

Pengembangan Protokol Jaringan berbasis OSI untuk Jaringan Telekomunikasi

Penerbangan: Rancangan Connectionless Network Protocol

Oleh: Dr. Husni Fahmi dan Ir. Haret Faidah

{fahmi, haret}@inn.bppt.go.id

Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (PTIK – BPPT)

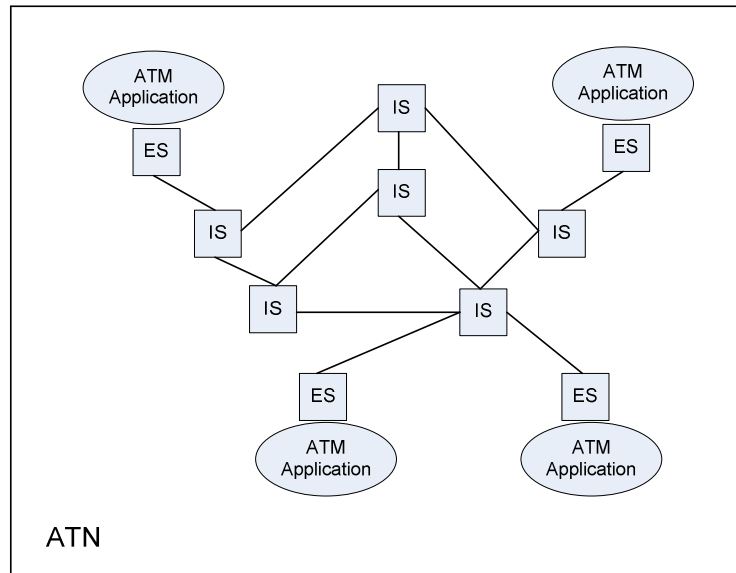
Date: 29 April 2010

1. Pendahuluan

Transportasi udara telah berkembang pesat baik di dunia maupun di Indonesia. Jumlah pesawat udara yang melintas pada suatu ruang udara semakin meningkat sehingga komunikasi penerbangan darat-darat dan darat-udara semakin meningkat. Peningkatan komunikasi penerbangan ini menambah beban pada sistem komunikasi penerbangan yang berbasis suara pada gelombang radio. Sistem komunikasi udara ini rawan terhadap cuaca dan kesalahpahaman komunikasi karena kendala bahasa. Oleh karena itu, Organisasi Penerbangan Sipil Internasional atau *International Civil Aviation Organization* (ICAO) mengembangkan konsep baru yang disebut Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management (CNS/ATM) yang pertama kali dikenalkan pada the Worldwide CNS/ATM Systems Implementation Conference di Rio de Janeiro pada tahun 1998. CNS/ATM direncanakan untuk diterapkan oleh seluruh anggota 1944 Chicago Conference paling lambat pada tahun 2015 (ICAO, 2005).

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi memulai pengembangan CNS/ATM pada tahun 2007. Salah satu bagian penting dari CNS/ATM adalah Aeronautical Telecommunication Network (ATN) yang merupakan infrastruktur komunikasi internasional yang mengelola pertukaran data digital antara pesawat udara dan fasilitas pengendali lalu lintas udara sipil. ATN terdiri dari aplikasi dan layanan komunikasi yang memungkinkan *ground-to-ground router*, *air-to-ground router*, dan *airborne router* untuk berkomunikasi satu sama lain. Pengembangan ATN ini mengacu pada Manual of Technical Provisions for the ATN, Doc 9705-AN/956 (ATN 2002) dan berdasarkan ISO Open Systems Interconnection (OSI) yang distandardisasikan dalam ISO/IEC 7498 (ISO/IEC 7498, 1994). ATN terdiri dari entitas aplikasi dan layanan telekomunikasi yang memungkinkan semua jaringan penerbangan sipil baik ground-to-ground dan air-to-ground saling berkomunikasi. Selain dari jaringan, maka ATN terdiri dari simpul-simpul ATN Router atau Intermediate System (IS) dan simpul-simpul ATN End System (ES). Gambar 1 memperlihatkan komponen pada jaringan ATN yaitu End System atau host,

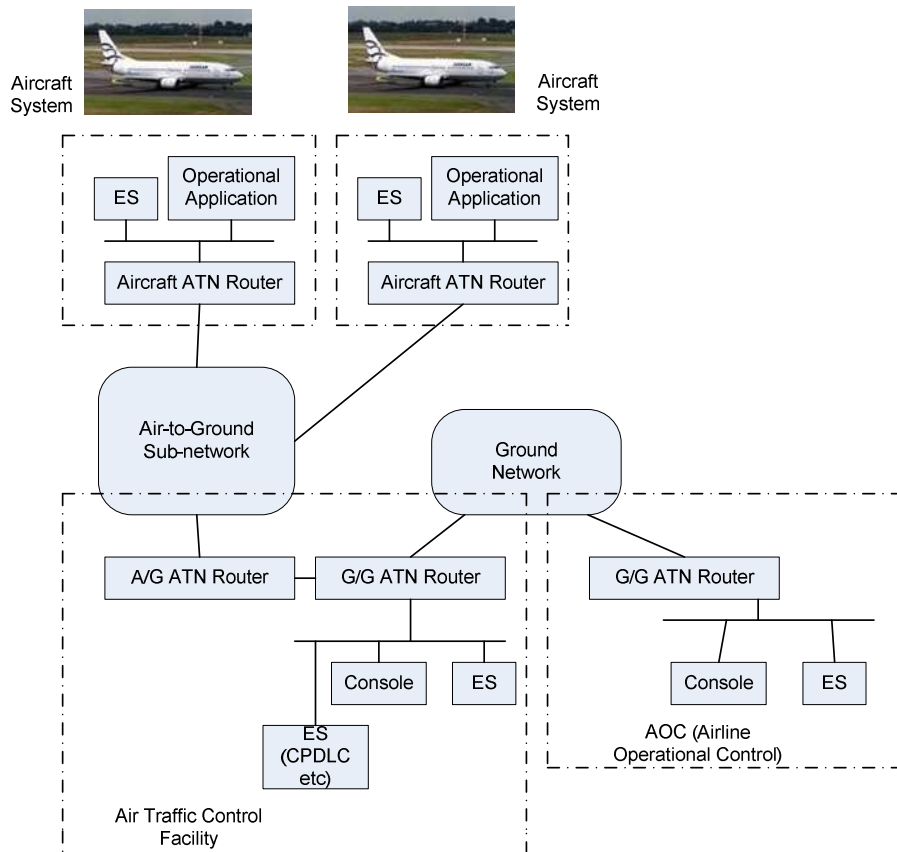
Intermediate System atau router, semua aplikasi pendukung ATM dan jaringan ATN. Aplikasi ATM bisa berada di pesawat ataupun di stasiun-stasiun darat seperti menara bandara atau Air Traffic Center.



Gambar 1. Elemen-Elemen pada suatu jaringan ATN

Sumber: http://elearning.eurocontrol.int/ATMTraining/precourse/com/dlt/Taste%20The%20Course/ATNIne_003_002/Default.html

Pengiriman data antara pesawat dan darat dilakukan melalui A/G (Air-to-Ground) dan G/G (Ground-to-Ground) Router seperti diperlihatkan pada Gambar 2. End System atau host pada pesawat akan mengirimkan data ke darat melalui A/G Router pada pesawat. Data akan ditangkap oleh A/G router di darat. A/G router akan meneruskan data melalui jaringan ATN di darat yaitu G/G ATN router ke End System yang dituju. Dari darat, End System juga akan mengirimkan data ke pesawat melalui jaringan ATN yang sama.



Gambar 2. Pengiriman Data antara Pesawat dan Darat

Sumber: Oki's ATN Router presentation to ATN Seminar
Chiang Mai, Thailand, 11-14 December 2001, p. 3

Dalam tulisan ini, kami akan menjelaskan tentang pengembangan protokol pada lapisan jaringan berbasis OSI yaitu Connectionless Network Protocol (CLNP) yang dirangkum dari karya ilmiah oleh Sugiarto et al. (2007); Fahmi et al. (2008); Isyanuar et al. (2009) dan Sabastian et al. (2009). Karya ilmiah ini merupakan hasil kegiatan perekayasaan yang dilaksanakan oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) sejak tahun 2007, yang bekerja sama dengan Swiss German University pada bagian implementasi fungsi-fungsi inti CLNP dan Universitas Indonesia pada bagian segmentation dan reassembly.

Tulisan ini disusun sebagai berikut. Bab 2 menerangkan secara ringkas tentang protokol Open System Interconnection OSI sebagai protokol yang kami gunakan untuk pengembangan ini. Bab 3 menerangkan tentang sejarah TCP/IP, atau yang lebih dikenal sebagai Internet. Bab 4 menerangkan tentang perbandingan OSI dan TCP/IP. Bab 5 menuliskan alasan-alasan mengapa jaringan ATN dikembangkan menggunakan OSI. Bab 6 menceritakan tentang

perkembangan terakhir, yang memperlihatkan bahwa ICAO sudah memikirkan kemungkinan mengembangkan ATN menggunakan IPS (IP stack). Bab 7 menerangkan tentang CLNP secara umum. CLNP adalah lapisan network pada protokol OSI. CLNP adalah protokol jaringan yang digunakan untuk mengembangkan ATN. Pengembangan ini dilakukan pada Linux kernel 2.6.x., karena pada saat pengembangan ini dilakukan kernel 2.6.x adalah kernel terakhir dan stabil. Struktur data yang penting menyangkut pengelolaan jaringan di dalam suatu kernel adalah apa yang dikenal sebagai socket buffer atau `sk_buff`. Bab 8 menerangkan tentang `sk_buff`. Berturut-turut bab 9, 10 dan 11 adalah tentang bagian Input, Output dan Routing dari CLNP yang kami kembangkan. Di dalam tulisan ini, kami hanya membahas analisa dan perancangan CLNP. Sementara, implementasi CLNP akan dijelaskan pada makalah berikutnya. Makalah ini disusun dengan tujuan sebagai sarana pembelajaran bagi mahasiswa dan peneliti dalam mengembangkan protokol jaringan.

2. Lapisan Protokol menurut Open System Interconnection (OSI)

ATN menyediakan layanan komunikasi digital terpadu, di samping layanan komunikasi suara tradisional, untuk mendukung komunikasi udara-ke-darat dan darat-ke-darat. Komunikasi yang didukung adalah antara *airline* dan *Air Traffic System (ATS)*; *airline* dan *aircraft systems*; *ATS* dan *aircraft systems*; *ground ATS systems*; dan *airline systems*. Protokol ATN dibangun berdasarkan model referensi OSI yang ditunjukkan pada Gambar 3 (Dhas et al, 2000) yang terdiri dari lapisan-lapisan *physical*, *data link*, *network*, *transport*, *session*, *presentation* dan *application*.

ATN Stack		OSI Protocol	
ATN Application	CPDLC, ADS, FIS	7	Application
Upper Layer Communication Service (ULCS)	COPP	6	Presentation
	COSP	5	Session
Internet Communication Service (ICS)	TP4, CLTP	4	Transport
	CLNP, Routing	3	Network
Data Link	VDL, Mode S, AMSS	2	Data Link
		1	Physical

Gambar 3. OSI – ATN Stack

Lapisan aplikasi berhubungan langsung dengan pengguna melalui antarmuka aplikasi. Lapisan presentasi dan sesi digabung menjadi satu sebagai upper layer communication service yang menyediakan antarmuka antara aplikasi yang berjalan pada *user space* dan fungsi-fungsi yang berjalan pada *kernel space*, yaitu, lapisan transpor. Pada kedua lapisan ini biasanya disediakan antarmuka berupa *socket* pada sistem operasi Unix dan Windows. Pada lapisan transpor terdapat *Connectionless Transport Protocol* (CLTP) dan *Transport Protocol Class 4* (TP4). CLTP menyediakan layanan transpor yang tidak memberikan jaminan tersampainya paket data yang dikirimkan kepada penerima sedangkan TP4 menyediakan layanan transpor yang memberikan orientasi koneksi (*Connection-Oriented Transport Protocol*) dan pengiriman data handal. CLTP adalah seperti User Datagram Protocol (UDP) dan TP4 adalah seperti Transmission Control Protocol (TCP) pada Internet. Pada lapisan jaringan terdapat *Connectionless Network Protocol* (CLNP) yang menyediakan layanan pengalamatan dan routing dari sumber hingga tujuan sebagaimana Internet Protocol (IP).

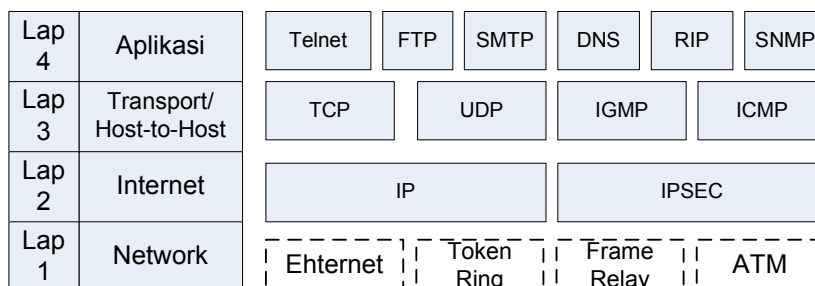
3. Sejarah TCP/IP atau Internet

Pada pertengahan tahun 1970-an, DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) memulai pekerjaan yang kelak akan melahirkan Internet. DARPA dikenal sebagai lembaga yang pertama kali mendanai penggunaan *packet switched network* di dalam jaringan. Riset dan pengembangan dari packet switching ini dilakukan DARPA dengan jaringannya yang dikenal sebagai ARPANET. Dengan berjalannya waktu, makin banyak teknologi jaringan yang muncul. Teknologi ini bermacam-macam, tergantung siapa yang mengembangkan dan perangkat keras

yang digunakan. Pertumbuhan dari teknologi jaringan yang beraneka ragam ini menuntut DARPA untuk memikirkan suatu protokol komunikasi yang bisa menghubungkan antar jaringan dengan teknologi perangkat keras yang berbeda-beda. Keanekaragaman teknologi ini yang akhirnya memaksa DARPA untuk memikirkan suatu protokol baru yang universal. Protokol baru ini diharapkan menjadi protokol *internetworking* atau protokol antar jaringan. Protokol ini adalah yang kelak akan dikenal sebagai protokol TCP/IP atau yang sekarang ini dikenal juga sebagai protokol IPv4 atau Internet. Internet yang dikembangkan oleh DARPA ini dimulai sekitar awal tahun 1980-an. Pada tahun 1979, DARPA membentuk suatu komite untuk melakukan koordinasi dan tuntunan dalam mengembangkan disain dari protokol dan arsitektur teknologi *internetworking* yang sedang berkembang pesat ini. Komite ini dikenal sebagai *Internet Control and Configuration Board (ICCB)*. Komite ini melakukan pertemuan berkala sampai tahun 1983. Pada tahun 1983, DARPA mengubah *International Control and Configuration Board (ICCB)* menjadi *International Architecture Board (IAB)*. IAB ini yang kemudian menentukan dan mengatur perkembangan dari protokol TCP/IP dan evolusi Internet selanjutnya. Pada tahun 1989, terjadi reorganisasi pada IAB. IAB dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu *Internet Research Task Force (IRTF)* dan *Internet Engineering Task Force (IETF)*. IETF memfokuskan diri kepada menyelesaikan masalah teknis yang dihadapi Internet dengan solusi jangka pendek ataupun solusi menengah dan perubahan permanen. Sebaliknya IRTF sebagai pasangan IETF melakukan riset terhadap kemungkinan pengembangan teknologi Internet selanjutnya (Comer 2006).

Protokol TCP/IP terdiri dari empat lapisan atau *layer* yaitu:

- a. Lapisan Jaringan (*Network layer*)
- b. Lapisan Internet (*Internet layer*)
- c. Lapisan Transport (*Transport layer atau Host-to-Host*)
- d. Lapisan Aplikasi (*Application layer*)



Gambar 4. Protokol TCP/IP

(Raja et al, viewed 9 March 2010)

4. Perbandingan OSI dan TCP/IP

Komunikasi atau pengiriman data dari suatu aplikasi ke aplikasi lain pada host berbeda di dalam suatu jaringan harus melalui banyak proses. Setiap proses dilakukan oleh satu atau lebih fungsi di dalam protokol. Karena banyak dan rumitnya fungsi-fungsi ini, maka pengembang protokol komunikasi biasanya mengelompokkan fungsi-fungsi ini. Kedua protokol baik OSI maupun TCP/IP menggunakan arsitektur yang mirip, yaitu kedua-duanya menggunakan cara mengelompokkan fungsi-fungsi komunikasi dalam lapisan-lapisan (*layering*). Protokol OSI menggunakan tujuh lapisan yang sudah diterangkan sebelumnya, sedangkan TCP/IP menggunakan empat lapisan. Gambar berikut memperlihatkan perbedaan antara protokol OSI dan protokol TCP/IP.

Aplikasi	Aplikasi
Presentation	
Session	
Transport	Transport
Network	Internet
Datalink	Network
Physical	

Gambar 5. Perbandingan OSI dan TCP/IP

Terlihat pada Gambar 5 bahwa tidak ada lapisan *Session* dan *Presentation* pada TCP/IP karena fungsi pada kedua lapisan ini dicakup dalam lapisan *Application* dan *Transport*. *Presentation* layer pada OSI akan mengubah format data yang datang dari lapisan aplikasi ke dalam format yang sama dengan penerima sehingga kedua pihak akan mempunyai format data yang sama dan bisa saling mengerti. Lapisan *Session* adalah lapisan yang memulai dan mengelola hubungan antar dua pihak dan mengatur agar dua pihak bisa berkomunikasi. Lapisan *Network* pada TCP/IP mencakup *Datalink* dan *Physical* pada OSI. Pada TCP/IP, lapisan *Internet* hanya bisa mengirimkan data dalam bentuk *connectionless* sedangkan pada OSI, lapisan *Network* bisa mengirimkan data dengan dua cara yaitu cara *connectionless* dan *connection-oriented*. *Connectionless* menggunakan CLNP (Connectionless Network Protocol) dan *connection oriented* menggunakan CONP (Connection Oriented Network Protocol). *Connectionless* pada OSI distandardisasikan pada ISO/IEC 8473 (1994), sedangkan *connection oriented* distandardisasikan pada ISO/IEC 8348 (2002). Pada TCP/IP, protokol *Internet* atau yang dikenal sebagai *Internet Protocol* (IP) distandardisasikan pada RFC 791 (1981). Pada lapisan *Transport*, kedua protokol OSI ataupun TCP/IP bisa menggunakan

connectionless ataupun connection oriented. Pada TCP/IP, kedua cara ini dikenal sebagai *connected* dengan menggunakan TCP berdasarkan RFC 793 (1981) dan *datagram* dengan menggunakan UDP berdasarkan RFC768 (1980). Sedangkan pada OSI dikenal sebagai Connectionless Transport Protocol berdasarkan ISO/IEC 8602 (1995) dan Connection-Oriented Transport Protocol berdasarkan ISO/IEC 8073 (1997). Perbedaan yang cukup menonjol antara kedua protokol adalah pada cara pengalamatan. Pengalamatan pada IP menggunakan panjang tetap yaitu 32 *bit* (empat *byte*) untuk IPv4 dan kemudian dengan dikembangkannya IPv6 pengalamatan berubah menjadi 128 bit (16 byte). Sedangkan pada OSI digunakan pengalamatan bervariasi dengan menggunakan pengalamatan NSAP yang bisa bervariasi sampai dengan 20 byte (ISO/IEC 8348 2002).

Jika dilihat dari sejarah dan bagaimana awal perkembangannya, protokol OSI adalah suatu protokol yang berkembang dari suatu konsep dan dikembangkan oleh suatu lembaga resmi yaitu IEEE (International of Electrical and Electronics Engineer). Standard pada OSI ditentukan oleh pemikiran yang bersifat ilmiah dan teoritis, kurang mengacu kepada kebutuhan praktis; sebaliknya, TCP/IP berkembang bersamaan dengan perkembangan Internet sehingga lebih bersifat memenuhi kebutuhan nyata dan pragmatis daripada teoritis. TCP kemudian dikembangkan oleh IETF (International Engineering Task Force) yaitu organisasi yang bertanggungjawab untuk pengembangan dan penelitian tentang kebutuhan Internet. Akibatnya, OSI tidak digunakan secara luas walaupun tetap digunakan dalam lingkungan terbatas. OSI lebih banyak digunakan di perguruan tinggi sebagai bahan pendidikan dan riset sedangkan TCP/IP berkembang terus bersamaan dengan semakin luasnya penggunaan Internet. TCP/IP cenderung lebih sederhana, lebih mudah diimplementasikan dan hampir semua sistem operasi, sistem jaringan dan perangkat keras jaringan menggunakan TCP/IP (Hong et al. 2002). ATN yang dikembangkan menggunakan protokol CLNP OSI karena itu pembahasan akan difokuskan ke pada CLNP OSI.

5. Mengapa ATN menggunakan OSI

Jaringan CNS/ATM dikenal sebagai Aeronautical Telecommunication Network yang disingkat ATN. Seperti sudah diterangkan sebelumnya, ATN mengacu ke protokol OSI. Ada beberapa alasan yang menyebabkan OSI dianggap lebih sesuai digunakan sebagai protokol ATN. ATN dikembangkan sekitar tahun 1990-an. Saat itu, protokol TCP/IP sudah ada tetapi masih dalam *infant state* dan belum berkembang seperti sekarang, sehingga dinilai kurang memenuhi persyaratan aplikasi aeronotika yaitu tidak mempunyai kemampuan *mobile* dan penanganan

prioritas yang handal. Jaringan di dalam komunikasi penerbangan pastilah sesuatu yang bergerak (mobile) sedangkan saat itu, TCP/IP belum mempunyai kemampuan mobile. Kemampuan mobile pada TCP/IP baru tersedia pada tahun 2002, dengan dikeluarkannya RFC3344 tentang *IP Mobility Support for IPv4* oleh IETF. Dari awal pengembangannya, OSI sudah mempunyai kemampuan mobile. Selain masalah kemampuan mobile, masalah prioritas tidak dipertimbangkan pada TCP/IP. TCP/IP bersifat *end-to-end*, yang hanya memperhatikan bahwa suatu paket harus tiba di tujuannya tanpa memikirkan prioritas paket mana yang harus tiba lebih dahulu. Karena beragamnya aplikasi on-board pada ATN, maka prioritas menjadi kebutuhan mutlak pada suatu jaringan penerbangan. Pada protokol OSI, prioritas ditangani baik di lapisan transport ataupun di lapisan network. Setiap pengiriman paket harus mempunyai suatu nilai prioritas agar paket dengan prioritas tinggi dijamin mencapai tujuan pada saatnya walaupun terjadi kekurangan sumber daya jaringan ataupun kepadatan saluran. Selain mobilitas dan prioritas, alasan lain adalah cara pengalamatan. Alamat pada TCP/IP menggunakan empat byte (32 bit). Karena dari awal pengembangannya TCP/IP tidak diperkirakan akan digunakan secara global dan mendunia, maka pengalamatan dan pembagian alamat tidak dilakukan secara hirarkis. Ini mengakibatkan kesulitan pada cara routing. Sebaliknya, OSI menggunakan pengalamatan NSAP yang menggunakan 20 byte (160 bit) (ISO/IEC 8348 2002). Dari awal pengembangannya, pembagian medan (field) pada NSAP sudah dirancang untuk membentuk suatu hirarki dari medan paling kiri ke medan kanan. Pengalamatan ini memecah-mecah *global domain* NSAP menjadi domain NSAP yang lebih kecil. Dengan hirarki ini, setiap domain bisa mendelegasikan otoritas ke domain di bawahnya. Cara ini juga bisa memecah pengalamatan secara hirarkis, sehingga bisa melakukan pengelolaan cara routing lebih baik (ICAO CAMAL Part IV, 1999).

6. Kecenderungan ATN akan Menggunakan IPv6

Saat ini, ada beberapa negara yang menggunakan protokol TCP/IPv4 secara bilateral dengan negara lain dengan alasan infrastruktur TCP/IPv4 sudah tersedia selain menggunakan protokol OSI yang memang distandardkan oleh ICAO. Ini dikhususkan untuk aplikasi Ground-to-Ground yaitu AMHS (Air Traffic Service Message Handling System), karena aplikasi Air-to-Ground di ATN tidak pernah mempertimbangkan kemungkinan menggunakan TCP/IPv4. Setelah tahun 2000, kecenderungan negara-negara anggota ICAO untuk menggunakan TCP/IP membuat ICAO mulai melihat fakta bahwa mempertimbangkan kemungkinan penggunaan IPS (IP stack) untuk jaringan ATN tidak bisa dihindari. Pemikiran ini sudah mulai muncul pada The 3rd Meeting of ATN Implementation Co-ordination Group of APANIRG , 5 – 9 Mei 2008 di Nadi, Fidji dan

The 5th Working Group Meeting of ATN Implementation Co-ordination of APANIRG, 17 – 18 Desember 2008, Chennai, India. Apalagi dengan kemungkinan penggunaan IPv6 sebagai protokol penerus IPv4 yang sudah menjadi sesuatu yang tidak bisa dihindari karena keterbatasan ruang pengalamatan pada IPv4. IPv6 mempunyai kemampuan mobile yang cukup memadai untuk aplikasi aeronotika (Johnson et al., RFC 3775 2004) dan penanganan prioritas yang cukup handal yang dianggap kelemahan pada IPv4. Melihat perkembangannya, bahwa banyak negara yang menggunakan TCP/IP untuk ATN, maka ICAO mulai mempertimbangkan untuk menggunakan IPS sebagai protokol ATN. Pada bulan Februari 2009, ICAO mempublikasikan Doc 9896, *Manual for the ATN using IPS Standards and Protocols*. Dokumen ini masih dalam bentuk draft/konsep, tetapi setidaknya Doc 9896 ini bisa dijadikan referensi rencana ICAO menggunakan protokol TCP/IP untuk jaringan ATN. Di dalam Doc 9896 ini, ICAO mempersiapkan standard dan protokol penggunaan IPv6 sebagai protokol alternatif untuk ATN.

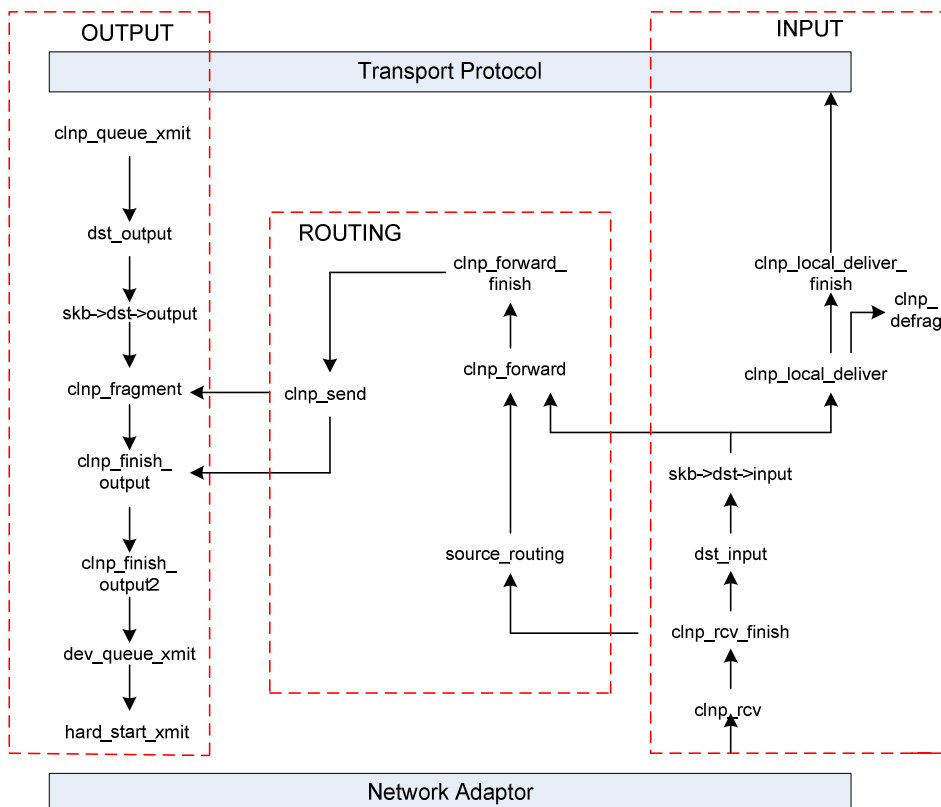
Sebelum keluarnya Doc 9896, setiap negara boleh secara bilateral menggunakan protokol TCP/IP tetapi tetap harus menyediakan ATN OSI agar jaringan ATN yang distandardkan oleh ICAO tetap tersedia. Setiap negara harus tetap menggunakan ATN Ground-to-Ground Router yang menjalankan protokol CLNP dan routing protocol Inter Domain Routing Protocol (IDRP). Ground-to-Ground Router harus memenuhi ATN Ground-to-Ground Router ICD (Interface Control Document). ICAO wilayah Asia Pasific merencanakan untuk membuat infrastruktur backbone ATN yang akan mendukung komunikasi digital antara pemakai di darat dan antara pemakai di darat dan pesawat. ICD adalah salah satu dokumen pendukung yang menentukan spesifikasi dari layer satu sampai dengan layer tiga pada BIS (Border Intermediate System) Router yang akan membentuk backbone tersebut. Ground-to-Ground Router harus mengikuti IDRP Routing Policy buat Asia Pasifik dan rencana NSAP Addressing Plan yang dibuat oleh ICAO. Dengan alasan-alasan tersebut, walaupun menggunakan TCP/IP, setiap negara anggota ICAO harus tetap menyediakan ATN OSI (Chang 2001, ICAO APANIRG 2005), sehingga pengembangan ATN berbasis OSI masih tetap dilakukan.

7. CLNP sebagai Protokol Jaringan pada ATN

Seperti sudah dituliskan sebelumnya, sejak tahun 2007, BPPT telah melakukan suatu kegiatan pengkajian dan pengembangan teknologi dalam rangka mendukung otoritas perhubungan udara dalam mempersiapkan diri menghadapi penggunaan CNS/ATM yaitu mengembangkan prototipe protokol ATN yang berbasis protokol OSI. Pengembangan protokol ATN ini dimulai dengan pengembangan pada lapisan jaringan yaitu CLNP (Connectionless Network Protocol).

Protokol CLNP ini diimplementasikan pada sistem operasi Linux dan modulnya dikembangkan dengan bahasa pemrograman C. Modul yang dikembangkan mengacu ke pada modul-modul TCP/IP yang dikembangkan oleh BSD pada Linux kernel 2.6.17.13. Implementasi modul CLNP inipun dilakukan pada kernel 2.6.17.13, karena pada saat riset ini dilakukan, kernel 2.6 adalah Linux kernel yang paling mutakhir dan stabil. Mula-mula modul ini disimulasikan di ruang pengguna (user space), kemudian dimasukkan ke dalam modul kernel. Modul-modul TCP/IP ini digunakan sebagai acuan untuk mengembangkan modul CLNP yang sepadan. Misalnya fungsi `clnp_rcv` mengacu kepada fungsi `ip_rcv`, fungsi `clnp_rcv_finish` mengacu kepada `ip_rcv_finish` dan seterusnya. Di dalam suatu protokol akan ada banyak fungsi-fungsi, demikian juga pada CLNP. Pada CLNP ada 22 buah fungsi (ISO/IEC 8473-1 1994). Untuk pengembangan awal, dikembangkan fungsi-fungsi yang paling penting di dalam protokol CLNP.

Pengembangan CLNP ini dikelompokkan ke pada tiga kelompok besar, yaitu input, output dan routing. Desain modul CLNP diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 6. Bagan dari proses Input, Output dan Routing Pada CLNP

8. Socket Buffer (`sk_buff`)

Pengembangan modul ini akan dilakukan dengan menggunakan Linux kernel 2.6.x, maka di bagian ini diterangkan secara ringkas struktur data yang digunakan di dalam lapisan network pada kernel 2.6.x. Struktur data ini dikenal sebagai socket buffer (`sk_buff`) (Wehrle et al. 2005; Benvenuti 2005). Socket buffer atau `sk_buff` adalah struktur data paling penting menyangkut pengelolaan jaringan di dalam kernel. `sk_buff` berisi semua informasi yang diperlukan pada saat paket data berada di dalam kernel. `sk_buff` mengatur dan mengelola paket data selama bergerak di lapisan-lapisan protokol di dalam protokol jaringan baik ke atas maupun ke bawah. Salah satu medan pada `sk_buff` yaitu `data` (`skb->data`) menunjuk ke alamat di mana data di dalam paket berada. Selama paket data berada di memori, maka akses ke paket data selalu dilakukan melalui alamat yang ditunjukkan oleh `skb->data`.

Berikut adalah sebagian medan-medan penting dari `sk_buff`:

```
struct sk_buff {
    /* These two members must be first. */
    struct sk_buff      *next;
    struct sk_buff      *prev;

    /* skb->next menunjukkan ke sk_buff yang berikut, dan skb->prev
    menunjuk ke sk_buff yang sebelumnya. */

    struct sk_buff_head *list;
    /* skb->list menunjuk ke sk_buff_head yaitu awal dan akhir dari
    double link list. */

    struct sock         *sk;
    /*  skb->sk berhubungan dengan socket yang menerima atau
    mengirimkan paket data. */

    struct timeval      stamp;
    /* Field stamp adalah field yang mencatat waktu paket data ini
    diterima atau dikirimkan oleh kernel. */

    struct net_device   *dev;
```

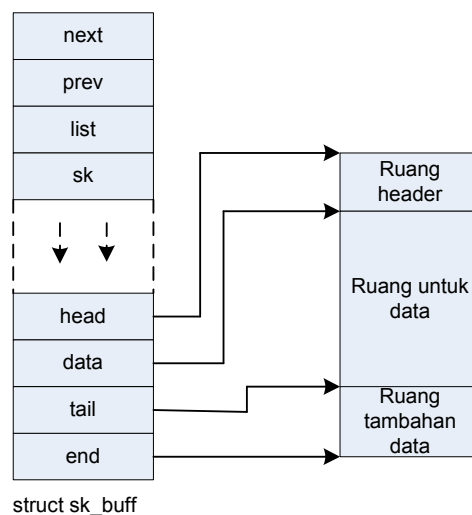
```

struct net_device    *input_dev;
struct net_device    *real_dev;
/* Ketiga field ini akan menunjuk ke perangkat keras (device)
yang menerima atau mengirimkan paket. */

unsigned char        *head,
                    *data,
                    *tail,
                    *end;
}

```

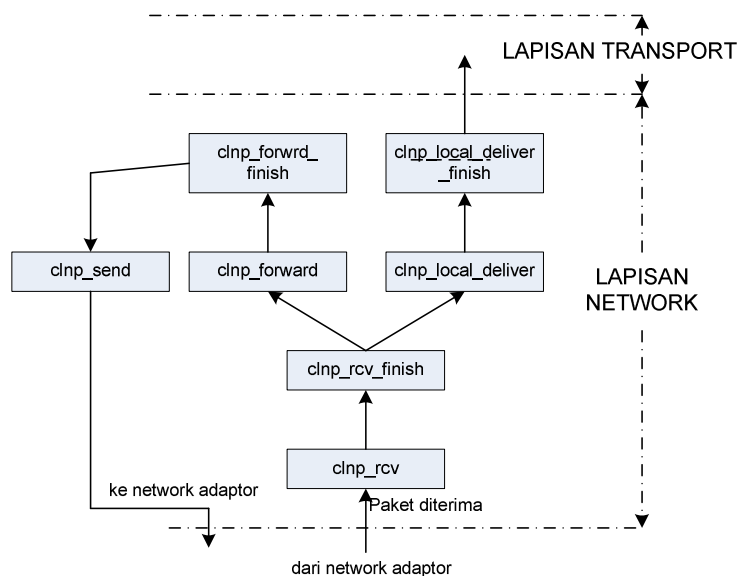
Keempat medan terakhir ini berhubungan dengan lokasi memori di mana paket data disimpan. Jadi akses ke paket data selalu melalui alamat yang ditunjukkan oleh field ini. `skb->head` dan `skb->end` menunjukkan alamat awal dan akhir dari memori yang dialokasikan ke seluruh paket data seperti terlihat pada Gambar 7. `skb->data` dan `skb->tail` menunjukkan awal dan akhir dari data yang sebenarnya, hanya data tanpa kepala paket (*header*). Ruang di antara `skb->head` dan `skb->data` disediakan untuk kepala paket karena akan berubah sepanjang paket data bergerak melalui lapisan-lapisan protokol. Ruang antara `skb->tail` dan `skb->end` disediakan untuk penambahan data jika ada.



Gambar 7. Bagian data dari sk_buff

9. CLNP Input

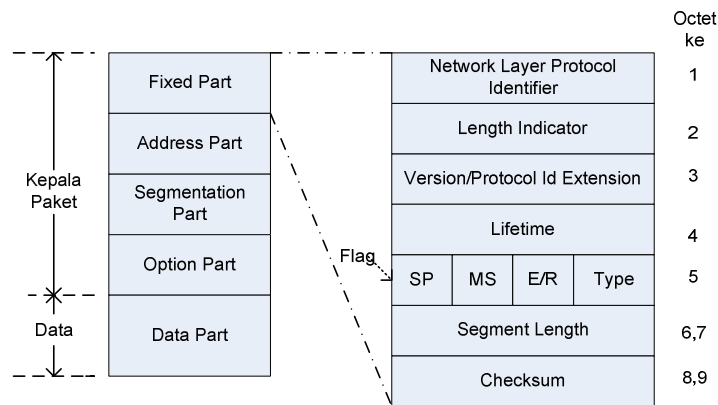
Proses input dimulai ketika suatu paket diterima dari *network adaptor*, seperti terlihat pada Gambar 8. Paket ini akan naik ke lapisan *network* dan diproses oleh fungsi penerima. Fungsi yang akan menangani paket yang baru masuk adalah `clnp_rcv`. Fungsi `clnp_rcv` ini akan memisahkan kepala paket (*packet header*) dari beban datanya (*payload*). Kepala paket ini akan dianalisa dengan memeriksa medan yang berisi alamat tujuan. Dari sini, akan diketahui apakah paket data ini untuk alamat ini (*host*) ataukah untuk diteruskan ke alamat yang berikutnya. Jika paket ini memang sudah mencapai tujuan akhir yaitu host ini, maka akan dilakukan fungsi-fungsi selanjutnya yaitu `clnp_local_deliver` di dalam CLNP dan akan diteruskan ke lapisan yang lebih tinggi yaitu lapisan *transport* untuk diteruskan ke aplikasi. Jika paket ditujukan ke alamat berikut dan hanya singgah di alamat ini, maka akan diteruskan ke fungsi *forwarding* dan *routing* yaitu `clnp_forward` untuk dikirimkan ke alamat tujuan melalui lapisan *data link*.



Gambar 8. CLNP Input

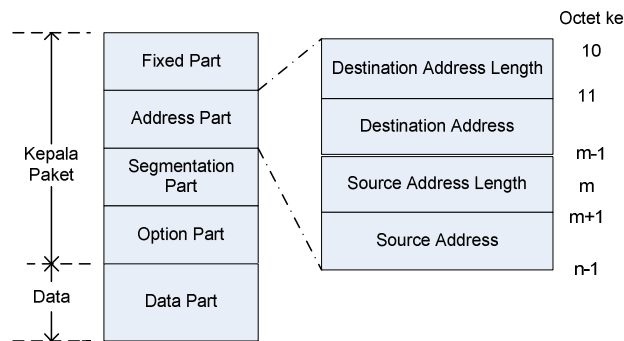
Fungsi-fungsi yang dikembangkan pada input adalah *decomposition*, *header format analysis*, *header error detection*, *error reporting* dan *reassembly*. Proses pemisahan kepala paket dari data disebut proses *decomposition*. Kepala paket terdiri dari beberapa bagian yaitu *fixed part*, *address part*, *segmentation part* dan *option part* seperti terlihat pada Gambar 9. Fixed part dan address part adalah bagian yang selalu ada pada kepala paket, sedangkan segmentation dan option ada sesuai kebutuhan. Setelah proses pemisahan kepala paket, maka mulai dilakukan analisa terhadap kepala paket. Ini adalah fungsi header format analysis. Medan pada kepala

paket yang dianalisa adalah medan pada bagian fixed part dan bagian segmentation, jika bagian segmentation ada.



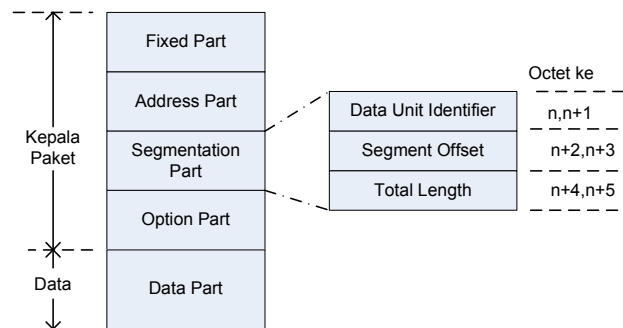
Gambar 9. Fixed Part pada Kepala Paket Data

Setiap medan pada fixed part akan dianalisa untuk diperiksa apakah sesuai dengan standard yang ditentukan oleh ISO/IEC 8348 (2002). Jika pada kepala data ada kesalahan atau ketidaksesuaian dengan standard ISO, maka paket data akan dibuang (*discard*) dan tidak akan diproses lebih lanjut. Selain itu, dilakukan juga fungsi *header error detection*. Fungsi ini dilakukan dengan menghitung checksum parameter yaitu octet ke delapan dan sembilan dari fixed part. Jika header error detection ini gagal, maka paket data akan dibuang. Setelah paket diolah oleh `clnp_rcv`, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, maka selanjutnya paket akan diteruskan ke fungsi `clnp_rcv_finish`. `clnp_rcv_finish` akan melakukan analisa dari bagian lain dari kepala paket yaitu bagian *option*, kemudian bagian alamat (*address*). Standard pengalamatan pada CLNP diatur pada ISO/IEC 8348 (2002). Panjang alamatnya variabel antara satu octet sampai dengan 20 octet. Untuk ATN, maka panjang alamat adalah 20 octet, sehingga jika panjang alamat tidak 20 octet, maka paket ini akan dibuang. Selanjutnya akan diperiksa apakah paket ini sudah mencapai tujuan akhir. Ini dilakukan dengan membandingkan alamat pada tujuan dengan alamat pada host. Jika ya, maka akan diteruskan ke `clnp_local_deliver` untuk diproses lebih lanjut. Jika tidak, akan diteruskan ke `clnp_forward` untuk dikirimkan kembali ke saluran jaringan menuju ke alamat tujuan.



Gambar 10. Address Part pada Kepala Paket

Pada fungsi `clnp_local_deliver`, akan dilihat apakah paket ini adalah paket hasil segmentasi. Segmentasi adalah proses pemecahan satu paket menjadi dua atau lebih paket jika panjangnya melebihi kapasitas saluran. Kapasitas saluran ini dikenal sebagai MTU (*Maximum Transfer Unit*). Jika paket ini hasil segmentasi, maka proses *reassembly* dilakukan pada fungsi ini. Reassembly akan menyatukan kembali semua paket hasil segmentasi menjadi satu paket asal. Suatu segmen diidentifikasi berasal dari suatu paket adalah berdasarkan *Data Unit Identifier*, alamat sumber dan alamat tujuan.



Gambar 11. Segmentation Part pada Kepala Paket

Setelah kembali menjadi satu paket utuh, maka paket ini akan diteruskan ke `clnp_local_deliver_finish`. Fungsi ini yang akan meneruskan ke lapisan Transport. Jika paket tidak disegmentasi maka fungsi reassembly tidak akan dipanggil dan akan langsung diteruskan ke `clnp_local_deliver_finish`. `clnp_local_deliver_finish` adalah fungsi akhir di lapisan network. Di sini paket data yang sudah dikurangi dengan kepala paket diteruskan ke lapisan Transport. Fungsi *error report* dilakukan jika ada suatu kondisi yang menyebabkan paket data ini harus dibuang (*discard*). Contohnya, jika kepala paket tidak bisa

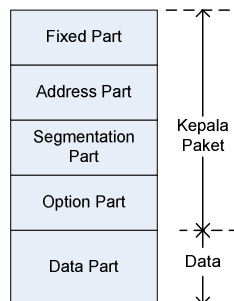
dianalisa atau alamat tidak dikenal dan sebagainya (ISO 8473 1994). Fungsi error report ini dipanggil kapanpun suatu kesalahan dalam paket ditemukan. Fungsi error report ini dilakukan jika di medan E/R pada bagian fixed part bernilai satu.

10. CLNP Output

Bagian output adalah kebalikan dari bagian input. Bagian ini mempunyai tugas mengirimkan paket data dari lapisan *network* ke lapisan yang lebih rendah yaitu lapisan *datalink* yang kemudian akan meneruskan ke saluran transmisi. Pengiriman ini ada dua macam. Jenis pengiriman paket pertama adalah pengiriman paket data yang memang berasal dari lapisan yang lebih tinggi yaitu lapisan transport yakni paket berasal dari host yang bersangkutan. Yang kedua adalah bagian yang mengirimkan paket data sebagai hasil dari fungsi `clnp_forward_finish` pada bagian input.

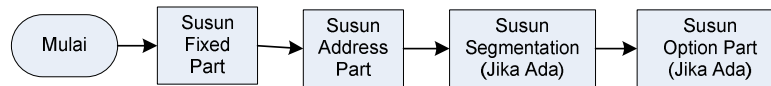
Ada empat fungsi yang dibuat dalam pengembangan bagian output yaitu fungsi-fungsi *composition*, *padding*, *segmentation* dan *transmit*. Suatu paket data yang datang dari lapisan transport terdiri dari kepala lapisan transport (*transport header*) dan beban data lapisan transport (*transport payload*). Pada saat masuk ke lapisan network, maka kedua bagian ini menjadi satu, yaitu beban data bagian network (*network payload*). Di lapisan network maka bagian beban data ini harus disambungkan dengan PCI (*Protocol Control Information*) dari lapisan network yaitu kepala lapisan network (*network header*). Proses pembuatan kepala paket ini adalah fungsi *composition* yang dikembangkan dalam riset ini.

Kepala paket terdiri dari Fixed Part dan Address part, seperti terlihat pada Gambar 12. Jika ada *segmentation*, maka akan ada *Segmentation part* dan jika di dalam paket ada *Option*, maka ada *Option part*.



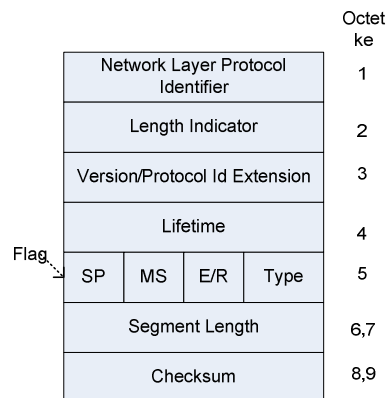
Gambar 12. Struktur Paket CLNP

Flowchart pada Gambar 13 memperlihatkan pembuatan kepala paket di lapisan network. Proses penyusunan kepala paket dimulai dengan menyusun fixed part, kemudian address part. Segmentation dilakukan jika diperlukan yaitu ketika besaran paket melebihi MTU. Option part ditambahkan apabila diperlukan.



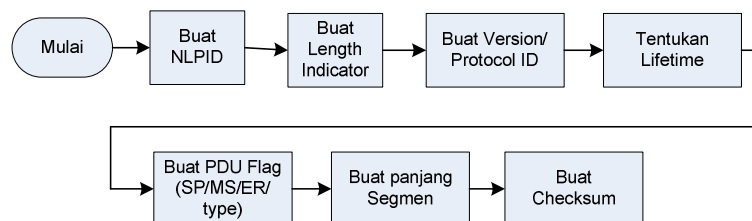
Gambar 13. Flowchart Pembuatan Kepala Paket

Setiap bagian mempunyai medannya masing-masing. Medan pada Fixed Part, pada Gambar 14, terdiri dari Network Layer Protocol Identifier satu octet, Length Indicator satu octet, Version/Protocol Id Extension satu octet, Lifetime satu octet, flag satu octet, segment length dua octet dan checksum dua octet. Flag tersebut terdiri dari SP (Segmentation Permitted), MS (More Segments), E/R (Error Report) dan Type yang tergabung menjadi satu octet.



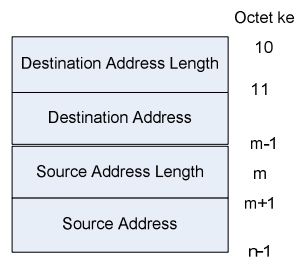
Gambar 14. Medan pada Fixed Part

Penyusunan fixed part, yang ditunjukkan pada Gambar 15, dimulai dengan pembuatan NLPID, membuat length indicator, membuat version/protocol ID, menentukan lifetime, membuat PDU flag, membuat panjang segmen dan menghitung checksum.



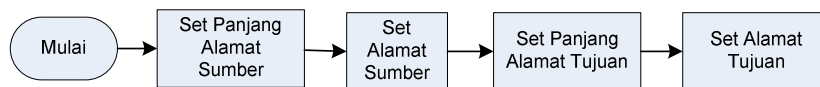
Gambar 15. Flowchart penyusunan Fixed Part

Bagian address, yang ditunjukkan pada Gambar 16, terdiri dari destination address length dengan panjang satu octet pada urutan ke-10, destination address pada octet ke-11 hingga $m-1$, source address length dengan panjang satu octet pada urutan ke- m , dan source address pada octet ke- $(m+1)$ hingga $n-1$.



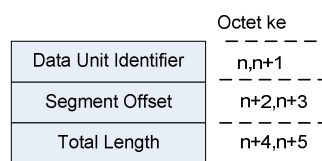
Gambar 16. Medan pada Address Part

Penyusunan address part, terlihat pada Gambar 17, dimulai dengan menentukan panjang alamat sumber, 20 octet, dan kemudian dituliskan alamat sumber. Berikutnya, panjang alamat tujuan ditentukan dan alamat tujuan dituliskan.



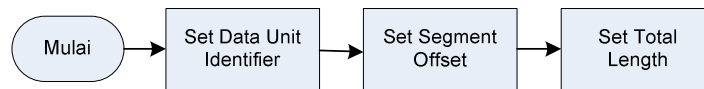
Gambar 17. Flowchart Penyusunan Address Part

Medan pada bagian Segmentation, terlihat pada Gambar 18, terdiri dari Data Unit Identifier satu octet, Segment Offset satu octet, dan Total Length satu octet.



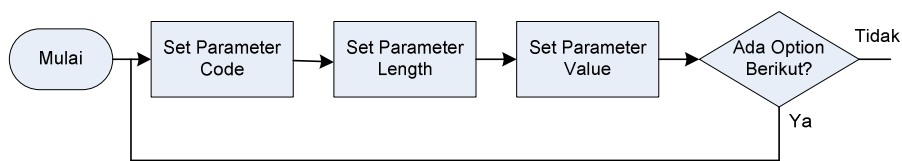
Gambar 18. Medan pada Segmentation Part

Penyusunan segmentation part, terlihat pada Gambar 19, dimulai dengan menentukan Data Unit Identifier, kemudian Segment Offset, dan disusul Total Length. Total length menunjukkan seluruh panjang paket awal termasuk kepala paket dan beban data.



Gambar 19. Flowchart Penyusunan Segmentation Part

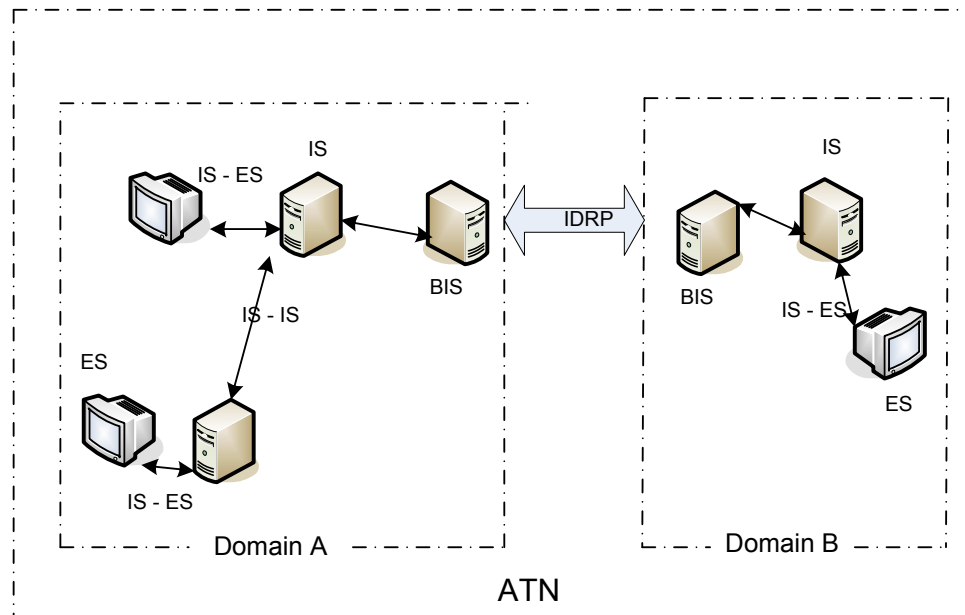
Options part terdiri dari nol, satu atau lebih parameter seperti *security*, *source routing*, *quality of service maintenance*, dan *priority*. Penyusunan options part, terlihat pada Gambar 20, dimulai dengan menentukan *parameter code*, kemudian *parameter length* dan *parameter value*. Apabila ada option berikutnya, maka proses ini akan diulang. Jika tidak ada, proses penyusunan options berakhir.



Gambar 20. Flowchart Penyusunan Option Part

11. CLNP Routing

Routing adalah suatu proses pengiriman paket yang dilakukan pada suatu host khusus yang dikenal sebagai router. Router ini mempunyai kemampuan untuk meneruskan suatu paket ke host selanjutnya untuk bisa mencapai tujuan akhir, jika tujuan ada pada subjaringan atau domain berbeda dengan sumber paket. Di dalam router ada dua proses utama, yaitu routingnya sendiri dan penerusan paket atau forwarding. Proses routing memeriksa di dalam basis informasi routing atau tabel routing, tujuan dari paket ini dan apakah tujuan dari paket ini bisa dicapai. Jika ya, maka akan dilanjutkan dengan proses forwarding yaitu meneruskan ke alamat selanjutnya menggunakan `clnp_forward`, jika tidak maka paket ini dibuang. Host yang berada pada subjaringan yang berbeda tidak bisa langsung berhubungan dengan host lain dan harus dihubungkan melalui suatu router. Pada jaringan OSI, router dikenal sebagai suatu Intermediate System (IS), sedangkan host biasa dikenal sebagai End System (ES), seperti terlihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Protokol Routing Pada ATN

ES bisa berada pada domain yang sama atau pada domain berbeda. Sebelum proses routing bisa berjalan, maka protokol routing harus diaktifkan. Protokol routing berada pada lapisan network dari suatu protokol. Proses pertama yang dilakukan protokol routing adalah tukar menukar informasi antara ES – IS dan IS – IS dalam satu domain (Maria 2007). Yang pertama dikenal sebagai *ES – IS routing information exchange protocol* dan distandardisasi pada ISO/IEC 9542 (1994), yang kedua dikenal sebagai *IS – IS intra-domain information exchange protocol* dan distandardisasi pada ISO/IEC 10589 (2002). Router atau IS yang menghubungkan dua domain yang berbeda dikenal sebagai BIS (*Border Intermediate System*). Pertukaran informasi antar BIS dikenal sebagai *Protocol for exchange of inter-domain routing information among intermediate systems* dan distandardisasi pada ISO IEC 10747 (1994).

12. Penutup

Dalam rangka mendukung Ditjen Perhubungan Udara untuk mempersiapkan diri menghadapi penerapan CNS/ATM, maka BPPT bekerja sama dengan Swiss German University dan Universitas Indonesia telah mengembangkan prototipe protokol ATN yang berbasis pada protokol OSI sesuai dengan acuan yang ditentukan oleh ICAO dalam Manual of Technical Provisions for the ATN, Doc 9705-AN/956 (ATN 2002). Bagian pertama yang dikembangkan adalah protokol pada lapisan network yaitu CLNP. Protokol CLNP ini diimplementasikan pada sistem operasi Linux dan modulnya dikembangkan dengan bahasa pemrograman C. Modul yang dikembangkan mengacu kepada modul-modul TCP/IP yang dikembangkan oleh BSD pada

Linux kernel 2.6.17.13. Struktur data jaringan yang digunakan dalam kernel 2.6.x adalah apa yang dikenal sebagai socket buffer atau `sk_buff`. `sk_buff` berisi semua informasi yang diperlukan pada saat paket data berada di dalam kernel. Mula-mula modul yang dikembangkan ini disimulasikan di ruang pengguna (user space), kemudian diimplementasikan di dalam modul kernel. Pengembangan CLNP ini dikelompokkan kepada tiga kelompok besar, yaitu pengembangan modul input, modul output dan modul routing. Pada tulisan berikutnya, kami akan menjelaskan tentang implementasi CLNP sebagai kernel module pada sistem operasi Linux.

Daftar Pustaka

Benvenuti, C 2005, *Understanding Linux Network Internals*, O Reilly, Sebastopol.

Chang, R 2001, *Asia/Pacific Regional Interface Control Document (ICD) For ATN Ground/Ground Boundary Intermediate System (BIS) Router*, ICAO.

Comer, DE 2006, *Internetworking with TCP/IP Principles, Protocols and Architectures*, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.

Dhas, C, Mulkerin, T, Wargo, C, Nielsen, R, Gaughan, T 2000, *Aeronautical Related Applications Using ATN and TCP/IP research Report*, Computer Networks and Software, Inc., Springfields, Virginia.

Hong, A. Meng, M. Wai, C. Chuan, T. Ming, C., *Comparison and Contrast between the OSI and TCP/IP Model.*, viewed 9 March 2010,
<www.revisecomputing.co.uk/h_revision/resources/h_cn_osi.ppt>

Fahmi, H, Faidah, H, Prastowo, T, Lim, C, *Implementation of CLNP for the ATN with BSD Socket*, ICTel2008, International Conference on Telecommunications, 19 – 21 Agustus 2008, Bandung.

ICAO, Report of The Fifth Working Group Meeting of Aeronautical Telecommunication Network (ATN) Implementation Co-ordination Group of APANIRG (ATNICG WG/5), Chennai, India, 17 – 18 December 2008.

ICAO, The third meeting of Aeronautical Telecommunication Network (ATN) Implementation Co-ordination Group of APANIRG, Nadi, Fiji Islands, 5 – 9 May 2008.

ICAO, The Seventh Meeting of Aeronautical Telecommunication Network (ATN) Transition Task Force of APANIRG, Shanghai, China, 18 – 22 April 2005.

International Civil Aviation Organization 1999, *Aeronautical Telecommunication Network (ATN) Comprehensive ATN Manual (CAMAL) Part IV Communication Services* 1999.

International Organization for Standardization 1994, *Information Technology – End System to intermediate system routing information exchange protocol for use in conjunction with the protocol for providing the connectionless-mode network service (ISO/IEC 8473)*, ISO 9542:1994, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization 1994, *Information Technology – Open System Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model*, ISO 7498-1 Second Edition:1994, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization 1994, *Information Technology – Protocol for Providing the connectionless-mode network service*, ISO 8473-1:1994, International Organization for Standardization.

International Organization for Standardization 1994, *Information technology -- Telecommunications and information exchange between systems -- Protocol for exchange of inter-domain routing information among intermediate systems to support forwarding of ISO 8473 PDUs*, ISO 10747:1994, International Organization for Standardization, Switzerland.

International Organization for Standardization 2002, *Information Technology – Open System Interconnection – Network service definition*, ISO 8348 Third Edition:2002, International Organization for Standardization, Switzerland.

International Organization for Standardization 2002, *Information Technology – Telecommunications and information exchange between systems - Intermediate System to Intermediate System intra-domain routing information exchange protocol for use in conjunction with the protocol for providing the connectionless-mode network service (ISO/IEC 8473)*, ISO 10589:2002, International Organization for Standardization, Switzerland.

Johnson, D, Perkins, C, Arkko, J, RFC: 3775, *Mobility Support in IPv6*, 2004.

Manual of Technical Provisions for the ATN, Doc 9705-AN/956.

Maria, S, Galinium, M, Fahmi, H, Faidah, H, Purnama, J, Lim Charles, Damar, H, *DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE END SYSTEM TO INTERMEDIATE SYSTEM (ES-IS) ROUTING INFORMATION EXCHANGE PROTOCOL AS A LOADABLE KERNEL MODULE IN LINUX KERNEL 2.6*, , iiWAS2007, 3 – 5 Desember 2007, Jakarta.

Raja ,S, Nwankwo, S, Martha, I, *OSI and TCP/IP Reference Model*, University of East London, viewed 9 March 2010, <<http://homepages.uel.ac.uk/u9703493/TCP-history.htm> >

RFC 768 - *User Datagram Protocol* 1980.

RFC: 791, *INTERNET PROTOCOL*, 1981, Information Sciences Institute
University of Southern California, California 90291.

RFC: 793, *TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL*, Information Sciences Institute
University of Southern California, California 90291.

Sabastian, T, Guarddin, G, Yuniatoro, T, Fahmi, H, *PENYEMPURNAAN IMPLEMENTASI
PROTOKOL JARINGAN BERBASIS ISO 8473 DALAM KERNEL LINUX 2.6 UNTUK
PENERBANGAN NASIONAL*, Seminar Nasional Free/Open Source Software, LIPI, 7
Nopember 2009, Bandung.

Sugiarto, B, Laidi, D, Rizal, A, Galinium, M, Atmadiputra, P, Rubianto, M, Fahmi, H, Sampurno,
T, Kisworo, M, *DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE CONNECTIONLESS NETWORK
PROTOCOL (CLNP) AS LOADABLE KERNEL MODULES IN LINUX KERNEL 2.6*, iiWAS2007,
3 – 5 Desember 2007, Jakarta.

Wehrle, K, Pahlke, F, Ritter, H, Muller, D, Bechler, M 2005, *The Linux Networking Architecture,
Design and Implementation of Network Protocols in the Linux Kernel*, Pearson Prentice Hall,
Upper Saddle River.