

PERBANDINGAN TIPE MAC PADA JARINGAN KOMUNIKASI SATELIT IRIDIUM DENGAN NS2

Denny Pahlevie^{*)}, Sukiswo, and Ajub Ajulian Z

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}email : denpahlevie@gmail.com

Abstrak

Sistem komunikasi satelit diharapkan mampu menghubungkan rantai komunikasi ke seluruh daerah di manapun di seluruh permukaan bumi. Salah satu pelayanannya adalah menggunakan jaringan satelit Iridium. Tundaan waktu yang rendah adalah kelebihan utama dari jaringan satelit Iridium, karena jenis layanan satelit ini berada pada orbit rendah. Jaringan satelit Iridium dapat mencakup seluruh permukaan bumi dengan 66 satelitnya yang terus bergerak memutar bumi. Perkembangan dunia informasi mengacu pada keandalan pengiriman paket data, dimana dibutuhkan reabilitas yang tinggi dan tingkat redudansi yang rendah. Metode akses jaringan menjadi salah satu penentu terciptanya layanan yang andal. Oleh sebab itu digunakan dua buah metode akses tipe MAC Pure Aloha dan TDMA untuk dibandingkan kinerjanya pada jaringan satelit Iridium. Kinerja jaringan yang akan dibahas adalah throughput, loss packet, dan delay. Perancangan jaringan terbagi menjadi 3 skenario berdasarkan jarak antara dua stasiun bumi yang sedang berkomunikasi. Berdasarkan jarak tersebut akan terlihat pengaruh adanya handover intersatellite-links antar satelit Iridium. Simulasi jaringan ini dibuat dan diuji menggunakan software Network Simulator 2 (NS2). Hasil pengujian didapatkan nilai-nilai parameter throughput, paket hilang, dan waktu tunda pada kedua tipe MAC, TDMA dan UnsottedAloha untuk setiap skenario berturut-turut adalah sebagai berikut; Skenario1: 1872Kbps dan 520Kbps, 2,55% dan 14,056%, 59,4ms dan 232,9ms. Skenario2: 2640Kbps dan 752Kbps, 1,19% dan 12,485%, 45,2ms dan 182,4ms. Skenario3: 4152Kbps dan 992Kbps, 1,932% dan 8,366%, 33,2ms dan 112,4ms.

Kata Kunci: Satelit, Iridium, MAC, TDMA, Pure Aloha, NS2, Handover ISL, Throughput, Paket Hilang, Waktu Tunda

Abstract

Satellite communications systems are expected to connecting the communication chain to all areas anywhere around the earth. One of the services are use the Iridium satellite network. Low time delay is the main advantage of the Iridium satellite network, because this type of satellite service is in low orbit. Iridium satellite network to cover the entire surface of the earth with 66 satellites are constantly moving around the earth. The development of information refers to the reliability of the transmission of data packets, which needed high reliability and redundancy levels are low. Network access method to be one determinant of the creation of a reliable service. Therefore used two types of access methods TDMA MAC Pure Aloha for to compare its performance to the Iridium satellite network. Network performance that will be discussed are throughput, packet loss, and delay. The design of the network is divided into 3 scenarios based on the distance between two earth stations thats communicating. Based on the range will be visible influence the handover intersatellite-links between satellites Iridium. This simulation was created and tested using the software Network Simulator 2 (NS2) Test results obtained parameter values of throughput, packet loss, and delay time in both types of MAC, TDMA and UnsottedAloha for each scenario is as follows; Scenario1: 1872Kbps and 520Kbps, 2.55% and 14.056%, 59.4 ms and 232.9 ms. Scenario2: 2640Kbps and 752Kbps, 1.19% and 12.485%, 45.2 ms and 182.4 ms. Scenario3: 4152Kbps and 992Kbps, 1.932% and 8.366%, 33.2 ms and 112.4 ms.

Key words: Satellie, Iridium, MAC, TDMA, Pure Aloha, NS2, Handover ISL, Throughput, Loss Packet, Delay

1. Pendahuluan

Setiap orang di berbagai penjuru dunia menginginkan pelayanan telekomunikasi yang baik dan handal. Dengan menggunakan sistem komunikasi satelit, maka diharapkan

mampu menyediakan pelayanan telekomunikasi global dan terpadu untuk setiap orang di setiap negara. Sistem komunikasi satelit diciptakan agar kebutuhan dan layanan permintaan jasa telekomunikasi hingga daerah-daerah terpencil dapat terlayani. Dengan sistem komunikasi satelit maka diharapkan rantai komunikasi akan dapat

dihubungkan ke seluruh daerah di manapun di seluruh permukaan bumi.

Penelitian berupa simulasi tentang hal yang mencakup permasalahan pada komunikasi satelit telah banyak dilakukan. Berikut beberapa penelitian yang menjadi referensi dalam penulisan PENELITIAN ini:

1. *A Performance Analysis of the Iridium Low Earth Orbit System. Thesis. Faculty of Engineering, Air Force Institute of Technology Air University.* 1998. Oleh Carl E. Fossa yang meneliti tentang performansi satelit Iridium
2. *Possibility of Using Network Simulator (NS-2) for Modelling Satellite Networks. Acta Electrotechnica et Informatica No. 4, Vol. 5, 2005. Department of Electronics and Multimedia Communications, Faculty of Electrical Engineering and Informatics, Technical University of Košice.* Oleh Marian Grega, dkk membahas penggunaan NS2 dalam mensimulasikan jaringan komunikasi satelit LEO (Teledesic dan Iridium).
3. *Handover Schemes in Satellite Networks: State-of-the-Art and Future Research Directions. Telecom and Networks Research Lab. School of Computer Science, University of Oklahoma.* Oleh Pulak K Chowdhury, dkk menganalisa mengenai kualitas layanan (QoS) dari skema handover pada satelit orbit rendah (LEO)
4. *Perbandingan Tipe MAC Pada Jaringan VSAT Mesh dengan NS-2.* PENELITIAN. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. 2009. Oleh Chrisman H Manurung membahas perbandingan dua buah metode akses jamak dari protokol MAC (*Medium Access Control*) yang diaplikasikan pada jaringan VSAT mesh dengan satelit *geostationer*.

Penelitian-penelitian tersebut melatar belakangi untuk penelitian selanjutnya dengan menguji dan membandingkan dua buah metode akses pada protokol MAC yang diaplikasikan pada jaringan komunikasi satelit iridium. Satelit iridium adalah salah satu jenis satelit yang berada pada orbit rendah (LEO). Satelit LEO adalah jenis satelit yang diletakkan paling dekat dengan permukaan bumi dibanding dengan jenis satelit lainnya. Sebagian besar jarak satelit-satelit LEO dengan permukaan bumi adalah < 800km. Jarak yang dekat ini menyebabkan pergerakan orbit satelit LEO sangat cepat untuk menghindari pengaruh dari gaya tarik bumi. Jarak yang sangat dekat dengan bumi ini menyebabkan area cakupan (*footprint/beamspot*) dari satelit LEO menjadi kecil/sempit.

Penelitian yang akan dilakukan ini berjudul “Perbandingan Tipe MAC Pada Jaringan Komunikasi Satelit Iridium Dengan NS2”.

Tujuan dari penyusunan penelitian ini adalah

1. Mensimulasikan sistem komunikasi satelit LEO Iridium menggunakan simulator NS2.

2. Menghitung, menganalisa, dan membandingkan performansi jaringan komunikasi satelit iridium. Performansi yang dimaksud meliputi *throughput*, persentase paket hilang (*packet loss*), dan waktu tunda (*delay*).

2. Perancangan Sistem

2.1 Parameter Modul Simulasi

Di dalam modul simulasi satelit NS2, terdapat beberapa parameter yang menjadi dasar dari sebuah simulasi jaringan satelit secara umum yang terkait dengan *physical layer* dan protokol MAC. Parameter-parameter yang dimaksud adalah seperti yang tertulis pada tabel 1 di bawah.

Tabel 1 Parameter pada modul satelit

Parameter	Nilai
Tipe Kanal	Channel/sat
Tipe lapisan fisik	Phy/Sat
Tipe MAC	MAC/TDMA/UnslottedAloha
Tipe antarmuka antrian	Queue/DropTail
Tipe link-layer	LL/Sat
Tipe penggunaan wired routing (jaringan kabel)	Set opt/wiredRouting OFF

2.2 Parameter Yang Didefinisikan Oleh Perancang

Parameter-parameter yang didefinisikan perancang pada umumnya merupakan parameter yang besarnya dapat mengikuti standar yang ada pada program (*default*) atau harus ditentukan sendiri oleh pengguna.

Tabel 2 Parameter handover untuk unslotted aloha dan TDMA

Parameter	Nilai
Sudut Elevasi (derajat)	Handoff/Manager/Term sat elevation_max 32
Waktu interval handoff (detik)	Handoff/Manager/Term sat term_handoff_int 10
Waktu interval handoff satelit (detik)	Handoff/Manager/Sat sat term_handoff_int 10
Threshold posisi lintang untuk proses handoff	Handoff/Manager/Sat sat latitude_threshold 60
Threshold posisi bujur untuk proses handoff	Handoff/Manager/Sat sat longitude_threshold 10
Kondisi keacakan terjadinya handoff	Handoff/Manager/sat handoff_randomization_true
Penghitungan rate delay propagasi	SatRouteObject sat metric_delay_true
Penghitungan data divisi	SatRouteObject sat data_division_computation_true

Tabel 3 Parameter Simulasi MAC-Unslotted Aloha

Parameter	Nilai
Waktu rata-rata perubahan keadaan BTO	Mac/Sat/UnslottedAloha set mean_bkoff 500ms
Maksimum penampungan pengirisan ulang paket	Mac/Sat/UnslottedAloha set rtr_bver 1
Batas waktu penampungan ulang paket	Mac/Sat/UnslottedAloha set rtr_timeout 270ms
Bandwidth untuk uplink	Set opr (bw_up) 2.048 Mb
Bandwidth untuk downlink	Set opr (bw_down) 2.048 Mb
Bandwidth untuk TSC	Set opr (bw_tsc) 250kb
Durasi antrian paket	Set opr (qth) 2000 Paket

Tabel 4 Parameter Simulasi MAC TDMA

Parameter	Nilai
Jumlah Maksimum slot	MacTdma set max_slot_num 256
Ukuran slot (bytes)	MacTdma set slot_packet_len 1210
Jumlah Maksimum frame	MacTdma set num_frame 16
Bandwidth TDMA	MacTdma set bandwidth 2.048 Mb
Bandwidth untuk download	Set opt (bw_up) 2.048 Mb
Bandwidth untuk upload	Set opt (bw_down) 2.048 Mb
Bandwidth untuk ISL	Set opt (bw_isl) 25Mb
Jumlah antrian paket	Set opt (qlen) 2000/Paket

2.3 Program Simulasi Jaringan Satelit Iridium

Diagram alir proses simulasi jaringan satelit iridium dapat dilihat pada gambar 8 berikut:



Gambar 1 Diagram alir tahapan pembuatan simulasi jaringan satelit iridium

2.4 Skenario Program Jaringan Komunikasi Satelit Iridium

Pada program simulasi ini skenario jaringan didasarkan pada terjadinya proses *handoff inter satelit link*. Topologi jaringan komunikasi antar terminal bumi adalah *mesh*, sehingga tiap terminal bumi akan dapat berhubungan. Ada tiga skenario dalam perencanaan jaringan komunikasi satelit iridium ini. Keempat skenario ini yaitu:

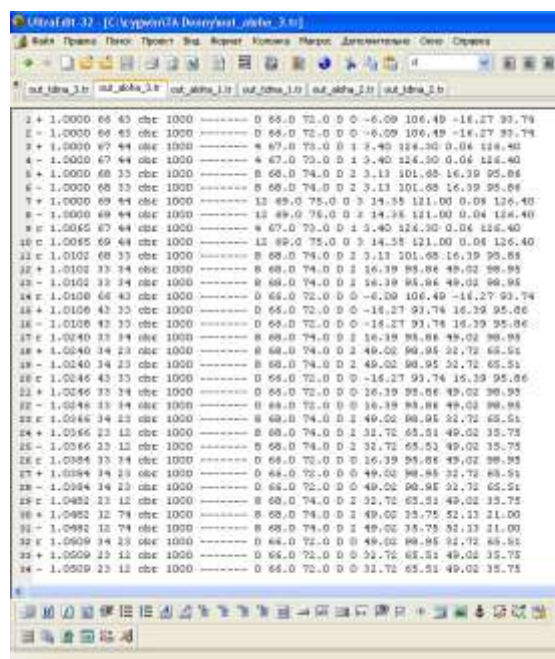
1. Komunikasi antara dua terminal bumi yang ada dalam satu area regional (contoh: Jakarta-Kuala Lumpur di asia tenggara, dll)
2. Komunikasi antara dua terminal bumi yang ada dalam satu benua (contoh: Jakarta-Beijing, dll)
3. Komunikasi antara dua terminal bumi antar benua / global (contoh: Jakarta-Washington DC, dll)

Semua skenario di atas akan dijalankan dalam simulasi selama 200 detik.

3. Pengujian dan Analisis Kinerja Jaringan Satelit Iridium

3.1. Pengujian Data Keluaran Simulasi

Hasil keluaran dari simulasi program adalah berupa data *tracefile*. *Tracefile* adalah suatu file yang berekstensi *.tr. File trace mencatat semua kejadian selama simulasi terjadi. *Tracefile* ini digunakan untuk proses analisis selanjutnya dari kinerja jaringan yang dibentuk berupa proses numerik. Data ini akan diolah untuk menampilkan grafik kinerja jaringan berupa banyaknya paket yang terkirim tiap detiknya (*throughput*), tundaan waktu, serta banyaknya paket hilang.



Gambar 2 Tampilan isi data *tracefile*

3.2. Perhitungan Kinerja Jaringan Satelit LEO (Iridium)

3.2.1 Kinerja Jaringan Skenario 1

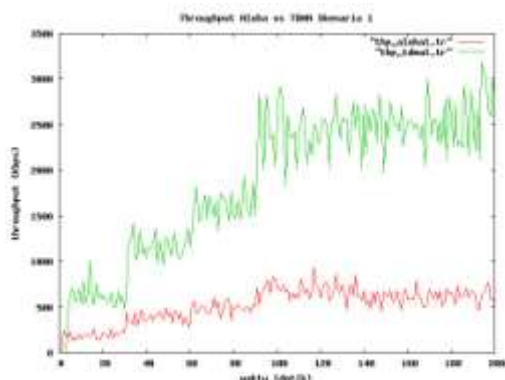
Tabel 4 Contoh Proses Handover Pada Skenario 1

Flow id	Pengirim		Penerima		proses pengiriman data	Jumlah handover antar satelit	tipe handover
	no node	lokasi node bumi	no node	lokasi node bumi			
0	66	Jakarta	67	Medan	66 → 43 → 54 → 44 → 67	2	intraplane + interplane
1	67	Medan	68	KL	67 → 44 → 33 → 68	1	Interplane
2	68	KL	69	Manila	68 → 33 → 44 → 69	1	Interplane
3	69	Manila	70	Bangkok	69 → 44 → 54 → 43 → 32 → 21 → 70	4	intraplane + interplane
4	73	Stockholm	74	Helsinki	73 > 2 > 74	0	-
5	74	Helsinki	75	Warsawa	74 → 2 → 1 → 12 → 75	2	intraplane + interplane

3.2.1.1 Throughput Skenario 1

Throughput adalah laju rata-rata dari paket data yang berhasil dikirim melalui kanal komunikasi.

$$Throughput = \sum_{i=T_1}^{i=T_2} Ri \times 8 ; 0 \leq t \leq T \quad (1)$$



Gambar 3 Grafik perbandingan throughput unslotted ALOHA dan TDMA skenario

Tabel 5 Perbandingan throughput unslotted ALOHA dan TDMA skenario 1

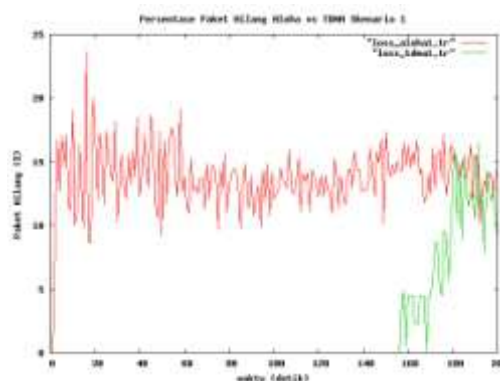
Detik aktif	Jenis	Unslotted ALOHA	TDMA
1-30	Banyak Paket Dikirim	1418	2968
	Banyak Paket Diterima	703	2066
	Throughput terkecil (Kbps)	0	0
	Throughput terbesar (Kbps)	264	1008
	Rata-rata	188	552
30-60	Banyak Paket Dikirim	2947	6219
	Banyak Paket Diterima	1460	4324
	Throughput terkecil (Kbps)	216	480
	Throughput terbesar (Kbps)	488	1424
	Rata-rata	390	1160
60-90	Banyak Paket Dikirim	4277	8853
	Banyak Paket Diterima	1866	5991
	Throughput terkecil (Kbps)	352	1328
	Throughput terbesar (Kbps)	608	1944
	Rata-rata	498	1600

90-200	Banyak Paket Dikirim	20823	48402
	Banyak Paket Diterima	8933	34345
	Throughput terkecil (Kbps)	456	1832
	Throughput terbesar (Kbps)	936	3176
	Rata-rata	650	2504
	Rata-Rata total (Throughput per detik)	520	1872

3.2.1.2 Paket Hilang Skenario 1

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

$$Paket Hilang = \left(\frac{\sum_{i=T_1}^{i=T_2} D_i}{\sum_{i=T_1}^{i=T_2} S_i} \right) \times 100\% ; 0 \leq t \leq T \quad (2)$$

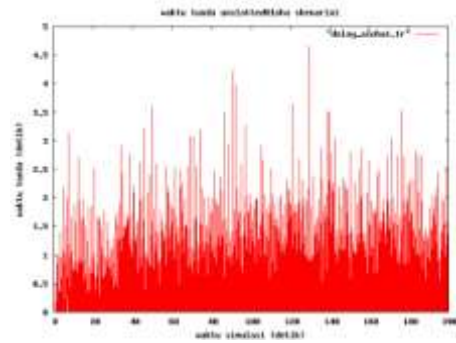


Gambar 4 Grafik perbandingan banyak paket hilang pada unslotted ALOHA dan TDMA skenario 1

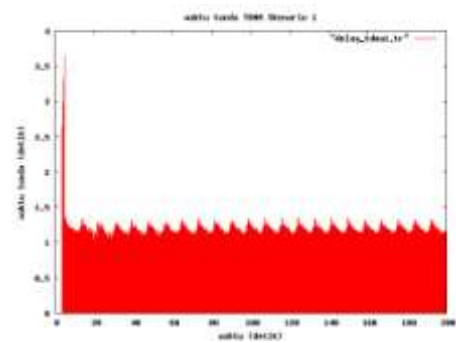
Tabel 6 Perbandingan paket hilang unslotted ALOHA dan TDMA skenario 1

Detik aktif	Hasil	unslotted ALOHA	TDMA
1-30	Banyak paket dikirim	1418	2968
	Banyak paket hilang	215	0
	Persentase Paket Hilang Terkecil	0	0

30-60	Persentase Paket Hilang Terbesar	23.63636	0
	Rata-rata	15,162	0
	Banyak paket dikirim	2947	6219
	Banyak paket hilang	446	0
	Persentase Paket Hilang Terkecil	9.174312	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	19.14894	0
60-90	Rata-rata	15,162	0
	Banyak paket dikirim	4277	8853
	Banyak paket hilang	568	0
	Persentase Paket Hilang Terkecil	9.722222	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	15.58442	0
	Rata-rata	13,3	0
90-200	Banyak paket dikirim	20823	48402
	Banyak paket hilang	2910	1694
	Persentase Paket Hilang Terkecil	9.90099	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	17.36842	16.5024 6
	Rata-rata	14	3,5
	Rata-Rata total		14,056



Gambar 5 Grafik hasil waktu tunda unslottedALOHA skenario 1



Gambar 6 Grafik hasil waktu tunda TDMA skenario 1

3.2.1.3 Waktu Tunda Skenario 1

Waktu tunda merupakan interval waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket data saat data mulai dikirim dan keluar dari proses antrian dari titik sumber awal ke titik tujuan

$$WaktuTunda = (RT - ST)$$

Tabel 7 Perbandingan rata-rata waktu tunda unslotted Aloha vs TDMA Skenario1

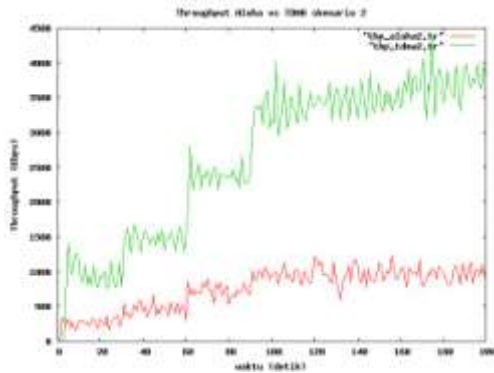
Nilai	Waktu Tunda (detik)	
	UnslottedAloha	TDMA
Min	0.0065	0.0026
Max	4.225	3.6412
Rata-rata	0.2329	0.06594

3.2.2 Kinerja Jaringan Skenario 2

Tabel 8 Contoh Proses Handover Pada Skenario 2

Flow id	Pengirim		Penerima		proses pengiriman data	Jumlah handover antar satelit	tipe handover
	no node	lokasi node bumi	no node	lokasi node bumi			
0	66	Jakarta	70	Beijing	66→43→33→34→45→70	3	intraplane interplane +
1	70	Beijing	67	Medan	70→45→44→67	1	interplane
2	67	Medan	71	New Delhi	67→44→45→34→23→71	3	intraplane interplane +
3	71	New Delhi	68	KL	71→23→34→33→68	2	intraplane interplane +
4	72	Stockholm	76	Madrid	72→2→1→76	1	interplane
5	76	Madrid	73	Helsinki	76→1→2→73	1	interplane

3.2.2.1 Throughput Skenario 2

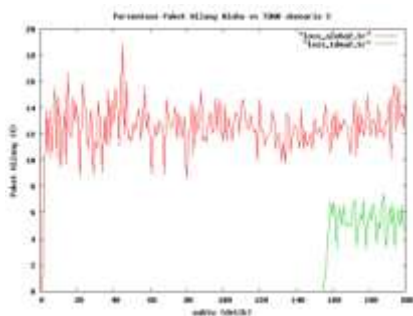


Gambar 7 Grafik perbandingan throughput unslotted ALOHA dan TDMA skenario 2

Tabel 9 Perbandingan throughput unslotted ALOHA dan TDMA skenario 2

Detik aktif	Jenis	Unslotted Aloha	TDMA
1-30	Banyak Paket Dikirim	1686	4112
	Banyak Paket Diterima	983	3209
	Throughput terkecil (Kbps)	0	0
	Throughput terbesar (Kbps)	384	1408
	Rata-rata	264	856
30-60	Banyak Paket Dikirim	3232	7404
	Banyak Paket Diterima	1730	5508
	Throughput terkecil (Kbps)	296	1264
	Throughput terbesar (Kbps)	672	1680
	Rata-rata	462	1472
60-90	Banyak Paket Dikirim	5051	11692
	Banyak Paket Diterima	2729	8836
	Throughput terkecil (Kbps)	528	1816
	Throughput terbesar (Kbps)	896	2800
	Rata-rata	728	2360
90-200	Banyak Paket Dikirim	24671	62370
	Banyak Paket Diterima	13342	48314
	Throughput terkecil (Kbps)	91	2944
	Throughput terbesar (Kbps)	1232	4384
	Rata-rata	971	3520
Rata-Rata total (Throughput per detik)		752	2640

3.2.2.2 Paket Hilang Skenario 2

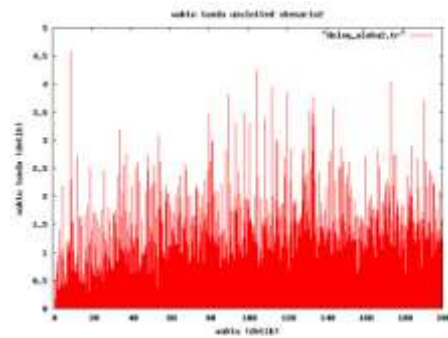


Gambar 8 Grafik perbandingan banyak paket hilang pada MAC-ALOHA dan TDMA skenario 2

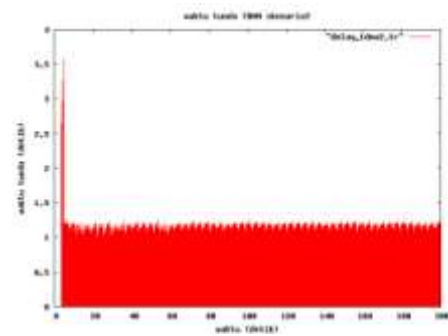
Tabel 10 Perbandingan paket hilang unslotted ALOHA dan TDMA skenario 2

Detik aktif	Hasil	unslotted Aloha	TDMA
1-30	Banyak paket dikirim	1686	4112
	Banyak paket hilang	219	0
	Persentase Paket Hilang Terkecil	0	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	16,67	0
	Rata-rata	12,99	0
30-60	Banyak paket dikirim	3232	7404
	Banyak paket hilang	438	0
	Persentase Paket Hilang Terkecil	9,09	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	18,90	0
	Rata-rata	13,55	0
60-90	Banyak paket dikirim	5051	11692
	Banyak paket hilang	633	0
	Persentase Paket Hilang Terkecil	8,61	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	15,29	0
	Rata-rata	12,53	0
90-200	Banyak paket dikirim	24671	62370
	Banyak paket hilang	3128	1401
	Persentase Paket Hilang Terkecil	9,73	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	15,84	7,39
	Rata-rata	12,68	2,25
Rata-Rata total		12,75	1,64

3.2.2.3 Waktu Tunda Skenario 2



Gambar 9 Grafik hasil waktu tunda unslotted ALOHA skenario 2



Gambar 10 Grafik hasil waktu tunda TDMA skenario 2

Tabel 11 Perbandingan besarnya waktu tunda unslotted Aloha vs TDMA Skenario 2

Nilai	Waktu Tunda (detik)	
	Unslotted Aloha	TDMA
Min	0.005	0.0026

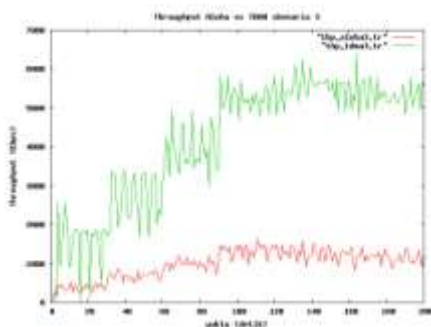
Max	4.5743	3.5845
Rata-rata	0.1824	0.0452

3.2.3 Kinerja Jaringan Skenario 3

Tabel 12 Proses Handover Pada Skenario 3

Flow id	Pengirim		Penerima		proses pengiriman data	Jumlah handover antar satelit (hop)	tipe handover
	no node	lokasi node bumi	no node	lokasi node bumi			
0	66	Jakarta	72	Stockholm	66→43→33→34→23→12→1→2→72	6	Intraplane interplane
1	72	Stockholm	78	Washington DC	72→2→1→59→48→37→78	4	Intraplane interplane crosseam
2	78	Washington DC	84	Tripoli	78→37→48→59→1→84	3	interplane crosseam
3	84	Tripoli	66	Jakarta	84→1→12→23→34→33→43→66	5	Intraplane interplane
4	67	Medan	73	Helsinki	67→44→45→56→4→3→2→73	5	Intraplane interplane
5	73	Helsinki	79	Boston	73→2→1→59→48→79	3	Intraplane interplane crosseam

3.2.3.1 Throughput Skenario 3



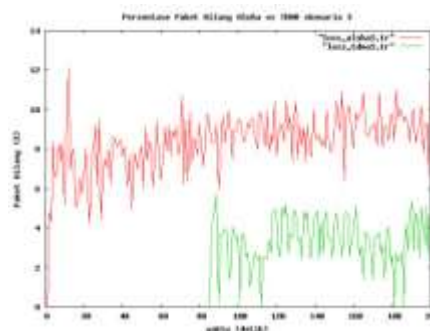
Gambar 11 Grafik perbandingan throughput unslotted ALOHA dan TDMA skenario 3

Tabel 13 Perbandingan throughput unslotted ALOHA dan TDMA skenario 3

Detik aktif	Jenis	Unslotted Aloha	TDMA
1-30	Banyak Paket Dikirim	2163	6205
	Banyak Paket Diterima	1335	5301
	Throughput terkecil (Kbps)	0	0
	Throughput terbesar (Kbps)	536	2584
	Rata-rata	360	1416
30-60	Banyak Paket Dikirim	4282	11861
	Banyak Paket Diterima	2579	9964
	Throughput terkecil (Kbps)	480	1648
	Throughput terbesar (Kbps)	848	3400
	Rata-rata	688	2664
60-90	Banyak Paket Dikirim	6225	17363
	Banyak Paket Diterima	3718	14501
	Throughput terkecil (Kbps)	712	2984
	Throughput terbesar (Kbps)	1200	4920
	Rata-rata	992	3872
90-200	Banyak Paket Dikirim	29363	88014
	Banyak Paket Diterima	17105	73959
	Throughput terkecil (Kbps)	816	4648
	Throughput terbesar (Kbps)	1616	6424

Rata-rata	1248	5384
Rata-Rata total (Throughput per detik)	992	4152

3.2.3.2 Paket Hilang Skenario 3



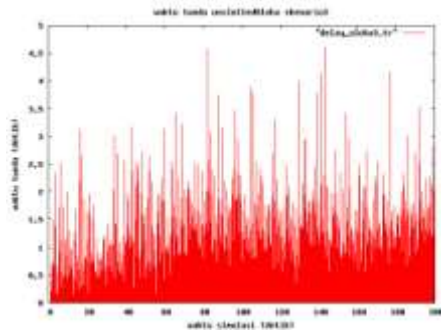
Gambar 12 Grafik perbandingan banyak paket hilang pada unslotted ALOHA dan TDMA skenario 3

Tabel 14 Perbandingan paket hilang unslotted ALOHA dan TDMA skenario 3

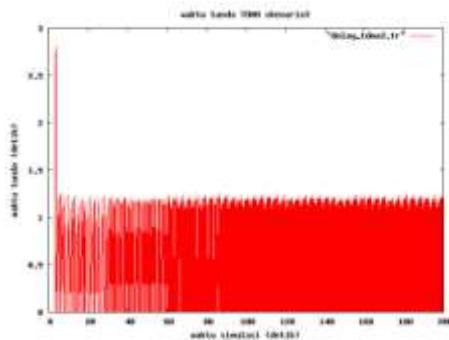
Detik aktif	Hasil	unslotted Aloha	TDMA
1-30	Banyak paket dikirim	2163	6205
	Banyak paket hilang	158	0
	Persentase Paket Hilang Terkecil	0	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	12.06896	0
	Rata-rata	7,3	0
30-60	Banyak paket dikirim	4282	11861
	Banyak paket hilang	332	0
	Persentase Paket Hilang Terkecil	4.95867	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	9.44881	0
	Rata-rata	7,75	0
60-90	Banyak paket dikirim	6225	17363
	Banyak paket hilang	525	109
	Persentase Paket Hilang Terkecil	5.9322	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	10.6796	5.7034
	Rata-rata	8,43	0,63

90-200	Banyak paket dikirim	29363	88014
	Banyak paket hilang	2687	2970
	Persentase Paket Hilang Terkecil	6.3745	0
	Persentase Paket Hilang Terbesar	12.4031	5.3278
	Rata-rata	9,15	3,37
Rata-Rata total		8,808	2,494

3.2.3.3 Waktu Tunda Skenario 3



Gambar 13 Grafik hasil waktu tunda unslottedALOHA skenario 3



Gambar 14 Grafik hasil waktu tunda TDMA skenario 3

Tabel 15 Perbandingan besarnya waktu tunda unslottedAloha vs TDMA Skenario3

Nilai	Waktu Tunda (detik)	
	UnslottedAloha	TDMA
Min	0.004	0.0006
Max	4.5912	2.8066
Rata-rata	0.1124	0.0332

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil pengujian dari ketiga skenario didapatkan nilai-nilai parameter *throughput*, paket hilang, dan waktu tunda pada kedua tipe MAC, TDMA dan UnsottedAloha untuk setiap skenario berturut-turut adalah sebagai berikut; Skenario1: 1872Kbps dan 520Kbps, 2,55% dan 14,056%, 59,4ms dan 232,9ms. Skenario2: 2640Kbps dan 752Kbps, 1,19% dan 12,485%, 45,2ms dan 182,4ms. Skenario3: 4152Kbps dan 992Kbps, 1,932% dan 8,366%, 33,2ms dan 112,4ms.

Nilai *throughput* pada tiap skenario bila dibandingkan dengan nilai standar *throughput* jaringan sebesar 344

Kbps, maka nilai *throughput* dari kedua skema lebih dari nilai standar tersebut. Nilai persentase paket hilang tiap skenario lebih dari nilai standar besarnya persentase paket hilang sebesar 1%, tetapi nilai TDMA masih dalam rentang toleransi nilai standar tersebut sedangkan skema Aloha lebih buruk jauh di atas nilai standar 1% dan nilai ambang toleransi 8,12%. Nilai rata-rata waktu tunda pada tiap skenario adalah kurang dari nilai maksimal standar *end to end delay* sebesar 400ms.

Parameter *throughput* untuk skema TDMA pada semua skenario lebih baik dibanding dengan skema Aloha. Skema TDMA, pengiriman paket dilakukan berdasarkan pembagian waktu, sehingga pengiriman dilakukan berurutan., menyebabkan kemungkinan paket diterima lebih besar. Skema *unslottedAloha* paket dapat dikirim kapan saja dan tidak ada pembagian waktu, menyebabkan jumlah paket yang diterima akan berkurang karena rentan terkena gangguan seperti tabrakan antar paket dan menyebabkan paket hilang. Paket hilang pada skema Aloha nilainya lebih besar dibanding dengan paket hilang pada skema TDMA. Hal tersebut terjadi karena, pada keadaan trafik yang padat, Aloha mengalami banyak benturan paket dan telah melebihi batas pengiriman ulang paket.

Saran untuk penelitian selanjutnya dari PENELITIAN ini adalah:

1. Penelitian dapat dilakukan dengan tipe MAC lain yaitu FDMA, CDMA dan Slotted Aloha sehingga dapat lebih spesifik diketahui tipe MAC mana yang lebih tepat dipakai pada sistem komunikasi satelit Iridium
2. Perancangan simulasi menggunakan tipe transport agent yang lain seperti TCP yang lebih handal
3. Perancangan simulasi pada tipe transport agent menggunakan berbagai jenis-jenis TCP untuk melihat pengaruh pada sisi transport data.
4. Perancangan jaringan menggunakan jenis aplikasi satelit LEO yang lain seperti satelit Teledesic.

Daftar Pustaka

- [1]. Chowduri, Pulak K, dkk. *Handover Schemes in Satellite Network*. Telecom and Network Research Lab. University of Oklohoma. 2012
- [2]. Fall, Kevin dan Kannan Varadhan. *The ns Manual*. VINT Project. Berkeley. 2008
- [3]. Grega, Marian dkk. *Possibility of Using Network Simulator for Modelling Satellite Network*. Department of Electronics and Multimedia Communications, Faculty of Electrical Engineering and Informatics. Technical University of Košice Slovak Republic. Acta Electrotechnica et Informatica No. 4, Vol. 5, 2005.
- [4]. Hikmaturokman, Alfin. *Orbit dan Pergerakan Satelit*. Akademi Teknik Telkom Sandhy Putra Purwokerto. Diktat Kuliah. 2008

- [5]. Hernoto, Yogi Prasetyo dkk. *Open System Interconnection Model*. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik Universitas Udayana. Paper. 2008
- [6]. Leopold, Raymond. *Lloyd's satellite constellations..* <http://personal.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/constellations/iridium.html>. Diakses pada 25 Juli 2012
- [7]. Loretto, P. *Satellite Systems Performance with TCP-IP Applications*. Jurusan teknik elektronika. Universitas Roma Tor Vergeta. Paper. 2010.
- [8]. Manurung, Chrisman H. *Perbandingan Tipe MAC Pada Jaringan VSAT Mesh dengan NS-2*. Jurusan Teknik elektro. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. penelitian. 2009.
- [9]. Nilasari, Novita. *Rancangan Sistem VOIP Sebagai Alternatif Komunikasi Kampus Menggunakan OpenH323 GateKeeper*. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. PENELITIAN. 2011
- [10]. Pamungkas Wahyu. *Komunikasi Satelit*. Akatel Sandhy Putra Purwokerto. Diktat Kuliah. 2005
- [11]. Santoso, Gatot. *Sistem Komunikasi Satelit*. 2008
- [12]. Satkomindo. *Metoda Akses Jamak*.