

# PENGARUH MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET (MM) TERHADAP FUNGSI JANTUNG DAN PEMBULUH DARAH PEKERJA OPERASI DAN PEMELIHARAAN GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA TINGGI PENYALURAN DAN PUSAT PENGATURAN BEBAN (P3B) JAWA – BALI

Athena, Hendro M., Freddy K.

## Abstract

*A research regarding the effects of electric field (EF) and magnetic field (MF) over the personnel heart function of the Operation and Maintenance of the Extra High Voltage Substation and its Network, the Central Electric Operation and Distribution in Jawa – Bali managed by PT PLN (Persero) has been done. This study is part of a research with the broader aspect performing by checking the personnel health problem in general. The research design was a cross sectional study by comparing groups of the exposed workers to electric and magnetic fields, and the non-exposed workers. Each group consists of 166 samples. The exposed workers were operators in operation and maintenance field, non-strained and strained maintenance workers, whereas the non-exposed workers were administration personnel. Data was collected by performing physical health and laboratory examinations, interviews and measuring the strength of EF and MF in the working areas. The ECG examination showed that 9.8 % out of them suffering heart dis-function (7.4% ischemic disfunction and 2.4 % impulse dis-function). The exposed workers did have the higher percentage in impulse dis-function, which may caused by electric and magnetic field exposure from the extra high voltage substation electric network, since the heart impulse relates to electrical system in human body, even though the result of its statistical test was not significant enough ( $p > 0.05$ ). Furthermore, field measurement result showed that the highest strength of electric and magnetic field of the extra high voltage substation was 34.67 kV/m (electric field) and 56.0  $\mu$ T (magnetic field). The levels of EF at some points in the extra high voltage substation (switchyard) were exceeded the limit recommended by both The Ministry of Health Regulation 261/1998 regarding The Health Condition of Working Environment and The National Standard of Indonesia 04-0659-2003 regarding the Limit of EF and MF of SUTT/SUTET, however the levels of magnetic field still lower than that of requirement enacted by the both regulations.*

*Keywords: electric field, magnetic field, function of heart.*

## Pendahuluan

**K**ekhawatiran akan pengaruh buruk medan listrik (ML) dan medan magnet (MM) terhadap kesehatan masih dirasakan oleh masyarakat terutama yang bertempat tinggal di bawah jaringan saluran udara tegangan tinggi (SUTT) maupun tegangan ekstra tinggi (SUTET). Sampai saat ini penelitian-penelitian yang dilakukan memberikan hasil yang kontroversial. Beberapa penyebab tidak konklusifnya hasil-hasil penelitian diduga karena tingkat pajanan yang sangat kecil (masih jauh dari nilai yang direkomendasikan WHO)<sup>1</sup>, target organ dari

pajanan ML dan MM tidak spesifik, dan penelitian-penelitian yang tidak disertai pengukuran<sup>2</sup> International Agency for Research on Cancer (IARC) dan expert group dari Inggris pada tahun 2002<sup>3</sup> menyatakan bahwa MM mempunyai dampak leukemia pada anak-anak, khususnya anak-anak yang setiap hari berada dalam MM sebesar 0,3 sampai 0,4  $\mu$ T, sehingga IARC menyatakan bahwa MM adalah penyebab kanker yang sama seperti sayuran dan makanan lain yang diawetkan. Penelitian untuk mengevaluasi risiko akibat pajanan *extremely low frequency* yang dilakukan di California tahun 2002,<sup>4</sup> menyatakan bahwa terdapat kemungkinan

untuk dampak medan elektromagnetik menyebabkan leukemia dan kanker otak pada anak dan orang dewasa, kanker payudara, menghambat keturunan, dan lain lain. *The National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS)* tahun 1999<sup>5</sup> menyatakan bahwa ML dan MM pada frekuensi ekstrim rendah termasuk *possible human carcinogen*.

Selama ini subjek penelitian yang telah dilakukan terutama adalah masyarakat yang bertempat tinggal di bawah jaringan SUTT/SUTET. Dilihat dari pajanan ML dan MM, terdapat kelompok masyarakat yang lebih berisiko akibat pajanan ML dan MM, yaitu pekerja di bidang operasi dan pemeliharaan yang terdiri dari operator yang mengoperasikan peralatan, pekerja pemeliharaan dalam keadaan tidak bertegangan (ophar SUTET/GITET), dan pekerja pemeliharaan da-lam keadaan bertegangan yang lebih dikenal sebagai tim pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB). Kelompok pekerja tersebut selama bekerja selalu terpajan ML dan MM dengan intensitas yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan masyarakat umum. Sampai saat ini belum diketahui dampak pajanan ML dan MM terhadap kesehatan para pekerja tersebut.

Setiap kali jantung berdetak maka pada permukaannya terjadi perubahan potensial listrik, hal ini diduga dapat dipengaruhi oleh ML dan MM. Detak jantung dapat direkam dan ditampilkan sebagai grafik, yang disebut elektrokardiogram (EKG). Hasil EKG juga dapat membedakan gangguan yang terjadi apakah gangguan iskemik atau gangguan irama jantung. Pajanan ML dan MM diduga dapat mengganggu kerja jantung yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kesehatan pekerja.

Tulisan ini merupakan bagian dari penelitian pengaruh ML dan MM terhadap kesehatan pekerja operasi dan pemeliharaan SUTET dan GITET, yaitu hasil analisis antara besar pajanan ML dan MM dengan gangguan jantung dan pembuluh darah pekerja SUTET di gardu induk tegangan ekstra tinggi (GITET) di wilayah kerja Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban Jawa-Bali (P3B), PT PLN (Persero)<sup>6</sup>.

### Bahan dan Cara Kerja

- Lokasi dan waktu penelitian

Wilayah kerja P3B PT PLN (Persero) Jawa-Bali terbagi menjadi 4 region, yaitu region 1 yang

meliputi Jakarta dan Banten, region 2 meliputi Jawa Barat, Region 3 Jawa Tengah, dan region 4 yang meliputi Jawa Timur dan Bali. Penelitian dilakukan di seluruh GITET di seluruh region mulai dari GITET Suryalaya di region 1 sampai GITET Paiton di region 4 dari Bulan Januari sampai Juni 2007.

- Disain penelitian

Disain penelitian ini adalah *cross sectional study* dengan pembandingan, di mana dibandingkan kelompok pekerja yang terpajan ML dan MM (operasi dan pemeliharaan) dengan kelompok pekerja yang tidak terpajan ML dan MM (bagian administrasi) dalam hal gangguan fungsi jantung dan pembuluh darah.

- Populasi dan Sampel

Target populasi penelitian adalah seluruh pekerja PT PLN (Persero) yang bekerja di seluruh region P3B. Perhitungan jumlah sampel (n) adalah berdasarkan rumus *estimasi beda dua proporsi*<sup>7</sup>

$$n = \frac{z^2(1-\alpha/2)[kP_1(1-P_1) + P_2(1-P_2)]}{kd^2}$$

Keterangan:

- $P_1$  : Proporsi yang mengalami gangguan kesehatan pada kelompok pekerja terpajan
- $P_2$  : Proporsi yang mengalami gangguan kesehatan pada kelompok pekerja tidak terpajan
- $z_{1-\alpha/2}$  : Derajat kepercayaan (Tabel Z)
- $k$  : Besar kelompok pembandingan dibandingkan kelompok terpajan (faktor koreksi dimana untuk random sampling  $k=1$ )
- $\alpha$  : Batas kemaknaan
- $d$  : Presisi

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian dengan aspek yang lebih luas dengan melihat gangguan kesehatan secara umum termasuk kesehatan jiwa. Perhitungan jumlah sampel didasarkan pada angka gangguan kesehatan dengan prevalensi yang telah diketahui yaitu gangguan reproduksi sebesar 20% (laki-laki dan perempuan). Dengan asumsi bahwa penduduk laki-laki yang mengalami gangguan reproduksi (gangguan reproduksi yang disebabkan suami) atau pekerja tidak terpajan adalah sebesar 10% ( $P_2$ ), risiko penduduk yang bekerja pada tempat terpajan radiasi non-pengion (MM dan ML) yang mengalami gangguan reproduksi sebesar 2 ( $RR=2$ ) maka besar gangguan reproduksi pada pekerja terpajan adalah sebesar 20% ( $P_1$ ). Asumsi

lain dari perhitungan besar sampel ini adalah batas kemaknaan ( $\alpha$ ) sebesar 5% dan presisi 10%, maka menurut rumus di atas jumlah sampel adalah:

$$n = \frac{(1,96)^2 \{ (1 - 0,2)(1 - 0,2) \} + \{ 0,1 (1 - 0,1) \}}{1 (0,1)^2} = 166$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh jumlah sampel minimal sebanyak 166 orang. Untuk masing-masing kelompok pekerja terpajan dan tidak terpajan, sehingga jumlah sampel seluruhnya 332 orang. Sampel pekerja terpajan diambil dari pekerja PT PLN (Persero) yang sering terpajan ML dan MM yaitu pekerja yang bekerja pada bidang operasi dan pemeliharaan yang meliputi operator GITET, pekerja pemeliharaan dalam keadaan tidak bertegangan, dan tim pekerja dalam keadaan bertegangan (PDKB). Sampel pekerja tidak terpajan diambil dari pekerja bagian administrasi yang tidak pernah bekerja di bidang operasi dan pemeliharaan PT PLN (Persero) P3B.

Sampel untuk Tim PDKB, operator GITET dan petugas pemeliharaan SUTET/GITET diambil secara *purposive* dari daftar sampel masing-masing region.

- Kriteria Inklusi

Kriteria inklusi dari penelitian ini adalah semua pekerja laki-laki dan telah bekerja minimal 3 (tiga) tahun.

- Variabel Penelitian

Variabel Dependen: Dampak Kesehatan

Variabel dependen pada penelitian ini adalah dampak kesehatan yang berupa gangguan pada fungsi jantung (dilihat dari hasil EKG) dan pembuluh darah (profil lemak darah: kadar trigliserid, kolesterol, HDL, LDL, dan rasio LDL/HDL) yang diduga akibat pajanan ML dan MM dari radiasi non pengion frekuensi ekstrim rendah (*extremely low frequency/ELF*).

Variabel independen : pajanan ML dan MM

Pajanan ML dan MM didasarkan pada keterpaparan pekerja terhadap ML dan MM yang dikelompokkan menjadi 2, yaitu kelompok terpajan dan kelompok tidak terpajan. Di tempat kerja masing-masing kelompok dilakukan pengukuran kuat ML dan MM untuk mengetahui apakah responden bekerja di lingkungan kerja ML dan MM yang sesuai dengan persyaratan yang ada. Pengukuran kuat ML dan MM dilakukan di tempat kerja operator (di dalam gardu/*switchyard*

dan di ruang operator), di tempat kerja bagian administrasi, dan di tempat kerja pemelihara. Karena keterbatasan deteksi alat ukur, kuat ML di tempat kerja PDKB yaitu di sekitar jaringan SUTET diperoleh dengan perhitungan secara teoritis. Untuk kuat ML dihitung dengan menggunakan *equigradient potential contour*, sedangkan kuat MM menggunakan rumus:

$$H = I / (2\pi r)$$

Keterangan:

H = kuat MM (A/m)

I = arus listrik (A)

r = jarak dari konduktor (m)

Variabel Kovariat:

Untuk memastikan gangguan kesehatan yang timbul sebagai akibat dari pajanan ML dan MM, dalam penelitian ini dikumpulkan variabel lain seperti: umur, pendidikan, pekerjaan, status gizi (*body mass index/BMI* yang diperoleh dengan cara perhitungan berat badan dengan tinggi badan kuadrat), kebiasaan merokok atau minum minuman beralkohol, dan perilaku penggunaan alat pelindung diri.

- Pengumpulan Data

Untuk mendukung diagnosa adanya gangguan fungsi jantung dilakukan dengan pemeriksaan fisik (denyut nadi dan tekanan darah), pemeriksaan darah (profil lemak darah), dan pengukuran EKG. Keluhan penyakit/gangguan kesehatan umum dan data kovariat seperti umur, jenis kelamin, pendidikan, pajanan ML dan MM, kebiasaan merokok dikumpulkan dengan cara wawancara menggunakan pertanyaan terstruktur (kuesioner). Parameter profil lemak yang diperiksa adalah: kadar kolesterol, trigliserid, LDL dan HDL

Pengukuran ML dan MM dilakukan di tempat kerja responden, yaitu dalam gardu/*switchyard*, ruang operator, dan ruang administrasi. Titik sampling pengukuran di *switchyard* dilakukan di 5 titik di setiap ruangan/tempat kerja dengan ketinggian 1,5 meter (sesuai dengan rata-rata ketinggian pekerja) dengan sistem diagonal, sedangkan di ruangan kerja administrasi dilakukan pengukuran hanya di 1 titik.

Alat ukur yang digunakan adalah *Extremely Low Frequency (ELF) survey meters*. Waktu pengukuran di *switchyard* adalah 4 kali pada pagi antara jam 8 sampai jam 10, siang jam 11 sampai jam 13, sore antara jam 14 sampai jam 16 dan

pada saat setelah jam kerja (lebih dari jam 17.00), sedangkan di tempat kerja bagian administrasi dilakukan 3 kali selama jam kerja (pagi, siang, dan sore).

- Petugas Pengumpul Data

Wawancara dan anamnesa dilakukan oleh peneliti Puslitbang Ekologi dan Status Kesehatan. Pemeriksaan fisik (pengukuran denyut nadi, tekanan darah), pengukuran EKG, pengambilan dan pemeriksaan darah dilakukan oleh petugas (dokter dan analis) dari Puslitbang Ekologi dan Status Kesehatan bekerjasama dengan petugas dari Laboratorium Kimia Farma. Pengukuran ML dan MM dilakukan oleh petugas (peneliti dan liktkayasa) Laboratorium Lingkungan Fisik dan Kimia Kesehatan, Puslitbang Ekologi dan Status Kesehatan.

- Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan program *software* statistik secara univariat dan bivariat. Hasil pemeriksaan fisik, laboratorium berupa profil lemak darah, dan hasil pengukuran EKG dibandingkan antara kelompok pekerja terpajan (petugas operasi dan pemeliharaan) dan kelompok tidak terpajan (administrasi).

Kriteria nilai normal untuk setiap parameter pemeriksaan adalah sebagai berikut:

BMI:	Acuan IMT
Kriteria	
1. Kurang	< 18
2. Normal	18-23,9
3. Overweight	24-29,9
4. Obesitas	≥ 30

Profil lemak:

Parameter	Acuan normal
Trigliserida	< 150 mg/dl
Kolesterol	< 200 mg/dl
HDL	40 - 60 mg/dl
LDL	< 150 mg/dl

Untuk analisis hubungan antara pajanan ML dan MM dengan hasil pemeriksaan fisik, laboratorium berupa profil lemak, dan hasil pengukuran EKG menggunakan uji statistik *chi-square*.

- Pertimbangan Etik

Pada penelitian ini dilakukan wawancara, pemeriksaan kesehatan fisik dan pengambilan spesimen darah. Untuk itu sebelumnya dilakukan pengajuan etik penelitian ke Komisi Etik Badan Litbangkes. Selain itu kepada subjek penelitian dijelaskan keuntungan dan kerugian ikut serta dalam penelitian, kemudian dimintakan persetujuan (*informed consent*).

Hasil

Demografi dan Sosial Ekonomi

Jumlah seluruh responden dalam penelitian ini adalah 338 orang pekerja, yang terdiri dari kelompok terpajan 196 orang (57,99%) dan kelompok tidak terpajan 142 orang (42,01%). Dilihat dari kelompok umur, sebagian besar responden (49,7%) berusia 40 tahun sampai 49 tahun, 52 orang responden (15,4%) berusia 50 tahun atau lebih, dan yang paling sedikit ialah responden yang berusia kurang dari 29 tahun.

Tabel 1. Distribusi Responden Menurut Keadaan Sosial Ekonomi dan Jenis Pekerjaan

Karakteristik	Ophar		Administrasi		Total	
	Jml	%	Jml	%	Jml	%
Kelompok umur						
a. 20-29 Tahun	39	19,9	2	1,4	41	12,1
b. 30-39 Tahun	54	27,6	23	16,2	77	22,8
c. 40-49 Tahun	84	42,9	84	59,2	168	49,7
d. ≥50 Tahun	19	9,7	33	23,2	52	15,4
Pendidikan						
a. Tamat SD	0	0,0	1	0,7	1	0,3
b. Tamat SLTP	9	4,6	18	12,7	27	8,0
c. Tamat SLTA	172	87,8	94	66,2	266	78,7
d. Tamat PT	15	7,7	29	20,4	44	13,0
Penghasilan/bulan						
a. <1 juta	0	0,0	0	0,0	0	0,0
b. 1-2 juta	40	20,4	10	7,0	50	14,8
c. 3-4 juta	120	61,2	83	58,5	203	60,1
d. 5-6 juta	25	12,8	27	19,0	52	15,4
e. >6 juta	11	5,6	22	15,5	33	9,8

---

Proporsi responden kelompok pekerja terpapar (operasi dan pemeliharaan) yang berusia 20 tahun sampai 49 tahun (usia produktif) jauh lebih besar dibandingkan dengan proporsi responden kelompok responden tidak terpapar (administrasi), sebaliknya proporsi responden kelompok pekerja bagian administrasi yang berusia antara 40 tahun sampai 49 tahun dan lebih dari 50 tahun, lebih tinggi dibandingkan dengan proporsi responden kelompok pekerja terpapar (Tabel 1.).

Untuk tingkat pendidikan, sebagian besar responden (78,7%) tamat SLTA, tamat perguruan tinggi 13,0%. Proporsi responden kelompok terpapar yang berpendidikan tamat SLTA lebih besar (87,8%) dibandingkan dengan kelompok responden tidak terpapar (66,2%); akan tetapi proporsi responden yang tamat PT lebih besar pada kelompok tidak terpapar.

Dari segi penghasilan, sebagian besar responden (60,1%) berpendapatan 3 sampai 4 juta rupiah per bulan baik pada kelompok pekerja terpapar (61,2%) maupun tidak terpapar (58,5%). Hanya 33 orang (9,8%) berpenghasilan lebih dari 6 juta rupiah per bulan yang terdiri dari 11 responden (5,6%) dari kelompok terpapar, dan 22 responden (15,5%) dari kelompok tidak terpapar. Tidak ditemukan responden yang berpenghasilan kurang dari 1 juta rupiah per bulan.

#### **Perilaku berisiko**

Data kebiasaan berisiko yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah kebiasaan yang dapat mengganggu kesehatan pekerja dan memberikan efek yang bersifat kronis yaitu kebiasaan merokok dan minum minuman beralkohol. Tidak ada perbedaan antara kelompok pekerja terpapar (ophar) dengan pekerja tidak terpapar (administrasi) dalam hal kebiasaan merokok, sebagian besar responden (65,7%) mempunyai kebiasaan merokok. Lama kebiasaan merokok pada umumnya lebih dari 15 tahun (terpapar: 57,1%, tidak terpapar: 64,6%), walaupun terdapat 11,7% yang mempunyai kebiasaan merokoknya kurang dari 1 tahun. Sebagian besar, baik pada kelompok pekerja terpapar (76,2%) dan tidak terpapar (71,9%) mempunyai kebiasaan merokok setiap hari, dengan jumlah batang rokok yang dikonsumsi lebih atau sama dengan 10 batang

atau 1 bungkus (77,1%). Pada saat dilakukan wawancara baik pada kelompok pekerja terpapar (77,8%) maupun tidak terpapar (71,9%) mengaku masih merokok (Tabel 4.6.). Walaupun sedikit, terdapat pekerja (4,7%) yang mempunyai kebiasaan mengkonsumsi minuman beralkohol. Tidak ada perbedaan antara kelompok pekerja terpapar (ophar) dengan kelompok pekerja tidak terpapar (administrasi) dalam hal kebiasaan mengkonsumsi minum minuman beralkohol.

#### **Profil Lemak Darah**

Hasil pemeriksaan trigliserid dan kolesterol darah menunjukkan bahwa pada kelompok pekerja terpapar sebanyak 41,5% trigliserid dan 48,2% kolesterolnya tidak normal. Sedangkan pada kelompok pekerja tidak terpapar proporsi responden dengan kadar trigliserid dan kolesterol tidak normal sedikit lebih tinggi, yaitu sebesar 57,2% untuk trigliserid dan 66,2% untuk kolesterol.

Untuk kadar HDL, proporsi responden dengan HDL tidak normal lebih tinggi pada kelompok pekerja tidak terpapar (38,7%) daripada yang terpapar (33,3%). Demikian pula untuk kadar LDL, proporsi responden dengan LDL tidak normal lebih tinggi pada kelompok pekerja tidak terpapar (53,2%) daripada yang terpapar (34,7%) (Tabel 3.).

Risiko terjadinya gangguan fungsi jantung dapat berdasarkan hasil perhitungan rasio antara LDL dan HDL. Dalam penelitian ini tampak responden kelompok pekerja terpapar mempunyai risiko rendah sampai sedang (100%), sedangkan pada kelompok terpapar terdapat responden yang mempunyai risiko tinggi walaupun hanya 1 orang (1%). Apabila dibandingkan diantara kedua kelompok pekerja, proporsi responden dari kelompok pekerja terpapar dengan risiko rendah lebih tinggi (63,7%) daripada kelompok tidak terpapar (34,7%). Sebaliknya proporsi responden dari kelompok pekerja terpapar dengan risiko sedang lebih rendah (36,3%) daripada kelompok tidak terpapar (64,3%) (Tabel 3.). Hal ini berarti kelompok pekerja tidak terpapar mempunyai risiko gangguan jantung yang lebih besar dari pekerja terpapar.

**Tabel 2. Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Merokok Dan Jenis Pekerjaan**

Karakteristik	Ophar		Administrasi		Total	
	Jml	%	Jml	%	Jml	%
<b>- Merokok</b>						
Pengalaman						
a. Ya	126	64,3	96	67,6	222	65,7
b. Tidak	70	35,7	46	32,4	116	34,3
Lama kebiasaan merokok						
a. <1 Tahun	18	14,3	8	8,3	26	11,7
b. 1-4 Tahun	12	9,5	6	6,3	18	8,1
c. 5-9 Tahun	13	10,3	7	7,3	20	9,0
d. 10-14 Tahun	11	8,7	13	13,5	24	10,8
d. >=15 Tahun	72	57,1	62	64,6	134	60,4
Merokok setiap hari						
a. Ya	96	76,2	79	82,3	175	78,8
b. Tidak	30	23,8	17	17,7	47	21,2
Jumlah batang rokok per hari						
a. <3 batang	3	3,1	4	5,1	7	4,0
b. 3-5 batang	8	8,3	7	8,9	15	8,6
c. 6-9 batang	10	10,4	8	10,1	18	10,3
d. >=10 batang	75	78,1	60	75,9	135	77,1
Masih merokok						
a. Ya	98	77,8	69	71,9	167	75,2
b. Tidak	28	22,2	27	28,1	55	24,8
<b>- Konsumsi minuman alkohol</b>						
a. Ya	8	4,1	8	5,6	16	4,7
b. Tidak	188	95,9	134	94,4	322	95,3
Sarapan pagi sebelum kerja						
a. Ya	139	70,9	92	64,8	231	68,3
b. Tidak	57	29,1	50	35,2	107	31,7
Olahraga rutin						
a. Ya	109	55,6	103	72,5	212	62,7
b. Tidak						

**Tabel 3. Distribusi Responden Menurut Profil Lemak Darah Dan Jenis Pekerjaan**

Profil lemak darah	Ophar		Administrasi		Total	
	Jml	%	Jml	%	Jml	%
a) Triglisericid						
1. Normal	114	58,5	61	43,0	175	51,9
2. Tidak normal	81	41,5	81	57,0	162	48,1
b) Kolesterol						
1. Normal	101	51,8	48	33,8	149	44,2
2. Tidak normal	94	48,2	94	66,2	188	55,8
c) HDL						
1. Normal	130	66,7	87	61,3	217	64,4
2. Tidak normal	65	33,3	55	38,7	120	35,6
d) LDL						
1. Normal	126	65,3	65	46,8	191	57,5
2. Tidak normal	67	34,7	74	53,2	141	42,5
e) Rasio LDL/HDL						
1. Rendah	79	63,7	34	34,7	113	50,9
2. Risiko sedang	45	36,3	63	64,3	108	48,6
3. Risiko tinggi	0	0,0	1	1,0	1	0,5

**Tabel 4. Distribusi Responden Menurut Hasil Pemeriksaan Fisik**

Parameter	Ophar		Administrasi		Total	
	Jml	%	Jml	%	Jml	%
a. BMI						
1. Kurang	8	4,3	3	2,2	11	3,4
2. Normal	102	54,8	65	46,8	167	51,4
3. <i>Overweight</i> & obesitas	76	40,9	71	51,4	137	45,2
b. Denyut nadi						
1. Normal	195	99,5	138	98,6	333	99,1
2. <i>Tachycardia</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3. <i>Bradycardia</i>	1	0,5	2	1,4	3	0,9
c. Tekanan darah						
1. Normal	59	30,1	54	38,0	113	33,4
2. Tidak normal	137	69,9	88	62,0	225	66,6
d. Pengukuran EKG						
1. Normal	173	88,3	132	93,0	305	90,2
2. Jantung iskemik	15	7,6	10	7,0	25	7,4
3. Gangguan irama	8	4,0	0	0,0	8	2,4

**Hasil pengukuran dan pemeriksaan fisik**

Hasil pengukuran BMI untuk seluruh responden menunjukkan bahwa lebih dari 50% responden mempunyai BMI normal, 3,2% kurang dan 45,2% *Overweight*/obesitas. Apabila dibandingkan berdasarkan kelompok pekerja, proporsi responden kelompok pekerja terpajan dengan BMI kurang dari normal lebih tinggi (4,3%) daripada responden kelompok pekerja tidak terpajan (2,2%), sedangkan untuk *Overweight*/ obesitas proporsi responden kelompok pekerja ter-pajan (40,9%) lebih rendah dari kelompok pekerja tidak terpajan (51,4%)(Tabel 4.). Dilihat dari hasil pengukuran denyut nadi, tidak ada responden baik dari kelompok pekerja terpajan maupun tidak terpajan yang mempunyai gangguan *tachycardia*; tetapi 0,5% responden kelompok pekerja terpajan dan 1,4% responden kelompok pekerja tidak terpajan mengalami gangguan *bradycardia* (Tabel 4.).

Hasil pengukuran tekanan darah menunjukkan, proporsi responden yang mengalami hipertensi lebih tinggi pada kelompok pekerja tidak terpajan (38,1%) dibandingkan dengan kelompok terpajan (30,0%); Sedangkan dari hasil pemeriksaan EKG menunjukkan bahwa sebagian besar responden (terpajan: 88,3%; tidak terpajan: 93,3%) mempunyai hasil EKG normal. Hal ini berarti lebih dari 12,0% responden mengalami gangguan jantung. Dari hasil EKG tersebut gangguan jantung dikelompokkan menjadi gangguan iskemik dan gangguan irama jantung.

Apabila dibandingkan di antara kedua kelompok pekerja, terdapat 7,6% responden kelompok pekerja terpajan dan 7,0% responden kelompok tidak terpajan mengalami gangguan jantung iskemik; 4,0% responden kelompok pekerja terpajan mengalami gangguan irama jantung. Tidak ada responden dari kelompok pekerja tidak terpajan yang mengalami gangguan irama jantung.

**Hasil Pengukuran Paparan ML dan MM**

Hasil pengukuran ML dan MM dari seluruh waktu pengukuran menunjukkan bahwa rentang yang terukur cukup bervariasi, mulai dari tidak terukur (tt) sampai lebih dari 30 KV/m untuk ML lebih dari 56,0  $\square$ T untuk MM. Kuat ML dan MM paling tinggi terukur di gardu/*switchyard* dan yang paling rendah terukur di ruang administrasi (Tabel 5.). Apabila dibandingkan dengan peraturan yang ada (KepMenKes No. 261/1998 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja<sup>8</sup> dan SNI-04-6950-2003 tentang Nilai Ambang Batas minimum SUTT/SUTET<sup>9</sup>), kuat ML pada beberapa titik pengukuran telah melampaui batas yang direkomendasikan. Untuk kuat MM, nilai yang terukur di seluruh lokasi penelitian masih jauh lebih kecil (yang terukur paling tinggi hanya 1/3 dari nilai yang direkomendasikan).

Perhitungan kuat ML di tempat kerja PDKB diperoleh dengan perhitungan secara teoritis menggunakan *contour* berdasarkan atas jarak tenaga PDKB bekerja di atas jaringan terdekat sebesar 0,5 meter dan yang terjauh adalah

1 meter, sehingga kuat ML berkisar antara 54 kV/m-76 kV/m. Untuk MM secara teoritis dihitung berdasarkan rumus  $H = \frac{i}{2\pi \times r}$ , apabila Tim PDKB bekerja di atas jaringan dengan jarak terdekat 0,5 meter dan terjauh 1 meter dengan arus tertinggi 1020 A, maka kuat MM berkisar antara 162,42 A/m - 324,84 A/m (203,02  $\mu\text{T}$  - 406,05  $\mu\text{T}$ ). Apabila dibandingkan dengan KepMenKes No. 261/1998 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja<sup>8</sup>, maupun SNI-04-6950-2003 tentang Nilai Ambang Batas minimum SUTT/SUTET<sup>9</sup>, kuat ML di tempat kerja tim PDKB telah melampaui nilai yang direkomendasi

kan, baik untuk waktu sepanjang hari kerja (8 jam) sebesar 10 kV/m maupun dalam waktu singkat (2 jam) sebesar 30 kV/m. Untuk medan magnet, besar arus tertinggi menghasilkan medan magnet yang tidak melampaui nilai yang direkomendasikan (masih dalam batas aman) untuk waktu singkat (5.000  $\mu\text{T}$ ). Dari hasil perhitungan diatas menunjukkan tim PDKB pada saat melakukan pekerjaan di jaringan selalu terpajan ML dengan besaran sekitar 2,5 kali dari kuat ML yang direkomendasikan oleh peraturan di atas, sedangkan untuk medan magnet hanya sekitar 1/25 sampai 1/12 kalinya.

**Tabel 5. Hasil Pengukuran Kuat ML dan MM di Lokasi Penelitian**

Lokasi	Kuat ML (KV/m)	Kuat MM ( $\mu\text{T}$ )
- Gardu/switchyard		
Rentang	0,001- 34,671	0,175 - 56,00
Rata2±Std Dev	8,038 ± 7,478	5,913 ± 7,876
-Ruang Operator		
Rentang	tt - 1,63	0,006 - 16,50
Rata2±Std Dev	0,151 ± 0,412	1,754 ± 3,688
-Ruang Administrasi		
Rentang	tt - 1,800	0,009 - 10,325
Rata2±Std Dev	0,102 ± 0,360	0,782 ± 1,925
- Tempat Kerja PDKB		
Rentang	54 kV/m - 76 kV/m	203,02 $\mu\text{T}$ - 406,05 $\mu\text{T}$

Ket:tt=tidak terdeteksi

**Tabel 6. Hasil Uji Statistik Hubungan Paparan MM dan ML dengan Gangguan Fisik Kesehatan**

Gangguan Fisik Kesehatan	Terpapar	Tdk terpapar	OR	CI 95%	p
a. BMI					
1. Tidak normal	84	70	0,73	0,42 - 1,02	0,084
2. Normal	102	65			
b. Denyut nadi					
1. Tidak normal	1	2	0,35	0,02 - 1,60	0,166
2. Normal	195	138			
c. Tekanan darah					
1. Hipertensi	59	54	0,70	0,44 - 1,10	0,159
2. Normal	137	88			
d. Profil lemak darah					
1. Tidak normal	50	61	0,45	0,28 - 0,72	0,001
2. Normal	146	81			
e. Hasil EKG					
1. Tidak normal	23	10	1,75	0,81 - 3,814	0,212
2. Normal	173	132			



---

---

## Hubungan Paparan MM Dan ML Dengan Gangguan Fisik Kesehatan

Dari hasil uji statistik menunjukkan tidak ada hubungan yang bermakna antara jenis pekerjaan (terpapar dan tidak terpapar) dengan gangguan kesehatan yang meliputi BMI, denyut nadi, dan tekanan darah ( $p > 0,05$ ). Untuk profil lemak darah, hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna. Proporsi kadar lemak darah tidak normal pada kelompok pekerja tidak terpapar lebih tinggi dari pada pekerja terpapar ( $p < 0,05$ ). Apabila dilihat nilai *odds ratio*-nya, kelompok pekerja tidak terpapar mempunyai risiko yang lebih besar dari pada kelompok terpapar (Tabel 6).

Hasil uji statistik untuk pengukuran EKG menunjukkan bahwa kelompok pekerja terpapar mempunyai risiko gangguan jantung (iskemik dan irama) yang lebih besar dari pada kelompok pekerja tidak terpapar yaitu 1,75 kalinya. Apabila dilihat dari nilai *p* yang lebih besar dari 0,05, hubungan tersebut tidak bermakna (Tabel 6).

## Pembahasan

Secara umum terdapat perbedaan latar belakang sosial ekonomi dan karakteristik antara responden kelompok pekerja terpapar, yaitu pekerja bagian operasi dan pemeliharaan yang meliputi operator GITET, PDKB dan petugas pemeliharaan dan kelompok pekerja tidak terpapar (bagian administrasi). Perbedaan tersebut pada dasarnya disebabkan oleh adanya perbedaan kualifikasi keahlian dan pendidikan, di samping masa kerja. Responden kelompok pekerja terpapar terutama tim PDKB merupakan kelompok pekerja teknis kelistrikan lapangan yang bekerja di gardu induk dan jaringan listrik, dengan latar belakang pendidikan SLTA (STM listrik) dengan usia yang relatif lebih muda dibandingkan pekerja lainnya, sedangkan kelompok pekerja bagian administrasi merupakan kelompok pekerja non teknis atau teknis tetapi bekerja pada tingkat manajerial, dengan riwayat kerja yang relatif lama dibandingkan pekerja terpapar (operasi dan pemeliharaan). Beberapa responden kelompok pekerja bagian administrasi mengaku pernah bekerja sebagai operator/pemelihara jaringan listrik pada awal kerjanya, baik karena faktor umur maupun promosi jabatan saat ini mereka

bekerja di bagian administrasi. Dengan demikian secara umum responden dari kelompok pekerja terpapar terutama PDKB lebih muda karena tim ini baru dibentuk pada tahun 2002. Selain itu responden kelompok operasi dan pemeliharaan, mempunyai tingkat pendidikan dan penghasilan relatif lebih rendah, dibandingkan dengan kelompok pekerja administrasi.

Pada kelompok umur yang lebih tua kemungkinan akan ditemukan responden dengan gejala-gejala penyakit sistem sirkulasi darah dan degeneratif lebih tinggi dibandingkan kelompok umur muda. Dengan demikian apabila terjadi perbedaan penyakit atau gangguan kesehatan antara kelompok pekerja operasi dan pemeliharaan dan kelompok pekerja administrasi juga kemungkinan disebabkan oleh adanya perbedaan karakteristik sosial ekonomi dari keduanya.

Menurut Kannel dan kawan-kawan tahun 1984<sup>10</sup>, profil lemak dapat menggambarkan dengan dislipidemia, yaitu kelainan metabolisme lipid yang ditandai dengan peningkatan kadar kolesterol total dalam darah, LDL dan trigliserida, serta penurunan kadar HDL, keadaan yang merupakan faktor utama terjadinya *aterosklerosis*. Hoeg, (1998)<sup>11</sup> menyebutkan *aterosklerosis* adalah merupakan penyebab utama terjadinya penyakit kardiovaskuler. Dari hasil pemeriksaan kadar trigliserid dan kolesterol pekerja kelistrikan menunjukkan 48,1% untuk keadaan trigliserid dan 55,8% untuk kolesterol tidak normal. Sedangkan dalam hal LDL dan HDL, terdapat 35,6% HDL dan 42,5% LDL yang tidak normal. Angka ketidaknormalan tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang dialami masyarakat pada umumnya, terutama dalam hal kolesterol. Hasil penelitian pilot proyek Penanggulangan Penyakit Jantung Nasional pada masyarakat (MONICA) di Jakarta tahun 1988, 1999 dan 2000 menunjukkan prevalensi *hiperkolesterolemia* (kadar kolesterol  $\geq 250$  mg/dl) adalah sebesar 13,4%; 16,3%; dan 15,7%<sup>12,13,14</sup>. Begitupula angka *hiperkolesterolemia* pada pekerja kelistrikan ini lebih tinggi bila dibandingkan hasil penelitian Rahajeng dkk tahun 2002 di Depok Jawa Barat, dimana dengan mengacu pada batasan kolesterol  $\geq 250$  mg/dl, diketahui penderita *hiperkolesterolemia* pada pria sebesar 23,9%.<sup>15</sup>

Apabila dibandingkan antara kelompok pekerja terpapar dan pekerja tidak terpapar, profil

lemak darah tidak menunjukkan perbedaan yang mencolok; bahkan untuk kadar kolesterol dan trigliserid menunjukkan pola yang terbalik (responden dengan kadar kolesterol dan trigliserid-nya tidak normal pada kelompok pekerja tidak terpajan (administrasi) lebih tinggi dibandingkan yang terpajan (operasi dan pemeliharaan)( $p < 0,05$ ). Adanya hubungan terbalik menunjukkan belum terbukti adanya pengaruh besar pajanan medan listrik dan medan magnet terhadap profil lemak. Sebaliknya, tingginya responden yang kadar kolesterol dan trigliseridnya tidak normal pada responden kelompok pekerja tidak terpajan berkaitan dengan umur dan keadaan sosial ekonomi, dimana responden kelompok pekerja tidak terpajan berumur lebih tua dan keadaan sosial ekonomi lebih tinggi dibandingkan kelompok pekerja terpajan. Dari beberapa pustaka, faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap profil lemak antara lain adalah *non-modifiable risk factor*, yaitu keturunan, umur, jenis kelamin dan *behavioral risk factor*, yaitu asupan tingginya lemak, tinggi kolesterol, rendah serat, merokok, obesitas, konsumsi alkohol, aktivitas yang rendah, dan beberapa penyakit tertentu, seperti diabetes melitus (DM) dan pemakaian obat-obatan, seperti obat hipertensi dan kontrasepsi<sup>16</sup>.

Dari hasil pemeriksaan EKG terhadap seluruh pekerja kelistrikan (terpajan maupun tidak terpajan), terdapat 9,8% yang mengalami gangguan fungsi jantung, yaitu 7,4% gangguan jantung iskemik dan 2,4% gangguan irama jantung. Hasil Survei Kesehatan Rumahtangga tahun 1995 diketahui terdapat 0,3% penduduk yang menderita penyakit jantung iskemik dan stroke<sup>17</sup>, sedangkan hasil penelitian Rahajeng dkk tahun 2002<sup>15</sup> di Depok Jawa Barat diketahui terdapat 18,5% yang dari hasil pemeriksaan EKG mengalami gangguan jantung. Hal ini berarti proporsi responden dengan gangguan jantung pada penelitian ini jauh lebih tinggi apabila dibandingkan dengan hasil survei yang dilakukan oleh Badan Litbangkes tahun 1995<sup>18</sup> dan lebih rendah dari hasil penelitian Rahajeng tahun 2002<sup>15</sup>. Apabila dibandingkan di antara kedua kelompok, hasil uji statistik menunjukkan tidak ada perbedaan yang bermakna antara responden kelompok pekerja terpajan dengan kelompok tidak terpajan yang mengalami gangguan jantung iskemik. Akan tetapi untuk gangguan irama jantung, proporsi responden kelompok pekerja

terpajan lebih tinggi, bahkan responden pada kelompok pekerja yang tidak terpajan tidak satupun yang mengalami gangguan tersebut. Adanya gangguan irama jantung pada responden kelompok pekerja terpajan kemungkinan diakibatkan oleh adanya pajanan ML dan MM yang berasal dari GITET/jaringan listrik, karena irama jantung berkaitan dengan sistem listrik dalam tubuh walaupun dari hasil uji statistik hubungan tersebut tidak bermakna ( $p > 0,05$ ).

### Kesimpulan

- 1) Terdapat perbedaan latar belakang sosial ekonomi, umur dan pendidikan antara responden kelompok pekerja terpajan dan tidak terpajan.
- 2) Proporsi responden dengan kadar kolesterol dan trigliserid tidak normal pada kelompok pekerja tidak terpajan lebih tinggi dibandingkan yang terpajan. Hasil pemeriksaan EKG, terdapat 9,8% yang mengalami gangguan fungsi jantung (7,4% gangguan jantung iskemik dan 2,4% gangguan irama jantung). Untuk gangguan irama jantung, proporsi responden kelompok pekerja terpajan lebih tinggi dibandingkan kelompok tidak terpajan. Walaupun dari hasil uji statistik hubungan tersebut tidak bermakna ( $p > 0,05$ ).
- 3) Kuat ML yang terukur pada penelitian ini cukup bervariasi, mulai tidak terdeteksi sampai 34,67 kV/m untuk ML dan 56,0  $\mu$ T untuk MM. Beberapa titik di dalam GITET/*switchyard* telah melampaui nilai yang direkomendasikan sehingga perlu adanya perhatian. Di tempat kerja tim PDKB kuat ML 2,5 kali dari yang direkomendasikan oleh peraturan di atas, sedangkan minimum medan magnet hanya sekitar 1/25 sampai 1/12 kalinya.
- 4) Belum terbukti adanya pengaruh pajanan maximum dan minimum dari GITET dan jaringan SUTET terhadap gangguan fungsi jantung dan pembuluh darah.

### Saran

Walaupun secara statistik belum terbukti adanya pengaruh pajanan medan listrik dan medan magnet yang berasal dari GITET dan SUTET terhadap gangguan irama jantung, tetapi perlu diperhatikan karena nilai odd ratio untuk EKG

---

---

cukup tinggi (OR=1,75).

Beberapa hasil perhitungan/pengukuran kuat ML dan MM telah melebihi nilai yang direkomendasikan KepMenKes 261 tahun 1998 tentang Persyaratan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, untuk itu disarankan sebaiknya pekerja terutama PDKB untuk tidak bekerja dalam jarak 0,5 meter lebih dari 2 jam

#### Daftar Pustaka

1. Soewasti, S.S., dkk. 1995. Penelitian Gangguan Kesehatan yang Dikaitkan Dengan Adanya Jaringan SUTT/SUTET di Cibinong Jawa Barat. Puslit Ekologi Kesehatan, Badan Litbang Kesehatan. Jakarta
2. <http://www.hpa.org.uk>. Tanggal 3 Juni 2005. Childhood Cancer and Distance from High-Voltage Power Lines.
3. IARC Monographs of the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. 2002. Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Vol 80, hal. 19 – 26
4. <http://www.dhs.ca.gov/ehib/emf/RiskEvaluation/Overview>. 2002. "Overview of and Rationale for the Conclusions of California EMF Risk Evaluation 28". California EMF Risk Evaluation.
5. [http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/EMF\\_DIR\\_RPT/DEMF18fT.htm](http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/EMF_DIR_RPT/DEMF18fT.htm). 1999. The National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS). Report on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields
6. Athena dkk. 2007. Pengaruh Medan Listrik dan Medan Magnet Terhadap Kesehatan Operator Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi. Laporan. Puslitbang Ekologi dan Status Kesehatan, Badan Litbang Kesehatan. Jakarta
7. Lemeshow S. David W.H. Jr., Janelle K., Stephen K.L. 1990. Adequacy of Sample Size in Health Studies. WHO, John Wiley & Sons, New York.
8. KepMenKes No. 261/MENKES/SK/II/1998 Tentang Persyaratan Keselamatan dan Kesehatan Kerja
9. Badan Standarisasi Nasional. 2003. SNI-04-6950-2003 tentang Nilai Ambang Batas Medan Listrik dan Medan Magnet SUTT/SUTET
10. Hoeg, J.M. 1998. Lipoprotein and atherogenesis. *Journal Endocr & Metab Clin of North. America*; 1998:585-96.
11. Kannel WB, Mc Gee DL, Castelli WP. 1984. Latest perspective on cigarette smoking and cardiovascular disease. *The Framingham Study. J. Cardiac Rehab.* Hal: 267 – 277.
12. Hoeg, J.M. 1998. Lipoprotein and atherogenesis. *Journal Endocr & Metab Clin of North. America*; 1998:585-96.
13. Sutedjo, Setianto B, Boedhi-Darmojo 1988. Survey Monica Jakarta I; Laporan. Jakarta. Hal: 6-11.
14. Kusuma, D. dkk. 2000. Survei MONICA III. Laporan. Jakarta. Hal : 20-25.
15. Boedhi-Darmojo. 1993. Presentasi dan diskusi survey II MONICA Jakarta 1993. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Kesehatan RI dan Pusat Kesehatan Jantung Nasional Rumah Sakit Jantung Harapan Kita. Jakarta. Hal: 12-16.
16. Rahajeng dkk. 2002. Masalah Penyakit Tidak menular di Kota Depok. Pilot Studi Operasional Promosi Gaya Hidup Sehat Dalam Pengendalian Faktor Risiko Penyakit Tidak Menular Utama Secara Terintegrasi Berbasis Masyarakat. Laporan. Jakarta. Hal. 1 – 18.
17. Suyono. 1993. Kecenderungan Masalah Dislipidemia. *Balanced Nutrition and Heart Symposium.* Jakarta. Hal. 37 –40
18. Badan Litbangkes. 1996. Hasil Survey Kesehatan Rumah Tangga Tahun 1995. Laporan. Jakarta