

Makalah Seminar Tugas Akhir

SIMULASI DAN ANALISIS KINERJA SOFTSWITCH DALAM PENANGANAN PANGGILAN TELEPON

Nanda Yoni Ardiana*, Sukiswo, S.T., M.T.**, Ajub Ajulian Zahra, S.T., M.T.**
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstrak

Softswitch is a switching system architecture which provides call control functions on the IP network. Softswitch is designed as an improvement of the existing circuit-switched system today which is PSTN / PLMN and also as a bridge to the evolution towards NGN. At first, softswitch is designed as a solution for the migration to the packet switching that must be implemented in phases because circuit-switched networks are still quite dominant and still operating.

Softswitch network will be simulated in this final project to evaluate the quality and performance of softswitch network in handling telephone traffic. Network simulation is conducted using OPNET 14.0 software. Some metrics are used as performance benchmarks of this network, they are blocking probability, utilization, packet loss, time delay, and the mean opinion score (MOS).

The highest blocking probability in this network simulation results is 0,024. Packet loss occurred in this network is 0,004. The lowest MOS is 4.36 and the highest end-to-end delay is at 92.75 ms.

Keywords: *softswitch, PSTN, circuit switch, NGN*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Internet Protokol (IP) merupakan protokol jaringan yang bersifat terbuka (*open system*) sehingga lebih mudah dalam pengembangan aplikasinya oleh pengguna (*user*), tidak terbatas pada aplikasi data, tapi juga diperluas untuk aplikasi lain termasuk aplikasi suara (*voice*) dan *video*. Tidak demikian jaringan *circuit switch* seperti PSTN dan *Public Land Mobile Telephone Network* (PLMN) yang bersifat *proprietary* dimana pengembangan aplikasinya sangat bergantung pada *vendor*/pembuatnya, tidak memberikan ruang kreativitas bagi pengguna, sehingga dalam perkembangannya internet jauh melampaui jaringan PSTN/PLMN. Kondisi ini mendorong para pembangun lebih tertarik mengembangkan infrastruktur jaringan berbasis IP sehingga terjadilah pergeseran penanganan aplikasi, yang biasa berjalan di atas jaringan *circuit switch* berpindah/migrasi ke jaringan berbasis *packet switch* yang kemudian dikenal sebagai migrasi menuju *Next Generation Network* (NGN). Dalam proses migrasi mengingat masih cukup dominannya teknologi *circuit switch* yang tengah beroperasi, maka pada umumnya proses migrasi dilakukan secara bertahap. Untuk tujuan tersebut, suatu konsorsium dunia, *International Softswitch Consortium* (ISC) atau sekarang namanya menjadi *Multiservice Switching Forum* (MSF) telah merancang suatu model arsitektur sistem *switching*

berbasis paket (IP) yang mampu mentransportasikan/mengadaptasikan antara jaringan paket (IP) dengan jaringan *circuit* (PSTN/PLMN) yang kemudian disebut *Softswitch*.

Namun *softswitch* bukanlah teknologi yang tidak memiliki kekurangan. Dalam kasus dimana pengontrolan secara terpusat yang dilakukan melalui jaringan (IP) berpotensi terjadinya kemacetan sehingga akan membawa dampak lamanya pelayanan (*delay*) pada *Softswitch* yang berarti penurunan kualitas layanan atau *Quality of Service* (QoS). Sehingga perlu dilakukan simulasi untuk mengetahui seberapa besar kemampuannya dalam menangani panggilan.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah mengevaluasi kinerja *softswitch* dalam menangani sebuah panggilan dan mengetahui kapasitas dalam penanganan suatu trafik tertentu dengan menggunakan program simulator OPNET Modeler.

1.3 Batasan Masalah

Tugas akhir ini memiliki batasan agar pembahasan masalah tidak menyimpang jauh dari permasalahan. Berikut batasan masalah yang ada.

* Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

** Dosen Teknik Elektro UNDIP

Plane, Call Control & Signaling Plane, Application, dan Management Plane.

1. Jaringan dan Parameternya diasumsikan.
2. Hasil simulasi tidak dipengaruhi oleh adanya derau dari luar.
3. Hanya mensimulasikan panggilan telepon untuk layanan dasar (*basic call*), tidak mensimulasikan panggilan dengan layanan khusus/layanan tambahan (*supplementary service*) seperti lacak, trimitra, nada sela dan lain-lain.
4. Pada simulasi ini hanya menggunakan area pulau Jawa.
5. Tiap *softswitch* hanya menggunakan 6 *traffic region*.

II. LANDASAN TEORI

2.1 *Softswitch*

Softswitch diperkenalkan dan dikembangkan oleh *International Softswitch Consortium* (ISC), yang sekarang telah berubah menjadi *International Packet Communication Consortium* (IPCC), dan terakhir menjadi *Packet Multiservice Switching Forum* (MSF). ISC mempromosikan *softswitch* sebagai entitas berbasis perangkat lunak yang menyediakan fungsi kontrol panggilan pada jaringan IP. *Softswitch* yang dikenal juga sebagai *Call Agent* (CA) atau *Media Gateway Controller*, setidaknya harus menyediakan:

- Kecerdasan yang mengontrol layanan koneksi untuk *Media Gateway* atau terminal IP.
- Kemampuan untuk memilih proses yang akan digunakan dalam panggilan.
- Kemampuan untuk mengontrol transfer panggilan antar elemen jaringan.
- *Routing* panggilan pada jaringan berdasarkan pensinyalan dan informasi basis data pelanggan.
- Fungsi antarmuka dan mendukung manajemen jaringan, seperti penetapan toleransi kesalahan *billing* dan lainnya.
- Mendukung berbagai macam protokol seperti: MGCP, Megaco, SIP, SS&, CPL, H.323, Q.931, Diffserv, RSVP, RTP, RTCP, MPLS, 802.1p dan lainnya.
- Memenuhi standar/kompatibel dengan standar ITU, IETF, FRF, ATM Forum, IEEE dan lainnya.

2.1.1 *Arsitektur Softswitch*

Arsitektur Softswitch yang dipublikasikan oleh ISC terbagi ke dalam empat bidang fungsional (*functional planes*) yang merepresentasikan pemisahan empat fungsional entitas secara garis besar dalam jaringan *Voice over IP* (VoIP), yaitu : *Transport*

2.1.1.1 *Bidang Fungsional Transport (Transport Plane)*

Bidang ini menyediakan fungsi transportasi pesan (*message*) pada jaringan VoIP, seperti pengiriman pesan pensinyalan dalam panggilan (*call signaling*), pembangunan hubungan/koneksi media dalam panggilan (*call and media setup*) atau menyediakan transportasi untuk media (seperti suara/*voice*). *Transport Plane* juga menyediakan fungsi penyaluran pesan pensinyalan dan media dari dan ke jaringan eksternal serta menyediakan pengaksesan langsung dari terminal pengguna ke jaringan VoIP. Bidang fungsional transport ini umumnya dikontrol oleh bidang fungsional *Call Control* dan *Signaling Plane*. Bidang fungsional transport terdiri dari tiga domain: *IP Transport Domain*, *Interworking Domain* dan *Non IP Access Domain*.

2.1.1.2 *Bidang Kontrol & Pensinyalan (Call Control & Signaling Plane)*

Call Control & Signaling Plane mengendalikan sebagian besar elemen dari jaringan VoIP khususnya *Transport Plane*. Bidang ini dalam melakukan fungsinya (*call control*) berdasarkan pesan pensinyalan yang diterimanya dari *Transport Plane* untuk membangun dan membubarkan koneksi media pada jaringan VoIP yakni dengan mengontrol komponen-komponen pada *Transport Plane*. Perangkat yang melakukan fungsi bidang ini adalah *Media Gateway Controller* atau disebut juga *Call Agent* atau *Call Controller*, *Gatekeepers* dan *LDAP servers*.

2.1.1.3 *Bidang Layanan & Aplikasi (Service & Application Plane)*

Bidang ini menyediakan fungsi pengontrolan eksekusi logika aplikasi/layanan (*service execution logic*) yang disediakan dalam jaringan VoIP. Pesan permintaan fitur layanan tersebut diperoleh dari proses komunikasi dengan *Call Control & Signaling Plane*. Perangkat yang melakukan fungsi ini berupa *Application Servers* dan *Feature Servers*. Selain fungsi di atas, *Service & Application Plane* juga dapat mengontrol komponen penyedia layanan khusus yakni *Media Servers* untuk menyediakan fitur layanan seperti *conferencing*, *Interactive Voice Response* (IVR), pemrosesan nada (*tone*) dan lain-lain.

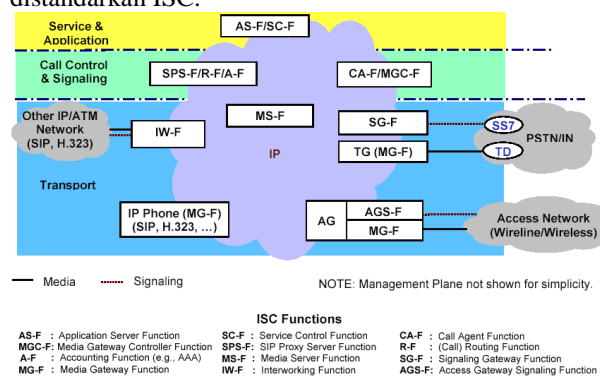
2.1.1.4 *Bidang Manajemen (Management Plane)*

Management Plane menyediakan fungsi interaksi antara pengelola jaringan (administrasi) dengan sistem (*Softswitch*) melalui perangkat terminal (*console*) dalam rangka memenuhi kebutuhan

pelanggan seperti pemasangan baru, permintaan penyediaan fitur, pengaturan *billing*, pengetestan / pelacakan gangguan dan sebagainya. Management Plane dapat juga berinteraksi dengan kedua Plan yang lain (*Transport Plane dan Application & Service Plane*) dalam rangka mengelola jaringan berupa monitoring dan pengendalian kinerja jaringan dengan menggunakan protokol standar seperti SNMP dan lain-lain, maupun menggunakan protokol yang bersifat *proprietary* atau *Application Program Interface* (API) dan lain-lain.

2.1.2 Entitas Fungsional (*Functional Entities*)

Fungsional entitas merupakan entitas secara logika dalam jaringan VoIP. Fungsional entitas menggambarkan fungsi logika komponen-komponen dalam arsitektur *Softswitch* menurut referensi ISC. Gambar 1 memperlihatkan 12 fungsional entitas yang distandarkan ISC.



Gambar 1. Entitas fungsional pada Softswitch model referensi ISC^[1]

1. Media Gateway Controller Function (MGC-F)

MGC-F menyediakan logika panggilan dan pensinyalan untuk kontrol panggilan pada satu atau lebih *media gateway*.

2. Call Agent Function (CA-F) dan Interworking Function (IW-F)

CA-F dan IW-F merupakan *subset* dari MGC-F. CA-F berfungsi pada saat MGC-F menangani kontrol panggilan dan pemeliharaan kondisi panggilan. Sedangkan IW-F berfungsi pada saat MGC-F melakukan interaksi pensinyalan dengan jaringan yang menggunakan protokol berbeda.

3. Routing Function (R-F) dan Accounting Function (A-F)

R-F menyediakan informasi perutean panggilan untuk MGC-F, sedangkan A-F mengumpulkan informasi *accounting* panggilan untuk tujuan *billing*. A-F juga mempunyai peran yang lebih luas, yaitu melakukan fungsi *authentication*, *authorization* dan *accounting* (AAA functionality) dalam *remote access network*. Peran utama dari kedua fungsi tersebut adalah untuk memberi respon atas permintaan dari MGC-F, menyampaikan panggilan atau informasi

accounting kepada terminal *endpoint* (MGC-F lain) atau layanan (AS-F).

4. SIP Proxy Server Function (SPS-F)

Kebanyakan implementasi dari R-F dan A-F adalah berupa *SIP Proxy server*. Oleh karena itu, ISC mengakui pemisahan SPS-F.

5. Signaling Gateway Function (SG-F) dan Access Gateway Signaling Function (AGS-F)

SG-F menyediakan *gateway* untuk pensinyalan antara jaringan VoIP dengan PSTN. Peran utama dari SG-F adalah untuk mengenkapsulasi dan mentransportasikan protokol pensinyalan PSTN (ISUP atau INAP) atau PLMN (MAP dan CAP) pada jaringan IP. Sedangkan AGS-F menyediakan *gateway* untuk pensinyalan antara jaringan VoIP dengan jaringan *access* yang berbasis *circuit switch*. Peran utama dari AGS-F adalah untuk mengenkapsulasi dan mentransportasikan protokol pensinyalan V5 atau ISDN (*wireline*), atau BSSAP atau RANAP (*wireless*) pada jaringan IP.

6. Application Server Function (AS-F)

AS-F merupakan entitas pengeksekusi aplikasi. Peran utama AS-F adalah untuk menyediakan logika layanan dan eksekusi untuk beberapa aplikasi dan layanan.

7. Service Control Function (SC-F)

SC-F berfungsi ketika AS-F melakukan fungsinya mengontrol logika layanan. Oleh karena itu, ISC mengakui pemisahan SC-F.

8. Media Gateway Function (MG-F)

MG-F menjembatani jaringan IP dengan *endpoint akses* atau jaringan *trunk*. Misalnya MG-F dapat menyediakan *gateway* antara jaringan IP dan jaringan *circuit* (seperti IP ke PSTN) atau antara dua jaringan paket (seperti IP ke 3G atau ATM). Peran utama MG-F adalah untuk transformasi media dari satu format ke format lain yang sesuai.

9. Media Server Function (MS-F)

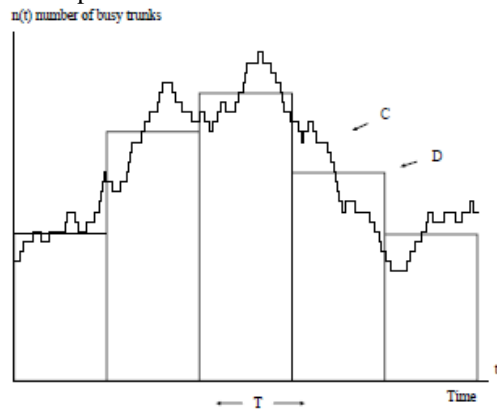
MS-F menyediakan manipulasi media dan memaketkan *media stream* untuk keperluan beberapa aplikasi. Peran utama MS-F adalah untuk beroperasi sebagai *server* yang mengatur permintaan dari AS-F atau MGC-F untuk memproses media dengan paketisasi *media stream*.

2.2 Konsep Trafik dan Unit Erlang

Dalam *teletraffic theory* biasa digunakan kata "trafik" untuk menyebut intensitas trafik. Menurut ITU-T definisi intensitas trafik dalam sebuah sumber daya adalah jumlah sumber daya yang sibuk pada waktu. Sumber daya tersebut bisa berupa kumpulan *server*, jalur *trunk* dan lain-lain. Intensitas trafik pada waktu T dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Y(T) = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T n(t) dt \quad (2.1)$$

Di mana $n(t)$ menunjukkan jumlah perangkat yang digunakan pada waktu t .



Gambar 2 *Carried traffic* (intensitas) (= jumlah piranti sibuk) sebagai sebuah fungsi waktu (kurva C). Untuk tujuan pendimensian digunakan rata-rata intensitas trafik selama periode waktu T (kurva D)^[10]

Carried traffic $A_c = Y = A'$: adalah trafik yang dimuat oleh server selama interval waktu T . Pada aplikasinya, penggunaan kata intensitas trafik biasanya memiliki arti yang sama dengan rata-rata intensitas trafik.

Rekomendasi ITU-T juga biasa menggunakan unit erlang untuk intensitas trafik. Nama ini digunakan untuk menghormati matematikawan asal Denmark, A.K. Erlang yang menemukan teori trafik. Unit ini tanpa satuan. Total *carried traffic* pada periode waktu T adalah volume trafik, dan diukur dalam erlang-jam (Eh).

Oferred traffic A : trafik yang ditawarkan dapat didefinisikan sebagai jumlah rata-rata upaya pendudukan selama periode waktu yang sama dengan waktu rata-rata pendudukan dari pendudukan yang sukses.

$$A = \lambda \cdot s \quad (2.2)$$

Lost traffic A_r : selisih antara *oferred traffic* dan *carried traffic*. Nilai dari parameter ini dapat dikurangi dengan meningkatkan kapasitas sistem.

2.3 Mean Opinion Score (MOS)

Di dalam multimedia (*audio*, *voice telephony*, atau *video*) terutama ketika digunakannya *codec* untuk menekan bandwidth. *Mean Opinion Score* merupakan indikasi numeris dari kualitas suatu media setelah kompresi dan atau transmisi. MOS diekspresikan melalui angka dari 1 sampai 5, dimana 1 merupakan nilai terendah, dan 5 merupakan nilai tertinggi. Tes MOS untuk *voice* dijelaskan pada rekomendasi ITU-T P.800. MOS didapatkan dari tes-tes subjektif dimana sejumlah pendengar menilai kualitas *audio* dari tes pembacaan kalimat-kalimat yang diucapkan oleh pembicara laki-laki dan perempuan yang melalui suatu

medium yang sedang diuji. Pendengar kemudian memberikan penilaian terhadap setiap kalimat menggunakan skema *rating* seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Tingkatan nilai MOS

MOS	Quality	Impairment
5	Excellent	Imperceptible
4	Good	Perceptible but not annoying
3	Fair	Slightly annoying
2	Poor	Annoying
1	Bad	Very annoying

III. PERANCANGAN SIMULASI

3.1 Skenario Simulasi

Pada tugas akhir ini akan dibuat dan disimulasikan jaringan telepon di pulau Jawa. Pada simulasi ini digunakan beberapa buah *node* yang berbeda sesuai dengan fungsinya pada jaringan. Secara umum, jaringan telepon yang akan dibuat terdiri dari empat buah *softswitch*, dan 24 *traffic region* (TR). Pada masing-masing *softswitch* terdapat tiga buah *media gateway* (MG) yang digunakan untuk menghubungkan ke jaringan lain. Dalam hal ini yang dimaksud adalah jaringan internet. Sehingga pada simulasi ini terdapat 12 *media gateway*. Tiap-tiap *node* tersebut dihubungkan menggunakan *link* dengan kapasitas masing-masing. *Link* yang digunakan untuk menghubungkan antar *router* pada jaringan IP adalah SONET OC-192. *Link* yang digunakan untuk menghubungkan *softswitch* dengan TR adalah SONET OC-12. Sedangkan *link* yang digunakan untuk menghubungkan antara MG dengan *router* adalah Ethernet 1000BaseX. *Softswitch* yang terdapat pada tiap kota tersebut dikelompokkan dengan masing-masing MG menjadi sebuah *subnet*, sehingga terdapat empat buah *subnet* dalam simulasi ini, yaitu JAKARTA, BANDUNG, SEMARANG, SURABAYA. Program akan dijalankan untuk mensimulasikan aktivitas jaringan telepon selama 24 jam, dengan laju kedatangan trafik yang berubah-ubah berdasarkan waktu. Tiap *node* memiliki konfigurasi yang berbeda-beda untuk mensimulasikan kondisi jaringan yang berbeda-beda pula.



Gambar 3 Jaringan telepon di pulau Jawa pada OPNET

3.1.1 Konfigurasi Softswitch

Jaringan telepon terdiri dari dua komponen utama yaitu *softswitch* sebagai *switch class 4* dan TR sebagai *switch class 5*. Pengaturan konfigurasi *softswitch* dilakukan pada *node* ini. Beberapa parameter yang dapat diatur adalah parameter PSTN *switch*, parameter *softswitch*, tundaan *de jitter buffer* dan *frame* suara per paket. Pengaturan parameter pada *softswitch* soft-Jakarta dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Parameter pada *softswitch* soft-Jakarta

Parameter	Nilai
TDM switching delay	1 ms
Maximum supported BHCA	2.500.000 call/hour
Maximum allowable number of port	250.000 DS0
Ignore ingress traffic	No
CODEC mapping	G.711 (silence)
Voice frame per packet	1
Dejitter buffer delay	80 ms

Pengaturan parameter pada soft-Bandung, soft-Semarang dan soft-Surabaya dapat dilihat pada tabel 3 di bawah.

Tabel 3 Parameter pada *softswitch* soft-Bandung, soft-Semarang dan soft-Surabaya

Parameter	Nilai
TDM switching delay	1 ms
Maximum supported BHCA	2.500.000 call/hour
Maximum allowable number of port	250.000 DS0
Ignore ingress traffic	No
CODEC mapping	G.711 (silence)
Voice frame per packet	1
Dejitter buffer delay	40 ms

3.1.2 Pengaturan Demand

Dalam simulasi ini digunakan dua macam *demand* yaitu model *pstn_logical_trunk_group* dan model *pstn_voice_traffic_flow*.

3.1.2.1 Pengaturan Model *pstn_logical_trunk_group*

Model *pstn_logical_trunk_group* mewakili kumpulan *logical trunk* antar *softswitch*. Karena tidak diperlukannya pemetaan *link* fisik, maka tidak dibutuhkan adanya sekumpulan *logical trunk group* yang banyak antar *softswitch*. Sebagai penggantinya digunakan sebuah PSTN *Logical Trunk Group*. Oleh sebab itu, PSTN *Logical Trunk Group* tidak memiliki atribut "*data rate*". Sebagai gantinya terdapat atribut "Jumlah DS0". PSTN *Logical Trunks* dapat menghubungkan antar *softswitch* secara fisik maupun *logical*. *Demand* inilah yang merupakan kapasitas sebuah *softswitch*. Nilai dari jumlah DS0 inilah yang menunjukkan kemampuan *softswitch* dalam

menangani panggilan pada suatu waktu. Pada simulasi ini PSTN *Logical Trunk Group* diatur pada nilai seperti pada tabel 3.9.

Tabel 4 Pengaturan atribut pada PSTN *Logical Trunk Group*

PSTN Logical Trunk Group	Jumlah DS0
soft-Jakarta – soft-Bandung	61440
soft-Jakarta – soft-Semarang	61440
soft-Jakarta – soft-Surabaya	61440
soft-Bandung – soft-Semarang	61440
soft-Bandung – soft-Surabaya	61440
soft-Semarang – soft-Surabaya	10000

Pada *logical trunk group* yang menghubungkan soft-Semarang dengan soft-Surabaya, pengaturan jumlah DS0 diturunkan menjadi 10000. Hal ini dikarenakan pada simulasi ini akan disimulasikan dampak pengurangan kapasitas terhadap penanganan panggilan.

3.1.2.2 Pengaturan Model *pstn_voice_traffic_flow*

Model *pstn_voice_traffic_flow* mewakili trafik suara yang bervariasi terhadap waktu dari suatu TR ke TR lain, atau dari suatu *switch* ke *switch* lainnya. Karena *demand* ini mewakili trafik suara yang bervariasi terhadap waktu, maka dalam simulasi ini pengaturan kedatangan trafik suara diatur berbeda-beda pada masing-masing kota. Pada kota-kota besar laju kedatangan trafik lebih besar dibandingkan kota dengan kepadatan penduduk yang lebih kecil. Namun pada simulasi ini laju kedatangan trafik hanya dikelompokkan menjadi lima. Kelompok pertama yaitu trafik untuk TR Jakarta dan Surabaya. Pengaturannya dapat terlihat seperti pada tabel 5.

Tabel 5 Pengaturan variasi trafik suara pada *traffic region* Jakarta dan Surabaya

Waktu kedatangan (detik)	Trafik (Erl)
0	27
3.600	10
7.200	13
10.800	17
14.400	20
18.000	35
21.600	45
25.200	70
28.800	100
32.400	140
36.000	160
39.600	200
43.200	185
46.800	170
50.400	140
54.000	100
57.600	60
61.200	75
64.800	80
68.400	75

Lanjutan tabel 5

72.000	60
75.600	25
79.200	15
82.800	10

Kelompok kedua yaitu trafik untuk TR kota Semarang, Bandung, Tangerang, dan Bekasi. Pengaturan trafiknya dapat terlihat seperti pada tabel 6.

Tabel 6 Pengaturan variasi trafik suara pada *traffic region* Semarang, Bandung, Tangerang, Bekasi

Waktu kedatangan (detik)	Trafik (Erl)
0	20
3,600	12
7,200	12
10,800	15
14,400	19
18,000	25
21,600	40
25,200	50
28,800	95
32,400	125
36,000	140
39,600	185
43,200	175
46,800	170
50,400	130
54,000	90
57,600	45
61,200	60
64,800	75
68,400	70
72,000	45
75,600	25
79,200	15
82,800	10

Kelompok ketiga yaitu trafik untuk TR kota Purwodadi, Lembang, Porong, Mojokerto, Lamongan, Kudus, dan Bogor. Pengaturan trafiknya dapat terlihat seperti pada tabel 7.

Tabel 7 Pengaturan variasi trafik suara pada *traffic region* Purwodadi, Lembang, Porong, Mojokerto, Lamongan, Kudus, Bogor

Waktu kedatangan (detik)	Trafik (Erl)
0	15
3.600	20
7.200	15
10.800	20
14.400	30
18.000	45
21.600	55
25.200	85
28.800	120
32.400	130
36.000	175
39.600	180
43.200	175
46.800	170
50.400	135

Lanjutan tabel 7

54.000	90
57.600	70
61.200	50
64.800	75
68.400	70
72.000	50
75.600	30
79.200	25
82.800	15

Kelompok keempat yaitu trafik untuk TR kota Depok, Sumedang, Majalengka, Krian, Ambarawa. Pengaturan trafiknya dapat terlihat seperti pada tabel 8.

Tabel 8 Pengaturan variasi trafik suara pada *traffic region* Depok, Sumedang, Majalengka, Krian, Ambarawa

Waktu kedatangan (detik)	Trafik (Erl)
0	25
3.600	10
7.200	10
10.800	15
14.400	17
18.000	30
21.600	35
25.200	50
28.800	100
32.400	125
36.000	150
39.600	175
43.200	175
46.800	150
50.400	125
54.000	100
57.600	50
61.200	75
64.800	75
68.400	75
72.000	50
75.600	25
79.200	15
82.800	10

Kelompok kelima yaitu trafik untuk TR kota Serang, Cianjur, Garut, Ungaran, Kaliwungu, Gedangan. Pengaturan trafiknya dapat terlihat seperti pada tabel 9.

Tabel 9 Pengaturan variasi trafik suara pada *traffic region* Serang, Cianjur, Garut, Ungaran, Kaliwungu, Gedangan

Waktu kedatangan (detik)	Trafik (Erl)
0	15
3.600	10
7.200	10
10.800	12
14.400	45
18.000	25

Lanjutan tabel 9

21.600	30
25.200	55
28.800	80
32.400	110
36.000	135
39.600	160
43.200	155
46.800	135
50.400	120
54.000	80
57.600	40
61.200	50
64.800	60
68.400	70
72.000	30
75.600	22
79.200	13
82.800	9

Demand yang merupakan laju trafik suara tersebut kemudian diarahkan ke seluruh TR yang berada pada simulasi ini. Sehingga masing-masing TR membentuk korespondensi satu-satu. Namun *demand* pada TR yang berada soft-Bandung yang menuju TR yang berada pada soft-Semarang, terdapat perbedaan pengaturan trafik suara. Perbedaan tersebut terletak pada interval detik ke-39600. Pada *demand* ini trafik pada interval tersebut dinaikkan menjadi 500 erlang. Hal ini untuk mensimulasikan dampak utilisasi *link* IP yang berlebih terhadap kualitas layanan suara. Pengaturan trafik suara pada TR yang berada pada soft-Bandung yang menuju TR yang berada pada soft-Semarang dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Pengaturan variasi trafik suara pada TR pada soft-Bandung yang menuju TR yang berada pada soft-Semarang

Waktu kedatangan (detik)	Trafik (Erl)
0	20
3,600	12
7,200	12
10,800	15
14,400	19
18,000	25
21,600	40
25,200	50
28,800	95
32,400	125
36,000	140
39,600	500
43,200	175
46,800	170
50,400	130
54,000	90
57,600	45
61,200	60

Lanjutan tabel 10

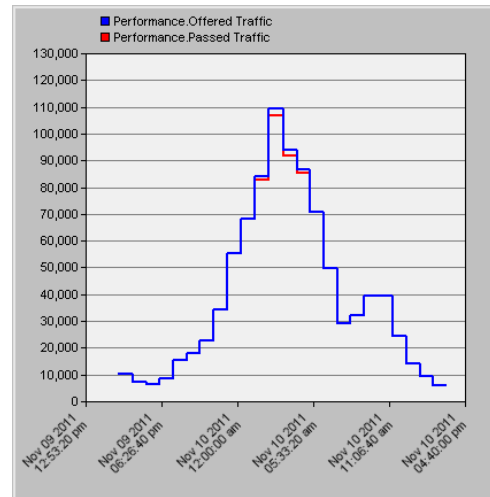
64,800	75
68,400	70
72,000	45
75,600	25
79,200	15
82,800	10

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi Secara Umum

4.1.1 Probabilitas blocking pada keseluruhan jaringan

Dari semua trafik yang dibangkitkan pada simulasi ini, tidak semua trafik dapat diteruskan. Perbandingan antara trafik yang ditolak dengan total trafik yang ditawarkan adalah probabilitas blocking. Total trafik yang ditawarkan dan total trafik yang dilewatkan pada jaringan ini dapat dilihat pada gambar 4.

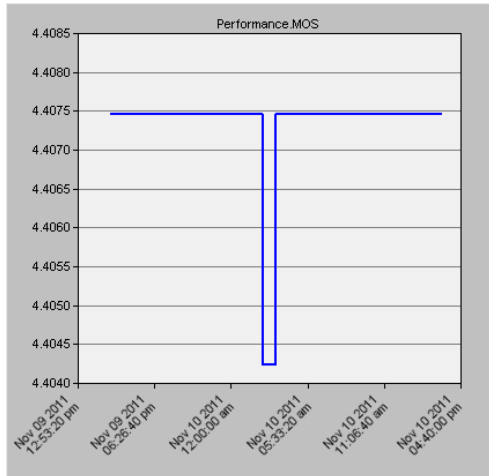


Gambar 4 Trafik yang ditawarkan dan trafik yang dilewatkan secara keseluruhan

Kecenderungan trafik mulai menunjukkan adanya blocking pada interval waktu ke-11, ke-12, ke-13 dan ke-14. Pada interval-interval inilah nilai trafik mulai melebihi kapasitas jaringan. Pada nilai trafik sebesar 83880 erlang nilai probabilitas blocking berada pada nilai 0,014. Pada nilai trafik sebesar 109440 erlang dan 94110 erlang, nilai probabilitas blocking berkisar antara nilai 0,024. Pada nilai trafik 86780 erlang, nilai probabilitas blocking berada pada nilai 0,16.

4.1.2 Mean Opinion Score (MOS)

Nilai MOS merupakan penanda kualitas sebuah jaringan. Semakin tinggi nilai MOS semakin baik kualitas jaringan tersebut. Nilai MOS disini merupakan nilai prediksi. Nilai MOS pada keseluruhan jaringan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Grafik nilai MOS keseluruhan jaringan

Nilai MOS berada pada nilai 4,4075 namun pada interval ke-12 nilainya turun menjadi 4,4043. Hal ini disebabkan ada nilai MOS pada salah satu aliran pada jaringan ini yang mengalami penurunan pada interval ke-12.

4.2 Hasil Simulasi Tiap Aliran

4.2.1 Total Waktu Tunda (Delay)

Tabel 11 Total waktu tunda

Softswitch sumber	Softswitch tujuan	Link delay (ms)	CODEC delay (ms)	Dejitter buffer delay (ms)	Total delay (ms)
Jakarta	Bandung	0,51	10	40	50,51
Jakarta	Semarang	1,73	10	40	51,73
Jakarta	Surabaya	2,75	10	40	52,75
Bandung	Jakarta	0,51	10	80	90,51
Bandung	Semarang	1,27	10	40	51,27
Bandung	Surabaya	2,3	10	40	52,3
Semarang	Jakarta	1,73	10	80	91,73
Semarang	Bandung	1,27	10	40	51,27
Semarang	Surabaya	1,05	10	40	51,05
Surabaya	Jakarta	2,75	10	80	92,75
Surabaya	Bandung	2,3	10	40	52,3
Surabaya	Semarang	1,05	10	40	51,05

4.2.2 Utilisasi Link IP (IP Link Utilization)

Tabel 12 Utilisasi puncak pada masing-masing link

Nama link	Bandwidth (Mbps)	Interval number	Throughput (Mbps)	Utilisasi (%)
mgBAN1 <--> BANDUNG.router	1000	11	936,649	93,66

Lanjutan tabel 12

mgBAN2 <--> BANDUNG.router	1000	11	936,649	93,66
mgBAN3 <--> BANDUNG.router	1000	11	936,649	93,66
mgJAK1 <--> JAKARTA.router	1000	11	753,431	75,34
mgJAK2 <--> JAKARTA.router	1000	11	753,431	75,34
mgJAK3 <--> JAKARTA.router	1000	11	753,431	75,34
mgSEM1 <--> SEMARANG.router	1000	11	888,759	88,88
mgSEM2 <--> SEMARANG.router	1000	11	888,759	88,88
mgSEM3 <--> SEMARANG.router	1000	11	888,759	88,88
mgSURI <--> SURABAYA.router	1000	11	697,115	69,71
mgSUR2 <--> SURABAYA.router	1000	11	697,115	69,71
mgSUR3 <--> SURABAYA.router	1000	11	697,115	69,71
BANDUNG.router <--> SEMARANG.router	9.510,91	11	2527,258	26,57
JAKARTA.router <--> BANDUNG.router	9.510,91	11	1559,578	16,4
SEMARANG.router <--> SURABAYA.router	9.510,91	11	1425,59	14,99

4.2.3 Paket yang Hilang (Packet Loss)

Pada simulasi ini packet loss adalah paket yang hilang akibat utilisasi berlebih pada link IP. Karena ketidakmampuan suatu link untuk menampung semua paket yang datang, maka beberapa paket akan hilang. Pada tabel 13 terlihat contoh demand mana saja yang mengalami kehilangan paket.

Tabel 13 Demand yang mengalami kehilangan paket

Demand Name	Maximum Packet Loss (%)
soft-Bandung -- soft-Semarang BANDUNG_mgBAN1 -> SEMARANG_mgSEM2_FWD	0.004
soft-Bandung -- soft-Semarang BANDUNG_mgBAN3 -> SEMARANG_mgSEM3_FWD	0.004
soft-Bandung -- soft-Semarang BANDUNG_mgBAN2 -> SEMARANG_mgSEM3_RTN	0.004
soft-Bandung -- soft-Semarang BANDUNG_mgBAN2 -> SEMARANG_mgSEM3_FWD	0.004
soft-Bandung -- soft-Semarang BANDUNG_mgBAN1 -> SEMARANG_mgSEM3_RTN	0.004

4.2.4 Mean Opinion Score (MOS)

MOS merupakan nilai numeris yang digunakan sebagai indikasi kualitas suatu suara pada suatu media setelah adanya kompresi dan transmisi, khususnya ketika dibutuhkan suatu *codec* yang

digunakan untuk menekan *bandwidth*. Nilai MOS dari setiap aliran yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 14 Nilai MOS tiap aliran

Nama aliran	MOS
soft-Jakarta<-->soft-Jakarta	4,5
soft-Jakarta-->soft-Bandung	4,38
soft-Jakarta-->soft-Semarang	4,39
soft-Jakarta-->soft-Surabaya	4,39
soft-Bandung<-->soft-Bandung	4,5
soft-Bandung-->soft-Jakarta	4,36
soft-Bandung-->soft-Semarang	4,38
soft-Bandung-->soft-Surabaya	4,38
soft-Semarang<-->soft-Semarang	4,5
soft-Semarang-->soft-Jakarta	4,37
soft-Semarang-->soft-Bandung	4,38
soft-Semarang-->soft-Surabaya	4,39
soft-Surabaya<-->soft-Surabaya	4,5
soft-Surabaya-->soft-Jakarta	4,37
soft-Surabaya-->soft-Bandung	4,38
soft-Surabaya-->soft-Semarang	4,39

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari simulasi dan evaluasi permasalahan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Pada keseluruhan jaringan, puncak trafik terjadi pada interval ke-12 dengan nilai trafik yang ditawarkan sebesar 109440 erlang dan nilai probabilitas *blocking*-nya sebesar 0,024.
2. Nilai MOS pada keseluruhan jaringan berada pada nilai 4,4075 dan turun pada nilai 4,4043 pada interval ke-12.
3. Total aliran trafik IP terendah berada pada nilai 383,856 Mbps dan nilai tertinggi berada pada nilai 940,416 Mbps.
4. Pada analisis tiap aliran, probabilitas *blocking* terbesar yang terjadi sebesar 0,21.
5. Total waktu tunda terbesar sebesar 92,75 ms dan total waktu tunda terendah 50,51 ms.
6. Utilisasi IP *link* puncak terbesar berada pada nilai 93,66%. Pada *link-link* tersebut, paket yang hilang sebesar 0,004%.
7. Nilai MOS terbaik berada pada nilai 4,5 dan nilai terburuk sebesar 4,36. Nilai MOS tersebut dipengaruhi oleh besarnya waktu tunda dan banyaknya paket yang hilang.

5.2 Saran

Beberapa saran yang terutama bisa menjadi masukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Mensimulasikan panggilan telepon biasa ke telepon IP melalui jaringan *softswitch*.
2. Mensimulasikan pola kedatangan trafik suara.
3. Menambahkan trafik internet seperti trafik *web browsing*, FTP dan *email* pada *backbone* internet.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Softswitch Consortium (ISC), *Reference Architecture*, Juni 2002.
- [2] Dodd, Annabel Z, *The Essential Guide To Telecommunication*, Prentice Hall, 2001.
- [3] Mulyana, Asep, *Simulasi dan Analisis Softswitch dengan Pendekatan Interaksi Elemen Fungsional dalam Penanganan Trafik Panggilan Telepon*, Thesis S-2, ITB, Bandung, 2008.
- [4] Sukiswo, *Kinerja Jaringan Telekomunikasi*, 2010.
- [5] Sukiswo, *Konsep Dasar Trafik*, 2010.
- [6] Wagito, *Jaringan Komputer Teori Dan Implementasi Bebasis Linux*, Gava Media, Yogyakarta, 2007.
- [7] International Telecommunication Union, *Recommendation G.114*, ITU-T. 1996.
- [8] International Telecommunication Union, *Recommendation P.800*, ITU-T. 2003.
- [9] _____, *Modeler Documentation*, OPNET 14.0. 2010.
- [10] International Telecommunication Union, *Teletraffic Engineering Handbook*, ITU-D.2005
- [11] _____, http://www.cisco.com/en/US/tech/tk1077/technologies_tech_note09186a00800b6710.shtml
- [12] _____, http://www.cisco.com/en/US/tech/tk1077/technologies_white_paper09186a00800a8993.shtml

VII. BIODATA PENULIS



Nanda Yoni lahir di Semarang. Sekarang sedang melanjutkan pendidikan strata satu di (UNDIP) jurusan Teknik Elektro konsentrasi elektronika dan telekomunikasi.

Mengetahui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I,

Sukiswo, S.T, M.T
NIP.196907141997021001

Dosen Pembimbing II,

Ajub Ajulian Zahra, S.T, M.T
NIP.197107191998022001