

Makalah Seminar Tugas Akhir

PERBANDINGAN TIPE MAC PADA JARINGAN VSAT MESH DENGAN NS-2

Chrisman H Manurung*, Sukiswo, ST., MT.** , Ajub Ajulian Zahra, ST., MT.**
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
e-mail : chris_m4n@yahoo.com

Abstrak – Komunikasi data adalah salah satu bentuk komunikasi antar pengguna dimana informasi yang dikirimkan berupa paket-paket atau bagian-bagian kecil dari informasi itu sendiri. Lebih lanjut dibutuhkan penyedia jasa layanan yang mampu memenuhi kebutuhan transfer data antar penggunanya. Dengan demikian proses pengiriman dari pengguna satu ke pengguna lainnya dapat berjalan lancar. Perkembangan dunia informasi kini semakin mengacu pada keandalan pengiriman paket data, dimana dibutuhkan reabilitas yang tinggi dan tingkat redudancy yang rendah. Metode akses jaringan menjadi salah satu penentu terciptanya layanan yang andal. Kini telah tersedia berbagai macam jenis jaringan, baik mulai dari kabel, serat optik, koneksi wireless, hingga komunikasi satelit. Untuk mampu memenuhi kebutuhan pengiriman informasi yang handal, juga dibutuhkan kejelian dalam pemilihan tipe jaringan itu sendiri.

Dengan mempelajari perhitungan mengenai trafik, maka dapat dirancang atau dimodelkan suatu jaringan yang memiliki tingkat performansi baik. Adapun pensimulasian jaringan yang dipilih adalah jaringan VSAT (Very Small Aperture Terminal). Dimana jaringan ini telah banyak digunakan oleh penyedia jasa layanan broadband dan terbukti handal untuk memenuhi kebutuhan pengiriman paket data. Aplikasi ini bermanfaat untuk mengetahui pengaruh tipe MAC (Medium Access Control) pada throughput dan waktu tunda serta paket yang hilang sehingga dapat diketahui karakteristik jaringan VSAT itu sendiri dan dapat dilakukan pencarian efisiensi kerja tertinggi demi kepuasan pengguna. Penulis kemudian mendapat ide untuk mengembangkan sebuah simulasi program jaringan VSAT ini dengan NS2, dimana pada NS-2 sendiri terdapat fasilitas untuk mensimulasikan sebuah jaringan Satelit (VSAT).

Kata kunci: Trafik, VSAT, NS2, MAC

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan semakin berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di Indonesia, khususnya teknologi informasi dan komunikasi yang demikian cepat, komunikasi data menjadi salah satu bentuk komunikasi yang sangat dibutuhkan oleh perusahaan-perusahaan yang mempunyai banyak cabang di berbagai tempat. Hal ini dikarenakan tuntutan untuk dapat saling bertukar informasi mengenai keberadaan usahanya. Jarak yang jauh sudah tidak lagi menjadi kendala dalam melakukan pertukaran data. Oleh karena itu setiap perusahaan pasti akan berusaha membangun jaringan komputer untuk mendukung komunikasi data yang baik, cepat, akurat dan tangguh. Untuk mentransmisikan data, dikenal bermacam-macam cara, antara lain dengan menggunakan jaringan kabel, gelombang radio maupun dengan sarana satelit. Masing-masing cara tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri, yang paling tepat dalam mentransmisikan data harus sesuai dengan kondisi yang ada.

Salah satu jaringan yang ditawarkan adalah perangkat komunikasi data satelit VSAT (Very Small Aperture Terminal). Dengan menggunakan VSAT, layanan jasa satelit dapat memperluas jangkauan area cakupan khususnya untuk lokasi yang terletak diluar kota besar dan daerah terpencil. VSAT mampu menerima penggunaan antena kecil dalam menyediakan komunikasi keandalan tinggi antara *hub* pusat sampai tempat terpencil sekalipun. Satelit

komunikasi merupakan stasiun *relay* atau *repeater* gelombang mikro yang diletakkan di angkasa. Satelit ini menerima sinyal radio dengan bidang frekuensi tertentu dari bumi setelah diperkuat dan diubah ke bidang frekuensi yang berbeda. Pemasangan stasiun penghubung dari satelit ke bumi disebut stasiun bumi yang berfungsi untuk memancarkan sinyal radio ke satelit pada suatu bidang frekuensi lintas atas atau *uplink* dan menerima kembali sinyal radio dari satelit yang sudah diperkuat dan diubah bidang

frekuensinya yang disebut lintas bawah atau *downlink*. Dalam hal jangkauan, sebuah satelit GEO (*Geostationary Earth Orbit*) dapat meliputi lebih dari sepertiga permukaan bumi. Wilayah liputan yang sedemikian luas ini secara ekonomis menyebabkan sistem satelit jauh lebih murah dibanding jika harus membangun jaringan serat optik ataupun jaringan teresterial lainnya untuk luas cakupan yang sama.

Jaringan komunikasi satelit VSAT untuk pengiriman data dan suara menjamin keandalan (*reliability*) yang tinggi. Disamping itu kelebihan yang tak kalah pentingnya adalah kemudahan dan kecepatan pemasangan terminal VSAT. Sebuah jaringan VSAT dapat mengakomodasi ratusan hingga ribuan pengguna atau pemakai jarak jauh. Pada jaringan VSAT dikenal dua Topologi jaringan yang sering digunakan yaitu topologi jala-jala (*mesh*) dan topologi bintang (*star*). Kelebihan topologi *mesh* adalah dapat tetap mengirimkan data bila salah satu jalurnya mengalami gangguan, yaitu dengan menggunakan jalur lainnya. Salah satu layer pada protokol jaringan satelit adalah MAC (*Medium Access Control*), layer ini berfungsi untuk mengatur metode akses pengiriman paket informasi yang digunakan. Akses Jamak (*multiple access*) adalah salah satu sistem akses yang dapat digunakan. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu evaluasi atau penilaian terhadap kinerja jaringan satelit dengan MAC yang berbeda .

1.2 Tujuan

Tujuan penyusunan tugas akhir ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Mensimulasikan arsitektur jaringan VSAT tipe *mesh*.
2. Menganalisis pengaruh tipe MAC pada throughput, waktu tunda dan paket yang hilang.
3. Sebagai bahan kajian untuk perencanaan pembangunan jaringan VSAT untuk mendapatkan kinerja yang optimum.

* Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro

** Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu:

1. Jaringan VSAT yang disimulasikan memiliki topologi *mesh*.
2. Perbandingan tipe MAC yang digunakan adalah system akses jamak (TDMA) dan *pure Aloha (default)*.
3. Perbandingan yang menunjukkan performansi jaringan yaitu *throughput*, paket yang hilang dan waktu tunda.
4. Perangkat lunak yang digunakan adalah NS2 versi 2.29.3.
5. Tidak membahas teknis jaringan VSAT secara detail.

II DASAR TEORI

2.1 Pengertian VSAT^[1]

VSAT adalah terminal pemancar dan penerima transmisi satelit yang tersebar di banyak lokasi dan terhubung melalui satelit dengan menggunakan antena parabola. VSAT merupakan media transfer yang penting untuk komunikasi data. Meskipun bukanlah solusi yang sempurna untuk LAN/WAN, teknologi satelit VSAT menawarkan beberapa kelebihan yang tidak dimiliki jaringan terestrial. Dalam hal jangkauan, sebuah satelit GEO (Geostasionary Earth Orbit) dapat meliputi lebih dari sepertiga permukaan bumi. Wilayah cakupan yang sedemikian luas ini secara ekonomis menyebabkan sistem satelit jauh lebih murah dibanding jika harus membangun jaringan serat optik ataupun jaringan terestrial lainnya untuk luas cakupan yang sama. Jaringan komunikasi satelit VSAT untuk pengiriman data dan suara menjamin keandalan (reliability) keberhasilan hubungan sebesar 99%. Disamping itu kelebihan yang tak kalah pentingnya adalah kemudahan dan kecepatan pemasangan terminal VSAT. Kerugian yang tidak dapat dihindari dari sistem ini adalah adanya waktu tunda (time delay) yang cukup besar, derau dan adanya gema (echo). Dilain pihak terdapat beberapa keunggulan, diantaranya adalah satelit komunikasi sangat efektif untuk menjangkau area-area yang tidak terjangkau alat komunikasi lainnya. Satelit komunikasi dapat menggantikan dengan baik fungsi dari kabel bawah laut. Sebelum ada sistem komunikasi satelit, komunikasi antar benua dilakukan dengan menggunakan kabel bawah laut. Sistem komunikasi satelit juga menguntungkan dalam pengoperasian telepon domestik jarak jauh, dan jaringan televisi, selain itu juga memiliki kemampuan menangani fasilitas data dari terminal-terminal interkoneksi komputer dimanapun dan sistem komunikasi satelit memiliki kemampuan akses jamak.

2.2 Komunikasi Satelit^[2]

Komunikasi satelit merupakan bentuk komunikasi menggunakan satelit sebagai *relay* atau *repeater*. Keberadaan satelit ini berada pada ketinggian kurang lebih 36000 kilometer diatas permukaan bumi. Sebuah satelit ditempatkan di orbit bumi dapat meliputi 1/3 permukaan bumi sehingga dengan tiga satelit GEO sudah dapat menjangkau seluruh wilayah di bumi, kecuali sebagian daerah kutub. Satelit geostasioner berarti satelit tersebut selalu berada di tempat yang sama sejalan dengan perputaran bumi pada sumbunya. Letak posisi satelit pada orbit bumi menentukan fungsi dan kegunaan. Ini juga menjadi penentu karakteristik dari satelit dan jangkauan daerah yang akan diliput.

Berikut adalah pembagian orbit satelit:

1. Low Earth Orbit

- Tinggi orbit 200 - 3.000 Km
- Periode orbit 1.5 Jam
- Kecepatan 27.000 Km / Jam
- Delay 10 ms
- Waktu tampak <15 Menit
- Jumlah satelit 50 (*Global Coverage*)
- Penggunaan Satelit cuaca, Mata-mata

2. Medium Orbit

- Tinggi orbit 6.000 - 12.000 Km
- Periode orbit 5 - 12 Jam
- Kecepatan 19.000 Km / Jam
- Delay 80 ms
- Waktu tampak 2-4 Jam
- Jumlah satelit 10-12 (*Global Coverage*)
- Penggunaan Satelit cuaca, Mata-mata

3. Geostationary Orbit

- Tinggi orbit 36.000 Km
- Periode orbit 24 Jam
- Kecepatan 11.000 Km / Jam
- Delay 250 ms
- Waktu tampak Selalu tampak
- Jumlah satelit 3 (*Global Coverage*)
- Penggunaan *Fixed Satellit Services*

Klasifikasi frekuensi dari satelit adalah :

1. C-BAND (*bandwidth* 500 MHz)

- Digunakan secara luas oleh satelit di orbit geostasioner
- *Up link* 5.925 MHz – 6.425 MHz
- *Down link* 3.700 MHz – 4.200 MHz

2. EXTENDED C- BAND (*bandwidth* 225 MHz)

- Digunakan oleh satelit baru di orbit geostasioner. Contoh: Palapa C.

- *Up link* 6.425 MHz – 6.650 MHz

- *Down link* 3.400 MHz – 3.625 MHz

3. K – BAND (*bandwidth* 750 MHz)

- Digunakan oleh satelit di orbit geostasioner. Contoh: Intelsat, Palapa.

- *Up link* 13.750 MHz – 14.500 MHz

- *Down link* 11.700 MHz – 12.200 MHz (*bandwidth* 500 MHz)

12.500 MHz – 12.750 MHz (*bandwidth* 250 MHz)

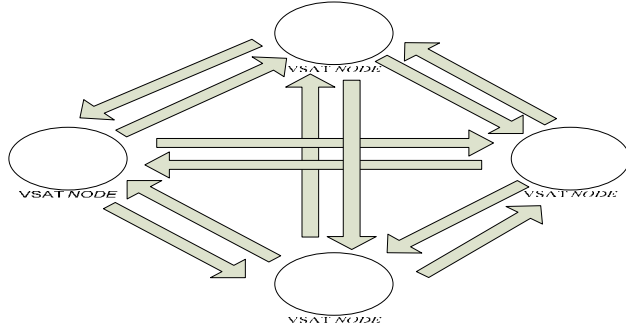
2.2.1 Topologi Jaringan VSAT

Topologi jaringan VSAT dapat dibagi menjadi dua kategori besar, yaitu topologi fisik dan topologi kerja jaringan yang sesungguhnya. Topologi fisik berpusat pada letak dan posisi jaringan, sehingga tiap terminal dibedakan menurut letaknya saja. Sedangkan pada topologi kerja jaringan, tiap terminal dibedakan menurut kemampuan akses setiap terminalnya. Jenis topologi kerja jaringan yang sering digunakan pada jaringan VSAT yaitu topologi jala-jala (*mesh*), topologi bintang (*star*) dan topologi *point to point*.

2.2.1.1 Topologi Jala-jala (*mesh*)

Pada topologi *mesh*, di dalam sebuah group, setiap terminal VSAT dapat saling berkomunikasi langsung tanpa melalui stasiun *hub* bumi. Stasiun *hub* bumi hanya berfungsi sebagai kontrol dan pemantauan terhadap jaringan. Topologi ini biasa digunakan untuk jaringan yang membutuhkan

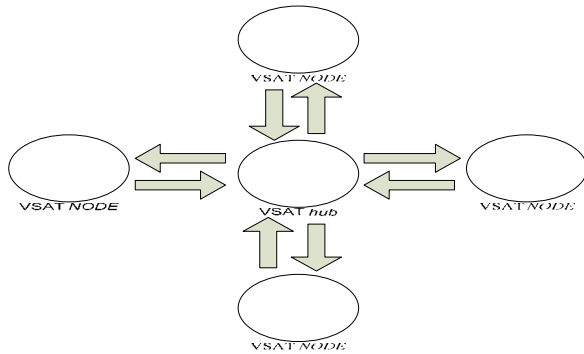
keseragaman model pengiriman paket informasi, dimana antara terminal yang satu dengan terminal lainnya tidak terdapat perbedaan, baik untuk akses *forward* (pengiriman) ataupun *return* (penerimaan). Keunggulan dari jaringan ini yaitu memiliki banyak jalur akses, sehingga bila terjadi gangguan pada salah satu jalur, paket informasi masih dapat dikirimkan melalui jalur lainnya, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Topologi *mesh*

2.2.1.2 Topologi Bintang (*star*)

Pada topologi bintang setiap terminal VSAT yang berkomunikasi akan melalui stasiun *hub* bumi. Dengan demikian dapat dipastikan adanya perbedaan akses dari setiap terminal. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.

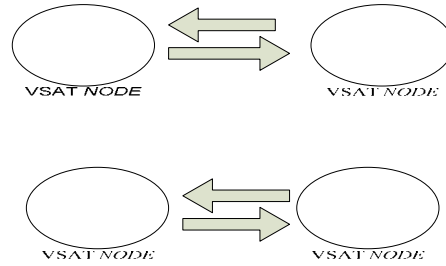


Gambar 2 Topologi *star*

Apabila semua terminal VSAT terpusat ke stasiun bumi, maka model ini dapat digunakan sebagai aplikasi pemrosesan data seperti pada perbankan. Dengan demikian setiap pengiriman data dapat dikontrol cukup di satu stasiun *hub* saja, dan dapat dijamin otorisasi jaringan dan data pokok terpusat di satu tempat .

2.2.1.3 Topologi *point to point*

Pada topologi *point to point* atau yang lebih dikenal dengan *VSAT link* ini, berlangsung komunikasi (*point to point*) antara dua buah stasiun bumi tanpa ada stasiun pusat sebagai pengontrol. *VSAT link* sering dikenal dengan nama SCPC (*Single Channel Per Carrier*). SCPC merupakan jasa komunikasi yang menyediakan sebuah kanal khusus untuk satu sinyal pembawa sehingga dalam pelaksanaan komunikasi tidak terganggu oleh sinyal pembawa yang lain. Dengan menggunakan SCPC tidak diperlukan adanya waktu tunggu untuk berkomunikasi sehingga kemudahan dalam komunikasi kapanpun diinginkan dapat dilakukan. Tetapi karena SCPC ini selalu dalam keadaan siap atau *on*, otomatis biaya yang dikeluarkan cukup besar. Dalam konsep ini penguatan pada transponder satelit lebih besar daripada di terminal bumi.



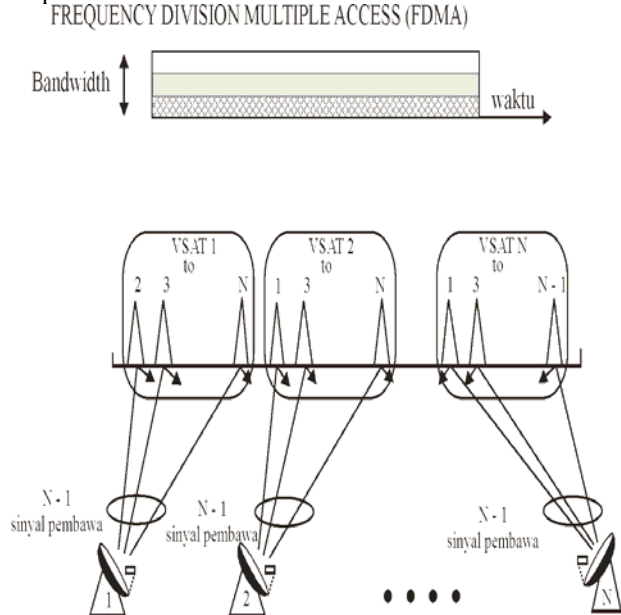
Gambar 3 Jaringan VSAT link (*point to point*)

2.3 Sistem akses jamak (*multiple access*)

Untuk menggunakan satelit dipergunakan cara akses yang sesuai. Ada beberapa cara untuk mengakses sistem komunikasi satelit, yang biasa disebut dengan akses jamak. Sistem akses jamak mengatur pengaksesan dari banyak titik di stasiun bumi agar bisa saling berkomunikasi satu sama lain. Sistem pengaksesan sangat penting agar satelit dapat digunakan oleh stasiun bumi. Secara umum terdapat tiga sistem yang dipakai untuk mengakses satelit secara jamak. Yaitu:

1. FDMA (*Frequency Division Multiple Access*)

Pengaksesan satelit dari setiap stasiun bumi dilakukan dengan pembagian frekuensi kerja. Setiap stasiun memiliki frekuensi kerja sendiri, sehingga pada saat yang sama bisa terdapat lebih dari satu stasiun bumi yang bekerja tanpa interferensi.



Gambar 4 FDMA menurut John Wiley and Sons VSAT networks

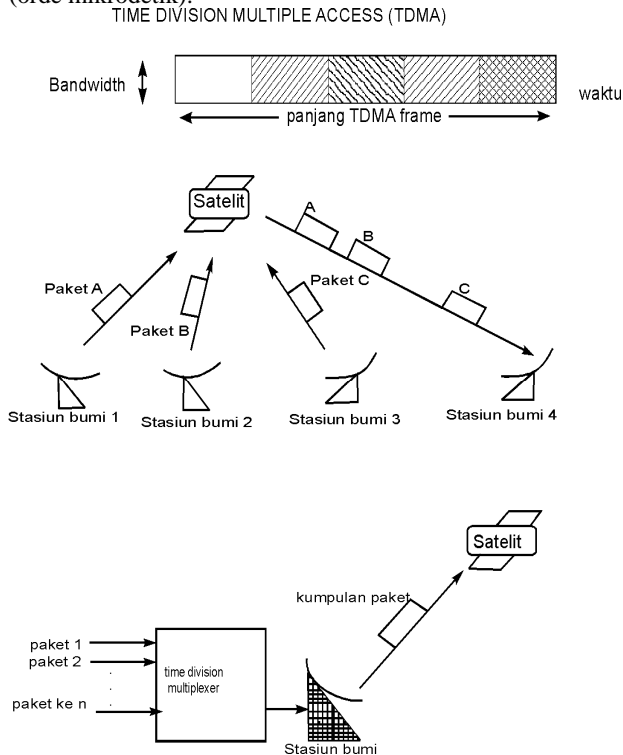
Keuntungan dari sistem FDMA antara lain :

- Kemampuan mengaplikasikan sistem transmisi analog maupun digital
 - Tidak memerlukan kode transmisi khusus
 - Kapasitas alokasi frekuensi yang sederhana
 - Tidak memerlukan sinkronisasi waktu atau jaringan
 - Peralatan penerimaanya cukup sederhana dan murah.
- Kerugiannya dari sistem FDMA antara lain :
- memerlukan band frekuensi diantara sinyal informasi sehingga mengurangi *bandwidth* yang tersedia
 - dibutuhkan penyeimbang (*power balancing*) untuk menghindari sinyal yang terlalu kuat disisi penerima
 - dibutuhkan penguat tambahan sebagai penghilang pengaruh intermodulasi maupun distorsi.

Pada FDMA juga dikenal SCPC yaitu *Single Channel Per Carrier*, dimana pada setiap kanal yang mengirimkan paket data informasi memiliki sinyal pembawa tersendiri .

2. TDMA (Time Division Multiple Access)

Pengaksesan satelit dari setiap stasiun bumi dilakukan dengan pembagian waktu. Maka pada suatu saat hanya akan ada satu paket informasi yang sedang atau akan dikirim. Teknik ini hanya mungkin dilakukan secara digital, yakni informasi dikodekan dan dikirim secara bergantian dengan stasiun lainnya dengan kecepatan yang sangat tinggi (orde mikrodetik).



Gambar 5 TDMA menurut John Wiley and Sons *VSAT networks*

Keuntungan TDMA antara lain :

- Sinyal pembawa dari pemancar diberikan ke penerima dalam beberapa waktu yang telah ditentukan sehingga penguat (*amplifier*) pemancar bisa dioperasikan walaupun dekat daerah saturasi dengan menekan pengaruh intermodulasi dan distorsi.

- Sinkronisasi TDMA dalam mengaplikasikan sistem transmisi digital lebih baik dari FDMA

Kerugian TDMA antara lain :

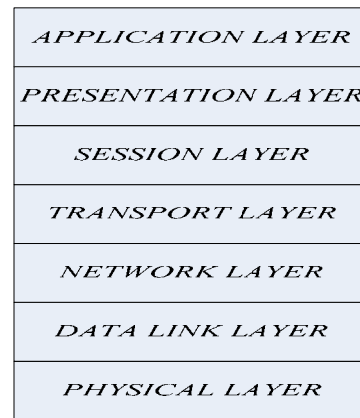
- Membutuhkan proses sinkronisasi yang tepat
- Setiap stasiun transmisi harus mendapatkan *time slot* yang tepat.

- *Bit* dan *frame* waktu harus dikirim dan dijaga dengan sinkronisasi TDMA, sehingga hanya trafik digital saja yang dapat disinkronisasikan dengan TDMA.

2.4 VSAT Layer^[3]

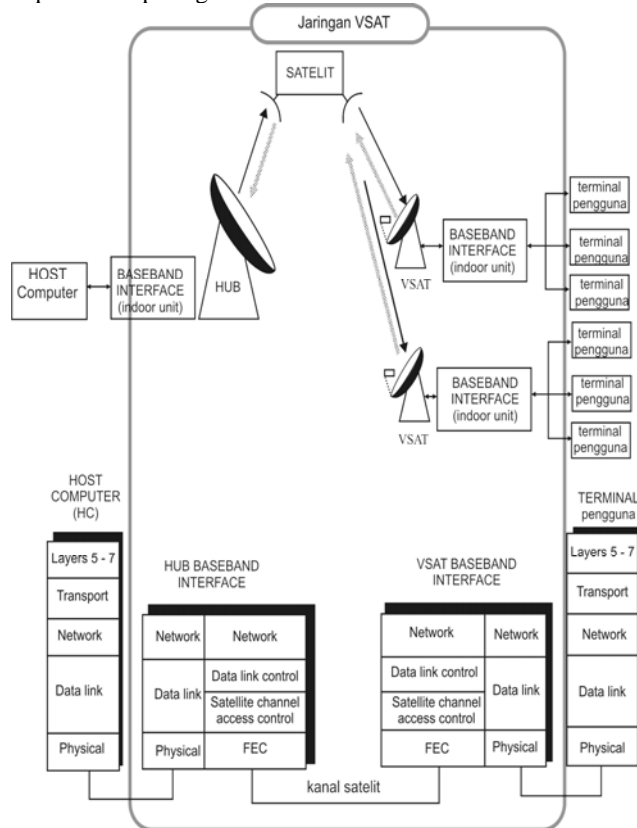
Pada dasarnya OSI (*Open System Interconnection*) *layer* merupakan formula dasar yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pengiriman data dari koneksi komputer yang satu ke komputer yang lainnya, yang selanjutnya dijadikan standar pengiriman antar dua buah perangkat keras atau perangkat lunak yang berbeda untuk dapat saling bertukar informasi. Standar ini kemudian dipatenkan oleh

ISO (*International Standard Organisation*) menjadi tujuh *layer* protokol yang masing – masing memiliki fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 7 layer OSI

Pada dasarnya untuk setiap paket data yang dibangkitkan atau diterima, akan diteruskan kembali ke lapisan yang ada dibawahnya. Sehingga tiga *layer* paling bawah bertanggung jawab untuk aspek transmisi atau pengiriman paket data ke luar, sedangkan untuk empat *layer* paling atas bertanggung jawab untuk perubahan paket data untuk ditangkap sebagai sebuah informasi, untuk setiap komputer sistem (*hardware* maupun *software*) yang menganut aturan ini disebut juga dengan istilah “ *open system* ” . Pada sistem komunikasi VSAT juga terdapat *layer* yang identik dengan *layer* OSI, hanya saja VSAT berperan hanya pada 3 *layer* paling bawah, dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Konfigurasi *layer* VSAT menurut John Wiley and Sons *VSAT networks*

1. Network Layer

Pada lapisan ini terdapat 4 fungsi khusus yaitu: *addressing, routing information, congestion control* dan *accounting*. *Addressing* yaitu fungsi untuk menentukan tujuan atau alamat paket. Sedangkan *routing* adalah fungsi untuk menentukan jalur mana atau *link* mana yang dipilih untuk digunakan oleh paket data. *Congestion control* berfungsi untuk mengatur bagaimana jalur yang harus dilalui oleh paket (seberapa besar hambatan yang akan dihadapi). *Accounting* untuk menghitung berapa besar paket yang sampai dari besar paket yang dikirimkan.

2. Data link layer

Lapisan ini berfungsi untuk memastikan paket data sampai pada *physical layer*, yaitu menerima kumpulan paket data yang tergabung menjadi sebuah *frame* dan menentukan informasi lain terkait dengan *frame* tersebut, yaitu : identifikasi *frame*, kontrol galat, dan kontrol aliran (*flow control*). Lebih jauh mengenai *flow control*, pada *layer* ini juga terdapat kontrol akses dari setiap kanal yang sesuai dengan cara kerja satelit (VSAT) tersebut atau sering disebut juga dengan MAC (*Medium Acces Control*).

3. Physical layer

Lapisan ini berfungsi untuk menentukan semua parameter terkait medium fisik yang digunakan oleh jaringan itu sendiri baik topologi jaringan, *link, bit format, bit error rate, forward error correction, encoding* dan *decoding*.

2.4.1 Protokol MAC (*Medium Access Control*)

Layer MAC pada *data link layer* berfungsi untuk mengatur kontrol akses dari setiap kanal, sesuai dengan cara kerja dari satelit (tipe MAC) itu sendiri.

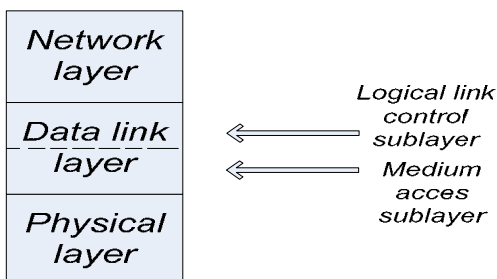
Tujuan kerja dari protokol MAC ini adalah tercapainya:

1. Azas keadilan bagi pengguna (Kanal)
2. Efisiensi tinggi
3. Tingkat *delay* yang rendah
4. Batas toleransi kesalahan yang rendah

Pada dasarnya terdapat tiga kelas dari MAC itu sendiri yaitu:

1. Pembagian Kanal (*channel partitioning*) yaitu: membagi kanal berdasarkan bagian yang lebih kecil seperti *time slot, frekuensi* dan kode. Selanjutnya mengalokasikan bagian kecil tersebut untuk penggunaan setiap terminal pengguna.
2. Akses Acak (*random access*) yaitu: tidak membagi – bagi kanal menjadi bagian kecil seperti *slot waktu, frekuensi* dan kode tertentu, sehingga memungkinkan terjadinya benturan paket (*coalition*), dan terdapat proses perbaikan dari benturan paket yang terjadi.
3. Pembagian Waktu gilir (*taking turns*) yaitu: mengkoordinasikan akses bersama yang digunakan seperti waktu atau frekuensi untuk menghindari terjadinya benturan paket .

Selanjutnya MAC pada satelit sendiri terbagi menjadi 2 sub-kelas seperti dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Pembagian *layer MAC* pada satelit

Medium access sublayer berfungsi hanya pada jaringan yang membutuhkan pengorganisasian kanal bersama untuk mengirimkan atau menerima paket data. Sedangkan *logical link layer* dibutuhkan untuk setiap jaringan, mengingat *layer* ini berfungsi untuk mengatur mekanisme nyata pengiriman atau penerimaan paket data, seperti sinyal *acknowledge*. Pada *medium access sublayer* terdapat pembagian lagi, yaitu:

1. Protokol *fixed assignment*, yaitu: alokasi untuk pengaksesan kanal telah ditentukan sebelumnya dan bersifat statis (tidak berubah). Contoh : TDMA, FDMA, WDMA.

2. Protokol *demand assignment*, yaitu: mengalokasikan kapasitas kanal berdasarkan kebutuhan jaringan (hanya melihat terminal yang aktif), menggunakan metode khusus mengenai permintaan akan kapasitas kanal untuk jaringan itu sendiri. Contoh : DAMA (*Demand Assignment Multiple Acces*)

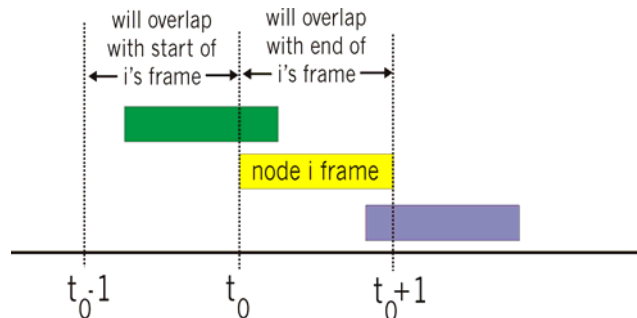
3. Protokol *contention access*, yaitu : satu kanal digunakan untuk banyak pengguna dimana sistem pengontrolan didistribusikan secara merata. Baik untuk trafik paket data yang padat dengan banyak pengguna. Contoh : *pure Aloha, slotted Aloha, CSMA*.

4. IEEE 802 LAN yaitu mekanisme kerja jaringan LAN berdasarkan standar IEEE (hanya terdapat pada jaringan yang menggunakan *wired node*).

Layer MAC yang lazim digunakan untuk jaringan VSAT adalah protokol *fixed assignment* dan *Contention Access*. Lebih lanjut mengenai cara kerja protokol *contention access* khususnya *pure Aloha* adalah sebagai berikut :

* *Pure Aloha* atau *unslotted Aloha* [5]

Pure Aloha adalah salah satu metode *contention access MAC* dimana setiap terminal VSAT dapat mengirimkan paket data pada waktu yang tak tentu (kapan saja), dengan kata lain tidak ada sinkronisasi waktu. Untuk setiap terminal yang aktif memiliki ukuran *frame* yang sama besarnya, hanya saja isi dari pesan yang akan dikirimkan sangat bergantung pada besar paket pesan itu sendiri, jika terlalu pendek maka akan diisi dengan *dummy bit* (bit palsu), sedangkan bila terlalu panjang atau melebihi *frame* maka akan dipecah menjadi beberapa kali pengiriman, lebih lanjut dapat dilihat pada gambar 9.



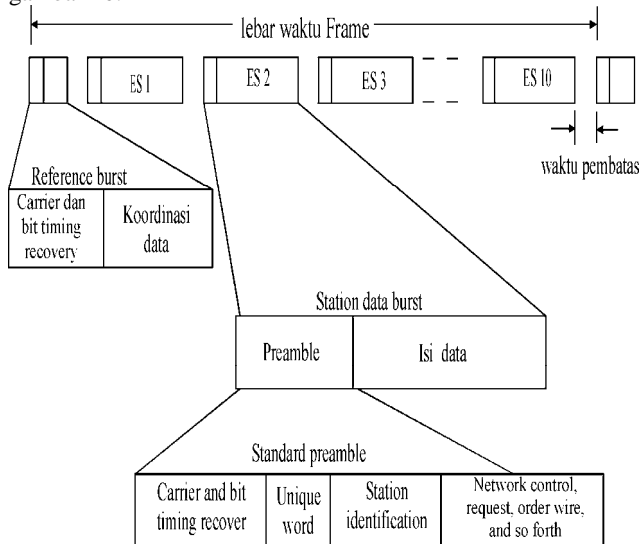
Gambar 2.9 *Pure Aloha*

Dengan metode ini maka tidak ditemukan waktu *idle* dari setiap terminal, hanya terminal yang aktif saja yang akan mengirimkan paket, sehingga dapat memotong nilai *delay* dari pentransmisian paket. Namun efek bahwa akan terjadi benturan paket (*coalition*) sangat besar. Sehingga diperlukan perbaikan atau pengiriman ulang paket yang tidak sampai. Lebih lanjut juga dikenal waktu batas (*retransmission time out*) yaitu bila pada pengiriman paket, dan ternyata sinyal *acknowledge* belum sampai kembali, maka setelah melewati

waktu batas, paket akan dikirimkan kembali. Hanya saja pengiriman ulang paket yang sama ini dibatasi dengan jumlah tertentu. Sehingga kemungkinan paket hilang (*packet loss*) karena terjadinya benturan cukup besar, selain juga menyangkut *error model* terminal itu sendiri.

* TDMA (*Time Division Multiple Access*)^[5]

TDMA adalah salah satu tipe *fixed assignment* MAC dimana waktu menjadi dasar atas penggunaan akses bersama, sehingga setiap terminal memiliki panjang waktu (*time slot*) yang sama atau tertentu. Dengan kata lain bahwa terdapat sinkronisasi waktu. Untuk setiap *frame* terdiri dari jumlah total node yang ada, sehingga untuk setiap kali pengiriman paket, terminal yang aktif akan mengisi *time slot*nya yang telah disediakan, namun *node* lain yang tidak aktif akan tetap *idle*, atau dengan kata lain pada satu *frame* tidak mungkin berisi hanya *slot* terminal yang aktif saja. Sebuah TDMA frame berikut *time slot*nya dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 TDMA frame dan time slot

Efek dari penggunaan slot waktu yang berbeda ini berpengaruh untuk menghindari terjadinya benturan paket (*coalition*), dengan demikian paket yang hilang (*packet loss*) menjadi kecil. Paket yang hilang terjadi hanya jika paket tersebut telah berada di luar antrian waktu *frame* yang ada dan terkait dengan kinerja jaringan mengenai *error model* terminal itu sendiri.

2.5 Network Simulator 2

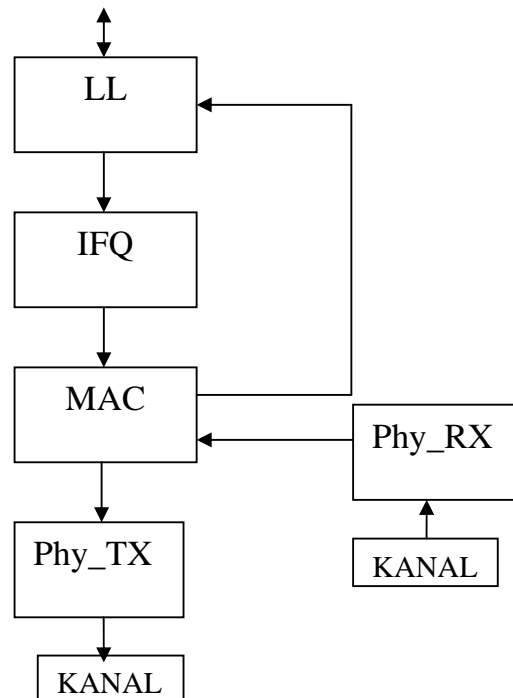
Network Simulator (NS) pertama kali dibangun sebagai varian dari *REAL Network Simulator* pada tahun 1989 di UCB (*University of California Berkeley*). Pada tahun 1995 pembangunan *Network Simulator* didukung oleh DARPA (*Defense Advance Research Project Agency*) melalui VINT (*Virtual Internet Testbed*) Project, yaitu sebuah tim riset gabungan yang beranggotakan tenaga ahli dari LBNL (*Lawrence Berkeley of National Laboratory*) Xerox PARC, UCB dan USC/ISI (*University of Southern California School of Engineering/Information Science Institute*). Tim gabungan ini membangun sebuah perangkat lunak simulasi jaringan Internet untuk kepentingan riset interaksi antar protokol dalam konteks pengembangan protokol Internet pada saat ini dan masa yang akan

datang. Ada beberapa keuntungan menggunakan NS sebagai perangkat lunak simulasi pembantu analisis dalam riset atau sewaktu mengerjakan tugas perkuliahan, di antaranya:

1. NS dilengkapi dengan tool validasi. Tool validasi digunakan untuk menguji validitas pemodelan yang ada pada NS. Secara default, semua pemodelan pada NS akan dapat melewati proses validasi ini.
2. Pembuatan simulasi dengan menggunakan NS jauh lebih mudah daripada menggunakan software developer seperti Delphi atau C++. Pengguna hanya tinggal membuat topologi dan skenario simulasi sesuai dengan riset. Pemodelan media, protokol dan network component lengkap dengan perilaku trafiknya sudah tersedia pada library NS.
3. NS bersifat open source di bawah GPL (*Gnu Public License*), sehingga NS dapat di Download dan digunakan gratis melalui web site NS <http://www.isi.edu/nsnam/dist>. Sifat open source juga mengakibatkan pengembangan NS menjadi lebih dinamis. Pemodelan media, protokol, network component dan perilaku trafik cukup lengkap bila dibandingkan dengan software sejenis lain. Ini disebabkan pengembangan NS dilakukan oleh banyak periset dunia.

2.5.1 Simulasi Satelit

Pada ns-2 terdapat fasilitas untuk membuat simulasi jaringan satelit, yang terbagi menjadi 2 jenis yaitu satelit LEO (*Low Earth Orbit*) maupun GEO (*Geostationary Earth Orbit*). Lebih lanjut untuk setiap jenisnya memiliki parameter – parameter yang spesifik mengenai satelit tersebut. Pada dasarnya parameter – parameter yang digunakan pada sebuah simulasi satelit adalah seperti gambar 11.



Gambar 11 Bagan kerja satelit pada NS2

Dimana :

- LL adalah *Link layer type*, yaitu menentukan jenis jaringan yang digunakan, apakah itu LAN, *wireless* ataupun satelit.
- Ifq adalah *interface queue*, yaitu menentukan jenis tipe antrian paket yang digunakan apakah *drop tail*, SFQ, dll.

-Qlim adalah *queue limit*, yaitu menentukan besarnya *buffer* untuk antrian (terkait dengan paket *drop* pada *trace file*).

-MAC adalah *Medium Access Control* yaitu lapisan yang digunakan untuk melakukan metode akses pengiriman paket mengenai satelit tersedia *default* Sat (satelit), dan *unslotted Aloha*.

-MAC_{bw} adalah menentukan besarnya *bandwidth* yang ditentukan untuk mengontrol seberapa cepatnya pengiriman paket oleh layer MAC.

-PHY adalah *physical layer* yaitu untuk menentukan jenisnya sebagai *repeater* atau sebagai *processing* satelit yang mengubah isi *payload* dari paket data. Bila sebagai *repeater* maka hanya bersifat sebagai stasiun relai untuk meneruskannya ke terminal, namun bila sebagai *processing* satelit maka mengubah isi paket untuk mengirimkannya ke terminal lain di bumi.

III PERANCANGAN SISTEM DAN PERANGKAT LUNAK

3.1 Parameter Simulasi

Pada program simulasi jaringan VSAT terdapat parameter-parameter yang dapat mempengaruhi hasil simulasi. Parameter-parameter ini dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu parameter yang telah didefinisikan oleh modul VSAT atau *default* dan parameter yang didefinisikan oleh perancang.

3.1.1 Parameter Modul Simulasi Satelit

Pada modul satelit NS2 terdapat beberapa parameter yang mendasari kerja simulasi jaringan Satelit terkait dengan *physical layer* dan MAC. Adapun parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Parameter Modul Simulasi

Parameter	Nilai
Tipe kanal	Channel/Sat
Tipe layer fisik	Phy/Sat
Tipe MAC	Mac/TDMA/UnslottedAloha
Tipe antarmuka antrian	Queue/DropTail
Tipe link-layer	LL/Sat
Tipe penggunaan <i>wired routing</i> (jaringan kabel)	set opt(<i>wiredRouting</i>) OFF

3.1.2 Parameter yang Didefinisikan Perancang

Selain parameter-parameter yang telah didefinisikan pada modul satelit terdapat pula parameter-parameter yang dapat didefinisikan oleh perancang. Parameter-parameter yang didefinisikan oleh perancang pada umumnya merupakan parameter yang besarnya dapat mengikuti standar yang ada pada program (*default*) atau harus ditentukan sendiri oleh pengguna. Pendefinisian nilai-nilai ini selanjutnya akan menjadi dasar cara kerja perhitungan MAC pada program itu sendiri. Nilai dari parameter-parameter MAC tipe *UnslottedAloha* ditunjukkan pada tabel 2, sedangkan pada MAC tipe TDMA ditunjukkan pada tabel 3.

Pada program *Unslotted Aloha*, Parameter waktu perhitungan mundur, maksimum penempatan pengiriman ulang paket dan batas waktu pengiriman ulang paket diisi dengan nilai *default* yang ada pada NS2 sendiri, mengingat angka-angka tersebut terkait dengan karakteristik *UnslottedAloha* itu sendiri.

Tabel 2 Parameter Simulasi *UnslottedAloha*

Parameter	Nilai
Waktu rata-rata perhitungan mundur RTO	Mac/Sat/UnslottedAloha set <i>mean_backoff_1s</i>
Maksimum penempatan pengiriman ulang paket	Mac/Sat/UnslottedAloha set <i>rx_limit_3</i>
Batas waktu pengiriman ulang paket	Mac/Sat/UnslottedAloha set <i>send_timeout_270ms</i>
Bandwidth untuk <i>uplink</i>	set opt(<i>bw_up</i>) 1.584Mb
Bandwidth untuk <i>downlink</i>	set opt(<i>bw_down</i>) 1.584Mb
Jumlah antrian paket	set opt(<i>qlim</i>) 10 ; Paket

Tabel 3 Parameter Modul Simulasi TDMA

Parameter	Nilai
Jumlah maksimum slot	Mac/Tdma set <i>max_slot_num_36</i>
Ukuran slot (<i>bytes</i>)	Mac/Tdma set <i>slot_packet_len_1040</i>
Jumlah maksimum frame	Mac/Tdma set <i>num_frame_6</i>
Bandwidth TDMA	Mac/Tdma set <i>bandwidth_1.584Mb</i>
Bandwidth untuk <i>uplink</i>	set opt(<i>bw_up</i>) 1.584Mb
Bandwidth untuk <i>downlink</i>	set opt(<i>bw_down</i>) 1.584Mb
Jumlah antrian paket	set opt(<i>qlim</i>) 10 ; Paket

Parameter jumlah maksimum slot ditentukan berdasarkan aturan ukuran slot (*Skyplex* parameter) yang disesuaikan juga dengan banyak *node* /terminal yang akan menduduki *time slot* tersebut. Sesuai dengan *skyplex* parameter, yaitu satu frame terdiri dari 6 *timeslot*. 1 *multiframe* terdiri dari 6 frame, sehingga untuk mencukupi kebutuhan 33 terminal maka harus digunakan 1 *multiframe* yang artinya terdiri dari 36 *time slot*. Karena ukuran paket yang dikirimkan adalah 1Kbyte maka ukuran slot harus lebih besar dari 1kbyte, angka 1040 dipilih karena header untuk TCP pada umumnya berukuran 40 byte. Parameter jumlah maksimum frame didapat dari perhitungan :

$$\frac{\text{Banyak timeslot} \times 8 \times \text{ukuran paket}}{\text{bandwidth}}$$

Dimana *bandwidth* dapat dihitung dari:

$$\text{transferRate} \times \text{timeslotNumber}$$

Bila pada *skyplex* digunakan *transferRate* sebesar 44 Kbps dan jumlah *timeslot* adalah 36 maka *bandwidth*nya dapat dihitung sebesar :

$$36 \times 44 \text{ kbps} = 1584 \text{ Kbps} \text{ atau } 1.584 \text{ Mbps}$$

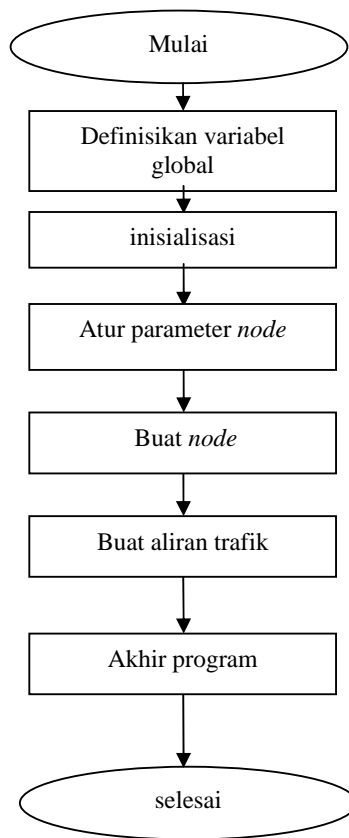
$$\text{Maka ukuran frame adalah : } \frac{36 \times 8 \times 1000}{1584 \text{ kbps}} = 181.18 \text{ ms}$$

$$\text{Sehingga dalam tiap detik diperlukan : } \frac{1 \text{ s}}{181.18 \text{ ms}} = 5.519$$

Dan dibulatkan menjadi 6, maka parameter jumlah maksimum *frame* adalah bernilai 6. Kemudian *bandwidth* untuk jaringan baik *uplink* maupun *downlink* dan *bandwidth* TDMA disesuaikan dengan perhitungan diatas yaitu sebesar 1.584 Mbps. Ukuran ini juga digunakan untuk penentuan pada *bandwidth unslottedAloha*.

Program Simulasi Jaringan Satelit

Program simulasi jaringan Satelit terbagi menjadi beberapa tahapan utama yaitu pengaturan parameter untuk simulasi, inialisasi, pengaturan parameter *node*, pembuatan *node*, pembuatan aliran trafik data yang terdiri dari *uplink* dan *downlink*, dan akhir program. Keseluruhan proses tahapan utama pembuatan simulasi jaringan satelit secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.1. Tahapan-tahapan tersebut masih mempunyai beberapa bagian lagi untuk mendukung fungsi utamanya. Hanya saja karena menggunakan dua metode MAC yang berbeda maka lebih lanjut akan dijelaskan secara spesifik perbedaan diagram alir antara MAC *unslottedAloha* dan TDMA. Namun proses dari tahapan pembuatan program simulasi jaringan Satelit secara umum akan dijelaskan pada gambar 12.



Gambar 12 Diagram alir tahapan pembuatan simulasi satelit

3.2 Skenario Program Simulasi Jaringan VSAT

Program simulasi jaringan VSAT ini dapat dibuat dengan berbagai macam skenario. Pada program simulasi ini skenario jaringan didasarkan pada waktu pengiriman. Dari total 33 terminal yang ada, pada detik pertama hanya terjadi koneksi 6 *node* menuju ke 6 *node* yaitu dari *node* 1 hingga *node* 6 yang mengirimkan paket, kemudian pada detik ke sepuluh, terjadi pengiriman paket 6 *node* tambahan lagi yaitu *node* 7 sampai *node* 12. Pada detik 20, terjadi penambahan 6

node lagi yang mengirimkan paket, yaitu *node* 13 hingga *node* 18 aktif. Pada detik 30, terjadi pengiriman 6 *node* tambahan lagi yaitu *node* 19 hingga *node* 24 aktif. Pada detik 40, terjadi pengiriman 6 *node* tambahan lagi, yaitu *node* 25 hingga *node* 30 aktif. Kemudian pada detik 50 terjadi pengiriman 3 *node* tambahan terakhir yaitu *node* 31 hingga *node* 33 yang aktif. Pada setiap proses pengiriman ini tidak terjadi pembedaan layanan paket dan besar paket. Perbedaan yang ada hanyalah jumlah *node* yang aktif mengirimkan paket saja. Sehingga pada detik pertama hanya ada 6 *node* aktif kemudian detik ke-10 ada 12 *node* yang aktif. Pada detik ke-20 ada 18 *node* yang aktif, dan detik ke-30 ada 24 *node* yang aktif. Detik ke-40 ada 30 *node* yang aktif dan pada detik ke-50 ada 33 *node* yang aktif (semua *node* yang ada aktif) dan simulasi berakhir pada skenario 6 didetik ke 200. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Skenario jaringan

Skenario	Jumlah <i>node</i> yang aktif
1	6
2	12
3	18
4	24
5	30
6	33

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Keluaran Hasil Simulasi

Data keluaran dari hasil simulasi yaitu data berbentuk *file trace*. *File trace* digunakan untuk proses analisis numerik. Tampilan dari *file trace* diperlihatkan pada Gambar 13.

```

X /usr/local
+ 1,2076 1 33 pareto 40 ----- 7 1,0 33,0 0 0 4,15 -97,30 -2,28 -140,38
- 1,2076 1 33 pareto 40 ----- 7 1,0 33,0 0 0 4,15 -97,30 -2,28 -140,38
+ 1,2187 2 1 pareto 40 ----- 7 2,0 1,1 0 1 3,40 -126,30 4,15 -97,30
- 1,2187 2 1 pareto 40 ----- 7 2,0 1,1 0 1 3,40 -126,30 4,15 -97,30
+ 1,2566 4 3 pareto 40 ----- 7 4,0 3,1 0 2 0,30 -101,15 -0,40 -100,20
- 1,2566 4 3 pareto 40 ----- 7 4,0 3,1 0 2 0,30 -101,15 -0,40 -100,20
+ 1,2837 5 4 pareto 40 ----- 7 5,0 4,1 0 3 0,30 -104,20 0,30 -101,15
- 1,2837 5 4 pareto 40 ----- 7 5,0 4,1 0 3 0,30 -104,20 0,30 -101,15
r 1,4509 1 33 pareto 40 ----- 7 1,0 33,0 0 0 4,15 -97,30 -2,28 -140,38
+ 1,4509 33 1 ack 40 ----- 7 33,0 1,0 0 4 -2,28 -140,38 4,15 -97,30
- 1,4509 33 1 ack 40 ----- 7 33,0 1,0 0 4 -2,28 -140,38 4,15 -97,30
r 1,4595 2 1 pareto 40 ----- 7 2,0 1,1 0 1 3,40 -126,30 4,15 -97,30
+ 1,4595 1 2 ack 40 ----- 7 1,1 2,0 0 5 4,15 -97,30 3,40 -126,30
- 1,4595 1 2 ack 40 ----- 7 1,1 2,0 0 5 4,15 -97,30 3,40 -126,30
r 1,4961 4 3 pareto 40 ----- 7 4,0 3,1 0 2 0,30 -101,15 -0,40 -100,20
+ 1,4961 3 4 ack 40 ----- 7 3,1 4,0 0 6 -0,40 -100,20 0,30 -101,15
- 1,4961 3 4 ack 40 ----- 7 3,1 4,0 0 6 -0,40 -100,20 0,30 -101,15
+ 1,5016 6 5 pareto 40 ----- 7 6,0 5,1 0 7 -1,30 -102,30 0,30 -104,20
- 1,5016 6 5 pareto 40 ----- 7 6,0 5,1 0 7 -1,30 -102,30 0,30 -104,20
r 1,5230 5 4 pareto 40 ----- 7 5,0 4,1 0 3 0,30 -104,20 0,30 -101,15
+ 1,5230 4 5 ack 40 ----- 7 4,1 5,0 0 8 0,30 -101,15 0,30 -104,20
- 1,5230 4 5 ack 40 ----- 7 4,1 5,0 0 8 0,30 -101,15 0,30 -104,20
r 1,6943 33 1 ack 40 ----- 7 33,0 1,0 0 4 -2,28 -140,38 4,15 -97,30
  
```

Gambar 13 Tampilan bentuk dari data *trace file* simulasi jaringan VSAT

4.2 Perhitungan dan Analisa Performansi

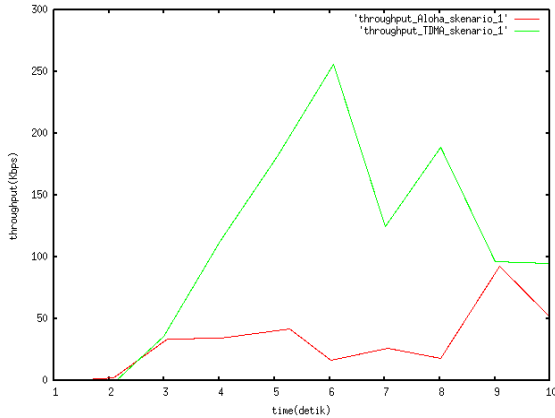
Dari data *trace file* dapat dihitung nilai dari parameter-parameter yang menunjukkan kinerja dari jaringan VSAT. Parameter-parameter tersebut adalah *throughput*, paket hilang, dan rata-rata waktu tunda.

4.2.1 Throughput

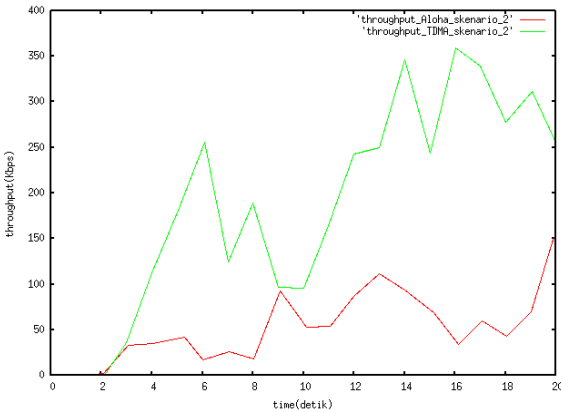
Throughput merupakan jumlah paket data yang diterima setiap detik. Throughput biasanya dinyatakan dalam satuan *bit per second* (bps). Perhitungan nilai throughput dilakukan pada simulasi jaringan VSAT. Nilai dari throughput dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini.

$$\text{Throughput} = \sum_{i=T_t}^{i=T_t+1} P_i \quad ; 0 \leq t \leq T \quad (1)$$

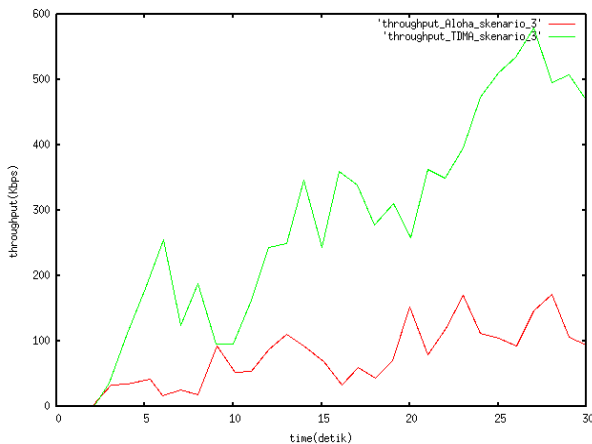
Dengan menggunakan persamaan diatas nilai throughput untuk setiap scenario dan pada keseluruhan scenario dapat diketahui, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



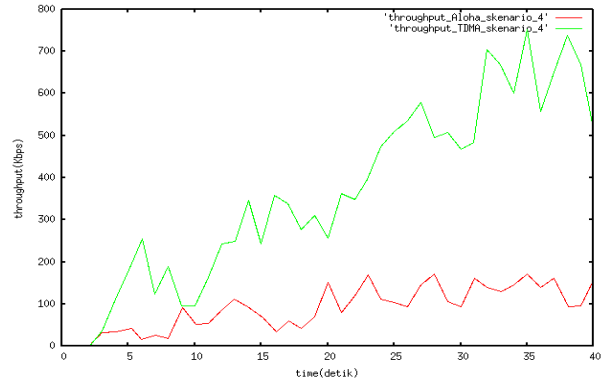
(a) Grafik nilai throughput pada skenario 1



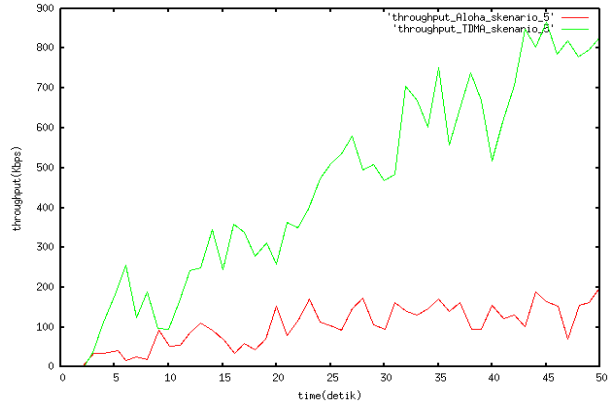
(b) Grafik nilai throughput pada skenario 2



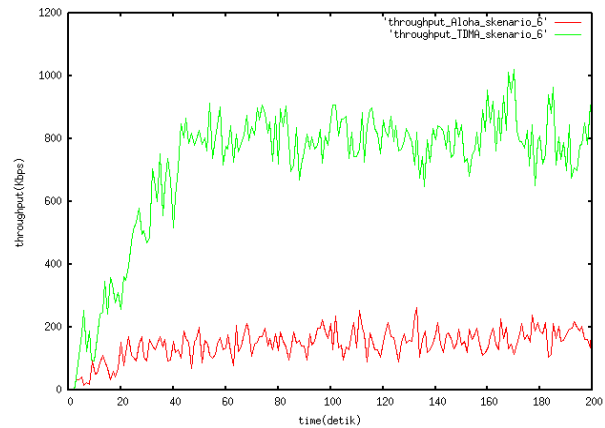
(c) Grafik nilai throughput pada skenario 3



(d) Grafik nilai throughput pada skenario 4



(e) Grafik nilai throughput pada skenario 5



(f) Grafik nilai throughput pada skenario 6

Gambar 14. Grafik nilai throughput pada keseluruhan skenario

Dari gambar grafik nilai throughput diatas, dapat diketahui bahwa jumlah node yang aktif mempengaruhi nilai throughput dari program simulasi tersebut. Semakin banyak node yang aktif, maka semakin besar nilai throughput-nya. Dari gambar 8 juga dapat diketahui bahwa program simulasi TDMA memiliki nilai throughput yang jauh lebih besar dari pada Aloha.

Program simulasi TDMA memiliki alokasi slot yang cukup untuk memenuhi kebutuhan keseluruhan node yang digunakan. Sehingga semakin banyak node yang digunakan maka jaringan pun siap menerima perubahan yang ada, berbeda dengan Aloha yang cenderung naik hanya perlahan. Dapat dilihat bahwa setelah waktu akhir simulasi didapat perbedaan nilai throughput yang cukup jauh antara program

simulasi dengan Aloha dan TDMA. Perbandingan nilai *throughput* ini menunjukkan bahwa MAC TDMA lebih baik daripada Mac Aloha. Perbandingan keluaran *throughput* dapat dilihat pada gambar .

Nilai *throughput* rata-rata untuk keseluruhan waktu simulasi ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai *throughput* rata-rata pada keseluruhan waktu simulasi

Program	Throughput Minimum (Kbps)	Throughput Maksimum (Kbps)	Throughput Rata-rata (Kbps)
Aloha	2	265	147,626
TDMA	2	1014	718,509

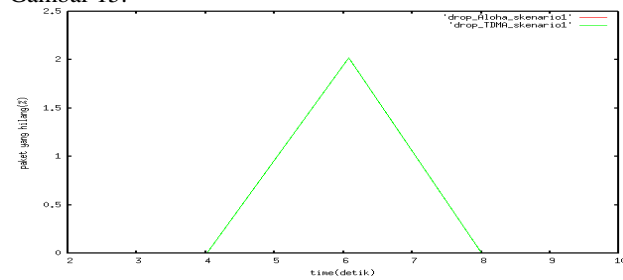
4.2.2 Paket hilang (*Packet loss*)

Paket hilang menunjukkan banyak jumlah paket yang hilang. Paket hilang terjadi ketika satu atau lebih paket data yang melewati suatu jaringan gagal mencapai tujuannya.

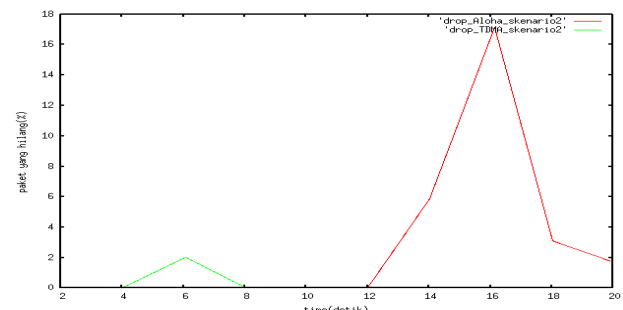
Paket yang hilang atau drop dapat menurunkan performansi terutama pada aplikasi seperti teknologi *streaming*, *Voice over IP (VoIP)*, *online gaming*, dan *video conference*. Akan tetapi, sangat penting untuk diketahui bahwa paket hilang tidak selalu mengindikasikan adanya suatu permasalahan dalam jaringan. Jika besarnya paket hilang masih dapat diterima oleh tujuan, maka terjadinya paket hilang bukan suatu permasalahan. Nilai dari paket hilang dapat dihitung dengan persamaan (2) berikut ini.

$$\text{Paket Hilang} = \left(\frac{\sum_{i=T_1}^{i=T_{t+1}} D_i}{\sum_{i=T_1}^{i=T_{t+1}} S_i} \right) \times 100 \quad ; 0 \leq t \leq T \quad (2)$$

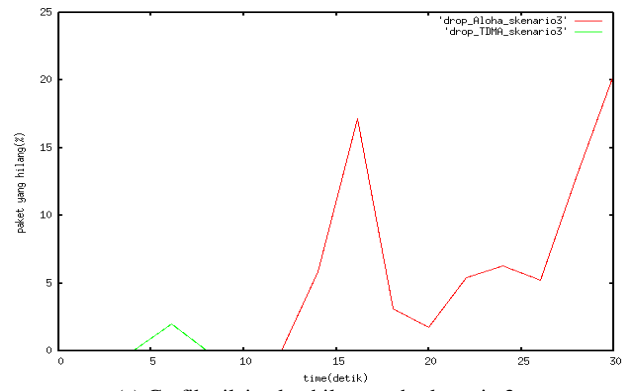
Paket hilang dihitung dengan membagi jumlah paket yang mengalami *drop* dengan jumlah paket yang dikirim. Paket hilang biasanya dinyatakan dalam persen (%). Nilai paket hilang dari keseluruhan skenario diperlihatkan pada Gambar 15.



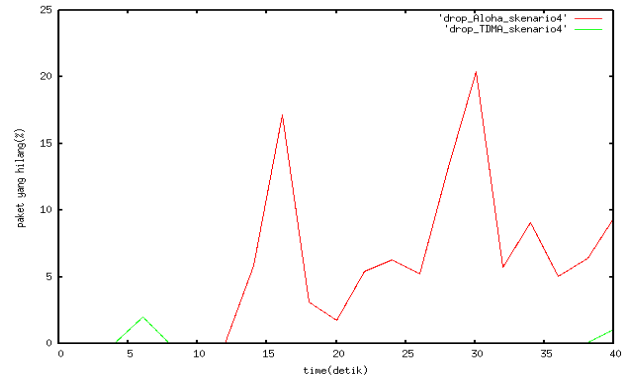
(a) Grafik nilai paket hilang pada skenario 1



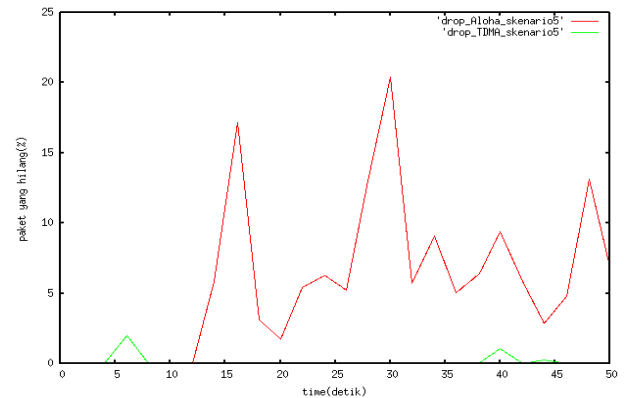
(b) Grafik nilai paket hilang pada skenario 2



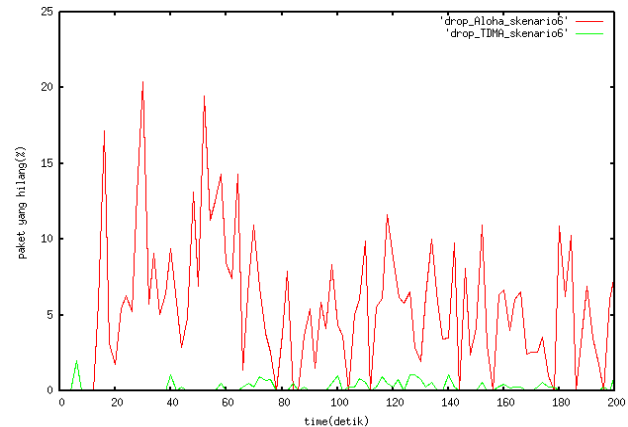
(c) Grafik nilai paket hilang pada skenario 3



(d) Grafik nilai paket hilang pada skenario 4



(e) Grafik nilai paket hilang pada skenario 5



(f) Grafik nilai paket hilang pada skenario 6

Gambar 15 Grafik nilai paket hilang pada keseluruhan skenario

Paket hilang pada skenario keenam menunjukkan bahwa nilai paket hilang untuk program simulasi Aloha justru mengalami penurunan, meskipun demikian besar nilai paket yang hilang pada program simulasi Aloha tetap menunjukkan angka yang cukup besar yaitu 5,59853% dan dapat dikatakan inilah nilai paket hilang yang sesungguhnya dari program simulasi Aloha. Sedangkan pada program simulasi TDMA terdapat peningkatan nilai paket yang hilang yaitu menjadi 0,245055%. Sekalipun demikian dapat dikatakan bahwa program simulasi TDMA telah menunjukkan performa maksimal pada program simulasi jaringan VSAT ini.

Tabel 9. Nilai paket hilang pada keseluruhan waktu simulasi

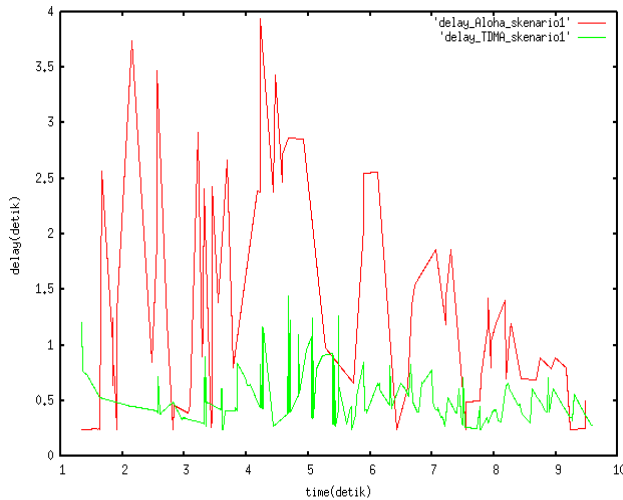
Program simulasi	Paket hilang (%)
Aloha	5,59853
TDMA	0,245055

4.2.2 Rata-rata waktu tunda

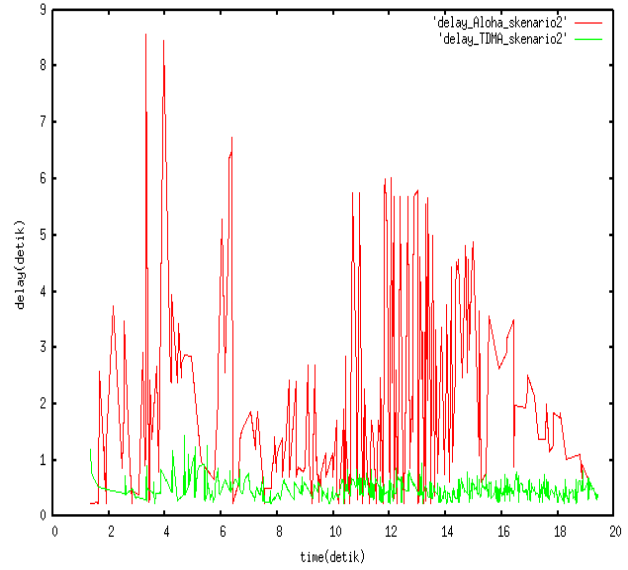
Waktu tunda (*latency*) merupakan interval waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket data saat data mulai dikirim dan keluar dari proses antrian dari titik sumber awal (*source node*) hingga mencapai titik tujuan (*destination node*). Waktu tunda yang dihitung pada simulasi ini adalah rata-rata waktu tunda, bukan waktu tunda per paket. Untuk menghitung rata-rata waktu tun digunakan perumusan sebagai berikut.

$$\text{Rata - rata Waktu Tunda} = \left(\frac{\sum_{i=T_i}^{i=T_{i+1}} RT_i - \sum_{i=T_i}^{i=T_{i+1}} ST_i}{\sum_{i=T_i}^{i=T_{i+1}} RP_i} \right); 0 \leq t \leq T \quad (3)$$

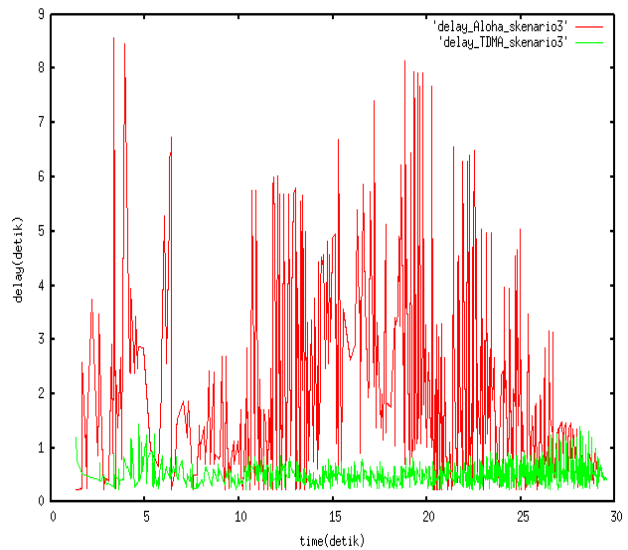
Rata-rata waktu tunda dihitung dengan mengurangi jumlah waktu penerimaan paket dengan jumlah waktu pengiriman paket, kemudian hasilnya dibagi dengan jumlah paket yang diterima. Untuk mengetahui perubahan nilai rata-rata waktu tunda selama simulasi berlangsung, maka rata-rata waktu tunda dihitung per satu detik simulasi. Rata-rata waktu tunda pada perhitungan ini dinyatakan dalam satuan detik. Nilai rata-rata waktu tunda untuk keseluruhan skenario yang dihitung dengan menggunakan persamaan (3) diperlihatkan pada Gambar 16.



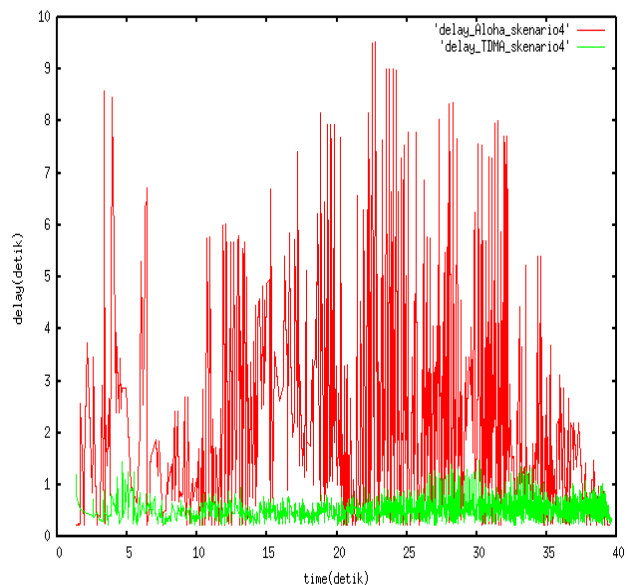
(a) Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada skenario 1



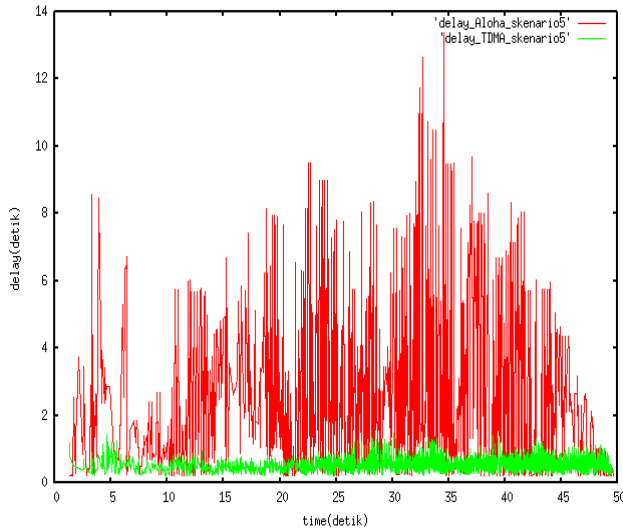
(b) Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada skenario 2



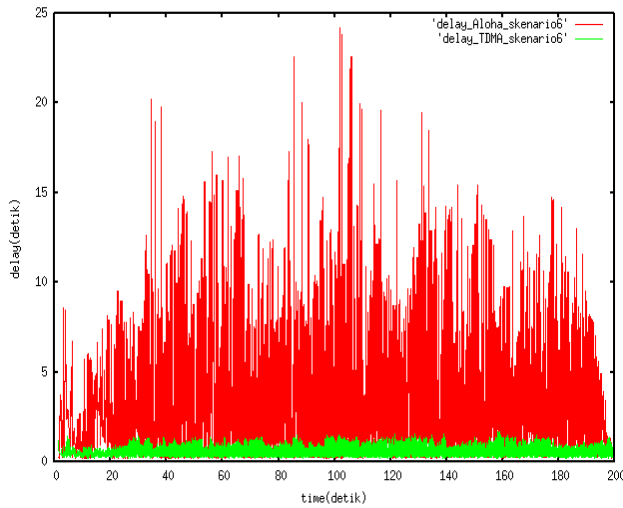
(c) Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada skenario 3



(d) Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada skenario 4



(e) Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada skenario 5



(f) Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada skenario 6

Gambar 16 Grafik nilai rata-rata waktu tunda pada keseluruhan skenario

Pada grafik dapat dilihat bahwa pada program simulasi Aloha nilai waktu tunda terus meningkat dan di akhir program baru mulai menurun. Hal ini mengakibatkan hasil rata-rata nilai waktu tunda yang tetap membesar, mengingat semakin banyak *node* yang aktif mengirimkan paket maka semakin banyak antrian yang terjadi dengan demikian maka nilai waktu tunda pun semakin membesar. Sedangkan pada program simulasi TDMA didapat nilai stabil waktu tunda yaitu sekitar 0,5 detik. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa program simulasi TDMA telah menunjukkan performa maksimalnya.

Tabel 10. Nilai rata-rata waktu tunda untuk keseluruhan waktu simulasi

Program simulasi	Rata-rata waktu tunda (detik)
Aloha	4,005772
TDMA	0,564738

Dari Gambar 10 dan Tabel 10 dapat diketahui bahwa perubahan jumlah node yang aktif dan lama waktu simulasi mempengaruhi nilai rata-rata waktu tunda. Secara umum kenaikan jumlah node yang aktif akan meningkatkan nilai rata-rata waktu tunda.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, mulai dari perancangan sampai pengujian dan analisis, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Besarnya nilai *throughput* pada program simulasi jaringan VSAT dengan MAC TDMA jauh lebih besar daripada program simulasi jaringan VSAT dengan MAC Aloha, hal ini disebabkan karena pada MAC TDMA memiliki alokasi *slot* yang cukup untuk memenuhi kebutuhan setiap *node*. Sehingga semakin banyak *node* yang digunakan maka semakin siap jaringan menerima perubahan yang ada.
2. MAC TDMA membutuhkan waktu respon yang lebih lambat pada awal program jika dibandingkan dengan Aloha, hal ini terjadi karena pada program simulasi jaringan VSAT dengan MAC TDMA diperlukan proses perhitungan penyediaan *time slot* sebelum paket dikirimkan.
3. Paket hilang pada simulasi jaringan VSAT dengan MAC Aloha dengan nilai paket hilang yang cukup besar. Hal tersebut terjadi karena, pada keadaan trafik yang padat, MAC Aloha mengalami banyak benturan paket dan telah melebihi batas pengiriman ulang paket.
4. Dari hasil pengujian, MAC TDMA menunjukkan kinerja yang baik dalam menekan terjadinya paket hilang. Hal ini dibuktikan dengan kecilnya nilai paket yang hilang yaitu memiliki nilai rata-rata hanya sebesar 0,24% saja
5. Semakin banyak proses pengiriman paket maka waktu antrian pun semakin bertambah dengan demikian nilai waktu tunda pun menjadi semakin besar.
6. Nilai waktu tunda pada program simulasi jaringan VSAT dengan MAC Aloha memiliki nilai waktu tunda yang sangat besar. Hal ini terjadi karena pada MAC Aloha, semakin padat keadaan trafik, maka semakin buruk performa yang diberikan, sehingga pada program simulasi dengan skenario paling *bursty* didapat nilai waktu tunda yang sangat besar.
7. Nilai rata-rata waktu tunda terkecil terjadi pada program simulasi jaringan VSAT dengan MAC TDMA sebesar 0,541118 detik. Sedangkan nilai rata-rata waktu tunda terbesar terjadi pada MAC Aloha sebesar 4,005772 detik.
8. Jaringan VSAT dengan topologi *mesh* memiliki keadaan trafik yang padat (*bursty*).
9. Program simulasi jaringan satelit GEO memiliki nilai waktu tunda yang besar mengingat jaraknya yang jauh dari bumi.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa memperbaiki kekurangan dan kelemahan yang terdapat pada penelitian tugas akhir ini. Beberapa saran yang bisa diberikan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian dengan menggunakan MAC tipe lainnya yang lebih sempurna.

2. Pengujian dilakukan dengan bentuk topologi jaringan VSAT yang lain, seperti topologi jaringan *star* ataupun *point to point*.
3. Perancangan simulasi jaringan dapat dibuat dengan menambah lagi jumlah *node* agar aliran trafik yang terjadi semakin padat sehingga akan lebih diketahui kinerja dari sistem.
4. Pengembangan penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan penggunaan parameter lain yang semakin spesifik seperti parameter fisik (antena, lebar bidang frekuensi, daya pancar) dengan penambahan modul pada NS2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elber, Bruce, Satellite Communications handbook, Artec house, London, 2004.
- [2] Kolawole, Michael, Satellite Communication Engineering, Marcel decker, New York, 2002.
- [3] Maral, G., VSAT Network second edition, John wiley and sons, England, 2003.
- [4] Hsu, hwei p., Theory of probability random variabel and random access, Mcgraw-hill, new York, 1996.
- [5] Miegheem, Van, Piet, Performances of analysis and communications systems, Cambridge University press, New York, 2006.
- [6] Freeman, Roger, L Telecommunications Transmission handbook, John wiley and sons, England, 2004.
- [7] An ns-2 MAC satellite module, Raffaello Secchi Year: 2006 :// Ns/TDMA/TDMA DAMA
- [8], <http://votos.isti.cnr.it/sources-ns-2.29.patch>
- [9], <http://www.lintasarta.co.id>
- [10], <http://www.wikipedia.com>
- [11], <http://www.vsat-systems.com>

Chrisman H Manurung (L2F004465)



Penulis lahir di bandar lampung, 26 november 1986. Menempuh pendidikan di SDK Anugrah Abadi, SMPK Mater Dei Jakarta, dan SMUK Ora Et labora BSD. Saat ini masih menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, dengan mengambil konsentrasi Elektronika Telekomunikasi.

Menyetujui dan Mengesahkan,

Pembimbing I

Sukiswo, S.T., M.T.
NIP. 132 162 548

Pembimbing II

Ajub Ajulian Zahra, S.T., M.T.
NIP. 132 205 684