

PENGEMBANGAN JARINGAN KOMUNIKASI DATA PAKET RADIO ANTAR LEMBAGA PENDIDIKAN: SEBAGAI REALISASI TRI DHARMA PERGURUAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Oleh:

Soenarto, Suparman, Achmad Fatchi,
Umi Rochyati, Eko Marpanaji, Totok Sukardiyo
FT Universitas Negeri Yogyakarta

Abstrak

Pengaksesan data sudah sangat maju namun banyak kendala yang dihadapi oleh para sivitas akademika dan lembaga pendidikan baik pada sistem operasi maupun biaya operasi jaringan komputer lewat telepon yang dirasa masih berat. Salah satu alternatif untuk memecahkan masalah tersebut adalah mengembangkan jaringan komunikasi data paket radio, dan memanfaatkan untuk kepentingan pendidikan. Pendirian jaringan komunikasi data lewat radio memerlukan izin frekuensi, yang dapat dimiliki dalam bentuk konsesi, di mana 1 band frekuensi dipakai bersama di antara para pemakai jaringan. Oleh karena itu, untuk mengembangkan jaringan komunikasi data paket radio perlu dibentuk paguyuban jaringan sistem komunikasi data di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan nama Yogya-Net. Melalui penerapan IPTEK ini diharapkan terbentuk paguyuban jaringan komunikasi data paket radio dengan nama Yogya-Net yang berfungsi sebagai *Gateway*. Manfaat yang didapat dari pengabdian masyarakat dalam penerapan IPTEK ini adalah terjadinya pertukaran informasi antar lembaga pendidikan sehingga hasil-hasil penelitian dan produk-produk pendidikan dapat dilihat secara cepat. Di samping itu dengan jaringan komunikasi paket radio dimungkinkan adanya saling tukar pengalaman dan pengetahuan, pengembangan dan penerapan sistem komunikasi data di antara sivitas akademika di perguruan tinggi negeri dan swasta, para penggemar dan pemakai jaringan bagi anggota RAPI dan ORARI.

Untuk memecahkan masalah ditempuh beberapa langkah secara bertahap: (1) mengusahakan izin frekuensi; (2) membentuk paguyuban Yogya-Net yang anggotanya terdiri dari 11 perguruan tinggi dan 2 organisasi profesi; (3) pengembangan *hardware* dan *software*. Pengabdian dilaksanakan antara Agustus sampai dengan 7 Desember 1996. Kegiatan awal dimulai dengan pertemuan di antara calon anggota Yogya-Net, pembuatan dan percobaan modem, dan dilanjutkan dengan pembentukan Yogya-Net.

Hasil yang dicapai adalah telah terbentuk Yogya-Net dengan susunan anggota seperti pada lampiran. Telah dimiliki izin frekuensi dari RAPI dan Parpostel terlampir. Para peserta telah dapat merakit modem dan menggunakan untuk komunikasi data. Dari pelaksanaan pengabdian masyarakat ini dapat disimpulkan bahwa telah terbentuk Yogya-Net, merupakan sarana komunikasi lewat radio, masyarakat menunjukkan antusias dalam mengikuti program ini mulai dari pembentukan Yogya-Net, pembuatan modem dan percobaan mengoperasikan alat komunikasi. Selanjutnya disarankan untuk mensosialisasikan komunikasi data paket radio kepada para sivitas akademika, perguruan tinggi, dan masyarakat luas di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pendahuluan

Perguruan tinggi akan menghasilkan sumberdaya manusia profesional, sebagai pusat kajian IPTEK, dan merupakan lembaga yang berfungsi sebagai agen perubahan. Dalam mengemban misi Tri Dharma Perguruan Tinggi para sivitas akademika berinteraksi dengan masyarakat ilmiah, dengan industri, dengan pemerintah dan pihak swasta serta aktif dalam mensosialisasikan temuan-temuan hasil penelitiannya. Diharapkan perguruan tinggi dapat berperan sebagai pusat informasi IPTEK, sumber penemuan dan inovasi dan mampu meningkatkan pengetahuan dan kesejahteraan masyarakat lewat kegiatan pengabdian pada masyarakat. Semuanya itu akan terwujud apabila

didukung oleh sarana dan prasarana yang memadai dan arus informasi secara cepat, akurat, dan sesuai dengan kebutuhan dan sasaran pembangunan.

Mengapa demikian, jawabnya adalah informasi merupakan kebutuhan primer bagi kehidupan manusia pada era global ini. Dapat dikatakan manusia yang ketinggalan dalam akses informasi, sebagai indikator adanya keterbelakangan dan ketergantungan manusia tersebut dan yang lain. Untuk bisa mendapatkan informasi secara cepat dan tepat, dan memanfaatkannya secara optimal, perlu dipilih teknologi informasi yang tepat bagi pemakai, sesuai dengan kondisi di mana masyarakat berada, terciptanya sistem manajemen informasi yang sesuai, tersedianya sumber daya

manusia, dan didukung oleh fasilitas komunikasi yang handal.

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang sangat cepat pada dasa warsa terakhir telah memperlancar arus informasi antar benua, antar negara, antar daerah dan bahkan menjangkau di pelosok pedesaan. Sedangkan fasilitas pengolahan data dengan sistem komputer di setiap perguruan tinggi telah tersedia di fakultas, perpustakaan, lembaga pengabdian pada masyarakat, lembaga penelitian, pusat komputer, USIM, dan sebagainya. Di luar kampus, beberapa organisasi masyarakat dan bisnis seperti RAPI, ORARI, P.T. Idola, Wasantara, dsb. sudah terpasang jaringan telekomunikasi yang menawarkan fasilitas komunikasi jarak jauh. Namun demikian, peralatan pada masing-masing unit tersebut sekarang masih berdiri sendiri, terpisah satu sama lain, dan belum adanya *link* secara terpadu dengan perguruan tinggi.

Jaringan komunikasi data Paket Radio banyak dikembangkan di Indonesia mengingat sistem ini paling murah dalam biaya operasional dibandingkan dengan menggunakan jaringan telepon, meskipun dalam biaya awal sistem ini agak lebih tinggi. Di samping itu, kecepatan akses data yang rendah merupakan kelemahan yang masih sulit diatasi.

Sistem Paket Radio memiliki dua pengertian, kata "radio" yang berarti media pengiriman melalui gelombang radio dan kata "paket" yang menunjukkan data disusun dalam bentuk paket-paket kecil pada saat pengirimannya. Pengertian paket pada dasarnya hampir sama dengan paket yang dikirim melalui pos. Perbedaan antara paket yang dikirimkan melalui Pos akan dikirim dan diterima dalam keadaan utuh, sedangkan dalam komunikasi data, data yang akan dikirim dibagi dalam bentuk paket yang lebih kecil, masing-masing paket dikirimkan melalui saluran yang dapat berbeda. Sehingga penerima akan menyusun kembali paket-paket kecil menjadi data yang utuh kembali. Keuntungan sistem ini adalah jika terjadi kegagalan pada saat pengiriman (misalnya pada saat data dikirim tiba-tiba salah satu jaringan terputus), data dapat dikirim lewat jalan lain dengan sistem routing (Hunt, 1992; Stallings, 1991).

Beberapa permasalahan yang dihadapi oleh para sivitas akademika khususnya dan lembaga pendidikan pada umumnya adalah: (a) masih lemahnya sistem koneksi antara sistem yang ada, (b) biaya operasi jaringan komputer lewat telepon yang dirasa berat, (c) belum adanya kesiapan informasi yang betul-betul dibutuhkan untuk diakses, (e) belum semua sivitas akademika memahami pengaksesan data. Sebagai

alternatif untuk memecahkan masalah adalah terbentuknya sistem jaringan komunikasi data antar perguruan tinggi dan antara perguruan tinggi dengan masyarakat, pemerintah, dan lembaga swasta secara terpadu. Sedangkan untuk mengatasi masalah biaya pembayaran pulsa lewat telepon adalah sistem komunikasi data paket radio. Dengan demikian diperlukan organisasi komunikasi data paket radio antar perguruan tinggi dan masyarakat. Sistem ini dapat dijangkau dengan biaya operasi relatif rendah walaupun kecepatan akses data merupakan kendala yang sulit diatasi.

Jaringan komunikasi data paket radio telah didirikan oleh satu paguyuban/organisasi nonprofit bertaraf nasional yang bernama JASIPAKTA (Jaringan Sistem Komunikasi Paket Data). JASIPAKTA mempunyai misi pengembangan sistem komunikasi data sistem paket di antara berbagai perguruan tinggi, lembaga pemerintah, dan lembaga swasta. Paguyuban beroperasi menghubungkan jaringan ke berbagai perguruan tinggi sebagai sponsor) seperti UI, ITB, UGM dan STT-Telkorn; lembaga penelitian seperti LAPAN, BPPT dan LIPI; lembaga negara seperti kantor Menteri Perindustrian, BAPPENAS, BAKOSURTANAL. Beberapa perguruan tinggi yang sedang dalam taraf mengembangkan antara lain: ITI, UIL, IKIP Yogyakarta, ITS, UKSW, UNIBRAW, IPTN, PUSLIKOM TEK Sempong, Universitas Parahyangan dll. (Cahyadi Purbo, 1995). IKIP Yogyakarta, dalam hal ini Jurusan Elektronika FPTK, mengembangkan dan bergabung sebagai anggota JASIPAKTA.

Keberadaan jaringan komunikasi data di Indonesia sekarang ini masih sudah cukup handal antara lain PUSILKOM UI, PUSDATA Industri, LAPAN, Linjarkom Arta TELKOM-NET, PLN-NET, IPTEK-NET, INTI-NET PDII-Net, Bandung-Net, PEDC-Net Surabaya Net, SISDIKSAT, GAMA-Net dan YOGYA-Net. Di samping telah tumbuh dan berkembangnya jaringan komputer lokal (*local area network*) oleh PUSILKOM pada masing-masing universitas/Institut/Akademi untuk pelayanan administrasi akademik, manajemen, dan kemahasiswaan. Apabila keberadaan jaringan komputer tersebut setelah adanya sistem secara terpadu, dengan sistem interkoneksi yang baik, dimungkinkan para sivitas akademika dapat mengakses data yang tersimpan pada jaringan. Bahkan seorang mahasiswa dari PC yang di rumah dapat mengakses informasi dari laboratorium pusat penelitian, perpustakaan, dan unit pelayanan akademik di kampus (Tahir Ali, 1995).

Jika potensi tersebut di atas dianggap sebagai alternatif nasional, ada 4 hal pokok yang perlu mendapat

perhatian dalam rangka memanfaatkan potensi tersebut di atas: (1) sumber daya manusia, (2) substansi informasi yang akan diakses, (3) ketersediaan peralatan yang memadai dan (4) pengorganisasian kegiatan pertukaran informasi.

Untuk mengembangkan jaringan komunikasi data paket radio, dapat diidentifikasi dan dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membentuk Yogya-Net yang merupakan organisasi/paguyuban jaringan komunikasi paket data radio di DIY.
2. Bagaimanakah Yogya-Net dapat memiliki izin frekuensi secara konsesi yang dipakai bersama-sama oleh para anggota Yogya-Net.
3. Bagaimana mensosialisasikan ide pengembangan dan mengajak para sivitas akademika, anggota RAPI dan ORARI untuk menjadi anggota Yogya-Net dan bersama-sama melakukan percobaan.
4. Bagaimanakah para sivitas akademika dan penggemar komunikasi yang terhimpun dalam Yogya-Net dapat mengembangkan dan memanfaatkan jaringan.

Sebagai tujuan pokok dari kegiatan ini adalah:

- a. Membentuk satu paguyuban Jaringan Komunikasi Data Paket Radio dengan nama YOGYA-Net, yang berfungsi sebagai *gateway* dan dikembangkan bersama-sama beberapa perguruan tinggi, sekolah, dan RAPI & ORARI sebagai anggota.
- b. Mendapatkan izin frekuensi secara konsesi ke RAPI dan DEPARPOSTEL sebagai izin resmi penggunaan frekuensi radio sebagai sarana komunikasi.
- c. Melakukan pembuatan modem, perakitan sistem jaringan, dan melakukan uji coba pelaksanaan Komunikasi Data.
- d. Mengembangkan sistem komunikasi data (*hardware & software*) yang handal.

Adapun manfaatnya adalah agar dapat terjadi saling tukar informasi antara berbagai pihak dalam rangka meningkatkan mutu pendidikan dan layanan kepada masyarakat.

Metode Pengabdian

Untuk melaksanakan program digunakan beberapa metode:

- 1) Seminar/sarasehan tentang sistem komunikasi data.
- 2) Rapat dan diskusi pembentukan paguyuban Yogya-Net, melibatkan di Perguruan Tinggi, RAPI

dan ORARI, dan dilanjutkan pembentukan tim formatur dan penyusunan pengurus.

- 3) Pemasangan antena dan perakitan sistem hardware.
- 4) Pengembangan software.
- 5) Pembuatan modem dan pengetesan alat.
- 6) Percobaan & pemakaian jaringan komunikasi paket radio.

Hasil dan Pembahasan

Jaringan komunikasi paket data radio disebut juga Jaringan Komunikasi Pemancaran (*Broadcast Communication Network*). karena menggunakan media udara atau pemancar radio (*Wireless*). Oleh sebab itu untuk mengembangkan jaringan komunikasi data paket radio beberapa hal yang dilakukan dalam kegiatan ini antara lain:

- 1) Pengembangan hardware meliputi radio pemancar/penerima, modem, antena pemancar, dan fasilitas pendukung yang digunakan dalam pengembangan sarana komunikasi data.
- 2) Pengusahaan izin frekuensi ke RAPI/ORARI dan Deparpostel sebagai syarat formal penggunaan pesawat radio pemancar.
- 3) Pembentukan organisasi (paguyuban) Yogya-Net dengan melibatkan beberapa perguruan tinggi, organisasi profesi dan sekolah, dan membuat aturan-aturan yang ditaati bersama.
- 4) Pengembangan sumberdaya manusia lewat pelatihan, seminar, dan percobaan komunikasi data (sebagai *provider* maupun *user*).
- 5) Pencarian sumber dana untuk menjaga kelangsungan program/aktivitas (*sustainability*).
- 6) Pengembangan *software* meliputi pengembangan berbagai bentuk dan jenis data yang dikomunikasikan, pengembangan program-program komunikasi.

Alat yang digunakan untuk membangun jaringan paket meliputi radio pemancar/penerima yang sering disebut Radio Transceiver (HT), komputer, modem, antena pemancar, dan fasilitas pendukung yang digunakan dalam pengembangan sarana komunikasi data. Adapun spesifikasi alat antara lain:

- 1) Komputer IBM PC kompatibel minimum CPU 486 DX dengan RAM 1 Mbyte dan Hardisk 40 Mbyte.
- 2) Modem radio. Modem, singkatan dan Modulasi-Demodulasi berfungsi untuk mengirimkan data dalam bentuk sinyal digital. Modem yang digunakan untuk komunikasi radio paket lazim

disebut dengan nama *Terminal Node Controller* (TNC). Modem yang digunakan model buatan Jepang atau merakit sendiri (modem buatan sendiri model TCM 3105). Skema rangkaian seperti gambar 3.

- 3) Jenis Radio *Tranceiver*. Radio *Tranceiver* adalah pesawat radio yang dapat berfungsi ganda sebagai pemancar (*transmitter*) dan sebagai penerima (*receiver*) dan jenis band HF, maupun UHF. Dua contoh pesawat antara lain: YAESU FT 757 060626 band HF, frekuensi 26.965.27.410 MHz. ICOM IC-281 15529 band VHF. frekuensi 142-143 MHz.
- 4) Antena radio pemancar jenis YAGI, jenis Y, atau Rombic. Baik radio dan jenis antena dipilih sesuai dengan frekuensi dan daerah lokasi di mana pemancar berada. Hal ini disebabkan kemampuan jarak pancar antara jenis radio HF, VHF, dan UHF dan kemampuan daya tangkap jenis-jenis antena yang tidak sama.

Dalam kegiatan ini juga ditentukan jenis pesawat radio atau jalur frekuensi yang dipilih sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Hal ini mengingat kemampuan jarak pemancar untuk HF, VHF, atau UHF yang berbeda. Dengan sifat perambatan gelombang elektromagnetik, pemancar HF dapat menjangkau dengan jarak pancaran cukup jauh (100 - 500 Km), namun banyak mengalami gangguan. sedangkan untuk VHF jarak pancaran lebih pendek (0 - 100 Km), dengan kualitas pancaran yang lebih baik dari pemancar HF. Sehingga apabila dikehendaki jenis pesawat VHF untuk jarak yang jauh (seperti Yogya - Bandung, Yogya - Surabaya, Yogya - Semarang dsb.) diperlukan *Repeater*.

Untuk pengurusan izin frekuensi diperhatikan hal sebagai berikut. Dalam spektrum frekuensi dikenal jalur (band) frekuensi mulai dari LF, HF, UHF, EHF sampai dengan Visible Light dan X-Ray. Untuk komunikasi radio, digunakan jalur frekuensi pada daerah HF, VHF, dan UHF dengan lebar band masing-masing:

- 1) HF band frekuensi 3 Mhz - 30 MHz (10 - 100 meter). RAPI menggunakan 26,960 - 27,410 MHz, lebar kanal 10KHz.
- 2) VHF band frekuensi 30 MHz - 300 MHz (1 - a0 meter). RAPI menggunakan 142,037 - 143,537 MHz (1 - 10 meter).
- 3) UHF band frekuensi 300 MHz - 3000 MHz (100 cm -1 meter RAPI memakai 476,410 - 476,415 MHz. lebar kanal 25 KHz.

Organisasi RAPI/ORARI dan Depparpo mensyaratkan adanya izin frekuensi penggunaan pesawat radio pemancar. Izin frekuensi yang dimiliki Yoga-Net bekerja pada band HF dan band VHF. Untuk selanjutnya sedang dibicarakan agar Yoga-Net memiliki izin KONSESI, yaitu satu band frekuensi yang dipakai secara bersama-sama di antara anggota dan pemakai, dan direncanakan beroperasi pada band UHF untuk mengantisipasi padatnya transformasi data pada daerah VHF.

Dalam kegiatan ini juga dibentuk organisasi paguyuban komunikasi data paket radio Yogyakarta ialah terbentuk pada bulan Desember 1997, melibatkan 11 perguruan tinggi dan dua organisasi profesi ORARI dan RAPI di Daerah Istimewa Yogyakarta. Selain itu sedang diujicobakan pembuatan aturan dan keanggotaan yang akan dikembangkan bagi sekolah dan organisasi masyarakat yang tertarik untuk menjadi anggota.

Untuk mengembangkan jaringan komunikasi yang handal, diusahakan adanya peningkatan sumber daya manusia secara berkesinambungan melalui pelatihan, seminar, dan percobaan komunikasi data baik sebagai *provider* maupun *user*.

Dalam kegiatan ini, pengembangan software diuraikan sebagai berikut. Untuk menjaga kelangsungan aktivitas dan program paguyuban perlu didukung dengan dana yang dapat diperoleh dari para dosen mahasiswa sebagai anggota atau dari industri telekomunikasi lewat kerja sama atas dasar saling menguntungkan.

Untuk mengoperasikan modem yang berfungsi sebagai penghubung komputer dengan radio (*Terminal Node Control*, yang disingkat (TNC) telah digunakan oleh kalangan radio amatir adalah *Protocol Komunikasi AX.25 (Amateur X.25)*. Untuk selanjutnya dengan berkembangnya sambungan radio amatir ke Internet digunakan *Transmission Control Protocol (Internet Protocol* disingkat (TCP/IP), protokol komunikasi digunakan TCP/IP AV.25.

Data (berupa file tulisan, grafik citra) ditransmisikan dalam bentuk sinyal digital secara serial dari *Communication Equipment* (DCE), dalam bentuk komputer, atau sebaliknya. Kecepatan transfer data tergantung dari frekuensi dan teknik modulasi yang digunakan. TNC yang banyak dijual di pasaran menggunakan kecepatan 1200 bps dan 9600 bps.

Perangkat Lunak yang digunakan untuk mengoperasikan sistem komunikasi radio paket akhir-akhir ini program NOS (*Network Operating System*). NOS memiliki fasilitas lebih lengkap

berbasis protocol TCP/IP AX.35 untuk transmisi data lewat radio. *Directory* nama file pada Program NOS dan contoh pengaturan konfigurasi pemakaian NOS ditunjukkan pada Lampiran 5. Beberapa hal perlu diperhitungkan dalam penggunaan NOS.

1) Pengoperasian NOS

- a) Autoexec.nos dapat diedit sesuai dengan kondisi jaringan komputer yang ada.
- b) Baca baol baik file/pub/intronos.zip dan /pub/dcc/nosdoc.zip
- c) Untuk membuka file-file dengan akhiran *.zip digunakan program pkunzip yang ada dalam directory /zip/pkunzip.exe.

2) Instalasi perangkat NOS

- a) siapkan directory
/spool
/spool/mquence
/spool/mail
- b) set-up file domain.txt
- c) koordinasi IP address dengan para operator lainnya
- d) set-up file autoexec.nos. perhatikan perintah
hostname
ip address
ax.25 mycall (khususnya untuk radio)
attach
route

3) Cara mengkompilasi NOS

- a) Siapkan turbo C 2.1 atau Borland C++3.1
- b) Siapkan TASM
- c) Siapkan aplikasi.exe
- d) Unzip file nossrc.zip
- e) edit config.h sesuaikan dengan konfigurasi software yang diinginkan
- f) tulis make all
- g) tunggu sekitar 20 menit (untuk PC 486)
- h) hasil yang diperoleh adalah NOS.EXE.

Simpulan dan Saran

Sebagai akhir dari makalah ini disimpulkan bahwa pengembangan jaringan komunikasi data paket radio merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan biaya yang dirasa masih berat terutama oleh sivitas akademika yang berorientasi pada usaha

pengembangan ilmu dan pengembangan hobi. Sedangkan bagi kalangan bisnis dan industri, nampaknya komunikasi data lewat telpon merupakan pilihan tepat, karena kecepatan transfer data dan nilai tambah dan akses data lebih tinggi dan biaya yang dikeluarkan untuk membayar pulsa telpon

Saran yang dapat diberikan yaitu:

- 1) Sistem komunikasi data paket radio secara terpadu antara perguruan tinggi dan antara perguruan tinggi dengan lembaga terkait seperti RAPI dan ORARI perlu dikembangkan. dibentuk organisasi jaringan. Perlu adanya Izin Frekuensi Secara Konsesi pada tingkat regional dan nasional. Pihak Depparpostel perlu memberikan kesempatan bagi perguruan tinggi untuk memanfaatkan band frekuensi khusus untuk pendidikan.
- 2) Kelemahan sistem komunikasi data lewat radio yang ada seperti kecepatan yang masih rendah perlu dikembangkan dengan memanfaatkan band UHF. Untuk itu, kepada para industri peralatan elektronika komunikasi dihimbau mengembangkan dan memproduksi peralatan komunikasi yang beroperasi pada band UHF.
- 3) Untuk dapat memanfaatkan jaringan secara optimal perguruan tinggi perlu menyiapkan dan mengembangkan LAN dan jenis-jenis informasi yang dapat dan akan diakses oleh para sivitas akademika seperti Lembaga Penelitian, Lembaga Pengabdian pada Masyarakat, Perpustakaan, Unit Pelayanan Bimbingan dan Konseling, sehingga dapat memberikan pelayanan informasi yang sebaik-baiknya.
- 4) Beberapa kendala yang dialami dalam pengembangan antara lain banyaknya kesibukan para sivitas akademika, terutama menjelang masa-masa ujian sehingga partisipasi menjadi menurun. Kondisi peralatan yang masih belum sempurna dan harus didukung oleh sarana dan prasarana lainnya.
- 5) Untuk mengembangkan perangkat dan sistem komunikasi data yang handal. Yogya-Net akan mengajak kepada para sivitas akademika, masyarakat dan perguruan tinggi lainnya untuk bergabung dan bersama-sama mengembangkan sistem jaringan. Dengan meningkatkan manfaat jaringan komunikasi, dimungkinkan biaya operasional Yogya-Net dapat diperoleh dari para anggota (sivitas akademika dan masyarakat penggemar dan pemakai).

Daftar Pustaka

Arman Hazairin. (1994). Radio Modem. *Majalah Elektron*. Tahun XVII: hal. 40-48

Clausen, H.D. (1994). *A Satellite Interconnect System for Internetworking of Local and Regional Networks*.

Hunt, Craig. 1992. *TCP/IP Network Administration*. USA; O'Reilly & Associates, Inc.

Onno Purbo. (1994). *The Implementation of Pac Radio Wide Area Network in Indonesia*. Jakarta: Paksi.

Stallings, William. 1991. *Data and Computer Communications*. USA: Macmillan Publishing Company.

Tahir Ali. (1995). *Peranan Jaringan Dalam Pengembangan IPTEK dan Industri di Indonesia*. Dialog Teknologi dan Industri, BPPT, Agustus 1995.