

IMPLEMENTASI LAYANAN SMS PADA JARINGAN IMS

Implementation Of SMS Service On IMS Networks

Galih Erki Basuki¹, Dr. Rendy Munadi², Beny Triantono, ST.³

^{1,2}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Telkom Innovation and Development Center, Kantor Telkom Gegerkalong

¹galiheb@yahoo.co.id, ²rendymunadi@telkomuniversity.ac.id, ³beny_t@telkom.co.id

Abstrak

Seiring perkembangan teknologi komunikasi, teknologi *packet switched* semakin umum digunakan. Salah satu hal yang dihadapi adalah migrasi dari jaringan *circuit switched* menjadi *packet switched* serta pengaruhnya terhadap layanan pada jaringan 2G/3G yang sudah terpasang. Salah satu layanan tersebut adalah layanan SMS (*Short Message Service*). Salah satu kunci utama untuk migrasi dari jaringan *circuit switched* menuju *packet switched* adalah penggunaan IMS (*IP Multimedia Subsystem*). IMS merupakan sebuah *framework* arsitektur untuk standarisasi layanan multimedia berbasis *packet switched* pada jaringan *mobile*, dan mampu bekerja dengan baik dengan teknologi *packet switched*.

Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis dan implementasi dari sebuah *SMS-Gateway* yang dikembangkan oleh Telkom R&D sehingga dapat mengaktifkan layanan SMS pada jaringan IMS. *SMS Gateway* menggunakan protokol SIP untuk pengiriman paket antara *SIP Client* dengan sebuah perangkat *mobile phone*.

Dari hasil implementasi didapatkan hasil sukses untuk pengiriman SMS antara *SIP Client* dengan *mobile phone*. *Delay* rata-rata untuk pengiriman SMS dengan beberapa skenario seperti *peak* dan *non-peak* serta penggunaan beberapa *SIP Client* adalah sekitar 7 detik, ada *delay* tambahan dalam rentang 0 hingga 1 detik untuk koneksi dari *SIP Client* ke *SMS Gateway*. *SMS Gateway* memiliki batas sebesar 254 karakter per pengiriman. *Packet loss* pada system ini sebesar 0.014%.

Kata Kunci : SMS, IMS, *SMS-Gateway*, Protokol SIP

Abstract

With the development of telecommunication technology, Packet Switched technology becomes more commonly used. One main problem is migration of circuit switched network to packet switched along with its effect on the currently existing 2G/3G networks and services. One such service is the SMS (Short Message Service). One key component of migration from the circuit switched network to the packet switched network is the use of IMS (IP Multimedia Subsystem). IMS is an architectural framework for standarization of packet switched based services for mobile networks, and thus works well with the packet switched technology.

In this final project an analysis of the implementation of *SMS-Gateway*, developed by Telkom R&D, was done to allow an SMS service through the IMS network. The *SMS Gateway* use SIP protocols for sending packets between an *SIP Client* and mobile phone device.

From the implementation, sending SMS between *SIP Client* and mobile phone is a success. The average delay of sending SMS is around 7 seconds. There is extra delay for the connection between the *SIP Client* and the *Gateway* in the range of 0-1 seconds. The *SMS Gateway* has limit of 254 characters per message sent. This system has a packet loss of 0.014%.

Keyword : SMS, IMS, *SMS Gateway*, SIP Protocol

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi jaringan mulai berlangsung dengan pesat dengan berkembangnya penelitian terhadap *Next Generation Network (NGN)*. NGN sendiri merupakan teknologi jaringan masa datang yang mulai dikembangkan sejak awal tahun 2000. Teknologi NGN yang dikembangkan sekarang ini adalah teknologi jaringan yang berbasis Internet dan penggunaan jaringan *packet switched*. Dalam perkembangan teknologi telekomunikasi tersebut salah satu hal yang dihadapi adalah migrasi dari jaringan *circuit switched* menjadi *packet switched* serta pengaruhnya terhadap layanan pada jaringan 2G/3G yang sudah terpasang. IMS adalah arsitektur *framework* untuk menyediakan layanan multimedia IP. IMS pada awalnya dirancang oleh *third generation partnership project*, atau yang biasa dikenal sebagai 3GPP, sebagai tujuan untuk perkembangan jaringan *mobile* yang melebihi GSM. Pada awalnya di teknologi *packet switched* layanan yang tersedia hanyalah berupa layanan data. Kemudian mulailah dikembangkan metode agar dapat mengimplementasikan layanan *voice* agar dapat menggunakan telepon biasa. Layanan yang sedang dalam usaha pengimplementasian sekarang ini adalah layanan *Short Message Service (SMS)*.

SMS merupakan komponen layanan pengiriman pesan singkat dari sebuah telepon, *web*, atau sistem komunikasi *mobile*. SMS sendiri merupakan layanan *mobile* yang masih menggunakan koneksi *circuit switched*. Berdasarkan standar 3GPP, telah dispesifikasikan sebuah metode transisi yang dinamakan *SMS over SGs*, sebuah metode *hybrid* yang membolehkan transmisi SMS dari infrastruktur *circuit switched* menuju jaringan *packet switched*.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan pengimplementasian sistem layanan SMS pada jaringan IMS. Implementasi ini akan menggunakan sebuah perangkat SMS Gateway yang sedang dikembangkan oleh Telkom R&D untuk mencari tahu *flow signaling* dan konfigurasi *server SMS-Gateway* agar dapat diimplementasikan ke jaringan luar. Dengan penggunaan SMS-Gateway ini, layanan SMS dapat digunakan secara langsung pada jaringan *packet switched* itu sendiri dan pengiriman pesan SMS antara sebuah SIP Client dan Mobile Phone menjadi mungkin

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan mengimplementasikan sebuah SMS Gateway
2. Mengetahui konfigurasi perangkat SMS Gateway dan perangkat klien untuk agar dapat saling terhubung
3. Membuat layanan SMS pada jaringan IMS
4. Melakukan analisa performa layanan SMS pada jaringan IMS berupa kecepatan pengiriman data (*delay*), karakter yang dapat dikirim per pesan, serta kemungkinan *packet loss*.

2. Dasar Teori

2.1. IP Multimedia Subsystem

IP Multimedia Subsystem (IMS) adalah standarisasi arsitektur *Next Generation Network (NGN)* untuk operator telekomunikasi yang ingin menyediakan layanan multimedia secara *fixed* dan *mobile*. IMS menggunakan implementasi dari *Voice-over-IP (VoIP)* yang didasari standarisasi 3GPP untuk implementasi *Session Initiation Protocol (SIP)*, dan dilaksanakan melalui jaringan *Internet Protocol (IP)* standar. Sistem telepon yang sudah ada (*packet switched* dan *circuit switched*) didukung oleh IMS.[1]

2.2. SMS (Short Message Service)

Layanan SMS adalah sebuah layanan yang dilaksanakan dengan sebuah telepon genggam untuk mengirim atau menerima pesan-pesan pendek. Pada mulanya SMS dirancang sebagai bagian daripada GSM, tetapi sekarang sudah didapatkan pada jaringan bergerak lainnya termasuk jaringan UMTS.

SMS adalah data tipe *asynchronous message* yang pengiriman datanya dilakukan dengan mekanisme protokol *store and forward*. Hal ini berarti bahwa pengirim dan penerima SMS tidak perlu berada dalam status berhubungan (*connected/ online*) satu sama lain ketika akan saling bertukar pesan SMS. Pengiriman pesan SMS secara *store and forward* berarti pengirim pesan SMS menuliskan pesan dan nomor telepon tujuan dan kemudian mengirimkannya (*store*) ke *server SMSC (SMS-Center)* yang kemudian bertanggung jawab untuk mengirimkan pesan tersebut (*forward*) ke nomor telepon tujuan. Hal ini mirip dengan mekanisme *store and forward* pada protokol SMTP yang digunakan dalam pengiriman *e-mail* internet. Keuntungan mekanisme *store and forward* pada SMS adalah, penerima tidak perlu dalam status

online ketika ada pengirim yang bermaksud mengirimkan pesan kepadanya, karena pesan akan dikirim oleh pengirim ke SMSC yang kemudian dapat menunggu untuk meneruskan pesan tersebut ke penerima ketika ia siap dan dalam status *online* di lain waktu. Ketika pesan SMS telah terkirim dan diterima oleh SMSC, pengirim akan menerima pesan singkat (konfirmasi) bahwa pesan telah terkirim (*message sent*). Hal-hal inilah yang menjadi kelebihan SMS dan populer sebagai layanan praktis dari sistem telekomunikasi bergerak.

Dikarenakan layanan SMS pada dasarnya masih berbasis *circuit switched* ada beberapa metode yang sudah umum digunakan agar layanan SMS kompatibel dengan jaringan *packet switched*. *Circuit switched fallback* dimaksudkan sebagai solusi sementara hingga dukungan layanan melalui IMS mulai umum digunakan, karena jaringan awal *packet switched* belum mendukung layanan SMS. Pada metode ini digunakan kembali infrastruktur CS agar dapat menggunakan layanan *circuit switched* seperti SMS. Ada metode-metode tersendiri untuk *fallback* entah itu untuk UMTS, GSM, atau CDMA.[3]

SMS over SGs merupakan solusi sementara untuk merealisasikan transmisi SMS dari infrastruktur CS menuju ke jaringan *packet switched*. Tanpa penggunaan SGs, maka harus melakukan *fallback* untuk melakukan layanan SMS. SGs merupakan sebuah *interface* pada MME (*Mobility Management Entity*) dan MSC (*Mobile Switching Center*).[1]

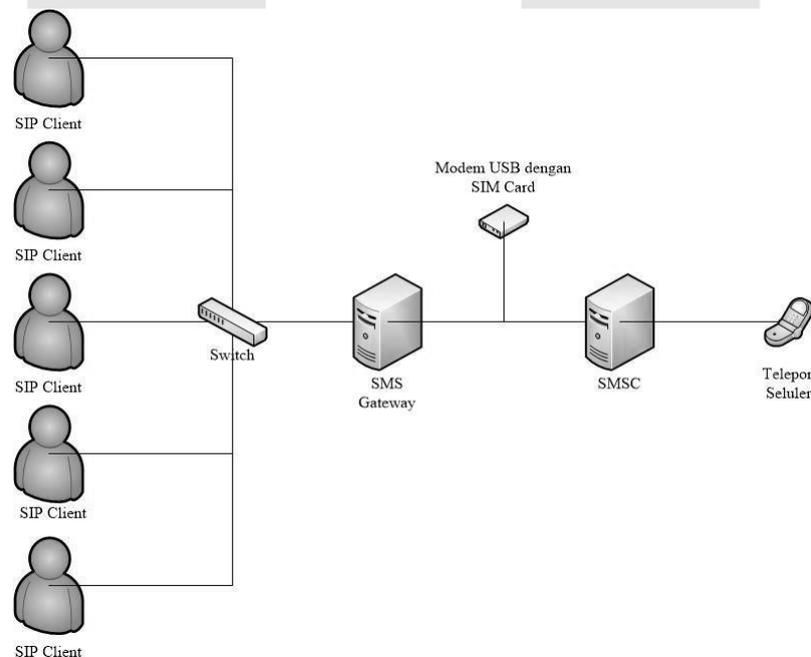
2.3. SMS Gateway

SMS Gateway menyediakan layanan untuk menyimpan dan meneruskan pesan SMS dari dan menuju sebuah *server* yang sudah terdaftar di IMS. Fungsi umum dari sebuah SMS-Gateway adalah :

- Untuk menghubungkan ke HLR menggunakan protokol MAP yang sudah ditentukan dan untuk mendapatkan MSID dan alamat SMS dari pelanggan.
- Untuk menghubungkan ke MSC menggunakan protokol MAP yang sudah ditentukan dan untuk menerima pesan singkat dan meneruskan pesan singkat ke MSC
- Bertindak sebagai *application server* pada IMS Core
- Untuk meneruskan pesan SMS menuju jaringan IMS menggunakan pesan SIP

Dengan menggunakan SMS-Gateway ini, layanan SMS dapat diaktifkan pada jaringan IMS. IMS sendiri merupakan jenis jaringan *packet switched* sehingga dengan aktifnya layanan ini pada IMS, tidak perlu melakukan transisi ataupun *fallback* untuk layanan SMS.

SMS-Gateway yang dikembangkan oleh Telkom bekerja dengan menggunakan protokol SIP untuk pengiriman pesannya. Dengan demikian komponen ini dapat menghubungkan dan mengirimkan pesan dari sebuah SIP Client ke *mobile phone* dan juga sebaliknya.



Gambar 1. Topologi jaringan implementasi SMS Gateway

2.4. Protokol SIP

SIP adalah suatu *signalling protocol* pada *layer* aplikasi yang berfungsi untuk membangun, memodifikasi, dan mengakhiri suatu sesi multimedia yang melibatkan satu atau beberapa pengguna. Sesi multimedia adalah pertukaran data antar pengguna yang bisa meliputi suara, video, dan teks. SIP tidak menyediakan layanan secara langsung, tetapi menyediakan pondasi yang dapat digunakan oleh protokol aplikasi lainnya untuk memberikan layanan yang lebih lengkap bagi pengguna, misalnya dengan RTP (*Real Time Transport Protocol*) untuk transfer data secara real-time, dengan SDP (*Session Description Protocol*) untuk mendeskripsikan sesi multimedia, dengan MEGACO (*Media Gateway Control Protocol*) untuk komunikasi dengan PSTN (*Public Switch Telephone Network*).

3. Pemodelan Sistem dan Simulasi

3.1. Komponen & Perangkat yang digunakan

Perangkat-perangkat baik itu perangkat lunak atau perangkat keras yang akan digunakan untuk perancangan **Layanan SMS pada jaringan IMS**

Konfigurasi dasar adalah sebagai berikut.

- Perangkat lunak
 1. *Core IMS* merupakan inti dari jaringan IMS yang berisikan komponen utama dari sebuah jaringan IMS, HSS dan CSCF.
 2. SMS Gateway sebagai penghubung layanan SMS antara jaringan SIP dengan PLMN melalui IMS.
 3. *MicroSIP* sebagai *SIP Client*.
 4. *Wireshark* adalah protocol analyzer untuk membantu mendapatkan dan menganalisa *flow design* dan parameter *SIP Protocol*.
- Perangkat Keras
 1. 1 System IMS
 2. 1 *Server SMS Gateway*
 3. 5 unit komputer untuk menggunakan *wireshark* serta sebagai pengguna layanan SMS pada sisi SIP dengan menggunakan *MicroSIP*.
 4. 1 buah *Mobile Phone* dengan merk *ASUS Zenfone* sebagai pengguna layanan SMS pada jaringan PLMN.
 5. 1 *Switch* untuk menghubungkan antar *SIP Client*
 6. Sebuah modem USB merk *Wavecomm* untuk penomoran SIP

3.2. Konfigurasi system Gateway

SIP-SMS *Gateway* adalah sistem yang menjembatani pengiriman sms dari *SIP Client* ke *Mobile Network* (GSM, CDMA) dan sebaliknya. Ke arah *SIP Client*, sistem SIP-SMS *Gateway* menggunakan protokol SIP sedangkan ke arah *Mobile Network* menggunakan protokol GSM SMS.

SIP-SMS *Gateway* memiliki dua aplikasi terpisah yang saling berhubungan yaitu *Gateway* dan *Relay*. Koneksi kedua aplikasi tersebut melalui protokol *smpp* dimana *Gateway* berfungsi sebagai *client*, dan *Relay* sebagai *smpp server*. Aplikasi *Gateway* berfungsi sebagai *interface* ke arah *SIP network*, memproses SIP command : REGISTER dan MESSAGE. Aplikasi *Relay* berfungsi sebagai *interface* ke arah *Mobile Network* dengan bantuan Modem GSM untuk pengiriman/penerimaan sms.

Software SIP-SMS *Gateway* terdiri dari beberapa komponen core dan pendukung sebagai berikut:

- Aplikasi SMS-SIP GW, yang terhubung dengan SIP
- Aplikasi SMS-SIP Relay, yang terhubung dengan modem GSM
- *Driver* USB Prolific sebagai *driver* koneksi dari komputer ke modem GSM *Wavecom* via USB
- *Java Runtime Engine*, *virtual machine* untuk aplikasi *java*
- *Driver* SMSLIB

3.3. Skenario Pengujian dan Perancangan

Skenario perancangan yang dilakukan konfigurasi dari *SMS Gateway*. Pada *SMS Gateway* diatur hubungan antara sisi *gateway* dan *relay* serta *mapping* nomor *client*.

Dikarenakan keterbatasan jaringan dimana tidak bisa dihubungkan langsung dari SMS Gateway ke jaringan Telkom, digunakan sebuah modem USB dengan kartu SIM tertentu sebagai nomor dari SIP Client agar dapat diidentifikasi oleh perangkat *mobile phone*.

Skenario pengujian akan dilakukan berdasarkan empat tahap berikut

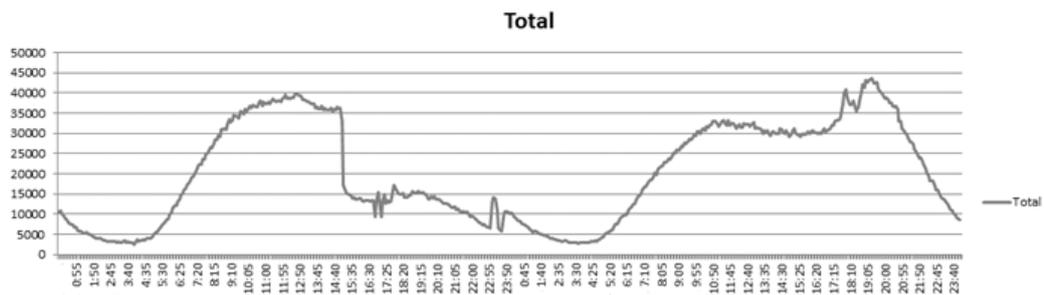
- Dilakukan pengiriman SMS dari SIP Client ke *mobile phone* dengan isi pesan “Tes kirim SMS” pada trafik *peak* dan non *peak* SMS untuk kemudian dilakukan pengukuran lama pesan dikirim melalui *stopwatch* dan *log* dari server SMS Gateway. Pengukuran akan dilakukan untuk 1 buah SIP Client dan 5 buah SIP Client Pengiriman SMS akan dilakukan sebanyak 20 kali.
- Dilakukan pengiriman SMS dari *mobile phone* ke SIP Client dengan isi pesan “Tes kirim SMS” pada trafik *peak* dan non *peak* untuk kemudian dilakukan pengukuran lama pesan dikirim menggunakan *stopwatch* dan *log* dari server SMS Gateway. Pengiriman SMS akan dilakukan sebanyak 20 kali.
- Dilakukan pengiriman pesan dengan jumlah karakter yang berukuran besar untuk kemudian diketahui berapa kapasitas pengiriman karakter per pesan yang dapat ditangani oleh SMS Gateway.
- Dilakukan pengukuran *packet loss* dengan analisa melalui perbandingan jumlah total SMS yang dikirim dengan jumlah SMS yang gagal diterima.

4. Pengujian dan Analisis

4.1. Pengujian Skenario Delay pengiriman SMS

Skenario pertama merupakan skenario pengukuran *delay* pada pengiriman SMS dari sisi SIP ke *Mobile* dan juga sebaliknya dari sisi *Mobile* ke SIP. Diukur untuk masing masing-masing 1 SIP Client dan 5 SIP Client, serta diukur pada trafik *peak* dan non-*peak*.

Berdasarkan grafik trafik SMS milik telkomsel ini terjadi pada rentang pukul 19.00 hingga pukul 20.00.

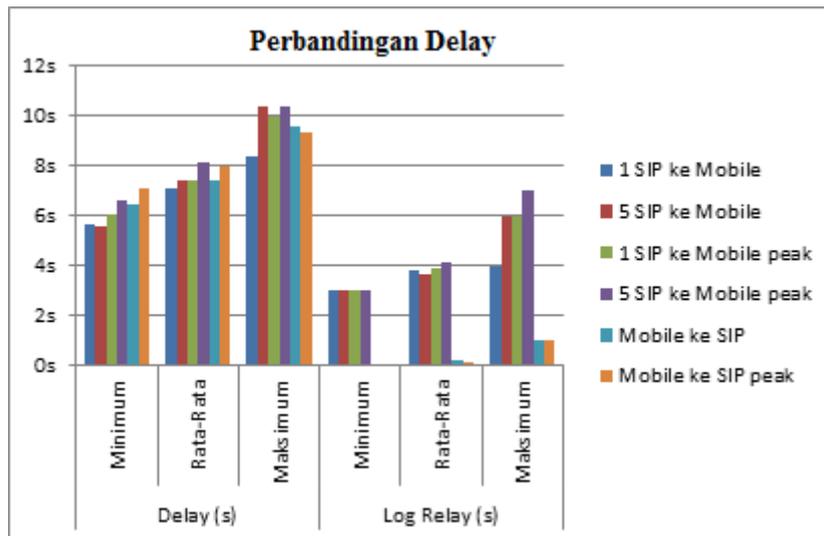


Gambar 2. Grafik trafik harian SMS Telkomsel

Didapatkan hasil sebagai berikut pengukuran untuk tiap tiap skenario sebagai berikut.

Tabel Delay pengiriman SMS

Skenario	Delay (s)			Log Relay (s)		
	Minimu m	Rata- Rata	Maksimu m	Minimu m	Rata- Rata	Maksimu m
1 SIP ke Mobile	5.62s	7.0865s	8.38s	3s	3.85s	4s
5 SIP ke Mobile	5.55s	7.4205s	10.36s	3s	3.65s	6s
1 SIP ke Mobile peak	6.06s	7.425s	9.98s	3s	3.9s	6s
5 SIP ke Mobile peak	6.58s	8.174s	10.37s	3s	4.1s	7s
Mobile ke SIP	6.43s	7.401s	9.55s	0s	0.2s	1s
Mobile ke SIP peak	7.1s	7.9765s	9.37s	0s	0.1s	1s



Gambar 3. Grafik Delay Pengiriman SMS

Dari data yang ditampilkan berdasarkan tabel dan grafik perbandingan terlihat masing masing perbedaan untuk tiap skenario. Perbedaan *delay* untuk skenario dengan 1 SIP Client dan 5 SIP Client terlihat bahwa 1 client memiliki *delay* yang sedikit lebih kecil dibanding dengan 5 client. Selain itu jika dibandingkan antara trafik *peak* dan *non-peak*, terlihat bahwa trafik *non-peak* memiliki *delay* yang sedikit lebih kecil. Meskipun nilai minimum dan maksimum terlihat ada banyak perbedaan, nilai rata-rata untuk tiap-tiap skenario tersebut tidak jauh berbeda, berada di rentang 7 sampai 8 detik.

Data-data dari *log relay* lebih kecil dibandingkan dengan data dari *delay*, hal ini diakibatkan aplikasi *relay* melacak proses pengiriman yang berbeda. Untuk koneksi SIP ke *Mobile*, aplikasi *relay* melacak data mulai dari pesan dikirim oleh SIP Client hingga pesan sukses dikirim ke SMSC. Nilai rata-rata dari lama waktu ini berada di rentang 4 detik, dan *delay* rata-rata hingga pesan diterima di *mobile phone* di rentang 7 sampai 8 detik. Berarti diperlukan waktu 3 hingga 4 detik untuk pengiriman pesan dari SMSC ke *mobile phone*.

Untuk koneksi *Mobile* ke SIP, terlihat perbedaan waktu yang drastis pada *log relay*, hanya berada di rentang 0 hingga 1 detik. Hal ini diakibatkan bahwa untuk koneksi *mobile* ke SIP, aplikasi *relay* hanya melacak pengiriman dari SMS Gateway ke SIP Client saja. Salah satu batasan masalah adalah bahwa jaringan di sisi SIP dan SMS Gateway yang digunakan bersifat lokal. Karena itulah untuk proses pengiriman pesan dari SIP Client ke SMS Gateway hanya memakan waktu dalam rentang 0 hingga 1 detik.

4.2. Pengujian Skenario Maksimum Karakter per pesan

Dari sisi masing masing klien, maksimal karakter per pesan yang mampu mereka kirim merupakan standar perangkat dan aplikasi yang digunakan. *Mobile phone* memiliki maksimal 160 karakter per pesan, dan SIP Client tak terbatas.

Setelah dilakukan beberapa kali pengiriman pesan dengan variasi jumlah karakter per pesan, ditemukan bahwa batasan pengiriman pesan terletak pada komponen SMS-Gateway tersebut. SMS Gateway memiliki batas karakter dalam sekali pengiriman pesan sebesar 254 karakter, lebih dari itu maka pengiriman pesan akan gagal. Hal tersebut dapat dilihat dari *log gateway*.

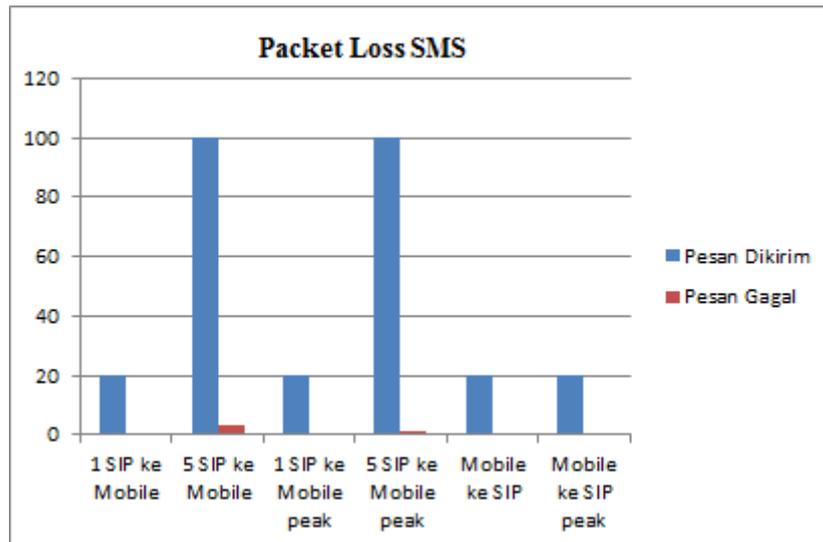
Dikatakan pada baris `[02:46:16][SmppClientEngine] exception submitSM: org.smpp.pdu.WrongLengthOfStringException: The string is shorter or longer than required: min=0 max=254 actual=255.` – bahwa pesan yang akan dikirim melebihi batas 254 karakter sehingga mengakibatkan sistem melakukan *restart session and connection* sebelum system siap untuk bekerja kembali.

4.3. Skenario pengujian Packet Loss

Skenario pengukuran *packet loss* dilakukan dengan melakukan perbandingan berapa banyak pesan SMS yang dikirim dengan banyak pesan SMS yang gagal diterima. Pengujian ini dilakukan untuk masing-masing skenario yang sama seperti saat pengukuran *delay*, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut.

Tabel *Packet Loss*

Skenario	Pesan Dikirim	Pesan Gagal
1 SIP ke Mobile	20	0
5 SIP ke Mobile	100	3
1 SIP ke Mobile peak	20	0
5 SIP ke Mobile peak	100	1
Mobile ke SIP	20	0
Mobile ke SIP peak	20	0



Gambar 4. Grafik *Packet Loss SMS*

Berdasarkan tabel dan grafik, dapat dilihat bahwa *packet loss* terjadi pada skenario pengiriman SMS dengan 5 SIP *Client*. Pada trafik *peak* 1 pesan gagal dikirim, dan pada trafik non-*peak* ada 3 pesan yang gagal dikirim.

Jika digabungkan total pesan yang dikirim untuk tiap skenario tersebut adalah 280 pesan, dimana ada 4 pesan yang gagal dikirim. Dengan demikian ada 0.014% *packet loss* yang terjadi dalam seluruh skenario pengukuran yang dilakukan

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan implementasi ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem yang telah diimplementasi berjalan dengan lancar dan layanan SMS dapat dikirim diantara SIP *Client* dengan *mobile phone*. Tiap skenario pengukur memiliki *delay* rata-rata sekitar 7 detik. Ada *delay* tambahan dalam rentang 0-1 detik dalam koneksi antara SIP *Client* dengan *Gateway* sebelum pesan masuk ke SMSC jaringan *provider*.
2. SMS *Gateway* memiliki batas maksimal karakter per pesan sebesar 254 karakter. Hal ini merupakan batasan dari protokol SMPP-SIP yang digunakan untuk mengirim pesan.
3. *Packet loss* terdeteksi dengan adanya beberapa SMS yang gagal diterima. Dari total 280 pesan SMS yang dikirim dalam skenario, ada 4 pesan yang gagal dikirim. Dengan demikian ada 0.014% *packet loss* pada sistem ini.

5.2. Saran

Untuk hasil analisa yang lebih baik dan akurat, maka ada beberapa hal yang bisa dijadikan saran sebagai perkembangan ke depannya, antara lain:

1. Dilakukan implementasi pada jaringan SMS yang sebenarnya, sehingga tidak memerlukan penggunaan modem untuk mewakili SIP *Client* dan dapat juga dilakukan analisa untuk pengiriman pesan penuh dari SIP *Client* hingga pesan benar benar diterima di *mobile phone* dan juga sebaliknya.
2. Dapat disediakan *mapping* nomor untuk SIP *Client* sehingga tidak perlu menggunakan kartu SIM sebagai perwakilan nomor tersebut.
3. Koneksi antara SIP *Client* dan SMS *Gateway* dapat dilakukan dengan jaringan yang sebenarnya dan tidak berbasis lokal.

Daftar Pustaka

- [1] 3GPP. (2014). *Overview of 3GPP Release 8*. 3GPP.
- [2] Dahlman, E., Parkvall, S., & Skold, J. (2013). *4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband*. Academic Press.
- [3] (2012). Voice Over LTE (VoLTE). In H. Holma, J. Hongisto, J. Kallio, & A. Toskala, *Voice Over LTE (VoLTE)* (pp. 51-53). John Wiley & Sons.
- [4] Jan, Q., & Latif, S. (2013). IP Multimedia Subsystem (IMS) Security Model. *International Journal of Advance Research, IJOAR.org*.