meredam variasi daya reaktip.

c. Harmonisa.

Pada kebanyakan dari pembangkit tenaga listrik dan sistem transmisi distorsi harmoniknya kurang dari 1.0%, tetapi hal ini akan berubah bila mendekati ke beban distorsi ini akan meningkat. Ini disebabkan penggunaan beban-beban yang menggunakan konverter elektronik daya.

Sumber penghasil pembangkit harmonik

Didalam sistem tenaga elektrik dikenal dua sumber utama penghasil harmonik yaitu:

- Beban linier.
Contoh beban linier adalah pemanas resistif, lampu pijar, motor induksi kecepatan konstan, dan motor sinkron.
- Beban non linier.
Contoh beban nonlinier adalah berupa aplikasi elektronika daya antara lain: static power converter (rectifiers atau inverters), pengisi batere (bateray chargers), electronic ballast, variable frequency, electric arc furnace, thyristor ac power controllers, thyristor-controlled reactor (TCR), silicon controlled rectifier (SCR), adjustable speed drive (ASD), dll, yang ini semuanya merupakan penyumbang harmonik.

Distorsi harmonisa diterjemahkan melalui suatu distorsi dari gelombang arus dan tegangan di jaringan yang tidak lagi sinusoidal, hal tersebut akan menyebabkan timbulnya arus, tegangan dan daya harmonik didalam jaringan yang mengandung beban-beban nonlinier, Distorsi harmonisa, yang membentuk suatu bentuk distorsi mutu dari pada arus, tegangan, daya jaringan adalah besaran variabel yang berubah-ubah, besaran distorsi tersebut dapat dinyatakan dengan total harmonic distortion (THD):

$$THD = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{h_{maks}} M_h^2}{M_1^2}}$$

Akibat yang ditimbulkan oleh harmonik.

Pengaruh dari adanya harmonik yaitu rusaknya peralatan transformator, mesin-mesin listrik, switchgear, fuse dan rele proteksi. Transformator, motor listrik dan peralatan pemutus (switchgear) akan mengalami naiknya rugi-rugi dan pemanasan lebih. Motor induksi akan mengalami kegagalan start dan berputar pada kecepatan subsinkron (subsynchronous speeds). Pemutus tenaga akan mengalami kesalahan pemutusan arus. Umur kapasitas akan lebih pendek disebabkan panas dan stress dari dielektriknya. Karakteristik arus waktu dari fuse dapat berubah, dan rele proteksikan mengalami perilaku yang tak menentu (erratic behaviour).

Akibat lain yang dapat ditimbulkan oleh adanya harmonik antara lain adalah:

1. Timbulnya getaran mekanis pada panel listrik yang merupakan getaran resonansi mekanis akibat harmonik arus frekwensi tinggi. Harmonik dapat menimbulkan tambahan torsi pada kWh meter jenis elektromekanis yang menggunakan piringan induksi berputar. Sebagai akibatnya terjadi kesalahan penunjukkan kWh meter karena piringan induksi tersebut dirancang hanya untuk beroperasi pada frekwensi dasar.
2. Interferensi frekwensi pada sistem telekomunikasi karena biasanya kabel untuk keperluan telekomunikasi ditempatkan berdekatan dengan kawat netral. Triplen harmonik pada kawat netral dapat memberikan induksi harmonik yang mengganggu sistem telekomunikasi.
3. Pemutus beban dapat bekerja di bawah arus pengenalnya atau mungkin tidak bekerja pada arus pengenal.

4. Kerusakan pada sistem komputer.

d. Tegangan Jatuh.

Diantara gangguan yang bennacam-macam yang mungkin dapat dirasakan oleh peralatan, adalah tegangan jatuh yang mempunyai dampak paling besar terhadap operasi dari instalasi. Tegangan jatuh bervariasi dari 10% sampai 100% dari tegangan nominalnya, dengan periode dari 1 menit sampai beberapa detik.

Penyebab dari kejatuhan tegangan ini adalah:

- Pengoperasian peralatan beban yang fluktuasi (tanur listrik, rolling mill, dll) ;
- Pengasutan/starting dari peralatan yang membutuhkan arus besar (motor, transformator, dll);
- Gangguan umum yang terjadi dalam jaringan (kilat, angin, hubungan singkat, dll), yang gangguan ini dapat diatasi dengan peralatan proteksi yang ada pada pabrik ataupun pada sistem jaringan tersebut.

Jaringan pada tingkat pabrik, beban fluktuasi memegang peranan dalam penurunan tegangan, secara teoritis penurunan ini tidak dirasakan oleh pengguna lain;

Pada jaringan distribusi kejadian ini berasal dari timbulnya hubung singkat, ini tergantung dari jenis jaringan distribusinya (hantaran udara atau kabel tanah). Gangguan ini kerap kali terjadi pada jaringan hantaran udara. Kerugian yang ditimbulkan akibat gangguan ini adalah:

- Pembukaan pada kontaktor.
- Kegagalan dan kesalahan perhitungan pada komputer
- Perubahan putaran di luar batas toleransi dari motor asinkron.
- Kegagalan komutasi operasi jembatan thyristor dalam sistem inverter.

e. Ketidakseimbangan tegangan.

Beban yang tidak simetris yang disambungkan ke jaringan tiga fase menyebabkan ketidak seimbangan tegangan, karena arus yang diserap, tidak identik pada semua fasanya .

Penyebab ketidakseimbangan ini antara lain:

- Beban satu fase yang disambungkan jaringan tiga fase.
- terbakarnya sekering (fuse) pada salah satu fasanya.
- Tungku listrik satu fase (tungku listrik elektroda habis terpakai);

Ketidakseimbangan tegangan ini dapat ditentukan dengan menggunakan komponen simetris, timbulnya komponen negatif yang menyebabkan pemanasan tambahan di dalam mesin putar arus bolak-balik (mesin sinkron atau asinkron) dan komponen nol yang mampu menghasilkan arus yang mengalir melalui tanah. Umumnya, jumlah ketidakseimbangan kecil (kurang dari 2 %) untuk jaringan tegangan ekstra tinggi kecuali dalam hal catu untuk peralatan khusus (misalnya, beban satu fase yang penting yaitu kereta api dengan arus bolak-balik). Ketidakseimbangan tegangan akibat beban satu fase yang banyak terjadi pada tegangan tinggi dan tegangan menengah.

Hadirin yang saya muliakan

PENGARUH MEDAN ELEKTROMAGNETIK.

Medan elektromagnetik ada dimana-mana disekitar kita tetapi tidak terlihat oleh mata manusia. Medan listrik dihasilkan oleh pembentukan muatan listrik di atmosfer yang berhubungan dengan petir dan juga dihasilkan oleh perbedaan tegangan (generator, transmisi, distribusi) semakin tinggi tegangannya semakin besar medan listriknya dan medan listrik tetap ada walaupun tidak ada arus yang mengalir sedangkan medan magnet dihasilkan bila ada arus listrik yang mengalir,

semakin besar arus yang mengalir semakin besar medan maknetnya dan harganya bervariasi sesuai dengan daya yang diserap oleh peralatan listrik. Medan maknet tidak bisa dihalangi oleh material biasa seperti dinding bangunan, perbedaan antara medan listrik dan medan maknet dapat dilihat pada tabel:

Tabel 1: Perbedaan dari medan listrik dan medan maknet

Medan Listrik	Medan Magnet
<ol style="list-style-type: none"> 1. Medan listrik timbul dari adanya tegangan. 2. Satuan medan listrik V/m 3. Medan listrik akan hadir walaupun peralatan dimatikan 4. Kuat medan akan berkurang dengan bertambahnya jarak dari sumber 5. Kebanyakan material bangun merupakan pelindung medan listrik. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Medan maknet timbul dari arus yang mengalir. 2. Satuan medna maknet A/m, atau lebih umum dalam μT. 3. Medan maknet segera hadir begitu peralatan listrik di hidupkan dan arus mengalir. 4. Kuat medan akan berkurang. 5. Medan maknet tidak diperkuat oleh kebanyakan material.

a. Sumber dari medan listrik dan medan maknet.

Secara alamiah medan listrik dan medan maknet terdapat pada permukaan bumi yang besarnya menurut data yang dikeluarkan oleh WHO (1984) :

- Pada cuaca normal didapat medan listrik sebesar 0,1 kV/ m - 1,5 kV/m (sesuai dengan perubahan pada atmosfer).
- Besar medan maknet pada kutub bumi 67 μT dan pada bidang equator sebesar 3,3 μT .

Sumber lain yang menghasilkan medan listrik dan medan maknet antara lain:

- Medan listrik yang diukur oleh Scheneider (1988) dibawa jaringan transmisi tegangan 380 kV sebesar 2,5 kV/m dan 20 m ke lateral terjadi penurunan medan listrik menjadi 2 kV/m.
- Departemen Kesehatan (1993) menunjukkan hasil pengukuran dibawa jaringan tegangan ekstra tinggi diluar rumah sebesar 0,2 -1,44 kV/m dan 0,2 kV/m didalam rumah.
- Medan maknet yang dihasilkan oleh pembangkit listrik, gardu induk dan jaringan transmisi sebesar 0,05 mT (hasil survey Krause 1986).
- Departemen Kesehatan (1993) menunjukkan hasil pengukuran dibawah jaringan tegangan ekstra tinggi diluar rumah sebesar 0,3 -1,66 μT dan 0,4 - 1,99 μT didalam rumah.

Pengukuran yang dilakukan di Jerman menunjukkan besaran dari kuat medan listrik dan kuat medan maknet dari peralatan rumah tangga yang digunakan sehari-hari dari dilihat pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2 : Hasil dari pengukuran kuat medan listrik didekat peralatan rumah tangga pada jarak 30 cm (Federal Office for Radiation Safety Germany, 1999)

Peralatan Listrik	Kuat Medan Listrik (V/m)
penerima stereo	180
Strika listrik	120
Pendingin	120
Mixer	100
Pemanggang Roti	80
Pengering Rambut	80
Televisi Warna	60
Mesin Kopi	60
Pengisap Debu	50
Oven Listrik	8
Bola Lampu	5
Petunjuk harga batas	5000

Tabel 3 : Hasil Pengukuran medan maknet di sekitar rumah tangga (Federal Office for Radiation Safety Germany, 1999)

Peralatan	Medan maknetik (μ T) jarak r		
	r = 3 cm	r = 30 cm	r = 100 cm
Pengering Rambut	6 - 2000	0,01 - 7	0,01 - 0,03
Pencukur Elektrik	15 - 1500	0,08 - 9	0,01 - 0,03
Pengisap Debu	200 - 800	2 - 20	0,13 - 2
Lampu Tabung	40 - 400	0,5 - 2	0,02 - 0,25
Microwave Oven	73 - 200	4 - 8	0,25 - 0,6
Radio Portabel	16 - 56	1	< 0,01
Oven Listrik	1 - 50	0,15 - 0,5	0,01 - 0,04
Mesin Cuci	0,8 - 50	0,15 - 3	0,01 - 0,15
Strika	18 - 30	0,12 - 0,3	0,01 - 0,03
Pencuci Piring	3,5 - 20	0,6 - 3	0,07 - 0,3
Komputer	0,5 - 30	< 0,01	-
Lemari Pendingin	0,5 - 1,7	0,01 - 0,25	< 0,01
Televisi Warna	2,5 - 50	0,04 - 2	0,01 - 0,15
Kebanyak peralatan rumah tangga kuat medan maknetnya yang jarak 30 cm adalah dibawah batas yang diijinkan untuk umum adalah μ T. Angka yang dihitamkan merupakan jarak kerja normal			

NIOSH (National Institution for Occupational Safety and Health) melakukan pengukuran pemaparan medan maknet pada pekerja yang menggunakan peralatan listrik ditunjukkan pada tabel4.

Tabel 4. Pemaparan medan maknet rata-rata beberapa jenis pekerja (mG).

Jenis Pekerjaan	Median rata – rata harian	Kisaran Pemaparan
pekerjaan pada pekerjaan :		
- Jurusan tulis tanpa komputer	0,5	0,2 – 2,0
- Kerjaan tulis dengan komputer	1,2	0,5 – 4,5
Pekerjaan pada mesin-mesin	1,9	0,6 – 27,6
Pekerjaan jaringan listrik	2,5	0,5 – 34,8
Tukang listrik	5,4	0,8 – 34,0
Pekerjaan Las	8,2	1,7 – 96,0

Disamping itu perlu diketahui bahwa arus bolak balik menghasilkan medan elektromagnetik yang berubah sebagai fungsi waktu medan elektromagnetik ini dihasilkan oleh peralatan listrik misalnya medan frekuensi sangat rendah (ELF) yang mempunyai frekuensi sampai dengan 300 Hz, teknologi yang lain menghasilkan intermediate frekuensi (IF) dengan frekuensi dari 300 Hz sampai 10 MHz dan frekuensi radio (RF) dengan frkuensi 10 MHz sampai 300 GHz sedangkan frekuensi daya listrik adalah 50 Hz (50 cycle perdetik) atau 60 Hz.

Pengaruh dari medan elektromagnetik terhadap tubuh manusia tidak hanya tergantung atas level medannya tetapi juga atas frekuensi dan dayanya. Satu tenaga listrik dan seluruh peralatan yang menggunakan listrik adalah sumber utama dari medan ELF; layar (screen) komputer, peralatan anti pencuri dan sistem sekuriti adalah sumber utama medan IF; radio, televisi, radar dan antena telepon seluler, dan oven microwave adalah sumber medan RF yang ini seluruhnya merupakan non-onizing radiation.

Medan-medan ini menginduksikan arus kedalam tubuh manusia, cukup untuk dapat menghasilkan pengaruh seperti pemanasan dan kejutan listrik, tergantung atas amplitude (besar) dan frekuensinya.

b. Batas Pemaparan Medan Listrik dan Medan Maknet

Dengan semakin banyaknya peralatan listrik juga semakin seringnya masyarakat berhubungan dengan medan listrik maka diperlukan adanya suatu peraturan untuk menentukan ambang batas atau nilai yang masih diijinkan kepada seseorang yang terpapar medan listrik dimana medan listrik tersebut tidak mempengaruhi kesehatan, namun sampai saat ini belum ada suatu standar yang jelas dan seragam di setiap negara.

Standar medan listrik untuk 50/60 Hz di beberapa negara maju untuk tingkat pemaparan terus menerus pada kelompok masyarakat umum dan kelompok pekerja adalah sebagai berikut dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Batas pemaparan medan listrik maksimum

Standard	Medan Listrik (kV/m)	
	Masyarakat Umum	Kelompok Pekerja
IRPA (1990)	-	10
Australia NHMRC (1989)	5	10
Jerman (1989)	20,6	20,6
UK NRPB (1989)	12,28	12,28
USSR (1975, 1978)	-	5
USA ACGIH (1991)	-	25
Polandia	-	15

Keterangan:

- ACGIH : American Conference of Governmental and Industrial Hygienists
- NRPB : National Radiological Protection Board (UK)
- NHMRC : National Health and Medical Research Council
- IRPA : International Radiation Protection Association.

Pernyataan dari UNEF /WHO/IRPA tahun 1987 yang didasarkan pada batasan kerapatan arus dan efek biologis akibat pemaparan sepanjang hari terhadap medan dengan frekuensi 50/60 Hz, yaitu:

- Kerapatan arus antara 1 -10 mA/m² : adanya laporan tentang efek biologis, namun tidak cukup berarti.
- Kerapatan arus antar 10 – 100 mA/m² : terbukti adanya efek biologis pada sistem -sistem penglihatan (visual) dan syaraf.
- Kerapatan arus antara 100-1000 mA/m²: hasil-hasil menunjukkan adanya stimulasi pada jaringan-jaringan yang peka, dan terdapat kemungkinan ,gangguan pada kesehatan tubuh.
- Kerapatan arus > 1000 mA/m² : dapat menyebabkan ekstrasystoles dan ventricular fibrillation (gangguan kesehatan).

IRPA/INIRC berpendapat bahwa kerapatan induksi akibat medali listrik dan medan maknet tidak boleh melampui harga 10 mA/m²,batas ini merupakan kriteria IRPA /INIRC dalam penentuan batas pemaparan tubuh manusia secara terus menerus terhadap medan listrik dan medan maknet.

WHO 1984 memberikan nilai ambang batas untuk medan elektromagnetik yang digolongkan sebagai No Ionizing Radiation seperti terlihat pada label 6.

Kuat Medan Listrik (kV/m)	Lama pemaparan /24 jam yang diperolehkan (menit)
5	tidak terbatas
10	180
15	90
20	10
25	5

Petunjuk lain yang diberikan ICNIRP (1998) untuk batas pemaparan medna listrik da medan magnet (lihat tabel 7) :

Frekwensi	Frekwensi daya Eropah		Frekwensi base station telepon mobil		Frekwensi oven microwave
	50 Hz	50 Hz	900 Hz	1,8 GHz	2,45 GHz
	Medan listrik (V/m)	Medan maknet (μT)	Kerapatan daya (W/m ²)	Kerapatan daya (W/m ²)	Kerapatan daya (W/m ²)
Batas pemaparan publik	5000	100	4,5	9	10
Batas pemaparan pekerja	10.000	500	22,5	45	-

c. Pengaruh pemaparan medan listrik dan medan magnet terhadap kesehatan manusia.

Adanya medan listrik yang disebabkan oleh pembangkit dan transmisi serta medan magnet yang ditimbulkan oleh peningkatan penggunaan peralatan rumah tangga/perkantoran yang menggunakan tenaga listrik secara tidak langsung akan menimbulkan masalah terhadap kesehatan manusia, hanya saja sampai berapa besarkah kuat medan listrik dan medan magnet yang terpapar ke tubuh manusia yang dapat menimbulkan masalah. Adanya induksi medan magnetik yang dihasilkan oleh alat-alat rumah tangga terhadap manusia sedikit banyak akan, mempengaruhi tingkat kesehatan secara tidak langsung, induksi tersebut akan menyebabkan tersimpannya sejumlah elektron dalam tubuh manusia dan merupakan sesuatu yang tidak normal. Kelebihan elektron tersebut akan mempengaruhi kerja susunan saraf yang membuat komunikasi antar set terganggu, dimana elektron tersebut tersimpan dalam tubuh karena tubuh tersebut tidak dapat mengalirkan kelebihan elektron ke bumi disebabkan terisolasi terhadap bumi. Hal ini sering kita mendengar keluhan kesehatannya terganggu (tidak bisa tidur, stress dll) dari orang-orang sebagai pengguna alat-alat listrik seperti komputer, TV, radio, microwave dan sebagainya. Mungkin bagi orang awam hal tersebut bukan merupakan masalah yang serius, dan akan hilang jika beristirahat (tidak menggunakan alat listrik itu untuk sementara). Ini adanya kejadian seperti itu ditambah semakin banyaknya artikel atau tulisan yang membahas masalah pengaruh listrik bagi kesehatan, muncullah berbagai penelitian untuk membuktikan kebenarannya. Awal dari kekhawatiran mulai timbul ketika adanya penelitian yang dilakukan oleh Wertheimer & Leeper 1979 yang mendapati adanya korelasi antara pemaparan medan listrik dengan kejadian penyakit leukemia pada anak.

Tetapi sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang pengaruh medan listrik terhadap kesehatan manusia antara lain:

- Korobkova dan kawan-kawan (1972), melakukan penelitian terhadap 250 tenaga kerjapada gardu induk 500 kV di Uni Sovyet yang terpapar selama 10 tahun didapati adanya gangguan susunan saraf pusat, keluhan nyeri kepala dan gangguan tidur.
- Kowenhoven dan kawan-kawan (1979) dari John Hopkins Hospital melakukan penelitian terhadap tenaga kerja yang telah bekerja selama 3,5 tahun pada sistem transmisi 345 kV tidak ditemukan adanya gangguan kesehatan.
- Milham (1985) melakukan analisa terhadap penelitian yang terjadi pada pekerja antara tahun 1950 -1982 di Washington, disimpulkan bahwa telah terjadi peningkatan proporsional ratio kematian untuk leukemia dan limfoma non hodgkin pada pekerja yang terpapar medan listrik dan dari sini dapat disimpulkan bahwa medan listrik bersifat karsinogenik.
- Qiang K (1994) melakukan penelitian terhadap 964 pekerja yang terpapar medan elektromagnetik dan 66 pekerja yang bertugas sebagai petugas pemeliharaan jaringan transmisi 750 kV di Cina, ternyata dari hasil pemeriksaan tidak terdapat gangguan kesehatan dan mereka yang bertugas pada pemeliharaan jaringan dan tinggal sepenuhnya dibawah jaringan dengan tingkat pemaparan kurang dari 5 kV/m.

Sementara itu WHO menyatakan kira-kira 25.000 artikel yang meneliti tentang pengaruh biologi dan penggunaan peralatan kesehatan dari non - ionizing radiation selama 30 tahun, menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut walaupun sebenarnya tidak ada pengaruh dari pemaparan medan listrik maupun medan magnet terhadap kesehatan manusia, memang untuk dosis pemaparan yang tinggi dapat menimbulkan gangguan kesehatan.

Pengaruh atas kesehatan umum; beberapa kelompok masyarakat mengeluhkan adanya simptom akibat pemaparan medan elektromagnetik di rumah

seperti sakit kepala, gelisah, depresi dan bunuh diri, nuaseam, kelelahan dan menurunnya libido, tetapi pada ahli menyatakan bahwa gangguan kesehatan tersebut mungkin disebabkan oleh kebisingan atau faktor lain dari lingkungan, atau oleh kegelisahan yang berhubungan dengan kehadiran teknologi baru.

Pengaruh dari kehamilan; banyak sumber yang berbeda dan paparan medan elektromagnetik didalam kehidupan dan lingkungan kerja, termasuk layar komputer, kasur air dan selimut elektrik, mesin las, radar, telah dievaluasi oleh WHO dan organisasi lainnya. Seluruhnya menunjukkan bahwa paparan medan pada level lingkungan tidak meningkatkan resiko seperti kelahiran spontan, malformasi, berat badan rendah, dan penyakit turunan. Ada beberapa laporan yang menyatakan adanya hubungan antara masalah kesehatan dan perkiraan paparan medan elektromagnetik, seperti laporan prematur dan berat badan rendah pada anak dari pekerja di industri elektronika, tetapi ini tidak dilihat oleh kalangan peneliti sebagai sesuatu yang disebabkan oleh paparan medan.

Pengaruh terhadap katarak; Iritasi mata dan katarak telah dilaporkan pada pekerja yang terpapar radiasi tinggi dari radio frekuensi dan microwave, tetapi penelitian pada hewan tidak mendukung hal tersebut.

Medan elektromagnetik dan kanker; walaupun banyak penelitian, pada kenyataannya masih tetap sesuatu yang kontroversial. Walaupun begitu, jelas bahwa jika medan elektromagnetik mempunyai pengaruh atas kanker, kemudian setiap kenaikan dari resiko akan sangat kecil. Hasil yang diperoleh berisi banyak inkonsistensi, tetapi tidak ada kenaikan yang besar dalam resiko yang telah ditemukan untuk kanker pada anak-anak dan orang dewasa.

Sejumlah penelitian epidemiologi mengingatkan adanya sedikit peningkatan dalam resiko leukemia bagi anak dengan paparan medan magnet frekuensi rendah di rumah. Begitupun para peneliti tidak dapat menarik kesimpulan secara umum bahwa hasil ini mengindikasikan hubungan sebab-musabab antara paparan medan elektromagnetik dan penyakit. Hal ini disimpulkan karena binatang dalam penelitian laboratorium gagal menunjukkan pengaruh reproduksi bahwa secara konsisten dengan hipotesa bahwa medan elektromagnetik sebagai penyebab kanker.

Kesimpulan

Dari pembahasan diatas maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Kontinuitas dan kualitas dari sistem tenaga elektrik sangat diperlukan untuk melayani konsumen agar peralatan yang digunakan tidak mengalami gangguan/kerusakan.
2. Hadirnya hamtonik didalam sistem tenaga elektrik yang disebabkan oleh beban itu sendiri dapat mengganggu kinerja dari peralatan harus dihindari.
3. Untuk mengurangi medan elektromagnetik maka dianjurkan agar penggunaan alat listrik rumah tangga harus seminimal mungkin.
4. Semakin tinggi medan yang timbul maka akan semakin besar pengaruhnya terhadap kesehatan tubuh kita (stress, pusing, sulit untuk tidur. dll).
5. Diusahakan agar tubuh kita terhubung ketanah, dengan demikian kelebihan elektron dapat disalurkan ke bumi. Untuk itu usahakan agar penggunaan karpet di rumah dibatasi pada tempat-tempat yang dianggap perlu.
6. Pengaruh utama dari medan elektromagnetik frekuensi rendah yaitu pemanasan pada jaringan tubuh.
7. Tidak ada keragu-raguan bahwa paparan singkat pada medan elektromagnetik yang sangat tinggi dapat membahayakan kesehatan.
8. Paparan medan elektromagnetik terhadap manusia tidak banyak berpengaruh terhadap kesehatan walaupun begitu penelitian terhadap hal tersebut masih terus dilakukan hingga saat ini.

9. Fokus dari penelitian internasional saat ini adalah menyelidiki adanya kemungkinan hubungan (link) antara kanker dan medan elektromagnetik pada saluran daya dan frekuensi radio.

Daftar Pustaka

- Usman, Baafai. Contribution a l'etude du desequilibre de tension dans un reseau triphase du a des charges monophasees, These le diplome de docteur ingénieur, L'Institut National Polytechnique de Tuoulouse. France, 28 September 1981.
- Usman, Baafai. Kontribusi studi tentang kualitas sistem tegangan di dalam jaringan tenaga listrik", makalah pada Seminar Kelistrikan Nasional di USU, 1-2 Febr, 1994.
- Usman, Baafai. Pengaruh Pemaparan Medan Magnet terhadap Aktifitas Mencit. Buletin Utama Teknik UISU, Terakreditasi, No.52/Dikti/Kep/2002, ISSN .1410-4520, Vol. 7, No. 1, Januari, 2003.
- Usman Baafai. Pengaruh Pemaparan Medan Listrik terhadap Perilaku Mencit. Buletin Utama Teknik UISU, Terakreditasi, No.52/Dikti/Kep/2002, ISSN.1410-4520, V 01. 7, No.1, September, 2003.
- Usman, Baafai. Pengaruh Pemaparan Medan Elektromagnetik terhadap Manusia. Jurnal Teknik Simetrika, ISSN. 1412- 7806, vol. 2, No.2, Agustus 2003.
- H. Bambang. Phenomena Hannonik di Sistem Distribusi Tenaga Listrik : masalah penyelesaian dan usaha mengatasinya energi dan listrik Vol. VI, No.2, pp. 9-14, Juni, 1996.
- Damian A. Gonzalez [and] John McCall. Design of filters to reduce harmonic distortion in industrial power systems", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.1 A-23, No.3, May/June, 1987.
- Detlandret T, Martinon J. Guide sur les hannoniques a l 'usage des responsables du suivi des contrats emeraude", Collection de notes internes de la DER, 97NROUU37, Decembre. 1996.
- Djoko S [dan] Helmi N. Harmonik dan kelip tegangan di jaringan tenaga listrik PLN, masalah dan usaha mengatasinya makalah pada Seminar Nasional Elektro Tegangan Tinggi Tropis Indonesia '95, 12-14 Desember, 1995.
- Harold Alaxander PE, and D Rogge PE. Harmonics : causes, problems, solutions part 2. EC&M, February, 1994.
- IEEE Guide for Harmonic Control and Reactive Compensation of Static Power Converters, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 1981.
- Joko S, Bambang. Evaluasi mutu listrik pada sistim kelistrikan Jawa-Bali", Seminar Nasional Ketiga Teknik Tenaga Listrik, ITB Bandung, 1- 4 Februari, 1993.

- Kraus and Carver. 1973. Electromagnetics, second edition, Mc Graw-Hill, Pebruary, 1969.
- Kruger, F. H. Industrial High Voltage. Delft University Press, Netherlands, 1991 .
- Lajoie, M. E, prat Marty D. European Market of AC Ajustable Speed Drives", Materiel Electrique, Transport et Distribution d'Energie, Collection de Notes Internes de la DER, 93NROO07, pp. 51-95, March, 1993.
- Mauras P. Quelques solution pour l'insensibilisation aux harmoniques des installations industrielles et tertiaires. Collection de notes internes de la. DER, 96NR00073. Septembre, 1995.
- Majalah Elektro Indonesia, Nomor 32. Tahun VI, www. indosat.net.id/elektro, Agustus, 2000.
- National Institute of Envirotunental Health Science and the US Departement of Energy, Question and Answer about EMF, Electromagnetic fields Associated with use of electric power www.esdjournal.com, 1995.
- Perusahaan Umum Listrik Negara, Pusat. Surat Edaran Direksi No.23/PST/84, tanggal 10 Maret 1984, tentang Petunjuk Penyambungan Tanur Busur Listrik".
- Wagner V.E, "Effects of harmonics on equipment", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.8, No.2, April 1993.
- World Health Organization, 2004. What are electomagnetic fields. www. who.com.
- Ykema Th.Report on the results of the International questionnaire concerning voltage disturbances", Electra CIGRE, No. 99, pp. 47-56, March, 1985.