

# KASUS SUTET DI INDONESIA: KAJIAN DARI ASPEK EPIDEMIOLOGI

Suhartono<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro

## “SUTET” CASE IN INDONESIA: REVIEW FROM EPIDEMIOLOGY ASPECTS

*Abstract.* Sometimes ago, there were an action from the people who lived under and near Very High Voltage Power Lines ('Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi = SUTET'). They claimed that they had some health problems, e.g. headache, dizziness, chronic fatigue syndrome, insomnia, etc. Electromagnetic fields (EMF) are invisible forces that surround electrical equipment, power cords, and SUTET. World Health Organization reported that there are some impact of EMF exposure on health i.e. leukemia, malign lymphoma, arrhythmia, neurological degeneration, spermatogenesis disorder, melatonin metabolism changes, etc. To determine that SUTET caused some health problems, there was a need for epidemiologic review. Because the ultimate aim of most epidemiology studies, especially environmental epidemiology is to describe an exposure-response relationship that is unlikely to be explained that the studies were free from bias, (i.e. selection bias and information bias), chance, and confounding factors. There are nine general criteria for drawing causal inferences from such study design i.e. strength of association, consistency, specificity, temporality, dose-response relationship, biological plausibility, coherence, experiment, and analogy. The health problems-EMF association certainly falls short of causality in strength, consistency, specificity, and analogy. Based on the depth of knowledge displayed in current literature, one cannot say that there is a causal association between EMF and health problems. Conversely, there is insufficient information available to declare that the association is spurious or indirect.

*Keywords:* SUTET, EMF, health problems, epidemiology

## PENDAHULUAN

Beberapa waktu yang lalu, muncul aksi dari warga masyarakat di berbagai daerah yang menuntut ganti rugi dari proyek Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Selain masalah ganti rugi terhadap lahan mereka yang terkena proyek, sebagian dari mereka juga menuntut ganti rugi dengan alasan bahwa sejak ada jaringan SUTET di sekitar tempat tinggalnya, mereka merasakan gangguan kesehatan seperti sakit kepala (*headache*), pening (*dizziness*), kelelahan menahun (*chronic fatigue syndrome*), insomnia, dan sebagainya. <sup>(1)</sup>

Pemerintah, dalam hal ini PT. PLN, tidak mengabulkan tuntutan tersebut, terutama yang berkaitan dengan timbulnya gangguan kesehatan. Mereka berpendapat bahwa tinggal di bawah jaringan SUTET 500 kV tidak menyebabkan gangguan kesehatan. Untuk memastikan pihak mana yang benar, banyak penelitian yang sudah dilakukan, baik yang dibiayai oleh PT. PLN maupun sumber dana lain yang independen. Namun, hasil dari berbagai penelitian tersebut masih kontroversi satu dengan lainnya.

SUTET merupakan saluran tenaga listrik yang menggunakan kawat telanjang

di udara dengan tegangan di atas 245 kV. Di Indonesia, SUTET yang beroperasi bertegangan 500 kV. <sup>(2)</sup> Jaringan SUTET dapat memancarkan energi dalam bentuk medan elektromagnetik. *World Health Organization* (WHO) mengemukakan bahwa terdapat beberapa potensi gangguan kesehatan akibat gelombang elektromagnetik, seperti leukemia, limfoma maligna, gangguan irama jantung, degenerasi saraf, gangguan pembentukan sperma, perubahan metabolisme melatonin, dan sebagainya. <sup>(3)</sup>

Memastikan bahwa jaringan SUTET merupakan penyebab terjadinya berbagai gangguan kesehatan pada masyarakat yang tinggal di sekitarnya, memang tidak mudah. Diperlukan kajian epidemiologi yang mendalam, khususnya di bidang epidemiologi lingkungan, untuk bisa memastikan adanya hubungan sebab-akibat (kausalitas) tersebut. Seorang peneliti yang tertarik untuk meneliti masalah tersebut, seringkali terjebak dalam posisi yang sulit untuk bisa menjelaskan hasil penelitiannya secara ilmiah kepada masyarakat, bahkan ketika hasil penelitiannya berhasil membuktikan adanya 'asosiasi' atau 'hubungan' yang bermakna antara keberadaan SUTET dengan timbulnya gangguan kesehatan pada masyarakat di sekitarnya. Hal ini disebabkan masih ada tahapan atau kriteria yang harus dipenuhi, sebelum peneliti bisa menyimpulkan bahwa temuannya bukan hanya sekedar ada hubungan yang bermakna secara statistik, namun juga merupakan hubungan kausalitas (sebab akibat).

Berikut ini tahapan dan kriteria yang harus dilalui dalam analisis hubungan sebab akibat, terutama dalam studi tentang SUTET: <sup>(4, 5)</sup>

### Validitas Studi

Ketika peneliti menilai hubungan antara pajanan dengan penyakit, ada dua

kemungkinan hubungan yang dihasilkan. Pertama, hubungan sejati, yaitu probabilitas terjadinya *outcome* (penyakit) memang sungguh-sungguh tergantung pada adanya pajanan. Kedua, hubungan palsu, yaitu hubungan yang teramati antara pajanan dan penyakit hanya merupakan akibat dari kegagalan mengontrol pengaruh bias, peluang (*chance*), dan faktor-faktor perancu (*confounding factors*). <sup>(4, 5)</sup> Ketiga faktor tersebut (bias, peluang dan perancu) merupakan parameter untuk menilai validitas (interna) suatu hasil studi.

### 1. Bias

Seperti pada studi epidemiologi pada umumnya, terdapat ancaman validitas dalam bentuk bias, meliputi bias seleksi dan bias informasi (bias pengukuran). Kedua jenis bias ini harus bisa diatasi, agar temuan hasil studi layak untuk dikaji hubungan kausalitasnya. Bila sejak awal sudah terdeteksi adanya bias, maka kajian tentang kausalitas menjadi tidak relevan lagi.

#### a) Bias Seleksi

Bias ini terjadi bila terdapat perbedaan karakteristik antara kelompok yang menjadi subyek penelitian dengan kelompok yang tidak menjadi subyek penelitian. Sumber terjadinya bias seleksi ini adalah: kelemahan desain penelitian, terutama pada saat penentuan anggota kelompok yang akan dibandingkan (untuk semua jenis penelitian); penentuan kerangka sampling yang tidak tepat (terutama pada penelitian kasus-kontrol dan *cross-sectional*); subyek hilang dari pengamatan atau tidak memberi respons selama pengumpulan data (dalam penelitian kohort); dan *selective survival*, yaitu individu-individu yang terpilih sebagai subyek penelitian adalah individu-individu yang mempunyai karakteristik tertentu, misalnya status kesehatannya atau survivalnya

(dalam penelitian kasus kontrol dan *cross-sectional*).

Bias seleksi juga bisa terjadi pada studi kasus-kontrol bila prosedur yang digunakan untuk mengidentifikasi kasus dipengaruhi oleh status pajanan. <sup>(6)</sup> Bila peneliti ingin membandingkan kejadian suatu gangguan kesehatan tertentu antara kelompok yang terpajan SUTET dengan kelompok yang tidak terpajan, kesulitan bisa terjadi dalam mencari karakteristik subyek yang setara di antara kedua kelompok. Beberapa karakteristik subyek seperti umur, kondisi sosial ekonomi, atau tingkat pajanan medan elektromagnetik oleh sumber yang lain (televisi, *handphone*, radiotape, dan sebagainya) yang tidak setara pada kedua kelompok akan mempengaruhi validitas hasil yang diperoleh.

## b) Bias Informasi

Bias informasi atau 'misklasifikasi', berkaitan dengan instrumen dan teknik yang digunakan dalam pengumpulan data, baik data pajanan, efek, maupun data faktor-faktor penelitian yang lain. Bias informasi terjadi bila pengukuran-pengukuran secara individual, klasifikasi penyakit (*outcome*) atau klasifikasi pajanan dilakukan dengan tidak akurat (tidak mengukur apa yang seharusnya diukur). Sebagai contoh, pengukuran-pengukuran biokimia atau fisiologis kadang tidak akurat dan seringkali tempat pemeriksaan yang berbeda memberikan hasil yang berbeda pula untuk spesimen yang sama. <sup>(6)</sup>

Dalam studi pengaruh SUTET terhadap timbulnya gangguan kesehatan, kesulitan bisa dijumpai pada saat menentukan dosis pajanan individu yang meliputi aspek intensitas gelombang elektromagnetik yang ada di lingkungan, frekuensi pajanan dan lama pajanan. Hal ini bisa dimengerti, karena subyek penelitian adalah

manusia yang pada umumnya mempunyai mobilitas cukup tinggi, lama tinggal di lokasi pajanan yang bervariasi, dan adanya kemungkinan terpajan oleh sumber lain. Keterbatasan dalam ketersediaan alat ukur juga bisa merupakan masalah tersendiri, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Lembaga Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Bandung dan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang meneliti tentang pengaruh medan elektromagnetik terhadap kesehatan. Hasil penelitian tersebut, masih menjadi kontroversi, karena pengukuran tingkat pajanan tidak menggunakan dosimetri, sehingga besar pajanan medan elektromagnetik pada individu yang diteliti tidak bisa diketahui. <sup>(1)</sup>

Bias ingatan (*recall bias*) merupakan salah satu bentuk bias informasi yang sering terjadi dalam studi kasus-kontrol, di mana ada perbedaan dalam upaya untuk mengingat pajanan yang pernah diterima antara kelompok kasus dan kelompok kontrol. <sup>(4, 6)</sup> Dalam studi tentang SUTET, individu-individu yang mengalami gangguan kesehatan (kelompok kasus) akan berusaha keras mengingat apakah dulu pernah terpajan oleh medan elektromagnetik, sedangkan individu yang sehat (kelompok kontrol) pada umumnya kurang berupaya mengingat adanya pajanan tersebut.

## 2. Faktor Peluang

Untuk meyakinkan adanya hubungan kausalitas, kemungkinan adanya faktor peluang harus bisa diperkecil. Beberapa parameter statistik yang digunakan untuk menilai kekuatan hubungan atau kemungkinan adanya faktor peluang antara lain adalah nilai-*p*, nilai *r* (koefisien regresi), nilai *Risk Ratio* (RR) atau *Odds Ratio* (OR), dan *95% Confidence Interval* (95% CI). <sup>(5)</sup> Nilai-*p* yang kecil (misalnya kurang dari 0,01), nilai koefisien regresi

yang mendekati angka 1, atau nilai RR atau OR yang besar (menjauhi angka 1) dan 95% CI yang tidak melewati angka satu atau kisaran angkanya tidak terlalu lebar, merupakan indikator yang bisa memperkecil kemungkinan adanya faktor peluang.

### 3. Perancu

Perancu atau konfounding adalah variabel yang berhubungan dengan variabel bebas dan variabel terikat, tetapi bukan merupakan variabel antara. <sup>(6, 7)</sup> Dalam studi yang mengkaji pengaruh pajanan medan elektromagnetik terhadap kejadian leukemia, kegagalan dalam mengendalikan adanya pajanan lingkungan lain yang juga dapat memicu timbulnya leukemia, seperti pajanan terhadap pelarut benzen, merupakan ancaman terhadap terjadinya bias akibat perancu ini. <sup>(8)</sup> Beberapa variabel yang merupakan karakteristik subyek penelitian, seperti jenis kelamin, umur, status kesehatan, status gizi, lama tinggal di lokasi SUTET, juga mempunyai potensi untuk menjadi perancu.

Identifikasi variabel perancu ini amat penting, karena bila tidak, dapat membawa kita pada kesimpulan yang salah, misalnya kesimpulan tentang hubungan antara pajanan terhadap SUTET dengan kejadian leukemia, padahal sebenarnya hubungan tersebut tidak ada, atau sebaliknya, kesimpulan tidak ada hubungan padahal sebenarnya ada hubungan.

Upaya pengendalian perancu di awal penelitian, misalnya dengan restriksi, seringkali membuat jumlah subyek menjadi sangat terbatas. Penggunaan uji hipotesis dengan metode multivariat adalah salah satu solusi yang sering digunakan untuk melihat adanya pengaruh dari berbagai perancu. Namun, penggunaan metode multivariat ini seringkali juga

menimbulkan masalah dalam interpretasinya, terutama berkaitan dengan asumsi-asumsi yang kompleks dan analisis yang didasarkan pada model-model ini sangat sensitif terhadap adanya penyimpangan. <sup>(6)</sup>

Dalam studi tentang pengaruh SUTET terhadap kesehatan manusia, banyak sekali perancu yang harus diperhitungkan, terutama yang berkaitan dengan *outcome* gangguan kesehatan yang jenisnya juga sangat beragam. Bila dikaji secara teoritis, hampir semua gangguan kesehatan yang mungkin timbul akibat pajanan radiasi elektromagnetik, baik yang sifatnya subyektif (berupa keluhan) seperti sakit kepala, pening, sulit tidur, dan sebagainya, maupun yang bersifat obyektif (terukur), seperti leukemia, gangguan pembentukan sperma, dan sebagainya, dipengaruhi juga oleh banyak variabel lain, seperti faktor genetik, seks, usia, status kesehatan, status gizi, faktor perilaku, dan sebagainya. Secara alami, manusia juga terpajan oleh zat radioaktif yang berasal dari bumi, seperti Radon dan Thoron. <sup>(2)</sup> Berkaitan dengan hal tersebut, harus bisa dipastikan adanya pengendalian terhadap perancu, sebelum kajian tentang hubungan kausalitas dilakukan.

Penelitian Anies di kabupaten Pekalongan, kabupaten Pemalang, dan kabupaten Tegal (2004) menunjukkan bahwa besar risiko terjadinya *electrical sensitivity* pada penduduk yang tinggal di bawah jaringan SUTET 500 kV adalah 5,8 kali dibanding dengan penduduk yang tidak tinggal di bawah jaringan SUTET 500 kV. *Electrical sensitivity* adalah gangguan fisiologis yang ditandai dengan sekumpulan gejala neurologis dan kepekaan terhadap medan elektromagnetik. Gangguan-gangguan tersebut berupa sakit kepala (*headache*), pening (*dizziness*), kelelahan yang konstan atau menahun (*chronic fatigue syndrome*), dan sulit tidur

(insomnia).<sup>(2, 9)</sup> Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *outcome* atau gangguan kesehatan yang muncul adalah gangguan yang sifatnya subyektif, sehingga sulit terukur dengan baik, dan kemungkinan besar lebih disebabkan oleh faktor psikologis (gangguan psikosomatis). Tidak bisa dipungkiri bahwa keberadaan kabel-kabel tegangan tinggi akan membawa rasa cemas dan kekhawatiran bagi masyarakat yang tinggal di sekitarnya.

### **Kajian Hubungan Sebab-Akibat Kasus SUTET**

Apabila faktor bias, faktor peluang dan perancu dianggap bukan lagi merupakan masalah, maka tahap selanjutnya adalah mengkaji apakah hubungan antara pajanan dengan *outcome* tersebut merupakan hubungan sebab-akibat. Dalam studi tentang SUTET, pertanyaannya adalah apakah adanya SUTET merupakan penyebab terjadinya gangguan-gangguan kesehatan pada masyarakat di sekitarnya ?

Menurut postulat Bradford Hill, ada sembilan hal yang harus dikaji untuk menentukan hubungan sebab-akibat, yaitu:<sup>(4, 7, 10)</sup>

- 1) Kekuatan hubungan
- 2) Konsistensi
- 3) Spesifisitas
- 4) Hubungan temporal
- 5) Hubungan dosis-respons
- 6) *Biologic plausibility*
- 7) Koherensi bukti-bukti
- 8) Bukti-bukti eksperimen, dan
- 9) Analogi

Berikut ini akan dikaji satu per satu kesembilan kriteria dari postulat Bradford Hill tersebut, terutama dikaitkan dengan studi tentang SUTET.

### **Kekuatan hubungan**

Bukti adanya hubungan yang kuat antara pajanan dengan *outcome* akan lebih menyokong terdapatnya hubungan sebab-akibat. Seperti telah dibahas sebelumnya (tentang faktor peluang), kekuatan hubungan bisa dinilai dari nilai-*p* yang kecil, koefisien regresi yang mendekati angka 1, atau nilai RR atau OR yang besar dengan 95% CI yang tidak melewati angka satu dan kisarannya tidak lebar.<sup>(4, 7, 10)</sup> Meski demikian, hubungan yang kuat bisa saja bukan merupakan hubungan sebab-akibat dan hanya merupakan hasil yang terdistorsi oleh pengaruh faktor risiko lainnya yang berkorelasi kuat dengan pajanan yang diteliti.<sup>(4)</sup>

Dalam studi tentang hubungan antara pajanan terhadap medan elektromagnetik dengan kejadian leukemia pada anak, kekuatan hubungan dinilai dari perbandingan antara angka kejadian leukemia pada kelompok anak-anak yang terpajan dengan angka kejadian leukemia pada kelompok anak-anak yang tidak terpajan. Namun, dalam kenyataannya tidak ada satu populasi atau kelompok individu yang sama sekali tidak pernah terpajan oleh medan elektromagnetik; yang ada adalah perbedaan dalam tingkat (dosis) pajanannya. Hubungan antara tingkat pajanan terhadap medan elektromagnetik dengan terjadinya leukemia pada anak adalah lemah, dan banyak studi menunjukkan tidak ada hubungan antara pajanan yang relatif tinggi dengan penyakit tersebut.<sup>(8, 10)</sup>

### **Konsistensi**

Apabila terdapat hasil yang konsisten antara satu penelitian dengan penelitian lain, maka kemungkinan adanya hubungan sebab-akibat menjadi lebih besar. Makin konsisten dengan studi-studi lainnya, yang dilakukan pada populasi dan lingkungan

yang berbeda, makin kuat pula keyakinan hubungan kausal. <sup>(4, 10)</sup>

Hasil-hasil studi tentang pengaruh pengaruh SUTET terhadap timbulnya gangguan kesehatan belum menunjukkan adanya konsistensi tersebut. Sebuah studi yang dilakukan pada tahun 1979, memberikan petunjuk tentang adanya hubungan antara tinggal di dekat jaringan SUTET dengan terjadinya leukemia pada anak. <sup>(11)</sup> Namun, studi-studi selanjutnya menunjukkan hasil yang bervariasi. Beberapa studi menunjukkan adanya hubungan (asosiasi), sementara yang lainnya tidak. Para peneliti menyatakan bahwa belum cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa medan elektromagnetik SUTET bisa menyebabkan leukemia maupun keganasan lainnya pada anak. <sup>(12)</sup>

Sebagian besar studi epidemiologi menunjukkan tidak ada hubungan antara kejadian kanker payudara dengan pajanan terhadap medan elektromagnetik yang berasal dari SUTET maupun peralatan elektronik yang dipakai dalam rumah tangga. Studi lain menyimpulkan bahwa tidak ada hubungan antara kejadian kanker payudara pada wanita dengan medan elektromagnetik SUTET atau penggunaan selimut elektrik. <sup>(13-16)</sup> Sementara itu, beberapa studi menunjukkan hasil yang berbeda. Sebuah studi di Norwegia membuktikan adanya hubungan antara pajanan terhadap medan elektromagnetik di rumah dengan kejadian kanker payudara. <sup>(17)</sup> Studi pada wanita Amerika keturunan Afrika juga menunjukkan adanya peningkatan risiko menderita kanker payudara pada wanita yang menggunakan perlengkapan tidur elektrik. <sup>(18)</sup>

Dalam kurun waktu enam tahun (1982-1988) terdapat sekitar 12 hasil studi tentang hubungan pajanan medan elektromagnetik dengan kejadian leukemia pada

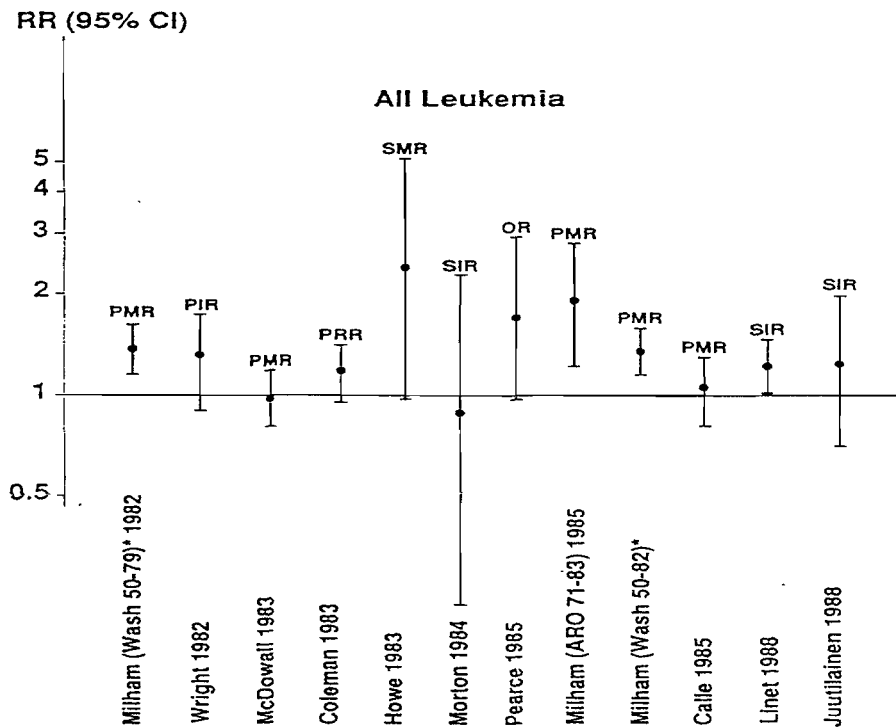
pekerja di bidang elektrik yang telah dipublikasi. Hasil studi-studi tersebut menunjukkan ketidakkonsistenan, dengan delapan studi mempunyai 95% CI untuk RR yang kisarannya melewati angka satu, seperti tampak pada Gambar 1. <sup>(8)</sup>

### Spesifisitas

Kriteria spesifisitas menegaskan bahwa faktor kausal menghasilkan hanya sebuah penyakit dan bahwa penyakit itu dihasilkan dari hanya sebuah kausa tunggal. Makin spesifik efek pajanan, makin kuat simpulan hubungan kausal. Begitu pula, makin spesifik 'penyebab' makin kuat hubungan kausal. <sup>(10)</sup>

Kriteria spesifisitas merupakan sebuah kriteria yang sulit bahkan kemungkinan besar tidak mungkin dipenuhi oleh hubungan pajanan medan elektromagnetik dengan gangguan kesehatan apapun. <sup>(10)</sup> Sebagian besar *outcome* kesehatan yang dikaji dalam studi tentang medan elektromagnetik, merupakan keadaan yang penyebabnya multifaktor. Demikian pula sebaliknya, medan elektromagnetik diduga menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, tidak hanya satu jenis gangguan yang spesifik. Keganasan, seperti leukemia atau kanker otak misalnya, sampai saat ini faktor penyebabnya masih belum pasti. Faktor genetik, pajanan terhadap radiasi, gaya hidup, dan sebagainya diduga juga berperan terhadap terjadinya gangguan kesehatan tersebut.

Kriteria spesifisitas sebenarnya kurang memiliki landasan yang kuat. Banyak kejadian yang membuktikan bahwa satu peristiwa dapat mengakibatkan berbagai peristiwa lainnya, sehingga kausalitas tidak dapat disingkirkan berdasarkan ketiadaan spesifisitas. <sup>(4)</sup>



**Gambar 1: Risiko Leukemia pada Pekerja di Bidang Elektrik <sup>(8)</sup>**

Keterangan:

PMR = *Proportional Mortality Ratio*; PIR = *Proportional Incidence Ratio*; PRR = *Proportional Risk Ratio*; SMR = *Standardized Mortality Ratio*; SIR = *Standardized Incidence Ratio*

### Hubungan Temporal

Untuk memastikan bahwa sebuah faktor merupakan penyebab suatu penyakit atau gangguan kesehatan, maka harus bisa dipastikan bahwa pajanan terhadap faktor tersebut terjadi atau berlangsung sebelum terjadinya *outcome* (penyakit). Dalam kajian tentang SUTET, harus bisa dipastikan bahwa terjadinya leukemia misalnya, terjadi setelah adanya pajanan jangka panjang dari medan elektromagnetik. Kita bisa saja berasumsi atau menyimpulkan bahwa terjadinya pajanan terhadap medan elektromagnetik, terjadi sebelum terjadinya

leukemia, karena kita memang selalu terpajanan oleh medan elektromagnetik, terutama yang berasal dari peralatan elektronik yang biasa kita gunakan sehari-hari. Namun, apakah dosis pajanan tersebut sudah mencukupi untuk bisa menyebabkan leukemia? Selain itu, kita juga tidak mungkin bisa mengetahui kepastian kapan mulai timbulnya (onset) dari penyakit tersebut. <sup>(10)</sup> Aspek lain yang harus dikaji dalam penentuan hubungan temporal adalah desain studi. Sebagai contoh, studi eksperimen dan studi kohort bisa menunjukkan hubungan temporal yang jelas, tetapi pada studi kasus-kontrol

dan studi *cross-sectional*, hubungan itu samar, tidak jelas mana yang ada lebih dulu.<sup>(4)</sup>

### 5. Hubungan Dosis-Respons

Perubahan intensitas pajanan yang selalu diikuti oleh perubahan frekuensi penyakit menguatkan simpulan hubungan sebab-akibat.<sup>(4)</sup> Dalam studi tentang medan elektromagnetik, harus bisa dibuktikan bahwa meningkatnya dosis pajanan terhadap gelombang elektromagnetik akan diikuti dengan meningkatnya derajat atau beratnya penyakit (misalnya leukemia), agar kriteria hubungan dosis-respons ini bisa dipenuhi. Namun, terdapat kendala dalam pembuktian ini, salah satunya adalah sulitnya mengukur dosis pajanan individu. Pemakaian dosimetri untuk mengukur pajanan individu terhadap medan elektro-magnetik merupakan metode yang bisa dipakai untuk membuktikan adanya hubungan dosis-respons ini. Kendala lain untuk bisa terpenuhinya kriteria ini adalah kenyataan bahwa sebagian *outcome* gangguan kesehatan yang diteliti merupakan variabel dengan skala nominal (dikotom), sehingga hubungan dosis respons tidak bisa diamati.<sup>(10)</sup>

Tidak terpenuhinya kriteria hubungan dosis-respons tidak menyingkirkan kemungkinan adanya hubungan kausal, karena dikenal konsep nilai ambang batas dan tingkat saturasi. Selama nilai ambang batas atau tingkat saturasi belum dicapai oleh dosis pajanan, maka perubahan dosis tidak akan diikuti oleh perubahan respons perubahan kejadian penyakit.<sup>(4)</sup>

Dalam studi tentang medan elektromagnetik, adanya peningkatan nilai OR pada beberapa batas (*cutoff point*) dosis pajanan, bisa menjadi petunjuk adanya hubungan dosis-respons. Studi di Swedia yang bertujuan menguji hipotesis bahwa

pajanan terhadap medan elektromagnetik dari SUTET akan meningkatkan angka kejadian leukemia pada anak-anak, membuktikan bahwa pada pajanan sebesar 0,2  $\mu$ T risiko terjadinya leukemia adalah sebesar 2,7 (95% CI = 1,0-6,3). Bila batas dosis pajanan ditingkatkan menjadi 0,3  $\mu$ T, maka risiko terjadinya leukemia naik menjadi 3,8 (95% CI = 1,4-9,3).<sup>(8)</sup> Peningkatan tingkat pajanan yang diikuti dengan bertambahnya nilai OR, mengindikasikan adanya hubungan dosis-respons.

Studi lain masih menunjukkan hasil yang inkonsisten dalam hubungan dosis respons. Suatu studi berhasil membuktikan adanya hubungan antara pemakaian peralatan elektrik semasa hamil dan masa anak-anak dengan kejadian leukemia pada anak. Namun, peneliti tidak bisa membuktikan adanya hubungan antara lama dan frekuensi menggunakan peralatan elektrik tersebut dengan meningkatnya risiko terkena leukemia.<sup>(19)</sup> Studi Qadrijati dan kawan-kawan menyimpulkan bahwa terdapat peningkatan yang bermakna rerata sel darah putih pada ibu-ibu yang tinggal di sekitar SUTET. Namun, studi ini juga tidak bisa membuktikan adanya hubungan dosis-respons, antara lain karena dosis pajanan individual tidak diukur.<sup>(20)</sup>

### 6. Biologic Plausibility

Keyakinan adanya hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel lainnya semakin kuat apabila mekanisme hubungan tersebut dapat dijelaskan secara biologis dan masuk akal (*biologically plausible*).<sup>(4, 10)</sup>

Asosiasi atau hubungan antara pajanan terhadap medan elektro-magnetik dengan kejadian leukemia secara biologis masuk akal (bisa dijelaskan secara biologis).<sup>(10)</sup> Meskipun sebagai radiasi non pengion, medan elektromagnetik tidak



mempunyai cukup energi untuk bisa memutuskan rantai DNA, namun telah ada teori yang menyebutkan bahwa peningkatan pajanan terhadap medan elektromagnetik akan menurunkan sintesis melatonin, suatu hormon yang bisa menekan (mencegah) pertumbuhan kanker. Hipotesis ini didukung oleh data dari hasil penelitian eksperimen, baik pada binatang maupun pada manusia. Namun, jenis leukemia yang ditemukan pada berbagai studi tentang medan elektromagnetik ternyata tidak spesifik. Perbedaan yang mencolok dalam hal patogenesis, patofisiologi, dan prognosis di antara berbagai jenis leukemia menunjukkan bahwa etiologinya juga kemungkinan berbeda-beda.<sup>(10)</sup>

## 7. Koherensi Bukti-bukti

Kriteria koherensi menekankan bahwa berbagai bukti yang tersedia tentang riwayat alamiah, biologi, dan epidemiologi penyakit harus koheren satu dengan lainnya, membentuk satu kesatuan pemahaman satu dengan lainnya. Dengan kata lain, hubungan kausal yang dihipotesiskan hendaknya tidak menunjukkan kontradiksi dengan informasi yang diperoleh dari berbagai sumber pengetahuan lainnya, baik eksperimen (manusia dan hewan), laboratorium (*in vivo* dan *in vitro*), hasil studi klinis, patologis, dan epidemiologis (baik deskriptif maupun analitik).<sup>(4)</sup>

Hubungan antara pajanan medan elektromagnetik dengan leukemia sudah sesuai (koheren) dengan pengetahuan lain yang berkaitan dengan riwayat alamiah leukemia pada anak. Bukti lain yang mendukung adalah hubungan antara pajanan terhadap radiasi pengion pada saat dalam kandungan dengan kejadian leukemia pada anak. Adanya pajanan terhadap zat karsinogenik lain pada saat hamil juga bisa menyebabkan terjadinya leukemia; ber-

dasarkan bukti-bukti adanya koherensi tersebut, maka hubungan antara medan elektromagnetik dengan leukemia adalah sesuatu yang mungkin terjadi.<sup>(10)</sup>

## 8. Bukti-bukti Eksperimen

Hubungan kausal dapat diyakinkan melalui bukti-bukti eksperimental, jika perubahan variabel bebas (faktor risiko) selalu diikuti oleh perubahan variabel terikat (*outcome*).<sup>(4)</sup> Dalam studi tentang SUTET, pendekatan secara eksperimen pada manusia adalah sesuatu yang tidak mungkin, karena terhambat masalah etika. Studi eksperimen pada binatang belum mendapatkan bukti bahwa pajanan terhadap medan elektromagnetik berhubungan dengan peningkatan risiko terjadinya kanker. Belum adanya bukti-bukti eksperimen pada binatang tentang efek karsinogenik dari medan elektromagnetik, membuat kurang kuatnya bukti-bukti biologis bahwa pajanan terhadap medan elektromagnetik berhubungan dengan meningkatnya risiko terkena kanker.<sup>(12)</sup> Meskipun demikian, studi eksperimental sebelumnya membuktikan bahwa rerata kadar hormon melatonin pada tikus yang diberi pajanan medan elektromagnetik sebesar 39 kV/m lebih rendah dibanding kontrol.<sup>(8)</sup>

Mekanisme kerja (efek) dari medan elektromagnetik terhadap manusia sudah diketahui, namun pajanan secara langsung dengan dosis yang terukur (dalam studi eksperimental) tentu akan memberikan hasil yang berbeda dibandingkan dengan pajanan yang terjadi di lingkungan, di mana dosis pajanan sulit diukur dan dipengaruhi banyak faktor lain.<sup>(10)</sup>

## 9. Analogi

Pada beberapa situasi, kriteria analogi dapat dipakai sebagai pendukung hubungan kausal.<sup>(4)</sup> Bila terdapat bukti bahwa suatu pajanan lingkungan lain, yang karakteristiknya (sifat-sifat fisiknya) mirip

(analog) dengan medan elektromagnetik, ternyata dapat menimbulkan *outcome* yang sama dengan pajanan terhadap medan elektromagnetik, maka bukti adanya hubungan kausalitas makin kuat. Namun, sampai saat ini belum ada analogi yang jelas untuk hubungan pajanan-*outcome* dari medan elektro-magnetik. Pajanan terhadap radiasi pengion (seperti sinar Rontgen) pada janin, memang terbukti bisa menyebabkan timbulnya leukemia pada anak.<sup>(10)</sup> Namun sifat-sifat fisik dari medan elektromagnetik, yang merupakan radiasi non-pengion, berbeda dengan radiasi pengion, sehingga efeknya pun berbeda.<sup>(2, 10)</sup>

## KESIMPULAN

Penelitian tentang pengaruh pajanan SUTET (medan elektromagnetik) terhadap timbulnya gangguan kesehatan telah banyak dilakukan, namun hasilnya masih kontroversial satu dengan lainnya. Untuk memastikan bahwa pajanan terhadap medan elektromagnetik bisa menyebabkan gangguan kesehatan, seperti leukemia atau kanker otak pada anak, diperlukan kajian epidemiologi yang mendalam, khususnya di bidang epidemiologi lingkungan.

Kajian tersebut meliputi kajian terhadap aspek validitas dan kajian terhadap hubungan kausalitas (sebab-akibat) dari hasil-hasil studi tersebut. Kajian terhadap aspek validitas, meliputi kemungkinan adanya bias, kemungkinan adanya faktor peluang, dan kemungkinan adanya perancu. Sedangkan kajian terhadap hubungan kausalitas dari hasil studi meliputi kekuatan hubungan, konsistensi, spesifisitas, hubungan temporal, hubungan dosis-respons, *biological plausibility*, koherensi, dukungan bukti-bukti eksperimen, dan analogi.

Hasil kajian dari studi-studi tentang pengaruh pajanan medan elektromagnetik terhadap gangguan kesehatan, masih menunjukkan kurangnya bukti-bukti kausalitas, khususnya yang berkaitan dengan kekuatan hubungan, konsistensi, spesifisitas, dan analogi. Berdasarkan ilmu pengetahuan yang ada sampai saat ini pun belum bisa dipastikan adanya hubungan kausalitas tersebut. Sebaliknya, informasi yang ada juga belum bisa memastikan bahwa hubungan yang berhasil dibuktikan oleh beberapa studi, merupakan hubungan yang sifatnya palsu (kebetulan) atau tidak langsung.

Meskipun beberapa penelitian baru bisa membuktikan adanya hubungan pajanan dengan gangguan kesehatan yang bersifat subyektif (psikosomatis), namun temuan-temuan semacam ini tetap harus mendapatkan perhatian dari pihak-pihak terkait, khususnya PT. PLN, selaku pemegang otoritas perlistrikan di tanah air, karena gangguan kesehatan yang bersifat psikosomatis, seperti rasa cemas, sulit tidur, dan sebagainya dalam jangka panjang juga berpotensi memicu timbulnya gangguan kesehatan yang bersifat organik.

Bagi peneliti yang masih tertarik untuk mengkaji pengaruh SUTET terhadap kesehatan, studi prospektif, seperti kohort, merupakan pilihan terbaik, namun kesulitan dalam mengukur dosis pajanan serta lama pengamatan sampai timbulnya *outcome* (seperti keganasan) yang bisa mencapai puluhan tahun, merupakan kendala yang harus diperhitungkan sejak awal.

## DAFTAR RUJUKAN

1. Anies. Kajian Kritis Pajanan Gelombang Elektro Magnetik Terhadap Kesehatan. Makalah Seminar “Kajian Kritis SUTET dari Aspek Teknis, Sosial Lingkungan dan Kesehatan” Tanggal 7 Maret 2006, UNDIP, Semarang.

2. Anies. SUTET, Potensi Gangguan Kesehatan Akibat Radiasi Elektro-magnetik SUTET. Jakarta: PT Elex Media Komputindo; 2006:9-103.
3. World Health Organization. Magnetic Fields Environmental Health Criteria; 1987: 69: 82-5.
4. Murti B. Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi. (edisi kedua) jilid pertama. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press; 2003:84-246.
5. Sastroasmoro S. Telaah Kritis Makalah Kedokteran (1). Dalam: Sastroasmoro S, Ismael S, eds. Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis, Edisi ke-2. Jakarta: CV Sagung Seto; 2002:341-53.
6. Marsh GM. Statistical Issues in The Design, Analysis, and Interpretation of Environmental Epidemiologic Studies. In: Talbott EO, Craun GF, eds. Introduction to Environmental Epidemiology. Boca Raton: CRC Press; 1995:47-62.
7. Sastroasmoro S, Aminullah A, Rukman Y, Munasir Z. Variabel dan Hubungan antar-Variabel. Dalam: Sastroasmoro S, Ismael S, eds. Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis, Edisi ke-2. Jakarta: CV Sagung Seto; 2002:220-38.
8. Theriault G. Electromagnetic Fields and Cancer Risks. In: Talbott EO, Craun GF, eds. Introduction to Environmental Epidemiology. Boca Raton: CRC Press; 1995:175-83.
9. Anies. Electrical Sensitivity, Gangguan Kesehatan Akibat Radiasi Elektromagnetik. Jakarta: PT Elex Media Komputindo; 2005:14-61.
10. Traven ND, Talbott EO, Ishii EK. Association and Causation in Environmental Epidemiology. In: Talbott EO, Craun GF, eds. Introduction to Environmental Epidemiology. Boca Raton: CRC Press; 1995:39-46.
11. Wertheimer N, Leeper E. Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer. American Journal of Epidemiology 1979; 109(3):273-84.
12. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. Volume 80: Non-ionizing radiation, Part 1. Static and Extremely Low-Frequency (ELF) electric and Magnetic Fields. IARC Working Group on The Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France; 2002.
13. Schoenfeld ER, O'Leary ES, Henderson K, et al. Electromagnetic Fields and Breast Cancer on Long Island: A Case-Control Study. American Journal of Epidemiology 2003; 158:47-58.
14. London SJ, Pagoda JM, Hwang KL, et al. Residential Magnetic Field Exposure and Breast Cancer Risks: A Nested Case Control Study from A Multi-Ethnic Cohort in Los Angeles, California. American Journal of Epidemiology 2003; 158:969-80.
15. Davis S, Mirick DK, Stevens RG. Residential Magnetic Fields and The Risk of Breast Cancer. American Journal of Epidemiology 2002; 155:446-54.
16. Kabat GC, O'Leary ES, Schoenfeld ER, et al. Electric Blanket Use and Breast Cancer on Long Island. Epidemiology 2003; 14(5):514-20.
17. Kliukiene J, Tynes T, Andersen A. Residential and Occupational Exposures to 50-Hz Magnetic Fields and Breast Cancer in Women: A Population-Based Study. American Journal of Epidemiology 2004; 159(9):852-61.
18. Zhu K, Hunter S, Payne-ilks K, et al. Use of Electric Bedding Devices and Risk of Breast Cancer in African-American Women. American Journal of Epidemiology 2003; 158:798-806.
19. Hatch EE, Linet MS, Kleinerman RA, et al. Association Between Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia and Use of Electrical Appliances During Pregnancy and Childhood. Epidemiology 1998; 9(3):234-45.
20. Qadrijati I, Soejatno B, Suharyana. Pengaruh Paparan Medan Elektromagnetik Terhadap Sel Darah Putih Manusia. Sains Kesehatan 2005; 18(1):127-38.