

EM ISI RADIASI MEDAN ELEKTROMAGNETIK KABEL KOMUNIKASI BROADBAND

Sumami Mardjoeki
Peneliti Puslit KIM-LIPI Puspiptek-Serpong

ABSTRACT

Broadband communication technology transmits data in high speed. Broadband communications using aerial cable as its transmission medium, will radiate electromagnetic field into its surrounding environment. The radiated electromagnetic field U a potential source of interference, especially with other frequency radio devices, which are operated in the same frequency range. In this case, the long wires carrying broadband signals will generate a radio frequency electromagnetic emission. This paper makes a study about interference from the xDSL (Digital Subscriber Line) communication broadband signals, which using an existing telephone subscriber loop cable network as its transmission medium. Generally, the subscriber loop cable is an aerial cable. In order to make the radiation influence does not impact the other radio equipment performance, the standard CISPR 22 regulates the limits, which are 35 dBu V (average) at a distance of 30 m for Class A (industrial) equipment and at a distance of 10 m for Class B (residential) equipment

ABSTRAK

Teknologi komunikasi broadband mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi. Komunikasi broadband yang menggunakan kabel di udara sebagai media tranaraisuiya, akan meradiasikan medan elektromagnetik ke lingkungan seltitarnya. Medan elektromagnetik yang diradiasikan merupakan sumber interferons! yang potensial, terutama dengan peralatan radio frekuensi lain yang bekerja pada daerah frekuensi yang saraa. Dalara hal ini, kabel panjang yang menyalurkan sinyal-sinyal broadband akan menimbulkan emisi elektromagnetik frekuensi radio. Makalah ini berupa tinjauan tentang interferensi dari sinyal-sinyal komunikasi broadband xDSL (Digital Subscriber line) yang menggunakan jaringan kabel loop telepon pelanggan yang ada sebagai media transmisinya. Pada umumnya kabel loop pelanggan berupa kabel udara, agar pengaruh radiasi tidak menimbulkan dampak terhadap kinerja peralatan radio lain, standar CISPR 22 mengatur batasan, yaitu 35 dBu V (average) pada jarak 30 m untuk peralatan kelas A (industri) dan pada jarak 10 m untuk peralatan kelaa B (peruroahan).

1 FW PAHULUAM

Ar*^{nfr}*[^] untuk televisi digital dan koneksi Internet membutuhkan kecepatan transmisi data yang tinggi. Layanan digital dengan kecepatan transmisi yang aaagat tinggi akan tersedia dengan menggunakan jaringan akses kabel telepon yang telah ada. Layanan ini menggunakan modem yang terhubung ke eahiran telepon dengan menggunakan teknologi broadband, seperti xDSL (Digital Subscriber Line). Hal ini mengatasi

masalah biaya tinggi untuk mengganti jaringan kabel telepon yang ada dengan jaringan kabel serat optik, tetapi frekuensi tinggi mengubah kabel tembaga teraebut menjadi antena yang meradiasikan gelombang elektromagnetik pada frekuensi yang digunakan oleh peralatan radio lain.

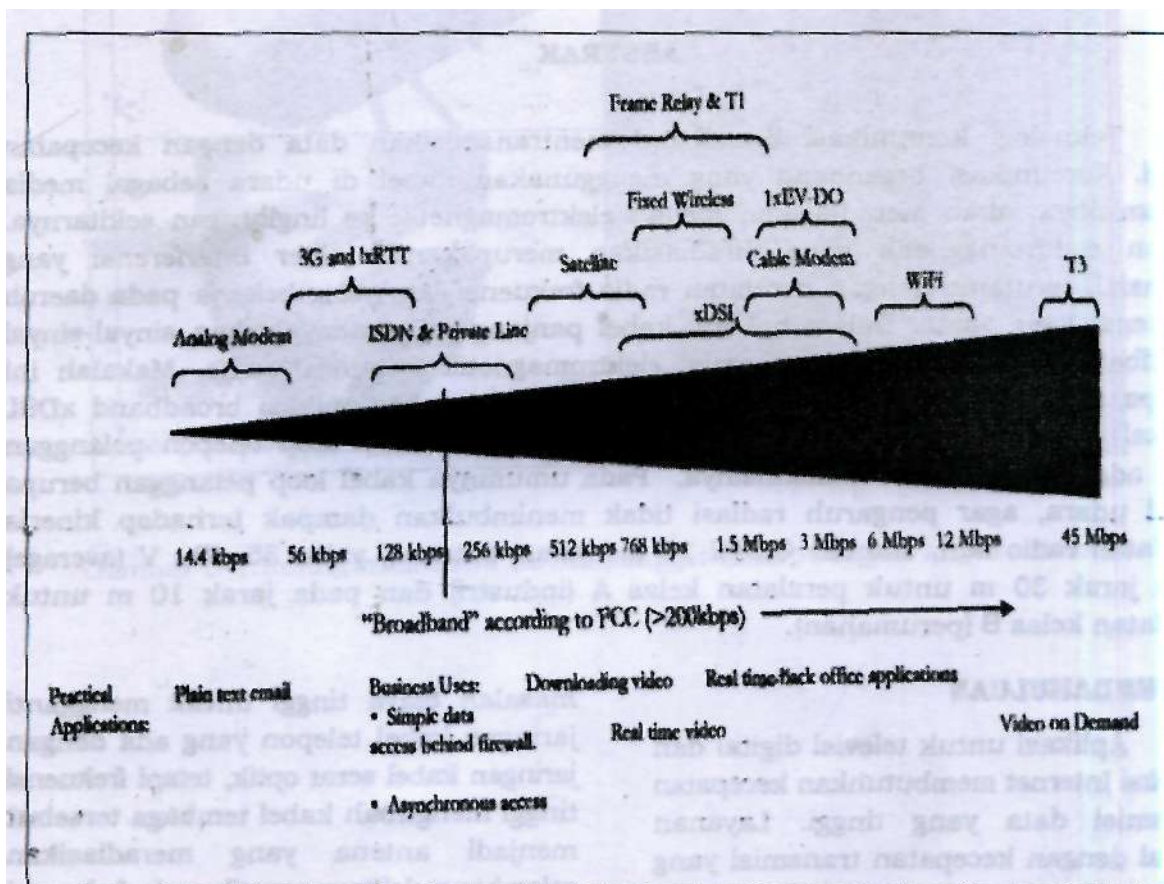
Path coupling yang berbeda terjadi an tar a tegangan dan arus pada kabel tembaga terhadap arus dan tegangan pada antena dari peralatan radio lain.

Dalam hal ini terdapat tiga media yang berbeda, yaitu saluran transmisi berupa kabel telepon tembaga dan antena dari penerima radio lain. Pada kabel tembaga mengalir sinyal-sinyal *common-mode* dan sinyal-sinyal *differential-mode*. Setiap sinyal, masing-masing akan membentuk *path coupling* melalui mediasi udara dengan antena penerima radio lain. *Path coupling* yang terjadi ditentukan oleh jarak antara kabel dengan antena, yaitu model *near-field* dan model *far-field*, di mana masing-masing terbagi lagi ke dalam model elektrik dan model magnetik.

Seberapa besar kuat sinyal yang dibangkitkan oleh *path coupling* tersebut yang masih tidak menginterferensi perangkat radio lain, dibatasi oleh regulasi yang ditetapkan oleh standar *Electromagnetic Compatibility* (EMC) yang berlaku di lokasi atau negara yang bersangkutan.

Definisi *broadband* terdefinisi sebagai komunikasi dengan kecepatan data tinggi. Belum ada definisi *broadband* yang berlaku, tetapi pada umumnya *broadband* dikaitkan dengan kecepatan transmisi datanya. Gambar 2-1 menunjukkan pembatasan kecepatan transmisi data dari berbagai teknologi akses komunikasi dan aplikasinya menurut FCC (*Federal Communication Commission*), dan kecepatan transmisi data >20 kbps dinyatakan sebagai *broadband*.

Berdasarkan mekanisme pengiriman dan waktu, definisi *broadband* mempunyai batasan kecepatan transmisi data seperti dalam Tabel 2-1.



Gambar 2-1: Kecepatan transmisi data, teknologi komunikasi dan aplikasinya

Tabel2-1:DEFINISI BROADBAND SE-BAGAI FUNGSI DARI PENGIRIMAN DAN WAKTU

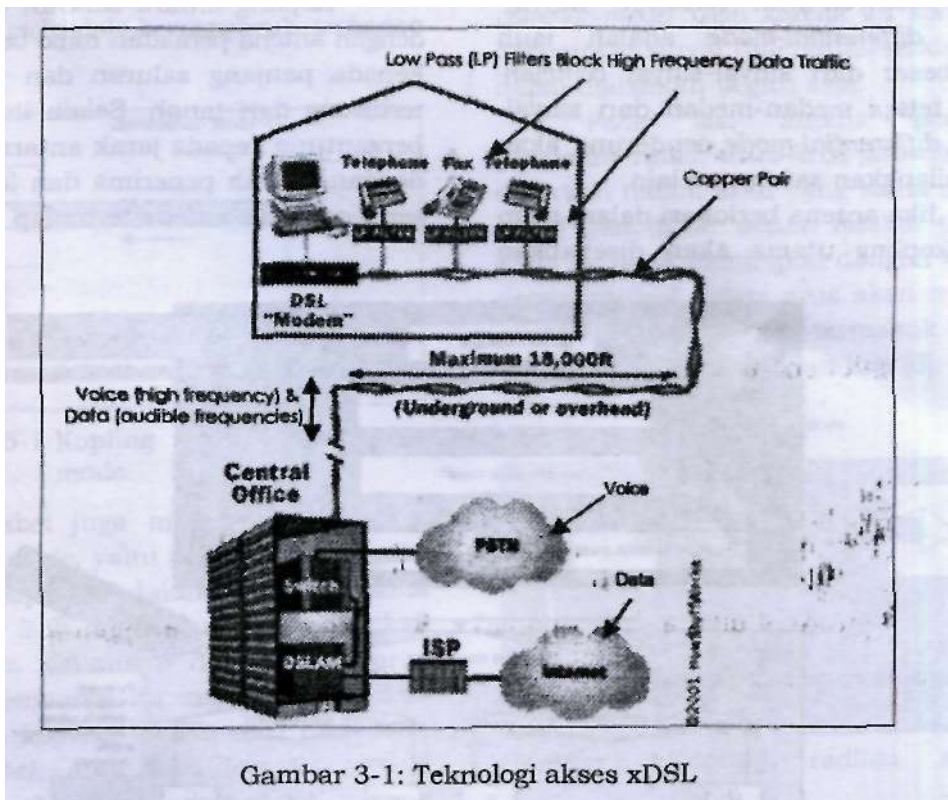
| BROADBAND | | | |
|----------------------------|----------|----------|----------|
| Mekanisme pengiriman | 2003 | 2004 | 2005 |
| Kabel | 1 Mbps | 2 Mbps | 4 Mbps |
| Fixed wireless & Satellite | 500 kbps | 1 Mbps | 2 Mbps |
| Mobile wireless | 300 kbps | 600 kbps | 1,2 Mbps |

3 SALURAN DIGITAL UNTUK PELANGGAN (xDSL)

DSL adalah bentuk umum dari salah satu teknologi akses *broadband* yang mengirimkan data melalui jaringan

telepon umum. Data disalurkan melalui saluran kabel telepon tembaga pada orde kecepatan dalam megabit dengan menggunakan frekuensi yang jauh di atas frekuensi yang dapat didengar oleh telinga manusia. DSL adalah teknologi yang selalu *on* artinya bahwa semua komputer selalu terkoneksi pada Internet tanpa memerlukan tam-bahan *log-on* untuk mengaksesnya. Teknologi ini membawa suara dan data secara bersamaan melalui saluran kabel yang sama, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 3-1.

DSL mampu mengirimkan dan mendukung aplikasi dengan *bandwidth* lebar, seperti *streaming video*, *game* secara *on-line*, dan konferensi.



Gambar 3-1: Teknologi akses xDSL

Teknologi ini disebut xDSL, karena tersedia dalam banyak versi, diantaranya ADSL (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*), SDSL (*Symmetrical Digital Subscriber Line*), dan VDSL (*Very high bit-rate Digital Subscriber Line*) masing-masing dengan tipikal kecepatan data tinggi hingga 30 Mbps. Jarak tempuh maksimum 18.000 feet (Gambar 3-1).

4 TINJAUAN TEORI

Tinjauan teori ditekankan pada emisi radiasi dari saluran-saluran telekomunikasi yang sangat panjang pada frekuensi sampai 30 MHz yang berlokasi di udara, dan interferensi yang terjadi dengan peralatan radio lain. Keseluruhan jalur terdiri dari keluaran daya dari modem dan merambatkan sinyal melalui

koneksi saluran transmisi, kemudian melalui udara dan antena penerima, masuk ke dalam peralatan radio lain. Jalur tersebut ditunjukkan pada Gambar 4-1. Teori yang digunakan adalah teori saluran transmisi dan teori elektromagnetik, yang terutama berdasarkan pada persamaan Maxwell.

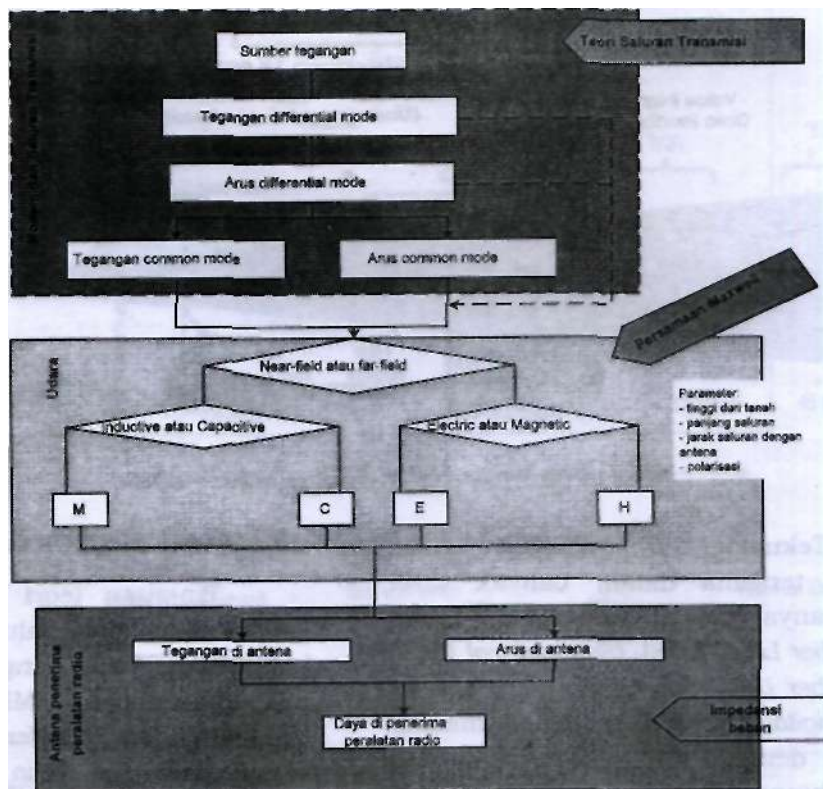
Secara ideal, sinyal pada saluran transmisi dapat dibagi kedalam sinyal *differential-mode* dan sinyal *common-mode*. Sinyal-sinyal dari kedua mode tersebut akan menghasilkan emisi interferensi yang dapat diterima oleh antena dari peralatan radio lain. Untuk saluran telekomunikasi di udara, penyebab utama dari daya yang diemisikan adalah yang disebabkan oleh sinyal-sinyal *common-mode* pada saluran tersebut. Sinyal-sinyal *differential-mode* adalah jauh lebih besar dari sinyal-sinyal *common-mode*, tetapi medan-medan dari sinyal-sinyal *differential-mode* cenderung akan menghilangkan satu sama lain.

Jika antena berlokasi dalam *near-field*, kopling utama akan disebabkan

oleh adanya impedansi bersama, kapasitif (energi listrik) atau induktif (energi magnetik). Jika antena berlokasi dalam *far-field*, akan terjadi medan elektromagnetik baik medan listrik (E) maupun medan magnet (H), dan antena akan menerima medan yang diradiasikan tersebut.

Dengan demikian, akan terjadi delapan jalur kopling yang berbeda antara tegangan dan arus dari saluran telekomunikasi dengan tegangan dan arus pada antena peralatan radio lain yang diinterferensi. Jalur-jalur kopling tersebut terdiri dari empat jalur yang disebabkan oleh sinyal-sinyal *common-mode* dan empat jalur yang disebabkan oleh sinyal-sinyal *differential-mode*.

Kopling antara saluran transmisi dengan antena peralatan radio bergantung kepada panjang saluran dan tingginya terhitung dari tanah. Selain itu kopling bergantung kepada jarak antara saluran dengan antena penerima dan lokasinya, serta polaritas antena terhadap saluran.



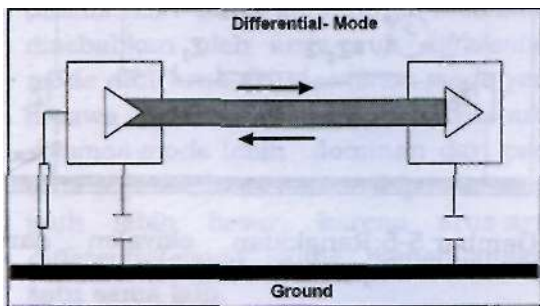
Gambar 4-1: Jalur kopling dari keluaran modem hingga antenna penerima

5 PEMBAHASAN

Pembahasan berkaitan dengan penentuan faktor-faktor utama yang mempengaruhi kopling antara saluran telekomunikasi yang merambatkan sinyal-sinyal xDSL di udara dengan antenna peralatan radio lain. Batasannya adalah frekuensi-frekuensi hingga 30 MHz.

Pembahasan diawali pada sisi modem sebagai sumber sinyal dan saluran transmisi sebagai penyalur sinyal-sinyal yang dikirimkan. Sinyal-sinyal yang dikirimkan terdiri dari arus-arus *differential-mode* dan *common mode*

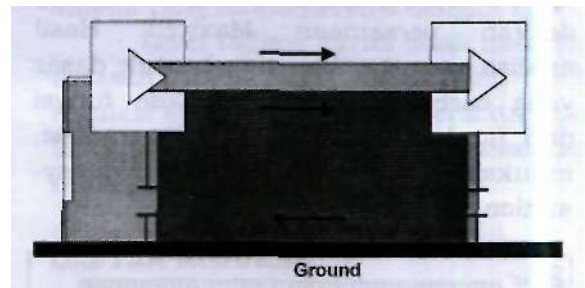
Kabel atau saluran transmisi menyalurkan arus *differential-mode* (bolak-balik) sepanjang *loop* kedua kabel (Gambar 5-1). *Ground* tidak berpengaruh terhadap kopling.



Gambar 5-1: Kopling radiasi differential-mode

Kabel juga membawa arus-arus *common mode*, yaitu semuanya mengalir pada setiap kabel dalam arah yang sama (Gambar 5-2). Arus-arus ini sering kali tidak ada kaitannya dengan arus-arus sinyal. Semuanya itu mungkin diinduksikan oleh kopling medan dari luar pada loop kabel, atau oleh lapisan *ground* dengan berbagai impedansi yang mengkoneksikan peralatan dengan *ground*, dan kemudian bisa menyebabkan arus-arus *differential* internal. Alternatif lain bisa dihasilkan oleh tegangan-tegangan noise internal antara titik acuan *ground* dengan kabel koneksi, dan menyebabkan emisi radiasi. Seperti terlihat pada Gambar 5-2, sinyal-sinyal pada kedua kabel seakan-akan hanya satu sinyal pada satu konduktor.

Common-Mode

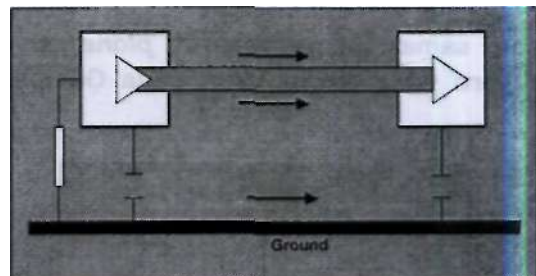


Gambar 5-2: Kopling radiasi common-mode

Arus *differential-mode* sangat kecil kecenderungannya untuk beradiasi dibandingkan dengan arus *common-mode*. Walaupun demikian, arus *differential-mode* biasanya mempunyai nilai yang jauh lebih besar dari pada sinyal-sinyal *common-mode*. Oleh karena itu kontribusi dari sinyal-sinyal *differential-mode* tidak dapat diabaikan begitu saja.

Pada sisi antenna penerima peralatan radio, arus-arus antenna-mode dialirkan dalam arah yang sama dengan kabel dan dasar acuan adalah *ground*. Arus ini tidak meningkat dengan adanya derau internal, tetapi arus akan mengalir apabila seluruh sistem, termasuk lapisan *ground*, diekspos ke medan luar [3].

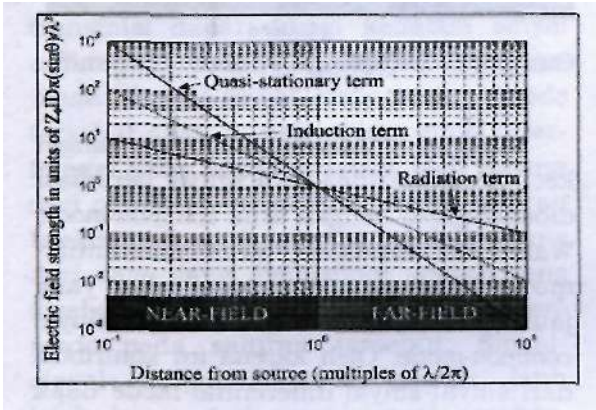
Antenna- Mode



Gambar 5-3: Kopling radiasi antenna-mode

Pada sisi udara terjadi kopling listrik dan magnetik (Gambar 5-3), yang jenisnya ditentukan oleh jarak antara kabel dengan antenna, apakah berada dalam daerah *near-field* atau *far-field*. *Near-field* berkonsentrasi dekat sumber di mana $d < \lambda$, sedangkan *far-field*, sesuai dengan namanya terletak jauh dari sumber, di mana $d > \lambda$ [4]. Medan

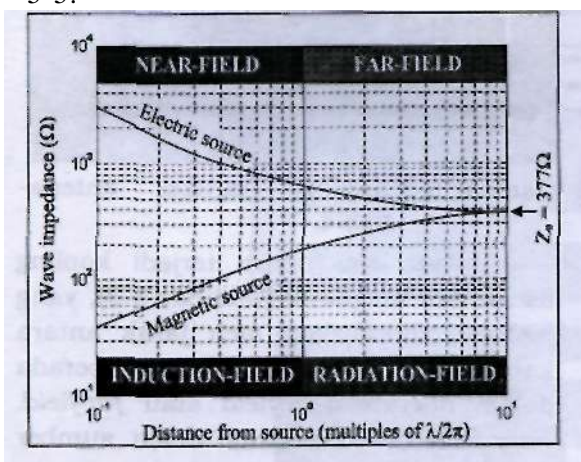
elektro-magnetik yang diradiasikan dari kabel dapat dianalisa dan dihitung dengan persamaan Maxwell. Hasil analisa mem-berikan tiga bentuk dasar yang berbeda yang merupakan fungsi dari jarak (Gambar 5-4), yaitu radiasi, induksi dan elektrostatik (quasy-stationary).



Gambar 5-4: Bentuk-bentuk kuat medan listrik

Jika $t \ll \lambda$, maka akan diperoleh E-field yang tinggi dan H-field yang rendah.

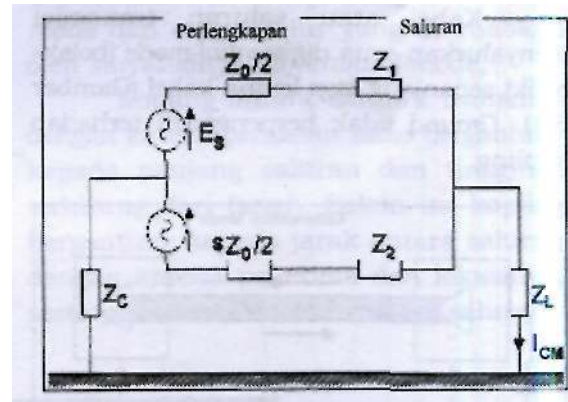
Jika $d \gg \lambda$, maka bentuk radiasi akan mendominasi dan impedansi gelombangnya akan mendekati impedansi ruang bebas, yaitu 377Ω . Dalam hal ini disebut sebagai *radiation-field*, di mana E-field dengan H-field akan sefasa dan orthogonal satu sama lain membentuk *plane wave* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5-5.



Gambar 5-5: Impedansi gelombang vs jarak, baik dari sumber elektrik maupun sumber magnetik

Sinyal-sinyal *common-mode* merupakan sebab utama dari medan elektromagnetik di sekitar kabel di udara, selama jarak antara konduktor-konduktor dalam kabel tersebut jauh lebih kecil dari jarak antara kabel dengan ground. Untuk sinyal-sinyal *differential-mode* fasanya berbeda 180° dan amplitudonya sama, oleh karena itu medan-medan yang dihasilkan oleh kedua konduktor akan cenderung saling menghilangkan.

Ditinjau dari saluran telekomunikasi diperoleh rangkaian ekuivalen dari peralatan dan saluran, seperti yang ditunjukkan Gambar 5-6.



Gambar 5-6: Rangkaian ekuivalen dari peralatan dan saluran

Keterangan:

- Z_c = impedansi beban terhadap ground
- $Z_1 + Z_2$ = impedansi differential-mode
- Z_1 paralel dengan Z_2 = impedansi common-mode
- Z_L = impedansi beban atau impedansi antena
- Z_0 = impedansi karakteristik saluran

Studi ini diperlukan untuk melakukan pengukuran radiasi medan elektromagnetik untuk dibandingkan dengan regulasi EMC (ElectroMagnetic Compatibility), apakah level medan yang dihasilkan tidak melebihi level yang diperbolehkan, agar kinerja peralatan radio dan telekomunikasi tetap seperti yang ditentukan.

Peralatan telekomunikasi diatur oleh TTE-directive (Telecommunications Terminal Equipment) 91/263/EEC, tetapi directive itu mengacu kepada EMC-

directive dalam aspek EMC. *Compliance* dengan aspek-aspek EMC dari TTE-directive biasanya diasumsikan jika peralatan tersebut telah diuji sesuai dengan *harmonized standard* EN 55 022. EN 55 022 belum mengandung batasan untuk medan-medan yang diradiasikan pada frekuensi dibawah 30 MHz. Walaupun demikian ada batasan yang diusulkan untuk medan-medan elektromagnetik dari port telekomunikasi pada CISPR subcommittee G, yang bertanggung-jawab pada standar CISPR 22. Batasan tersebut adalah 35 dBu V (*average*) pada jarak 30 m untuk peralatan kelas A (industri) dan pada jarak 10 m untuk peralatan kelas B (perumahan).

6 KESIMPULAK

Emisi medan elektromagnetik yang diradiasikan kabel komunikasi *broadband* disebabkan oleh arus-arus *differential-mode* dan arus-arus *common-mode* yang dibawa oleh kabel tersebut. Arus-arus *common-mode* lebih dominan dari pada arus *differential-mode*, meskipun nilainya jauh lebih besar, karena arus-arus *differential-mode* saling menghilangkan satu sama lain.

Besar dan jenis kuat medan elektromagnetik yang diradiasikan ber-

gantung pada jarak antara beban/antena yang terinterferensi dengan kabel.

Level radiasi harus tidak melebihi batasan level yang ditentukan oleh regulasi standar EMC yang berlaku, agar tidak mengganggu kinerja peralatan radio lain di sekelilingnya

DAFTAR RUJUKAN

- Johansson, Joachim and Lundgren, Urban, 1997. *EMC of Telecommunication lines*. University of Lulea, Sweden
- Langos, Geoffrey P., 2003. *An Assessment of New Broadband Wireless Technologies and Their Impact on Adoption Strategies for the Dominant Pmviders,*, Massachusetts Institute of Technology, Boston
- Schmitt, Ron, 2002. *Electromagnetics Expaiined: A Handbook for Wireless/RF, EMC, and High-Speed Electronics*, Elsevier Science, Massachussets
- Scott, John and Van Zyl, Clinton, 1997. *Introduction to EMC*, Newnes, Oxford
- Williams, Tim, 2001. *EMC for Product Designers 3^d Edition*, Newnes, Oxford