

# PENGEMBANGAN JARINGAN KOMPUTER PACKET RADIO SECARA MANDIRI

Ir. Peniarsih.MMSi

## ABSTRACT

Makalah ini merupakan rangkuman berbagai pemikiran, konsep & akumulasi pengalaman selama delapan tahun dalam mengembangkan jaringan komputer menggunakan protokol komunikasi Transmission Control Protocol/InterNet Protocol (TCP/IP) secara mandiri di Indonesia dengan menggunakan basis teknologi packet radio. Secara lebih rinci akan diketengahkan beberapa alternatif teknologi paket radio yang digunakan beserta laporan berbagai usaha yang saat ini berjalan, baik untuk membuat sendiri peralatan yang dibutuhkan seperti modem 1200bps, perangkat 56Kbps, transverter maupun eksperimen untuk hubungan ke luar negeri melalui polar orbit satellite maupun geostationary satellite.

**Keyword : Transmission, TCP/IP, Intranet, Protocol**

## PENDAHULUAN

Pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM) telah dicanangkan sebagai salah satu prioritas yang penting dan strategis dalam PJPT II. Keberhasilan pengembangan SDM seperti yang dicanangkan dalam GBHN hanya mungkin terlaksana jika ditunjang sebuah sistem informasi yang dapat di akses dan di dukung keberadaannya oleh SDM ybs. Sistem informasi tsb. dapat meliputi integrasi berbagai perpustakaan, jurnal ilmiah, majalah ilmiah dan media elektronik. Dari sekian banyak sistem informasi, barangkali yang mempunyai nilai sangat strategis, terutama dengan terbuka dan berkembangnya dunia komputer, adalah keberadaan jaringan komputer yang mengkaitkan berbagai perguruan tinggi dan lembaga penelitian di Indonesia. [1][2][3] Hal ini menjadi lebih penting lagi dengan akan berkembangnya *Integrated Service Digital Network (ISDN)* di Indonesia.

Dalam perkembangannya keberadaan jaringan komputer yang dibangun di perguruan tinggi dan lembaga penelitian di Indonesia (yang dikenal dengan sebutan jaringan komputer Paguyuban), ternyata telah menarik berbagai pihak industri maupun lembaga-lembaga swadaya masyarakat untuk bergabung. Hal ini secara langsung merupakan langkah menuju proses *link & match* yang sering didengungkan belakangan ini [4]. Dengan adanya sarana konferensi elektronik maupun surat elektronik, proses *link & match* menjadi sangat efisien sehingga berdampak sangat positif pada penyiapan SDM yang sangat diperlukan bagi pembangun jangka panjang di Indonesia.

Dalam era globalisasi dan

komputerisasi, sistem informasi elektronik tidak hanya memegang peranan yang sangat strategis dalam membentuk SDM akan tetapi juga berbagai unsur pembangun. Integrasi berbagai informasi yang ada dilapangan akan menjadi sangat strategis sekali sifatnya dalam melakukan perencanaan dan antisipasi. Hal ini sangat diperlukan untuk melakukan melakukan justifikasi kebijakan-kebijakan pada tingkat pusat maupun daerah. Tanpa didukung sistem informasi yang integral akan sulit sekali bagi berbagai unsur pembangun untuk melakukan antisipasi maupun perencanaan kebijakan pembangunan untuk jangka panjang [1][2][3].

Tulisan ini akan menyoroti jaringan komputer Paguyuban yang sudah beroperasi selama hampir dua tahun dan terus berkembang. Jaringan Paguyuban merupakan sebuah jaringan komputer non-profit untuk pendidikan dan penelitian. Berbagai aspek baik yang sifatnya konseptual dari sudut sistem informasi maupun strategi implementasi konsep tsb. ke masyarakat akan dibahas berdampingan dengan aspek teknologi berupa berbagai alternatif perangkat yang mungkin digunakan maupun diproduksi di Indonesia beserta kemungkinan menggunakan teknologi packet radio untuk hubungan internasional.

## KEADAAN JARINGAN KOMPUTER PACKET RADIO DI INDONESIA

Di Indonesia telah berkembang sebuah jaringan komputer wilayah luas antar perguruan tinggi dan lembaga penelitian yang sebagian besar menggunakan keluarga protokol Transmission Control Protocol /

InterNet Protocol (TCP/IP) dan sebagian kecil UUCP (*Unix-to-Unix Copy Program*) yang telah beroperasi selama hampir tiga tahun [1][2]. Jaringan komputer ini dikenal sebagai jaringan komputer Paguyuban. Usaha ke arah pembentukan jaringan sebetulnya telah berjalan hampir delapan tahun yang lalu, melalui kerjasama internasional, seperti elektronik konferensi CoSy di Canada [5]. Beberapa statistik penting dari jaringan komputer ini:

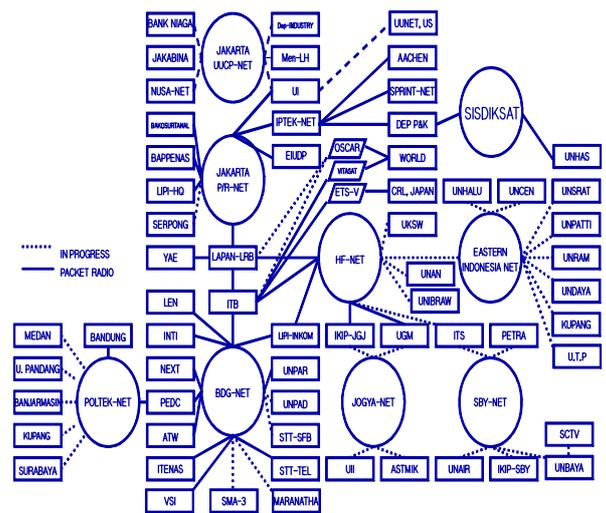
- Total node yang beroperasi paling tidak 65 buah dengan perkembangan paling tidak 700% per tahun. Sekitar 68% dari total node ini berada di Bandung.
- Perkiraan jumlah pemakai jaringan komputer (November 1994) paling tidak 2400 orang, dengan komposisi:
  - 69% pengguna berada di perguruan tinggi.
  - 18% pengguna berada di lembaga penelitian.
  - 4% pengguna berada di lembaga pemerintahan.
  - 4% pengguna berada di lembaga swadaya masyarakat (LSM).
  - 5% pengguna berada di industri / badan komersial.

Kami berharap dapat menaikan tingkat pengguna di industri / badan komersial supaya proses link & match yang terjadi dapat berkembang lebih cepat.

- Yang menarik, sekitar **66% pengguna ternyata berada di Bandung**, sisanya tersebar di seluruh Indonesia termasuk Jakarta. Pengguna yang berada di **ITB paling tidak 56%** dari total pengguna di seluruh Indonesia. Perlu dicatat bahwa ITB membangun jaringan secara swadaya masyarakat tanpa mengandalkan dana DIP sedikitpun.
- Paling tidak ada 4 buah elektronik mailing list untuk diskusi secara elektronik menggunakan elektronik mail.
- Ada 14 buah group diskusi menggunakan fasilitas konferensi secara elektronik.
- Sebagian besar (80%) komunikasi jarak jauh menggunakan **media komunikasi radio** karena relatif lebih murah.
- Sebagian kecil (20%) khususnya di

wilayah Jakarta menggunakan hubungan telepon dial-up ke gateway-gateway internasional yang beroperasi (seperti UI dan IPTEK-NET).

- Hampir tidak ada yang menggunakan saluran komunikasi data paket (SKDP) yang ditawarkan badan komersial di Indonesia.
- Konsep pembangunan adalah **bottom-up & swadaya masyarakat**.
- Wilayah operasi saat ini terbatas di Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah dan Indonesia Timur.



Gambar 1. Topologi Jaringan Komputer di Indonesia (November 1994).

- Hubungan internasional:
  - Melalui IPTEK-NET 64Kbps ke SprintNet, Amerika Serikat.
  - Melalui PUSILKOM-UI
  - Beberapa saluran internasional yang sifatnya eksperimen:
    - Melalui Lab. Radio ITB menggunakan satelit ETS-V ke Jepang.
    - Melalui satelit VITASAT.
    - Melalui satelit OSCAR di ITB.
    - Menggunakan radio SSB gelombang pendek ke Jerman dari ITB dan LAPAN.

Gambaran topologi jaringan dapat dilihat pada gambar terlampir. Satu hal yang menarik, adanya usaha beberapa SMA untuk bergabung ke jaringan, yang tampak dengan jelas adalah SMAN-3 Bandung. Di dalam

lingkungan ITB, sekitar 60-70% dari jurusan yang ada di ITB sudah terkait ke jaringan.

## KONSEP PENGEMBANGAN WILAYAH BERBASIS SISTEM INFORMASI

Secara konseptual sistem informasi berbasis jaringan komputer khususnya yang berkaitan dengan pengembangan wilayah pedesaan dapat kita pandang dari dua arah / pendekatan, yaitu:

- Pendekatan struktural.
- Pendekatan fungsional.

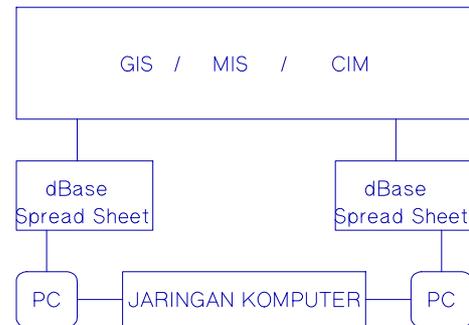
Secara struktur kita dapat melihat sebuah sistem informasi berbasis jaringan komputer secara berlapis. Lapisan konseptual lapisan sistem informasi berbasis jaringan komputer dapat dilihat pada gambar 2. Secara umum dapat kita bagi dalam tiga lapisan utama, yaitu:

- Lapisan fisik berupa jaringan komputer.
- Lapisan perangkat lunak aplikasi penunjang, dapat berupa dBase, spread sheet dll.
- Lapisan konseptual yang sifatnya berupa kebijakan atau sistem informasi, seperti *Geographics Information System* (GIS), *Management Information System* (MIS) dan *Computer Integrated Manufacturing* (CIM).

Umumnya pengambil kebijakan atau praktisi lapangan di Indonesia sudah cukup mahir untuk menguasai teknik-teknik pada dua lapisan teratas dalam konsep sistem informasi yang mengkaitkan wilayah luas. Akan tetapi masih perlu banyak pemikiran / usaha untuk mengintegrasikan kedua lapisan aplikasi dan konseptual diatas dengan lapisan fisik jaringan komputer yang memungkinkan efisiensi pengembangan sistem informasi yang meliputi wilayah luas tanpa perlu terikat secara fisik pada dimensi ruang dan waktu. Alternatif teknologi jaringan komputer yang relatif sederhana dan dapat dikembangkan sendiri di Indonesia menjadi fokus utama dalam makalah ini.

Dalam pendekatan fungsional, kita dapat melihat tujuan / fungsi sebuah sistem informasi untuk mencapai pemerataan pendapatan dalam sebuah masyarakat [6]. Kondisi ini mungkin dicapai dengan menyempitkan berbagai jurang sosial-ekonomi yang ada, seperti yang tampak dengan jelas saat ini adanya perbedaan

tingkat sosial, ekonomi maupun pendidikan antar wilayah di Indonesia. Sayangnya, acuan keberhasilan pembangunan yang umum dipakai, seperti GNP, sifatnya sangat global yang akhirnya cenderung untuk mengadopsi berbagai kebijaksanaan yang bersifat memaksimalkan hasil produksi dan pemasaran secara nasional. Hal tsb. diatas secara tidak langsung menyembunyikan



Gambar 2. Konsep sistem informasi berbasis jaringan komputer.

berbagai permasalahan sosial-ekonomi pada tingkat keluarga, wilayah maupun sektor informal.

Institusi ekonomi tingkat pedesaan seperti pra-koperasi simpan pinjam mempunyai potensi yang cukup besar dalam mengatasi berbagai permasalahan ekonomi regional yang ada, terutama jika kita kaitkan dengan berbagai informasi yang bisa ditarik dari proses simpan pinjam, misalnya penggunaan sumber daya lokal; alokasi dana pada tingkat keluarga dan wilayah. Konsep pengembangan wilayah yang kami pikirkan bertumpu pada pengkaitan informasi dalam sistem pra-koperasi simpan-pinjam. Informasi khususnya tentang peri-kehidupan ekonomi anggota koperasi dapat secara tidak langsung dicerminkan dari kegiatan simpan pinjam yang dilakukan. Informasi yang ada dapat berupa penghasilan yang diperoleh (misalnya dari hasil bumi), keadaan sumber penghasilan anggota pra-koperasi dll. Dengan menggabungkan informasi yang ada dari berbagai pra-koperasi di suatu wilayah, keadaan wilayah dapat ditela'ah. Informasi ini akan sangat berguna bagi pengambilan keputusan-keputusan untuk mengembangkan wilayah yang dilakukan pada tingkat yang lebih tinggi maupun untuk menarik investasi dari luar ke dalam suatu wilayah (dalam hal ini

wilayah pedesaan).

Bagaimana kemungkinan implementasi konsep diatas? Dua hal yang cukup menentukan dalam implementasi konsep diatas, yaitu:

- pembiayaan proses yang berjalan
- pemilihan teknologi informasi yang tepat

Agar sistem (jaringan informasi untuk pengembangan wilayah pedesaan) tidak tergantung dari atas, pembiayaan sistem yang disarankan dapat langsung diperoleh dari assosiasi pra-koperasi itu sendiri dengan memakai "bunga" pinjaman sebagai modal. Tentunya dibutuhkan jumlah anggota minimal dalam pra-koperasi ini (misalnya 25 kepala keluarga) agar dapat tetap hidup tanpa perlu bantuan dari luar. Sebuah assosiasi pra-koperasi dengan anggota 20-30 pra-koperasi cukup mudah menyediakan dana sebesar 4-6 juta rupiah per-tahun untuk membiayai sistem informasi antar pra-koperasi.

Pemilihan teknologi informasi sangat tergantung pada kondisi masyarakat yang ada. Kondisi pedesaan yang ada tampaknya tidak memungkinkan untuk menggunakan komputer mikro (laptop) di tingkat pra-koperasi. Akan tetapi cukup mudah bagi kita untuk mendidik lulusan sekolah menengah di pedesaan untuk mengoperasikan sebuah komputer laptop. Sebuah komputer laptop dapat diperoleh dengan dana sebesar 1.5-2 juta rupiah, sisa dana dapat digunakan untuk biaya operasi bagi operator tamatan sekolah menengah ini untuk berkeliling ke pra-koperasi serta mengumpulkan data setiap bulan. Dalam assosiasi pra-koperasi tingkat kecamatan atau kabupaten jaringan informasi dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi yang relatif lebih canggih seperti menggunakan teknologi jaringan komputer menggunakan radio (paket radio) [7].

Keuntungan apa yang bisa diperoleh bagi anggota pra-koperasi dengan ada jaringan informasi elektronik ini? Mari kita tinjau dari sumber pinjaman. Bank dapat melayani jaringan assosiasi pra-koperasi tingkat pertama, dengan *performance collateral* yang didasarkan atas informasi dari komputer laptop yang di-audit. Jika diperlukan, audit ditingkat pra-koperasi dapat juga dilakukan secara acak tetapi periodik. Pinjaman diberikan pada asosiasi, yang kemudian menyalurkannya pada anggota atas dasar tanggungan sambung-renteng.

Tapi sumber pinjaman tidak hanya

bank, melainkan dari *interlending* di tingkat asosiasi pertama dan kedua, jika ada mungkin asosiasi tingkat ke tiga dst. Bank juga akan memberikan pinjaman pada tingkat-2 yang bersangkutan menurut besarnya asosiasi. Hal ini dapat merupakan investasi yang bertingkat, semakin tinggi asosiasinya, semakin besar dana yang dapat dipinjam. Jadi sesuai dengan konsep PIR yang terbalik, seluruh proses dikendalikan dari bawah (*bottom-up approach*). Implikasi konsep ini adalah untuk mengadakan integrasi ekonomi lokal pada ekonomi regional, pemerataan, dsb.

Sistem yang kami pikirkan berbeda dengan sistem koperasi konvensional yang kita kenal, dimana informasi yang ada umumnya terbelenggu pada tingkat pra-koperasi / koperasi dan relatif tertutup bagi sistem diatasnya. Dapat dibayangkan, dalam sistem ini kita mendapatkan GIS (*Geographic Information System*) secara gratis sebagai hasil sampingan. Caranya dengan memasukkan setiap bulan tambahan satu atau dua variabel ke dalam komputer, pada saat melayani anggota pra-koperasi. Integrasi GIS dengan jaringan komputer radio memungkinkan untuk memperoleh data informasi yang akurat dalam waktu singkat yang memudahkan proses perencanaan pembangunan.

Arus informasi juga dapat berbalik, dibawa oleh komputer laptop dari atas ke bawah. Sebagai misal informasi pasaran komoditi, peraturan-peraturan, berbagai teknologi tepat-guna, dakwah, informasi mengenai masalah organisasi dan manajemen, dsb. semuanya dibawa melalui radio dan disket. Yang penting disini adalah pengembangan fungsi yang sangat strategis: *Technical & Management Service Organization*, dimana operator laptop merupakan perantara anggota pra-koperasi dengan para ahli dan dunia luar. Operator laptop ini yang mengumpulkan pertanyaan-2, dimasukan dalam komputer laptop dan jawaban dari tenaga ahli diluar disampaikan tertulis melalui komputer laptop. Ditambah dengan program radio dan koran masuk desa, bukan mustahil akan terjadi revolusi informasi di pedesaan.

Sistem jaringan informasi pra-koperasi ini dapat pula dihubungkan dengan pembangunan wilayah yang didasarkan atas mobilisasi sumberdaya lokal, yang dipertemukan dengan sumberdaya luar yang terkendalikan dari bawah. Atau setidaknya,

yang dari bawah terorganisasikan untuk mengadakan *collective bargaining*, ditunjang oleh informasi yang meyakinkan dengan kekuatan moneter yang ter-audit dengan baik.

### ARSITEKTUR JARINGAN KOMPUTER

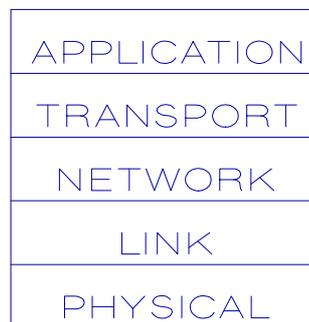
Pada gambar 3 diperlihatkan arsitektur jaringan komputer yang sering di asosiasikan dengan jaringan komputer TCP/IP. Ada baiknya kita membahas sedikit tentang arsitektur jaringan ini sebelum nantinya membahas lebih lanjut berbagai masalah yang sifatnya praktis dalam pengembangan / pemilihan teknologi jaringan komputer. Umumnya arsitektur yang kita kenal dikuliah berbasis OSI/ISO, untuk melihat perbedaan yang ada akan dicoba untuk membahas secara lebih rinci fungsi berbagai unsur arsitektur jaringan komputer TCP/IP.

Arsitektur jaringan komputer yang sering diassosiasikan dengan jaringan komputer TCP/IP terdiri atas lima lapisan protokol. Lapisan-lapisan ini adalah lapisan fisik, lapisan link, lapisan network, lapisan transport dan terakhir lapisan aplikasi. Arsitektur ini agak berbeda dengan konsep tujuh lapisan protokol yang sering kita kenal secara teoritis dalam konsep OSI/ISO [8].

Dari kelima lapisan ini hanya *physical layer* yang merupakan perangkat keras selebihnya merupakan perangkat lunak. *Physical layer* merupakan media penghubung untuk mengirimkan informasi digital dari satu komputer ke komputer lainnya yang secara fisik dapat kita lihat. Berbagai bentuk perangkat keras telah dikembangkan untuk keperluan ini. Satu diantaranya yang cukup banyak digunakan untuk keperluan jaringan komputer lokal (LAN) adalah ARCnet yang dikembangkan oleh Novell. Untuk keperluan *Wide Area Network* (WAN) dapat kita gunakan media radio atau telepon. Dalam makalah ini fokus akan diberikan terhadap teknologi paket radio sebagai media komunikasi jarak jauh dalam WAN TCP/IP. Hal ini akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian selanjutnya.

Untuk mengatur hubungan antara dua buah komputer melalui *physical layer* yang ada digunakan protokol *link layer*. Pada jaringan paket radio digunakan *link layer* AX.25 (Amatir X.25) [9] yang merupakan turunan CCITT X.25 [10] yang juga digunakan pada Sistem Komunikasi Data Paket (SKDP) oleh PT. INDOSAT dan Perumtel. IEEE telah mengembangkan beberapa standart protokol untuk LAN [11]. Berdasarkan rekomendasi IEEE pada LAN yang menggunakan ARCnet

(IEEE 802.3) atau Ethernet (IEEE 802.3) digunakan *link layer* (IEEE 802.2). Pada LAN *Token Ring* digunakan *physical layer* (IEEE 802.5). Bentuk lain dari LAN yang kurang dikenal adalah *Token Bus* (IEEE 802.4).



Gambar3.Arsitektur JaringanKomputer TCP/IP

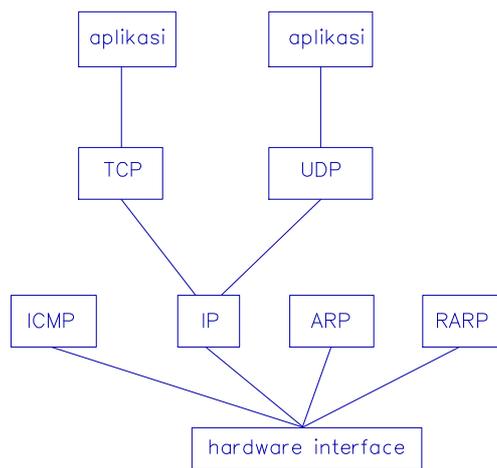
Untuk LAN berkecepatan tinggi juga telah dikembangkan sebuah standart yang diturunkan dari IEEE 802.3 yang kemudian dikenal sebagai *Fiber Data Distributed Interface* (FDDI).

Pada teknologi paket radio yang kami gunakan untuk membangun jaringan komputer Paguyuban, protokol link AX.25 digunakan. Format protokol AX.25 tampak pada gambar 4 [9]. Maksimum informasi (data) yang dapat dikirim dalam satu frame dibatasi 255 byte. Pada saat ini telah dilakukan beberapa perubahan, khususnya untuk pengiriman data kecepatan tinggi dan aplikasi TCP/IP dimungkinkan untuk mengirimkan lebih dari 255 byte data dalam satu frame. Frame AX.25 dibuka dan ditutup oleh flag byte yang berisi 01111110. *Address field* berisi alamat tujuan, alamat pengirim paket dan stasiun-stasiun yang berfungsi sebagai relay. Dengan menggunakan stasiun lain sebagai relay, kita dapat meminta pertolongan dari stasiun lain untuk mengirimkan data ke tempat tujuan. Hal ini dikenal sebagai konsep *digipeater* (digital repeater). Pada *control field* berisi indentifikasi bentuk frame AX.25 yang dikirim. Apakah frame ini untuk melakukan koneksi (membuka hubungan komunikasi), koreksi (jika ada frame AX.25 yang rusak dalam pengiriman), untuk *broadcast* dan sebagainya. *Packet ID* (PID) digunakan untuk memberitahukan jenis data yang dikirim apakah data ini berbentuk teks, binary atau protokol pada lapisan network. *Frame Check Sequence* (FCS) digunakan oleh bagian penerima pada proses pendeteksian kesalahan.

Lapisan protokol network, merupakan tata cara komunikasi connectionless yang memungkinkan berbagai LAN yang menggunakan media komunikasi yang berbeda untuk berhubungan satu dengan yang lain. Dalam kategori protokol network dikenal beberapa keluarga protokol seperti IP (*InterNet Protocol*) [12], ICMP (*InterNet Control Message Protocol*) [13], ARP (*Address Resolution Protocol*) dan RARP (*Reverse Address Resolution Protocol*). Gambaran lengkap keluarga protokol yang membangun jaringan komputer TCP/IP dapat dilihat di Gambar 5.

Pada kesempatan ini, kami hanya akan menerangkan secara lebih seksama protokol IP dan TCP yang merupakan protokol utama dalam jaringan komputer TCP/IP. Adapun rangkuman spesifikasi mesin-mesin yang terkait ke InterNet terangkum dalam [14][15].

Banyak aplikasi yang mungkin dilakukan menggunakan keluarga protokol



Gambar 5. Keluarga protokol pembangunan arsitektur jaringan komputer TCP/IP.

TCP/IP. Program aplikasi yang ada umumnya dijalankan diatas lapisan protokol transport TCP. Aplikasi yang umum dilakukan adalah pengiriman berita secara elektronik yang dikenal sebagai elektronik mail (e-mail). Untuk ini dikembangkan sebuah protokol Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) . Aplikasi lainnya adalah remote login ke komputer yang berjauhan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan fasilitas Telnet . Untuk melakukan file transfer digunakan File Transfer Protocol (FTP) yang juga dijalankan diatas TCP. Dengan semakin rumitnya jaringan maka manajemen jaringan menjadi penting artinya. Masih banyak lagi aplikasi

FLAG	ADDRESS	CONTROL	PID	INFO	FCS	FLAG
01111110	112/560 bits	8 bits	8 bits	N x 8 bits	16 bits	01111110

Gambar 4. Format protokol link AX.25 yang digunakan dalam jaringan komputer packet radio.

yang dijalankan di atas TCP. Masing-masing aplikasi mempunyai nomor port yang unik.

Satu hal yang cukup menarik dengan digunakannya protokol TCP/IP adalah kemungkinan untuk menyambungkan beberapa jaringan komputer yang menggunakan media komunikasi berbeda. Dengan kata lain, komputer yang terhubung pada jaringan yang menggunakan ARCnet, Ethernet, Token Ring, SKDP, amatir paket radio dll. dapat berbicara satu dengan lainnya tanpa saling mengetahui bahwa media komunikasi yang digunakan secara fisik berbeda. Hal ini memungkinkan dengan mudah membentuk *Wide Area Network* (WAN) di Indonesia.

Perangkat lunak yang digunakan untuk jaringan komputer TCP/IP juga beragam sekali mulai dari yang sifatnya komersial, seperti, SCO Unix, AIX, HP-UX, BSD386, window NT dll sampai perangkat lunak yang tersedia secara *public domain* (cuma-cuma) bahkan sebagian tersedia dengan *source code*-nya, seperti, Network Operating System (NOS) yang saat ini merupakan salah satu perangkat lunak utama yang digunakan di jaringan komputer Paguyuban, 386BSD (untuk BSD 3.4 di komputer mikro), Linux yang merupakan variasi Unix di PC.

## TEKNOLOGI PACKET RADIO

Berakar pada keterangan sekilas tentang arsitektur jaringan komputer ini, kami akan mencoba membahas alternatif teknologi jaringan komputer dan persiapan yang perlu dilakukan untuk membangun jaringan komputer. Penekanan akan dilakukan pada teknologi perangkat keras yang tersedia di Indonesia. Beberapa teknologi bahkan tersedia secara cuma-cuma. Kami menggunakan perangkat lunak Network Operating System (NOS) sebagai perangkat lunak utama yang digunakan untuk mengoperasikan komputer mikro sebagai

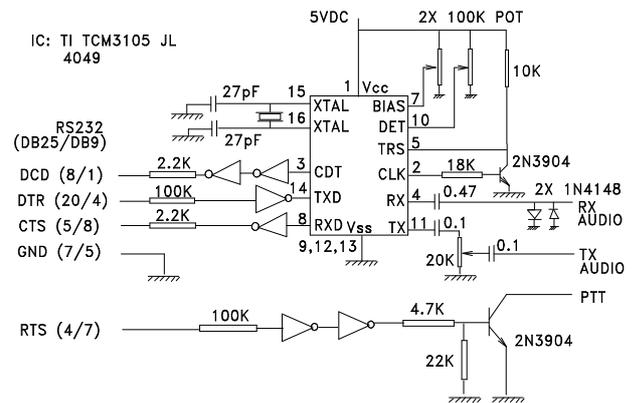
switch TCP/IP.

Secara umum teknologi perangkat keras paket radio, khususnya yang tersedia di Indonesia dapat kita bagi dalam beberapa alternatif, yaitu:

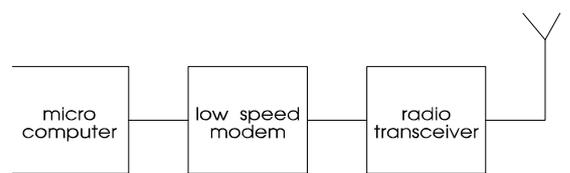
- modem sederhana 1200bps.
- menggunakan Terminal Node Controller yang ada dipasaran [16].
- Card HDLC di PC dan modem 56Kbps untuk sistem-sistem berkecepatan tinggi [17].

Dalam gambar 6. diperlihatkan diagram blok sebuah stasiun paket radio sederhana menggunakan modem yang sangat sederhana. Modem tersebut menggunakan one-chip modem TCM3105. Rangkaian selebihnya hanyalah berupa level translator antara TTL dengan RS232 (+12V - -12V), dalam hal ini kami menggunakan solusi CMOS inverter yang dapat diperoleh dengan biaya sekitar Rp. 1.500,- sehingga dapat menekan biaya secara keseluruhan dibandingkan menggunakan solusi yang lebih praktis menggunakan TTL-RS232 interface. Kristal yang digunakan adalah 4.4336MHz yang digunakan pada sinyal burts PAL sehingga sangat mudah diperoleh di Indonesia. Biaya keseluruhan modem sederhana ini sekitar Rp. 50.000,-. Rangkaian lengkap dari modem 1200bps sederhana ini dapat dilihat pada gambar 7. Yang perlu kita tambahkan pada komputer mikro yang kita gunakan hanyalah perangkat lunak packet driver AX25.COM yang merupakan program resident di komputer mikro yang bertugas untuk membentuk frame-frame AX.25. Di atas packet driver ini kita dapat menjalankan perangkat lunak NOS TCP/IP yang menjadikan komputer mikro tsb sebagai sebuah switch dalam jaringan komputer TCP/IP. Tentunya kerja komputer mikro menjadi terbebani karena harus secara terus menerus memberikan servis untuk membentuk sinyal High Level Data Link Controller (HDLC). Alternatif ini dapat berjalan cukup baik menggunakan komputer mikro kelas 286 ke atas.

Dalam gambar 8. diperlihatkan diagram blok dari stasiun paket radio yang umumnya digunakan saat ini di Jaringan komputer Paguyuban. Peralatan inti yang digunakan adalah sebuah Terminal Node

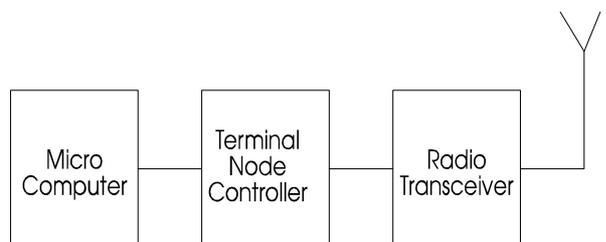


Gambar 8. Rangkaian modem sederhana 1200bps menggunakan one-chip modem TCM3105.



Gambar 6. Stasiun paket radio sederhana yang dapat dibuat dengan biaya beberapa ratus ribu rupiah saja.

Controller (TNC) yang berisikan sistem minimum mikroprosesor umumnya menggunakan Z80 dan dilengkapi oleh



Gambar 7. Set up stasiun paket radio yang umum digunakan, terdiri dari komputer, Terminal Node Controller dan radio.

modem 1200bps. Sistem minimum Z80 ini menjalankan fungsi High Level Data Link Controller (HDLC) sehingga sebagian besar kerja protokol lapisan link dapat dilaksanakan oleh sistem minimum Z80 sehingga mengurangi beban komputer mikro yang harus menjalankan fungsi sebagai switch TCP/IP. Peralatan Terminal Node Controller ini cukup banyak dijual dipasaran Indonesia dengan harga yang berkisar antara Rp. 500.000,- s/d Rp. 800.000,- per buah. Tentunya biaya yang dikeluarkan jika TNC tsb



dihasilkan oleh *Voltage Control Oscillator* (VCO) dalam PLL. Untuk jelasnya, dapat kita lihat blok diagram rangkaian demodulator pada gambar 11.

Rangkaian transverter relatif sangat sederhana dibandingkan rangkaian lainnya apalagi dengan tersedianya *Monolithics Microwave Integrated Circuit* (MMIC) dipasaran bebas dengan harga yang sangat murah. Fungsi transverter adalah untuk mentranslasikan frekuensi operasi modem 56Kbps dari 28MHz ke frekuensi operasi sebenarnya di VHF atau UHF. Isi transverter hanya berupa:

- Rangkaian oscillator.
- Dua buah mixer (balanced modulator)
- Driver dan power amplifier (PA).
- Low Noise Amplifier (LNA).

Dalam implementasi transverter ini kami merencanakan untuk banyak menggunakan MMIC dan Hybrid PA untuk RF yang banyak dipasaran.

### Kesimpulan

Dalam makalah ini telah dijelaskan kondisi jaringan komputer antar universitas, lembaga penelitian dan industri di Indonesia. Teknologi yang kami gunakan menggunakan media komunikasi radio sebagai basis utamanya. Teknologi ini relatif sederhana sehingga dapat dengan mudah dikembangkan sendiri di Indonesia dan sangat cocok untuk digunakan dalam membangun wilayah-wilayah pedesaan / terpencil di Indonesia. Hal ini merupakan keuntungan utama dari teknologi packet radio, dalam membangun jaringan komputer di daerah yang infrastruktur komunikasinya masih terbelakang. Tentunya kerugian utama teknologi packet radio kecepatan rendah (1200bps) adalah kapasitas pengiriman data yang terbatas (sekitar 2Mbyte/hari (maksimum).

Di samping hal-hal yang lebih bersifat konseptual dari sistem / strategi yang digunakan dalam implementasi jaringan komputer di Indonesia, beberapa alternatif teknologi packet radio, seperti, perangkat 56Kbps, modem 1200bps dan TNC, yang menjadi tulang punggung jaringan komputer Paguyuban dijelaskan secara lebih rinci. Perangkat packet radio berkecepatan tinggi 56Kbps ke atas dimaksudkan untuk aplikasi yang sifatnya lebih profesional dengan kapasitas transfer data dalam orde ratusan Mbyte / hari. Secara garis besar dijelaskan

pula usaha-usaha yang sistematis untuk mengintegrasikan jaringan komputer packet radio yang sedang dikembangkan ke jaringan komputer internasional InterNet.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Onno W. Purbo, "**An alternative approach to built low cost TCP/IP-based Wide Area Network in Indonesia,**" the South East Asia Regional Computer Confederation (SEARCC) '92 regional conference, Kuala Lumpur, 14 August 1992.
- [2] Onno W. Purbo, "**The building of information infra-structure to sustain the current growth in Indonesia,**" The Canadian Association for the Studies of International Development (CASID) conference, Carleton University, Ottawa, 7-9 June 1993.
- [3] Onno W. Purbo, "**Low cost strategies for a sustainable microelectronics information system,**" MICRO'93, Surfers Paradise, Queensland, Australia 5-8 October 1993.
- [4] Onno W. Purbo, "**Alternatif untuk menyiapkan sumber daya manusia untuk industri,**" Pikiran Rakyat, 27 August 1992.
- [5] Onno W. Purbo, "**The building of Computer Network in Indonesia,**" diterima untuk dipublikasikan dalam Canadian Journal of Development Studies.
- [10] CCITT Recommendation X.25, **Interface between Data Terminal Equipment (DTE) and Data-Circuit Terminating Equipment (DCE) for Terminals Operating in the Packet Mode on Public Data Networks.**
- [11] W. Stallings, **Handbook of computer communications standards: local network standards**, vol. 2, MacMillan Book, 1987.
- [12] J. Postel, "**RFC 791: Internet Protocol (IP),**" InterNet Network Working Group, September 1981.
- [13] J. Postel, "**RFC 792: Internet Control Message Protocol,**" InterNet Network Working Group, September 198