

**STUDI KOMPARASI JARINGAN SOFTSWITCH DENGAN JARINGAN  
PUBLIC SWITCHED TELEPHONE NETWORK (PSTN) DALAM HAL  
EFISIENSI BANDWIDTH SEBAGAI JARINGAN  
TELEKOMUNIKASI MASA DEPAN**

Catur Hendratmojo, Selo

**ABSTRAK**

PSTN adalah sistem telekomunikasi berbasis sirkuit *switch* yang mempunyai perangkat-perangkat yaitu sentral, jaringan dan pesawat telepon. Jaringan PSTN hanya melayani layanan suara. Pada jaringan ini setiap call akan diberikan sebuah kanal tersendiri dan tidak ada pengguna lain yang dapat menggunakan kanal tersebut selama call. Jaringan *Softswitch* adalah sistem komunikasi yang menggunakan elemen jaringan berupa *software* sebagai pusat mengendalikan panggilan, system ini berbasis paket *switch*. Jaringan *Softswitch* satu kanal bisa di pakai beberapa kebutuhan, yaitu *call*, dan pengiriman data Berdasarkan hasil analisis perbedaan *bandwidth Softswitch* dengan *bandwidth* PSTN dihasilkan *bandwidth Softswitch* sebesar 68.577,6 Kbps sedangkan *bandwidth* PSTN 391.872 Kbps sehingga lebih efisien *bandwidth Softswitch*. Komparasi pemakaian *bandwidth Softswitch* terhadap *bandwidth* PSTN dihasilkan efisiensi *bandwidth* di *Softswitch* sama dengan 5,71 kali efisiensi *bandwidth* di PSTN sehingga mendukung jaringan bersifat *broadband* atau berpita lebar jadi dalam upaya penyelenggaraan jaringan telekomunikasi masa depan dapat terpenuhi. *Bandwidth Softswitch* lebih efisien karena dipengaruhi oleh faktor kompresi dan *codec*.

Kata kunci : Jaringan *Softswitch*, Jaringan PSTN, Efisiensi *Bandwidth*.

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi telekomunikasi berkembang dengan ditandai solusi pemanfaatan teknologi tersebut dengan berbagai keunggulan. PSTN merupakan suatu sistem telekomunikasi yang dikelola oleh PT. Telkom, sistem telekomunikasi ini mempunyai perangkat-perangkat yaitu sentral, jaringan dan pesawat telepon. Jaringan PSTN hanya melayani layanan suara yang selama ini berbasis sirkuit *switch*. Pada jaringan ini setiap call akan diberikan sebuah kanal tersendiri dan tidak ada pengguna lain yang dapat menggunakan kanal tersebut selama call.

Perkembangan teknologi yang begitu pesat maka PSTN perlahan-lahan mengalami kesulitan dalam melayani kebutuhan *bandwidth*. Sehingga PSTN segera mengganti dengan jaringan telekomunikasi masa depan, dimana telekomunikasi masa depan mampu melayani *voice*, data, multimedia dan internet. *Softswitch* merupakan konsep telekomunikasi masa depan yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Disamping mampu memberikan layanan *Voice Over Internet Protokol* (VoIP), dan multimedia, *softswitch* juga diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih baik.

## 2. PSTN

PSTN merupakan system telekomunikasi yang berbasis sirkuit *switched* dimana hanya melayani layanan suara. PSTN dikelola oleh PT. Telkom, sistem ini mempunyai perangkat sentral, dan jaringan. Jaringan PSTN berbasis TDM. TDM adalah system transmisi multi-secara serempak (*multiplex transmission system*). Salah satu system transmisi TDM adalah system *Pulse Code Modulation* (PCM). *International Telecommunication Union Telecommunication Sandardization Section* (ITU-T) merekomendasikan standar E1 untuk PCM dengan rate sebesar 2, 048 Mbps. *Bandwidth* dari sambungan telepon per kanal sudah ditetapkan sebesar 64 Kbps. Untuk mencari *bandwidth* total menggunakan rumus.

$$BW \text{ total TDM} = 64 \text{ Kbps} \times \Sigma \text{ kanal}$$

Kanal (n) diperoleh dengan menggunakan tabel Erlang B dan *Grade of Service* (GOS). Dalam hal ini GOS yang dipakai sebesar 1%. GOS adalah panggilan yang dapat ditolak atau *probabilitas blocking*. ITU-T telah merekomendasikan bahwa jumlah panggilan diperbolehkan ditolak tidak boleh lebih dari 1%.

## 2.1 Sentral Telepon

Untuk dapat menghubungkan saluran telepon dari pelanggan yang berada disuatu tempat tertentu dengan pelanggan yang lain, diperlukan suatu jaringan penghubung. Jumlah jaringan pelanggan yang ideal ditentukan oleh banyaknya pelanggan. Jika jumlah pelanggan sedikit maka saluran dapat dihubungkan secara langsung, tetapi jika jumlah pelanggan cukup banyak maka diperlukan suatu alat penyambungan khusus yaitu sentral telepon. Sentral telepon merupakan suatu peralatan penyambungan beberapa saluran pelanggan dalam jumlah yang sangat besar. Jenis-jenis sentral telepon dapat dibagi menjadi:

### a. Sentral Lokal

Sentral lokal atau terminal berfungsi untuk menyambungkan panggilan antar pelanggan-pelanggan yang terhubung ke sentral tersebut atau antara pelanggan pada sentral tersebut dengan pelanggan yang berada di sentral lain. Disebut terminal karena sentral ini berada didekat pusat pelanggan sehingga dapat menangani pelanggan secara langsung

### b. Sentral Kombinasi

Sentral ini mempunyai fungsi yang sama dengan sentral local, namun juga mempunyai fungsi sebagai transit untuk panggilan dari satu sentral ke sentral lain atau panggilan antar sentral

### c. Sentral Transit

Sentral transit mempunyai fungsi sebagai pusat transit panggilan-panggilan dari satu sentral ke sentral lain, sehingga mempunyai pelanggan secara langsung

## 2.2 Jaringan Telepon

Jaringan adalah media yang menghubungkan peralatan-peralatan dalam system. Jaringan pada *fixed* telepon (PSTN) ada dua yaitu jaringan penghubung (jarhub) dan jaringan lokal (jarlok)

### a. Jarhub

Jaringan Penghubung adalah jaringan yang menghubungkan antar sentral telepon yang berada dalam satu kota. Untuk kota besar dibangun lebih dari satu sentral telepon lokal dan daerah ini disebut dengan multi *exchange area*. Hubungan anatara sentral yang satu dengan sentral yang lain menggunakan kabel-kabel penghubung. Struktur jaringan penghubung ada 3 macam yaitu jaringan bintang, jaringan mata jala, dan jaringan kombinasi

### b. Jarlok

Jaringan lokal adalah jaringan kabel yang menghubungkan antara sentral telepon dengan pesawat pelanggan. Jaringan kabel lokal berdasarkan cara akses ada 3 yaitu jarlok, jarlokar, dan jarlokaf.

## 3. SIGNALLING SYSTEM 7

SS7 merupakan suatu arsitektur untuk melakukan *out of band Signalling* dalam rangka menunjang fungsi-fungsi penyelesaian proses panggilan dan pertukaran informasi pada jaringan telepon PSTN.

SS7 melakukan identifikasi fungsi yang harus dilakukan oleh jaringan system pensinyalan dan *Protocol*. Pensinyalan menunjukkan pertukaran informasi antara semua komponen panggilan yang diperlukan untuk memberikan dan menjaga kualitas servis.

Informasi yang dibawa oleh SS7 berupa pesan. Pesan SS7 dapat membawa informasi yaitu meneruskan permintaan panggilan dari pemanggil ke tujuan yang dipanggil, pelanggan yang dipanggil melalui trunk sedang sibuk hapus panggilan tersebut dan kirimkan nada sibuk.

*Out of band Signalling* merupakan *Signalling* yang tidak terjadi pada jalur yang sama dengan jalur percakapan. *Out of band Signalling* menggunakan kanal digital terpisah untuk melakukan pertukaran informasi pensinyalan. Kanal ini disebut *Signalling link*. *Signalling link* digunakan untuk membawa semua pesan pensinyalan yang diperlukan node-node yang sedang saling berhubungan. Arsitektur pensinyalan SS7:

### a. Signal Switching Points (SSP )

*Telephone Switch* yang dilengkapi dengan perangkat lunak untuk melakukan inialisasi, terminasi *signalling link* dan *switching* panggilan.

### b. Signal Transfer Points (STP )

STP merupakan *packet switches* dari jaringan SS7. STP mempunyai peran untuk menerima dan sekaligus melakukan routing. *Signalling message* yang masuk agar menuju ke tujuan yang tepat.

### c. Signal Control Point (SCP)

SCP merupakan *database* yang memberikan informasi yang diperlukan agar mampu melakukan pemrosesan lanjut dari permintaan panggilan.

## 4. JARINGAN SOFTSWITCH

*Softswitch* adalah jenis *switching* berbasis *software*. System *Softswitch* merupakan suatu system komunikasi yang menggunakan elemen jaringan berupa *software* sebagai pusat mengendalikan panggilan. Elemen jaringan *Softswitch* terdiri dari *Softswitch*, *Media Gateway*, *Signalling Gateway*, *Aplikation Server*. Di lihat dari perwujudan *Softswitch* adalah perwujudan system *switching* dalam lingkungan jaringan paket. Fungsi *switch* sirkit diwujudkan menjadi elemen-elemen jaringan tersendiri yang secara independen membentuk jaringan *Softswitch*. Masing- masing elemen jaringan dihubungkan dengan menggunakan protokol yang terbuka. *Softswitch* dengan jaringan protokol yang dimilikinya yang dapat memberikan seluruh fungsi layanan PSTN, baik sebagai *trunk* maupun *local*, disamping fungsi layanan lain seperti disebutkan diatas.

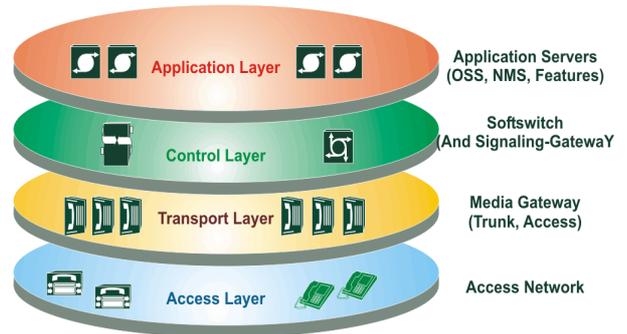
Perbandingan antara jaringan PSTN dan jaringan *Softswitch* (data paket IP ) dapat ditunjukkan tabel 1 dibawah ini:

Tabel.1. Perbandingan antara Jaringan PSTN dan IP

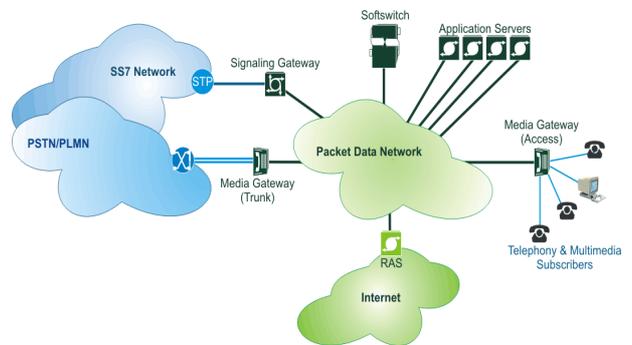
Aspek jaringan	Jaringan PSTN	Jaringan IP
Tipe <i>switch</i>	Sirkit <i>switch</i>	Paket <i>switch</i>
Tipe trafik	Suara	Data
Koneksi	<i>Dedicate</i>	<i>Multiple routes, multiple sessions</i>
Pengalamatan	Nomor telepon	URL

**4.1 Arsitektur *Softswitch***

Jaringan *Softswitch* adalah jaringan yang dikembangkan pada lingkungan jaringan data paket *Internet Protocol* (IP). Arsitektur mengacu pada arsitektur NGN atau jaringan telekomunikasi masa depan yang membagi jaringan sesuai dengan layer fungsi masing-masing, yaitu sebagai layer akses, transport, kontrol, dan layer aplikasi. Gambar berikut menunjukkan arsitektur layer *Softswitch* dan arsitektur jaringan *Softswitch*



Gambar 4. Arsitektur Layer *Softswitch*



Gambar 5. Arsitektur Jaringan *Softswitch*

**4.2 Elemen jaringan *Softswitch***

Elemen utama jaringan *Softswitch* adalah *Softswitch*, *Media Gateway*, *Server Aplikasi* dan *Signaling Gateway*

**a. *Softswitch***

*Softswitch* adalah impelmentasi dari konektivitas atau (*switch virtual*) pada sentral generasi masa depan yang terdistribusi. Fungsi utamanya adalah sebagai *switching* dan kontrol panggilan, sebagaimana fungsi utama sentral sirkit, dengan kemampuan melayani pelanggan telepon, internet dan pelanggan multimedia. *Softswitch* mengontrol pembentukan dan pemutusan panggilan dari dan ke pelanggan yang dilayani dan sekaligus mengatur hubungan pelanggan tersebut dengan internet secara simultan.

Perangkat *Softswitch* juga dilengkapi dengan kemampuan menangani fitur-fitur dasar yang biasanya terdapat pada sentral lokal PSTN, seperti *call waiting*, *call forwarding*, *three party*

## **b. Media Gateway**

*Media Gateway* adalah implementasi fungsi transport dari sentral paket *Softswitch*. Fungsinya adalah menjembatani *Softswitch* dengan jaringan lain diluar paket, seperti PSTN dan *mobile*, sehingga dapat membentuk satu jaringan telekomunikasi yang utuh. *Media Gateway* mengkonversi sinyal *voice* dari PSTN/mobile ke dalam bentuk paket untuk diteruskan ke jaringan data dan sebaliknya. Berdasarkan konfigurasi hubungan yang dibentuk antara *Media Gateway* dengan PSTN, memungkinkan sistem *Softswitch* dapat dipakai sebagai solusi PSTN untuk menggantikan *trunk*, sentral lokal, maupun untuk melimpahkan trafik Internet dari PSTN. Dari hal tersebut maka *Media Gateway* dapat berfungsi sebagai berikut:

### **1) Access Gateway**

*Media Gateway* ini menghubungkan loop pelanggan lokal (analog atau ISDN) ke jaringan data. *Media Gateway* ini merupakan elemen pengganti sentral lokal pada sistem sirkit. Dalam hal ini pelanggan analog/*Intregated Service Digital Network* (ISDN) tidak lagi memerlukan *switch* PSTN untuk melakukan panggilan. Bagi sistem *Softswitch* loop pelanggan tersebut dianggap mewakili PSTN

### **2) Trunk Gateway**

*Media Gateway* ini menghubungkan sistem *Softswitch* ke PSTN pada tingkat tandem atau *trunk*. Dalam hal ini *Media Gateway* menggantikan fungsi tandem atau *trunk* pada sistem sirkit. *Media gateway* ini akan meneruskan panggilan jarak jauh dari PSTN ke tujuan pelanggan PSTN atau paket lain dengan menggunakan jaringan data sebagai transportnya.

*Media Gateway* ini juga dapat menghubungkan *Media Gateway* lokal dengan PSTN. Fungsi ini untuk menyediakan hubungan antara pelanggan pada *Media Gateway* lokal dengan pelanggan sentral lokal sirkit.

### **3) Customer Gateway**

*Media Gateway* ini dibutuhkan oleh jaringan yang sinyal *voicena* sudah dalam mode paket hingga ke perangkat pelanggan. *Media Gateway* ini menyediakan hubungan antara pelanggan yang sudah menggunakan mode paket dengan pelanggan yang masih menggunakan terminal PSTN (terminal telepon, mesin fax).

Fungsi-fungsi *Media Gateway* tersebut membutuhkan konsekuensi dukungan fungsi *Softswitch* yang sesuai sebagai kontrol *switchingnya*. Karena elemen *Media Gateway*

merupakan titik persimpangan dari *Softswitch*, PSTN/mobile, perangkat pelanggan dan jaringan data, maka *Media Gateway* biasanya harus mendukung banyak macam protokol dan *interface*.

## **c. Server Application**

*Server application* terdiri dari server-server yang akan menyediakan berbagai jenis layanan bagi pelanggan yang tidak dapat disediakan secara langsung oleh *Softswitch*. Layanan tersebut biasanya adalah layanan yang spesifik dengan kastemisasi yang tinggi. Aplikasi-aplikasi yang penting dalam server aplikasi misalnya adalah fungsi *Operating Support System* (OSS), fungsi fitur tambahan, dan fungsi *database*.

## **d. Signalling Gateway**

*Signalling Gateway* berfungsi meneruskan pesan-pesan pensinyalan antara PSTN dan jaringan data *Softswitch*. Sistem pensinyalan yang dapat diakomodasi adalah SS7.

SS7 adalah sistem pensinyalan *native* PSTN. Jaringan paket *Softswitch* tidak mempergunakan SS7 tetapi *Signalling* untuk multimedia dapat menggunakan suite H.323 yang distandarkan ITU-T, kecuali meneruskan isi pesan pensinyalan yang ada di dalamnya untuk keperluan komunikasi teleponi. Agar pesan-pesan pensinyalan yang berasal dari PSTN dapat diteruskan sampai ke node sentral tujuan maka pesan pensinyalan tersebut harus diubah dari mode SS7 menjadi pesan-pesan pensinyalan dalam bentuk data. Fungsi konversinya dilakukan oleh *Signaling Gateway*. Pada sisi tujuan pesan berbentuk data tersebut dibentuk kembali menjadi pensinyalan SS7 yang dapat dimengerti oleh PSTN tujuan.

*Signalling Gateway* berfungsi untuk transaksi informasi dari satu jenis sinyal ke jenis sinyal lainnya yang sering diterjemahkan oleh *Signaling Gateway* yaitu sinyal dari *Session Initiation Protocol* (SIP/H.323) ke SS7. Selain diterjemahkan ke SIP/H.323, seringkali sinyal SS7 perlu dibawa melintasi jaringan paket untuk digunakan kembali di sebuah *Trunk Gateway*. Untuk itu, SS7 perlu di enkapsulasi dalam jaringan sinyal. Pola pengolahan SS7 di dalam jaringan paket ini disebut *Signaling Transport* (SIGTRAN)

## **5. PERHITUNGAN BANDWIDTH IP**

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan *bandwidth* pada transmisi data menggunakan RTP, maka dikembangkan *Compressed Real Time Protocol* (cRTP). Protokol ini mampu melakukan kompresi *header*

RTP/UDP/IP. Untuk menghitung *bandwidth* IP dapat menggunakan cRTP.

*Header compression* yang berhubungan dengan RTP adalah *header* IP/UDP/RTP. cRTP *header-header* ini di jumlahkan sehingga dihasilkan sebesar 40 bytes dikompresi menjadi 2 bytes. Jadi layer pada header layer 2 tidak dikompresi. Pengiriman paket informasi yang dilewatkan oleh IP dapat diidentifikasi sesuai alamat (*header*) dengan *codec* G. 729 adalah sebagai berikut.

Tabel 2 : Identifikasi header.

Header layer 2 6 bytes	IP Header 20 bytes	UDP Header 12 bytes	RTP Header 8 bytes	Payload 20 bytes
---------------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------	---------------------

Ukuran *header* bila dikompresi dengan cRTP adalah

$$\text{PaketVoice} = \text{HeaderLayer2MLPP} + \text{Header(IP + UDP + RTP)} + \text{Payload}$$

*Besarnya paket per second* (pps) tetap karena ukuran *payload* yang digunakan 20 bytes dengan *codec* G.729

$$\text{pps} = \text{codec bit rate} / (\text{voice payload size})$$

Sehingga *bandwidth* 1 kanal *voice* yaitu :

$$\text{BW perkanal Voice} = \text{ukuran paket VoIP} \times \text{pps} \times 8\text{bit/byte}$$

$$\text{BW cRTP} = \text{jumlah kanal} \times \text{BW perkanal Voice}$$

## 6. HASILPERHITUNGAN BANDWIDTH

Tabel.3. Perbandingan *bandwidth* PSTN dan *bandwidth* *Softswitch*.

No	Sentral	Jumlah		Bandwidth	
		Trafik (Erlang)	Kanal (Buah)	PSTN (Kbps)	Softswitch (Kbps)
1	Johar	417.8	443	28.352	4.961,6
2	Majapahit	412.5	438	28.032	4.905,6
3	Pugeran	1.311,6	1.340	85.760	15.008,0
4	Kota Baru	1.318,2	1.347	86.208	15.086,4
5	Gladak	1.284,6	1.314	84.096	14.716,8
6	Kerten	1.211,3	1.241	79.424	13.899,2
Σ		5.956,0	6.123	391.872	68.577,6

indeks komparasi pemakaian *bandwidth* *Softswitch* terhadap *bandwidth* PSTN adalah:

$$n = \frac{\text{bandwidth PSTN terpakai}}{\text{bandwidth Softswitch terpakai}}$$

$$n = \frac{391.872 \text{ Kbps}}{68.577,6 \text{ Kbps}}$$

$$n = 5,71$$

Efisiensi *bandwidth* di *Softswitch* sama dengan 5,71 kali efisiensi *bandwidth* di PSTN. Hasil analisis menunjukkan bahwa hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini dapat di terima

karena ada perbedaan antara *bandwidth* *Softswitch* dan *bandwidth* PSTN, yaitu *bandwidth* total PSTN 391.872 Kbps sedangkan *bandwidth* *Softswitch* lebih kecil 68.577,6 Kbps. Dari

hipotesis disebutkan bahwa *bandwidth* *Softswitch* 4 kali atau lebih efisien terhadap *bandwidth* PSTN. Dengan kondisi *bandwidth* dari kedua jaringan tersebut, *bandwidth* *Softswitch* di dapatkan 4 kali atau lebih efisien dari *bandwidth* PSTN dapat terbukti. Perbedaan *bandwidth* PSTN dan *bandwidth* *Softswitch* menyebabkan indeks perbandingan *bandwidth* sebesar 5,71. Efisiensi *bandwidth* di *Softswitch* sama dengan 5,71 kali efisiensi *bandwidth* di PSTN. *Bandwidth* *Softswitch* lebih efisien karena dipengaruhi oleh faktor kompresi dan *codec*.

## 7. HASILPERHITUNGAN SIGNALLING

Tabel.4. Pensinyalan paket voice:

No	Sentral	$\Sigma$ Trafik (Erlang)	Pensinyalan paket voice		
			Kapasitas SDL (Kbps)	Kanal Signalling	Kapasitas SDL IP ke Softswitch (Kbps)
1	Johar	417,8	26.739,2	51,66	3.306,24
2	Majapahit	412,5	26.400	46,78	3.004
3	Pugeran	1.311,6	84.942,4	46,78	3.004
4	Kota Baru	1.318,2	84.364,8	46,78	3.004
5	Gladak	1.284,6	82.214,4	46,78	3.004
6	Kerten	1.211,3	77.523,2	46,78	3.004
$\Sigma$		5.956	382.184	285,56	93.426, 24

SS7 melewati *voice* ke *Softswitch* yang sudah terintegrasi (*Softswitch, trunk Gateway, Signaling Gateway* jadi satu kesatuan tidak terpisah). Dalam pengiriman *voice* ke *Softswitch* *voice* di paket-paketkan dalam *variable length* dengan alamat yang disertakan dan diproses oleh *signalling gateway*. Dalam *signalling gateway* ini paket di proses oleh SDL. Dari TDM ke SS7 *Signalling Data Link* untuk sentral Johar 26.739,2 Kbps sama dengan kanal *signalling* 51,66. Sentral Majapahit 26.400 sama dengan kanal 46,78. Sentral Pugeran 84.942,4 Kbps sama dengan kanal 46,78. Sentral Kota Baru 84.364,8 Kbps sama dengan kanal 46,78. Sentral Gladak 82.214,4 Kbps sama dengan kanal 46,78. Sentral Kerten 77.523,2 Kbps sama dengan kanal 46,78.

Dari SDL IP ke *Softswitch* Sentral Johar 3.306,24 Kbps, sentral Majapahit 3.004 Kbps, sentral Pugeran 3.004 Kbps, sentral Kota Baru 3.004 Kbps, sentral Gladak 3.004 Kbps, sentral kerten 3.004 Kbps. SDL IP ke softswitch lebih kecil dari pada SDL dari TDM ke SS7.

## 8. ANALOGI EFISIENSI BANDWIDTH

### a. Kelebihan Jaringan PSTN

Setiap *call* akan diberikan kanal tersendiri dan tidak ada pengguna lain yang dapat menggunakan kanal tersebut selama *call* yang tadi masih berlanjut, sehingga mendukung layanan *real time service*.

### b. Kelemahan Jaringan PSTN

Kanal yang tidak aktif karena tidak ada yang menggunakan juga harus tetap bekerja.

### c. Kelebihan Jaringan Softswitch

Satu kanal bisa di pakai beberapa kebutuhan, yaitu *call*, dan pengiriman data

### d. Kelemahan Jaringan Softswitch

Proses pengiriman paket *call* dan data secara bersamaan akan mengalami kegagalan ke tujuan disebabkan karena kelebihan beban trafik, tabrakan dan *Error* pada media fisik

## 9. KESIMPULAN

Dari analisis data dapat disimpulkan bahwa:

1. Perbedaan *bandwidth Softswitch* dengan *bandwidth PSTN* dihasilkan *bandwidth Softswitch* sebesar 68.577,6 Kbps sedangkan *bandwidth PSTN* 391.872 Kbps sehingga lebih efisien *bandwidth Softswitch*. Efisiensi *bandwidth* di *Softswitch* sama dengan 5,71 kali efisiensi *bandwidth* di PSTN sehingga mendukung jaringan bersifat *broadband* atau berpita lebar jadi dalam upaya penyelenggaraan jaringan telekomunikasi masa depan dapat terpenuhi.
2. Perhitungan *bandwidth Softswitch* dengan *codec G.729, payload* sebesar 20 byte dihasilkan *bandwidth* 68.577,6 Kbps lebih hemat dibanding dengan *codec-codec* yang lain. *Codec G.729 payload* sebesar 5 byte dihasilkan *bandwidth* 127.420,80 Kbps. *Codec G.711, payload* sebesar 40 byte dihasilkan *bandwidth* 470.476,80 Kbps, *payload* sebesar 60 byte dihasilkan *bandwidth* 411.667,20 Kbps. *Codec G.723, payload* sebesar 4 byte dihasilkan *bandwidth* 115.854,91 Kps, *payload* sebesar 16 byte dihasilkan *bandwidth* 115.257,34 Kbps

**10. DAFTAR PUSTAKA**

Razaq Abdul, Ulum Ruly Bachrul, 2003, **Belajar Singkat Cepat Mahir Menggunakan Internet**, Surabaya: Indah Surabaya.

Referensi Telkom, 2005, PowerPoint, **Histografi Perkembangan Tek-nologi Telekomunikasi dan Produk/Solusi Softswitch TKD**, Semarang, Trans Komunikasi Data.

Sutanta Edhy, 2005, **Komunikasi Data dan Jaringan Komputer**, Yogya-karta: Graha Ilmu.

Suharsimi Arikunto, 1996, **Prosedur Penelitian**, Jakarta: PT. Rineka Cipta.

Sudjana, 1992. **Metode Statistika**. Bandung: Tarsito.

<http://www.ebizzasia.com/0219-2004/>

<http://www.google.com/softswitch>

[http://www.gematel.com/Edisi 28/  
Analisis%20Teknologi/](http://www.gematel.com/Edisi%2028/Analisis%20Teknologi/)

[http://www.gematel.com/ Voice over IP](http://www.gematel.com/Voice%20over%20IP)

[http://www.google.com/ next generation network,](http://www.google.com/next%20generation%20network)  
Desember 2003

[http://www.google.com/ migrasi.PSTN ke jaringan  
softswitch](http://www.google.com/migrasi%20PSTN%20ke%20jaringan%20softswitch)

<http://www.isc.com/>

[http://www.infokomputer.com/arsip/01 2000/  
infotek.shtml](http://www.infokomputer.com/arsip/01_2000/infotek.shtml)

[http://www.ristisihoop.com/Simulasi Jaringan  
berbasis paket dengan menggunakan simulator  
OPNET.](http://www.ristisihoop.com/Simulasi%20Jaringan%20berbasis%20paket%20dengan%20mempgunakan%20simulator%20OPNET)

[http://www.rsitishop.com/Portal/Portal\\_article\\_de  
tail](http://www.rsitishop.com/Portal/Portal_article_detail)

**BIOGRAFI**

Catur Hendratmjo, mahasiswa lulusan Teknik Elektro UNNES

Selo, dosen Teknik Elektro UGM