

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Peneliti [1] membuat sebuah perancangan alat pengukuran level air dengan pengiriman datanya melalui SMS berbasis mikrokontroler ATmega 16. Alat ukur ini mengukur level air pada sebuah tangki yang cukup banyak sehingga dapat memudahkan mengetahui level atau volume airnya. Cara kerja alat ini adalah jika tangki air diisi maka volume air akan bertambah begitu juga ketinggian airnya, kemudian sensor *ultrasonic* (sensor jarak) akan membaca level air yang ada pada tangki. Pembacaan sensor *ultrasonic* menjadi input dan diproses oleh mikrokontroler. Setelah mikrokontroler dihubungkan dengan seluler yang terhubung menggunakan komunikasi serial. Pengiriman data melalui SMS tidak dipengaruhi oleh jarak seluler operator selama jaringan operator GSM masih tersedia [1]. Jika di kaji lebih khusus, pengukuran dari alat ukur yang dibuat menjadi tidak valid saat menggunakan tangki yang lebih besar. Jika terjadi kebocoran yang sangat kecil (hanya berupa rembesan) pada tangki yang besar maka pembacaan sensor *ultrasonic* akan membutuhkan waktu, sehingga tidak dapat melakukan pengiriman data secara *real time*. Hal ini disebabkan penurunan level atau volume air sangat kecil, akibat sensor *ultrasonic* tidak dapat membaca

level air yang berkurang. Sehingga data yang diambil dan dikirimkan melalui SMS tidak valid.

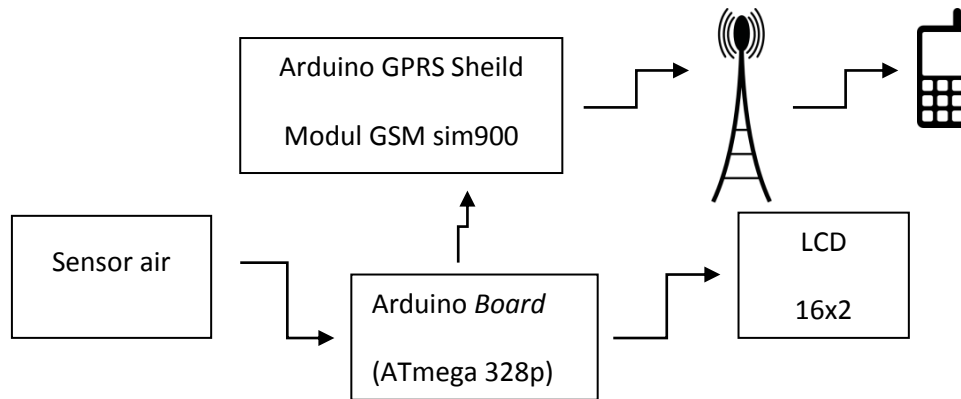
Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan pada [2] dimana penulis membuat sistem pengontrol tangki air dengan menggunakan sensor *magnetic* gelombang radio. Cara kerja sistem pengontrolan air tersebut, mendeteksi level air yang kemudian menjadi data masukan bagi mikrokontroler ATmega 8 untuk diproses. Data yang diproses ditampilkan pada display dan juga akan dikirim ke menara tangki air (bak air) rumah. Jika level air sesuai dengan yang diinginkan maka motor pompa akan mati, apabila tidak sesuai maka cukup di input level yang diinginkan untuk mengisi kembali air di bak air. Pengontrolan tersebut akan menjaga kondisi level air tetap terjaga. Sistem ini mempunyai kekurangan yaitu jika terjadi kebocoran pada tangki, maka air pada tangki akan terus berkurang sehingga alat pengontrol air tersebut akan terus bekerja. Jika terjadi kebocoran tangki dengan skala yang sangat kecil (rembesan) biasanya tidak diketahui oleh pemiliknya. Ini dapat berimbas pada kenaikan penggunaan listrik untuk menghidupkan pompa air [2].

Penelitian [3] membuat rancang bangun alat ukur volume BBM (bahan bakar minyak) pada sebuah tangki pendam. Selama ini pengukuran volume atau kedalaman BBM pada sebuah tangki biasanya diukur secara manual menggunakan penggaris panjang. Dengan sistem dan peralatan yang dibuat ini, maka tidak perlu lagi pengukuran volume secara manual. Prinsip kerja alat ini adalah ketika sensor ultrasonic memancarkan gelombang dan mengenai sebuah objek maka gelombang akan dipantulkan kembali ke sensor. Gelombang pantulan ini menjadi data input yang akan diolah oleh mikrokontroler. Di dalam

mikrokontroler sebelumnya sudah ditanamkan hasil pengukuran level BBM sebagai perbandingan data yang dihasilkan oleh sensor yang kemudian hasil perbandingannya akan dikirim ke operator dan juga akan masuk dalam data base. Jika ada permintaan data pengukuran level bbm melalui perintah *AT command wavecom* akan mengirimkan SMS berupa informasi level BBM pada tangki ke petugas yang menjaga [3]. Namun alat ini masih mempunyai kekurangan, jika terjadi kebocoran yang sangat kecil petugas tidak akan curiga, karena data pengukuran yang dikirimkan hanya berupa data volume yang telah dibandingkan dengan data volume BBM yang bila diukur secara manual hanya berselisih antara 0 – 0,05 liter. Petugas baru mengetahui bila selisih antara pengukuran manual dan yang menggunakan sensor melebihi 0,05 liter, dan hal tersebut juga terjadi tidak secara *real time*, sehingga akan merugikan.

Dari kajian diatas terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik tugas akhir ini dapat diketahui bahwa permasalahan utama adalah tidak adanya sistem pendeteksian kebocoran skala kecil yang dapat memberikan informasi kebocoran secara dini . Dari kekurangan yang telah diidentifikasi, maka penelitian tugas akhir ini fokus pada pengembangan sistem pendeteksian yang dapat mengetahui kebocoran secara dini dengan menggunakan sensor fluida. Sistem kontrol yang dibangun menggunakan *board arduino uno* yang berbasis pada mikrokontroler ATmega 328P, yang terintegrasi dengan sistem peringatan dini yang berbasis pada *Arduino GPRS Sheild V.2.0* dengan module GSM sim900 yang tertanam yang mana fungsi utamanya adalah untuk mengirim SMS ke operator yang bertanggung jawab dalam monitoring tangki. Selain itu juga dilakukan analisis trafik SMS pada saat keadaan *downlink*. Sehingga dapat

diketahui berapa besar persentase SMS yang dikirimkan akan tertunda. Gambar 2.1 memperlihatkan diagram blok sistem yang dikembangkan.



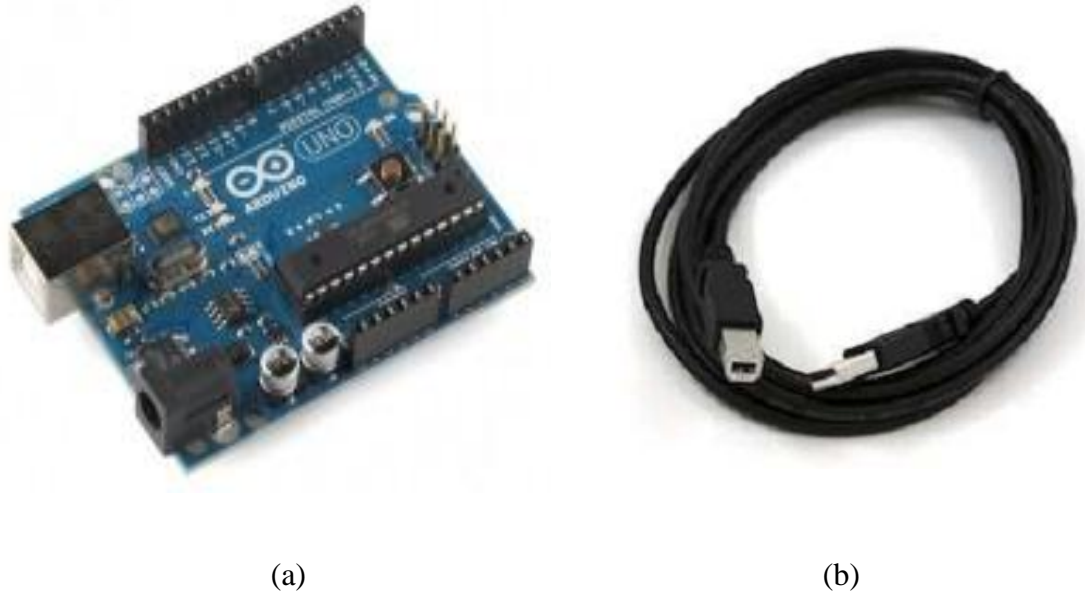
Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem

Mekanisme kerja alat pendeteksi kebocoran ini jika cairan fluida yang jatuh (menetes) mengenai sensor, maka sensor fluida akan mengirimkan sinyal input ke arduino uno yang selanjutnya akan diolah oleh mikrokontroler ATmega 328P. modul arduino ini kemudian akan memberi perintah module sim900 yang tertanam pada arduino *GPRS shield* untuk melakukan pengiriman SMS (*short message service*) menggunakan *ATcommand* ke nomor-nomor telepon seluler yang telah ditentukan. Informasi kebocoran juga akan ditampilkan pada layar display LCD (*liquid crystal display*).

2.2. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan perangkat elektronik dengan *system open source* . Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai

output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, dan tombol reset [4]. Arduino uno ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 (a). Board Arduino Uno dan (b). Kabel USB [4]

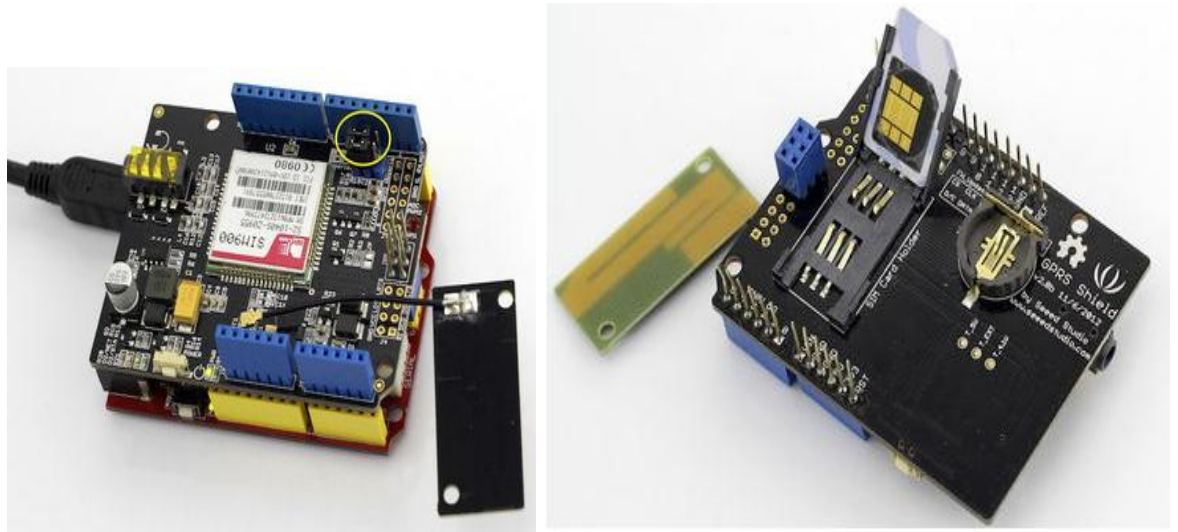
Arduino memiliki kelebihan tersendiri disbanding board mikrokontroler yang lain. Selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan developer ketika memprogram mikrokontroler berdasarkan ATmega 328P. berikut Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi dari Arduino Uno:

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno [4]

Mikrokontroler	ATmega 328P
Tegangan Operasi	5V
Tegangan input (disarankan)	7V-12V
Tegangan input (batas)	6V-20V
Digital I/O	14 pin (dimana 6 output PWM)
Input Analog	6 pin
Arus DC per I/O	Pin 40 mA
Arus DC untuk 3.3 V	Pin 50 mA
Memori flash 32KB (ATmega 328)	0.5 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EEPROM	1 KB (ATmega 328)
Kecepatan clock	16 Hz

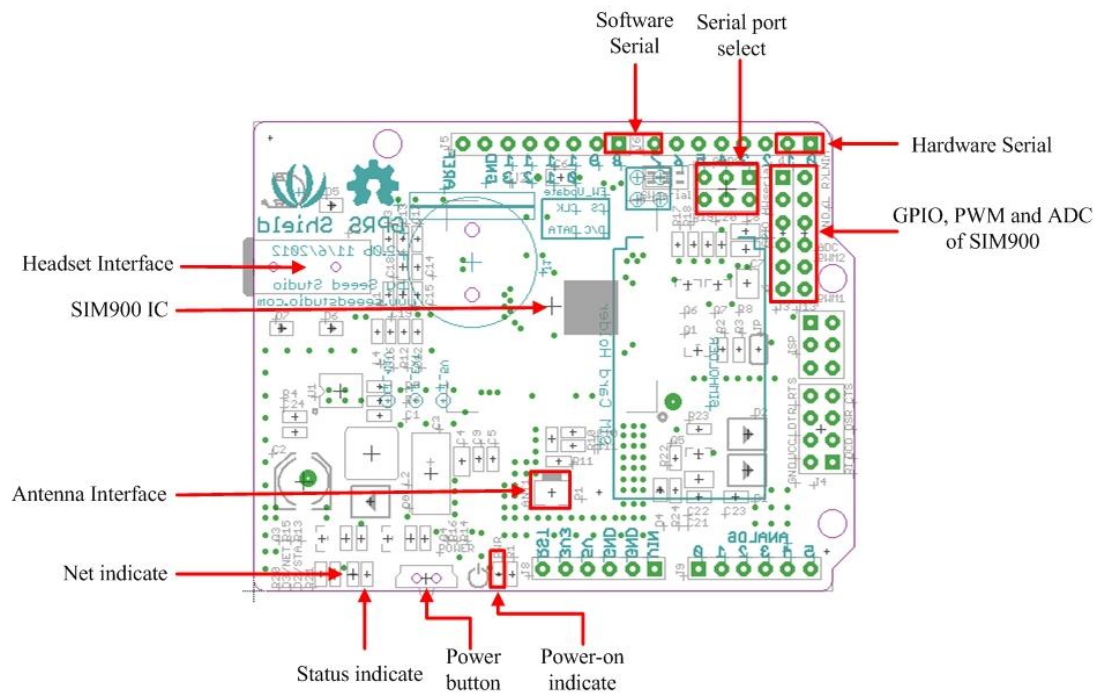
2.3. Arduino GPRS Sheild Sim900 V.2.0

Arduino GPRS *Sheild* adalah Arduino yang menghubungkan Arduino dengan jaringan GSM/GPRS. Arduino ini dapat menghubungi nomor telepon atau mengirim pesan teks ke teman atau ke *hand phone* melalui perintah AT commands. Arduino GPRS *Sheild* V.2.0 memiliki *Quad-band* 850/900/1900 MHz yang berdaya rendah. Pada Arduino ini menggunakan modul SIM900. Arduino GPRS *Sheild* yang diperlihatkan pada Gambar 2.3 kompatibel dengan standar Arduino yang ada. Antarmuka yang bias dipilih adalah hardware port dan port serial software [5].



(a)

(b)



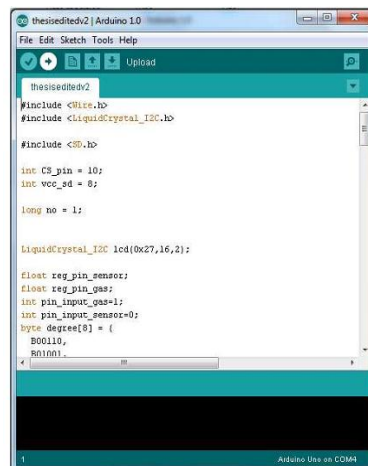
(c)

Gambar 2.3 (a). Arduino GPRS Sheild V.2.0 tampak atas, (b). Arduino GPRS Sheild V.2.0 tampak bawah dan (c). Bagian-bagian Arduino GPRS Sheild V.2.0[5]

Pada Gambar 2.3 terlihat bahwa software serial menggunakan pin D7 dan D8, sedangkan hardware serial menggunakan pin D0 dan D1. Serial port “*select*” digunakan untuk memilih menggunakan port software serial atau menggunakan hardware serial sebagai antarmukanya. Antenna *interface* adalah sebuah antenna yang menggunakan papan PCB. Net indikator adalah tanda atau pemberitahuan status SIM900 sedang terhubung dengan internet atau tidak. *Power button* adalah tombol power untuk mengaktifkan dan menonaktifkan modul SIM900. *Power on indicate* adalah sebuah led untuk indikator bahwa arduino telah aktif atau belum [5].

2.4. Perangkat Lunak

Lingkungan *open source* Arduino memudahkan untuk menulis kode dan upload ke board arduino. Perangkat lunak ini berjalan pada platform windows, mac os x, dan linux, berdasarkan pengolahan, avr-gcc, dan perangkat lunak sumber terbuka lainnya. Gambar 2.4 menunjukkan contoh tampilan perangkat lunak Arduino.



Gambar 2.4 Antar Muka Pemrograman Arduino

2.5. Global System for Mobile Communication (GSM)

Global System for Mobile Communication, disingkat GSM, adalah sebuah teknologi komunikasi selular yang bersifat digital. Teknologi GSM banyak diterapkan pada komunikasi *mobile*, khususnya telepon genggam. Teknologi ini memanfaatkan gelombang mikro dan pengiriman sinyal yang dibagi berdasarkan waktu, sehingga sinyal informasi yang dikirim akan sampai pada tujuan. GSM dijadikan standar global untuk komunikasi selular sekaligus sebagai teknologi selular yang paling banyak digunakan orang di seluruh dunia.

GSM termasuk dalam 2G (*second generation*) dengan keunggulan antara lain:

1. Teknologi GSM menggunakan frekuensi radio dengan range 900 Mhz – 1800 MHz
2. Kualitas komunikasi antara pengguna lebih baik daripada menggunakan analog sistem.
3. System GSM mendukung transmisi data dengan kecepatan akses sebesar 9-14.4 kbps
4. Pembicaraan di *encrypted* untuk menjamin keamanan.
5. Meningkatnya kompetisi pasar GSM membuat harga jual semakin menurun untuk investasi dan pengguna [6].

2.5.1 TDMA pada jaringan GSM dan GPRS

Time Division Multiple Access (TDMA) adalah teknik transmisi digital yang digunakan untuk komunikasi *mobile phone*, yang kanal frekuensinya dibagi

beberapa *timeslot* yang berurutan dan setiap user dialokasikan ke *timeslot* yang berbeda dengan user lain. Pada jaringan GSM terdapat hirarki TDMA yang terdiri dari dua jenis yaitu kanal fisik dan kanal logika.

Kanal Fisik (*Physical Channel*)

Kanal fisik pada TDMA didefinisikan sebagai suatu *timeslot*. *Frame* TDMA ini membawa satu frekuensi pembawa (*frequency carrier*) yang berisi 8 *timeslot* dengan *bandwidth* 200 kHz dan disebut kanal frekuensi radio (*Radio Frequency Channel*). *Frame* TDMA ini terdiri dari 8 *timeslot*

Kanal Logika (*Logical Channel*)

Kanal logika digunakan sebagai informasi (suara, *signaling* dan data). Kanal logika terbagi menjadi dua yaitu kanal bersama (*Common Channel-CCH*) dan kanal kontrol yang ditentukan (*Dedicated Channel-DCH*).

Traffic Channel (TCH)

Kanal trafik adalah kanal-kanal yang disediakan untuk dipakai oleh pelanggan ketika melakukan hubungan telepon (*voice*). Jadi bila dalam suatu cell terdapat TRX maka 16 *timeslot* yang tersedia setelah dikurangi *timeslot* untuk *Broadcast Control Channel (BCCH)* dan time slot untuk *Stand Alone Dedicated Control Channel (SDCCH)*, sisanya akan menjadi kanal telepon yang digunakan pelanggan.

Stand Alone Dedicated Control Channel (SDCCH)

Kanal ini biasanya menempati satu *timeslot* ketika suatu pelanggan memulai satu hubungan telepon baik *voice*, SMS maupun GPRS (data). Kanal ini berperan

membangun hubungan signaling dan prosedur hubungan antara pelanggan melalui jaringan GSM maupun interkoneksi ke jaringan lain [6].

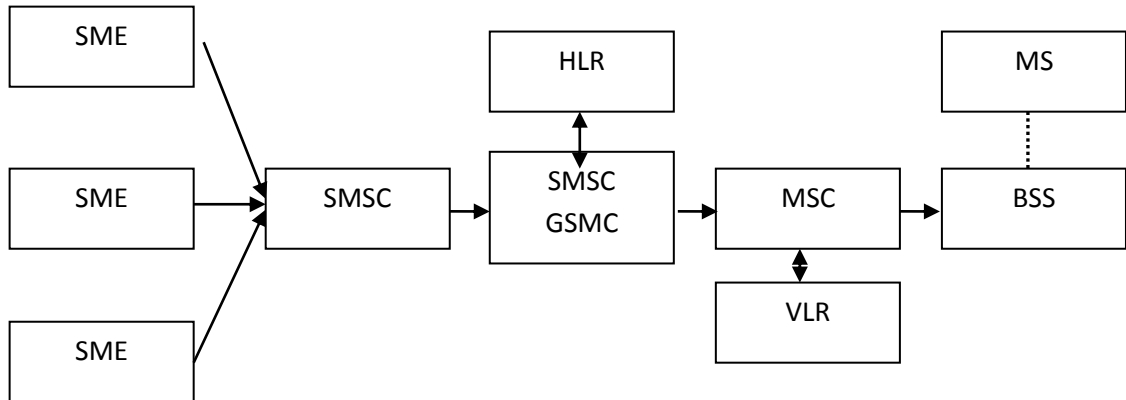
2.5.2 Short Message Service (SMS)

Layanan pesan singkat *Short Message Service* disingkat SMS adalah sebuah layanan yang digunakan oleh telepon genggam untuk mengirim atau menerima pesan-pesan pendek. Pada mulanya SMS dirancang sebagai bagian komunikasi GSM, tetapi sekarang sudah digunakan juga pada jaringan *mobile* contohnya seperti jaringan UMTS. Sebuah pesan SMS maksimal terdiri dari 140 bytes, dengan kata lain sebuah pesan bias memuat 140 karakter 8-bit, 160 karakter 7-bit atau 70 karakter 16-bit untuk bahasa Jepang, bahasa Mandarin dan bahasa Korea yang memakai Hanzi (Aksara Kanji/Hanja). Selain 140 *bytes* ini mencakup juga data-data lain yang dibutuhkan SMS. SMS bisa pula untuk mengirim gambar, suara dan film. SMS bentuk ini disebut MMS. Pesan-pesan SMS dikirim dari sebuah telepon genggam ke pusat pesan (SMSC dalam bahasa Inggris), di sini pesan disimpan dan mencoba mengirimnya selama beberapa kali. Setelah sebuah waktu yang telah ditentukan, biasanya 1 hari atau 2 hari, lalu pesan dihapus. Seorang pengguna bisa mendapatkan konfirmasi dari pusat pesan ini [1].

2.5.3 Mekanisme Kerja SMS

SMS mampu mengirim/menerima data antara jaringan operator seluler secara terus-menerus. SMS mampu mengirim/menerima dari operator seluruh dunia

tanpa kenal batasan wilayah. Gambar 2.5 menunjukkan elemen-elemen yang terdapat dalam sebuah jaringan operator seluler.



Gambar. 2.5 Elemen-elemen pada jaringan operator

Pada Gambar 2.5 *Short Message Service Center* (SMSC) bertugas untuk menerima dan meneruskan pesan dari dan ke telepon seluler. SMSC dibangun oleh beberapa *Short Message Entity* (SME) yang dapat diletakkan dalam sebuah jaringan atau telepon seluler. *Mobile Switching Center* (MSC) bertugas mengendalikan koneksi antara telepon seluler dengan jaringan operator seluler. *Gateway Mobile Switching Center* (GMSC) adalah sebuah gerbang MSC yang juga dapat menerima pesan berupa sebuah sistem kontak yang berhubungan dengan jaringan lain. Dalam menerima pesan dari SMSC, GMSC menggunakan jaringan SS7 (*Signaling System 7*) dalam sistem *Home Location Register* (HLR). HLR adalah *database* utama dalam sebuah jaringan operator seluler. Sistem ini memegang kendali atas informasi nomor-nomor telepon seluler dan juga tentang alur informasi dari setiap nomor telepon seluler, misalnya informasi atas wilayah jangkauan. *Visitor Location Register* (VLR) berkorespondensi terhadap setiap MSC. VLR berisi informasi tentang identitas telepon seluler. Dengan bantuan VLR, MSC dapat meneruskan informasi pesan pendek kepada *Base Station*

System (BSS), dimana kemudian BSS akan meneruskan ketelepon seluler penerima [7].

2.6. AT Command

AT Command adalah perintah yang dapat diberikan kepada *handphone* atau GSM/CDMA modem untuk melakukan sesuatu hal termasuk untuk mengirim dan menerima SMS. Computer ataupun Mikrokontroler dapat memberikan perintah *AT Command* melalui hubungan kabel data serial ataupun bluetooth. *AT Command* sebenarnya adalah pengembangan dari perintah yang diberikan kepada modem Hayes yang sudah ada sejak dulu. Dinamakan *AT command* karena semua perintah diawali dengan karakter A dan T.

Antar perangkat *handphone* dan GSM/CDMA modem bisa memiliki *AT Command* yang berbeda-beda, namun biasanya mirip antara satu perangkat dengan perangkat lain. Untuk dapat mengetahui secara persis maka harus mendapatkan dokumentasi teknis dari produsen pembuat *handphone* atau GSM/CDMA modem tersebut. Di bawah ini adalah beberapa *AT Command* yang digunakan dalam perancangan system ini:

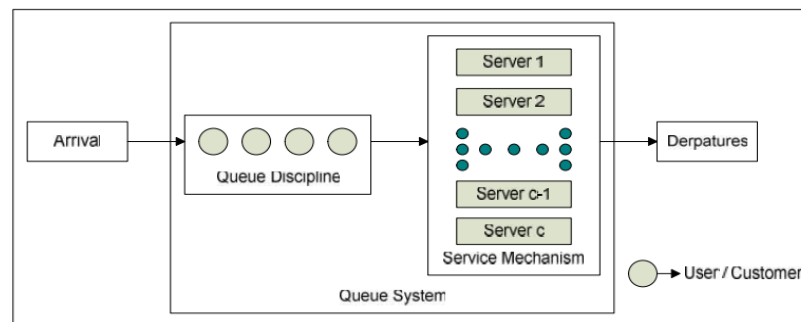
AT+CMGL="ALL" (Untuk baca SMS secara keseluruhan didalam inbox).

AT+CMGD=1,4 Untuk hapus SMS di inbox).

AT+CMGR=1 (Untuk membaca SMS dengan index 1 di dalam inbox) [1].

2.7. Sistem Antrian

Sistem antrian adalah himpunan pelanggan, pelayanan dan suatu aturan yang mengatur kedatangan para pelanggan dan pemrosesan masalahnya. Sistem antrian ini timbul karena adanya kedatangan pelanggan yang menunggu untuk dilayani. Proses kedatangan pelanggan (*input process*) ini umumnya terjadi secara acak (*random*) dengan kecepatan kedatangan adalah λ pelanggan/satuan waktu. Bila pelanggan tiba pada suatu fasilitas pelayanan, maka segera fasilitas pelayanan sibuk, maka pelanggan yang datang akan menunggu pada ruang tunggu atau saluran tunggu (*waiting line*) hingga ada saluran yang siap melayani (saluran yang bebas) dengan suatu mekanisme pelayanan (*service mechanism*) tertentu. Pada akhirnya setelah proses pelayanan selesai dengan kecepatan pelayanan μ pelanggan / satuan waktu, pelanggan akan meninggalkan fasilitas pelayanan tersebut seperti gambar 2.6.[8].



Gambar 2.6 Sistem Antrian [8]

Sistem antrian yang sering dipakai adalah

$M = \text{distribusi eksponensial}$

$D = \text{distribusi deterministic}$

$G = \text{distribusi general}$

2.7.1 Sistem Antrian M/G/1

Sistem antrian M/G/1 merupakan sistem antrian dengan proses kedatangan poisson, distribusi waktu pelayanan merupakan distribusi umum (*general*), dan merupakan server tunggal, dengan asumsi kapasitas buffer tak terbatas. Akan dihitung jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian n atau $E(n)$ dan *delay* waktu rata-rata dalam antrian $E(T)$ atau waktu Wq . Berdasarkan rumus yang dikenal dengan rumus *Pollaczek-Kinchine* diketahui bahwa :

$$E(n) = \frac{\rho}{(1-\rho)} [1 - \rho/2(1 - \mu^2\tau^2)] \quad (2.1)$$

$$E(T) = Wq = \frac{E(n)}{\lambda} = \frac{1/\lambda}{(1-\rho)} [1 - \rho/2(1 - \mu^2\tau^2)] \quad (2.2)$$

Parameter ρ adalah $\lambda/\mu = \lambda E(\tau)$, dengan λ tingkat kedatangan rata-rata dan $E(\tau) = 1/\mu$ waktu pelayanan rata-rata. Parameter τ^2 adalah variasi dari distribusi pelayanan.

Kedua persamaan diatas, jika dibandingkan dengan besaran dalam persamaan M/M/1 yang telah dibahas sebelumnya, jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian dan delay waktu antrian, dapat diperoleh dari distribusi pelayanan eksponensial dikalikan dengan faktor koreksi. Faktor koreksi ini terdapat dalam tanda kurung pada persamaan (2.16) dan (2.17) tergantung pada rasio variansi τ^2 dari distribusi pelayanan dengan kuadrat nilai rata-rata $1/\mu^2$.

Varian distribusi eksponensial = $1/\tau^2$. Jika $\tau^2 > \mu^2$ maka pendudukan dan *delay* waktu antrian juga lebih besar. Sebaliknya jika $\tau^2 < \mu^2$ maka pendudukan dan *delay* antrian juga menurun. Pada kasus khusus semua pelanggan atau paket mempunyai panjang dan lama pelayanan yang sama yaitu $1/\mu$ maka $\tau^2=0$:

$$E(n) = \frac{\rho}{(1-\rho)} \left(1 - \frac{\rho}{2}\right), \tau^2 = 0 \quad (2.3)$$

$$Eq = \frac{1/\mu}{1/\rho} \left(1 - \frac{\rho}{2}\right), \tau^2 = 0 \quad (2.4)$$

Antrian dengan karakteristik ini tersebut sistem antrian M/D/1, dengan D mempresatkan waktu pelayanan deterministik dan merupakan kasus khusus dalam antrian M/G/1 karena mempunyai pendudukan dan delay yang mungkin [8].

2.8. Asumsi Trafik SMS

Pada jaringan GSM, beban pensinyalan terdiri dari panggilan telepon, pesan SMS dan pembaharuan lokasi (*periodic and forced*). Panggilan suara yang masuk diasumsikan mengikuti distribusi *poisson* [9] dan durasi distribusi eksponensial dengan rata-rata 100 detik. Perbandingan panggilan masuk dan panggilan keluar diasumsikan sama. Pada setiap panggilan, *mobile station* mencoba untuk mengakses *Random Access channel* (RACH) dengan mengirimkan permintaan *channel* sampai mendapatkan respon dari jaringan atau sampai mencapai jumlah maksimum dari transmisi ulang (1,2,4, atau 7). Jumlah slot diantara transmisi adalah variabel acak dengan distribusi seragam dalam satu set $\{S, S+1, \dots, S+T, T-1\}$, dimana T adalah jumlah semburan yang digunakan untuk menyebarkan

transmisi, S adalah parameter yang bergantung pada T dan saluran konfigurasi. Pada panggilan telepon yang dihentikan, pesan sebelumnya dikirimkan dari *Paging Channel* (PCH) ke *mobile station* (MS), jika ada SDCCH yang kosong, perintah langsung dikirimkan ke *Access Grant Channel* (AGCH), SDCCH digunakan selama 2,8 detik dalam pembentukan panggilan, 3,5 detik saat memperbarui lokasi, dan 3,5 detik saat pengiriman SMS. Transmisi pesan SMS dan pembaharuan lokasi juga termasuk dalam proses Poisson. Pada prosedur ini, *traffic channel* tidak digunakan, tetapi semua informasi dilakukan pada SDCCH. Mengacu pada dasar jaringan yang sebenarnya, asumsi *traffic* adalah sebagai berikut: 0,3 pesan dikirim per jam per panggilan, 0,3 pembaruan lokasi secara paksa dan 0,2 pembaruan lokasi secara periodik dilakukan per jam.

2.9. Pemodelan kapasitas SMS

Telah dijelaskan pada sub asumsi trafik GSM, bahwa trafik pesan SMS bersaing dengan panggilan pesan suara dan pembaruan lokasi. Model antrian sederhana yang akan dibuat untuk menemukan parameter utama dalam *loss system* dinamakan *blocking probability*. Dengan menggunakan probabilitas ini memungkinkan pesan untuk menemukan saluran yang dapat digunakan dan saluran yang sibuk, dan yang terpenting adalah *quality of service* (QoS) untuk SMS dan layanan lainnya yang menggunakan SDCCH, termasuk panggilan suara[9].

2.9.1. Model Deskripsi

Membangun sebuah sistem *Erlang Loss* untuk model jaringan karena pesan yang diblokir hilang, tidak tertunda, dalam jaringan selular. Model ini untuk satu sel dalam sistem GSM dan satu operator dalam sel. Model hanya saluran kontrol yang memiliki SDCCH dipetakan. Proses kedatangan ketiga jenis permintaan diasumsikan menggunakan distribusi *Poisson*. Maksimum ukuran pesan SMS tunggal tidak dapat melebihi 160 karakter (140 oktet). Sebuah pesan yang lebih besar ukurannya dipecah menjadi *fragmen* ukuran yang tidak melebihi 160 karakter. Diasumsikan bahwa masing-masing *fragmen* tersebut diperlakukan sebagai pesan SMS yang terpisah oleh sistem; yaitu setelah mengirim satu fragmen, saluran SDCCH dilepaskan. Tingkat kedatangan efektif digunakan dalam sistem *loss Erlang* kemudian sama dengan aktual tingkat kedatangan pesan dikalikan dengan jumlah rata-rata fragmen pesan yang dipecah.

Setelah itu mencatat beberapa asumsi yang dibuat untuk membangun model. Pertama, mengasumsikan bahwa SDCCH adalah hambatan pada sumber daya. Meskipun CCCHs juga diperlukan untuk mengirim Pesan SMS. Pesan SMS yang dikirim atau diterima saat panggilan suara berlangsung diabaikan, karena pesan tersebut menggunakan saluran yang berbeda (SACCH terkait dengan TCH). Kedua, tidak memodelkan saluran TCH *eksplisit*. Ketiga, kedatangan pesan SMS yang diasumsikan menjadi *Poisson*, meskipun pesan yang lebih besar yang dikirim dalam fragmen dan kedatangan masal tersebut tidak dimodelkan secara akurat oleh asumsi *Poisson* [9].

2.9.2. Blocking Probability

Memodelkan saluran SDCCH sebagai $M /G/ s$ antrian dengan jenis pelanggan tunggal. Kedatangan tingkat trafik ini yang menggunakan saluran SDCCH yang diberikan oleh:

$$\lambda_c = \lambda_{sms} + \lambda_l + \lambda_v. \quad (2.5)$$

Dimana:

λ_c adalah rata-rata kedatangan dari jumlah trafik yang menggunakan kanal SDCCH

λ_{sms} adalah *arrival rate for SMS message*.

λ_l adalah *arrival rate for location update*.

λ_v adalah *arrival rate for voice call setup*.

Waktu pelayanan untuk pesan SMS tunggal adalah μ_{sms}^{-1} , dan pembaruan lokasi serta pengaturan panggilan pesan suara adalah μ_l^{-1} dan μ_v^{-1} .

Waktu pelayanan yang diharapkan tanpa syarat dari kedatangan pesan ini kemudian dinyatakan oleh

$$\mu_c^{-1} = \frac{\lambda_{sms}}{\lambda_c} \times \mu^{-1} + \frac{\lambda_l}{\lambda_c} \times \mu_l^{-1} + \frac{\lambda_v}{\lambda_c} \times \mu_v^{-1}. \quad (2.6)$$

Blocking Probability untuk sistem M/G/s, dilambangkan oleh $B(s, a)$, dimana

$$a = \lambda_c / \mu_c \quad (2.7)$$

yang kemudian diberikan oleh

$$B(s, a) = \frac{a^s / s!}{\sum_{k=0}^s a^k / k!} \quad (2.8)$$

Karena semua tiga aliran kerja diasumsikan *Poisson*, *blocking probability* B untuk masing-masing sama dan sebanding dengan (s, a) [9].

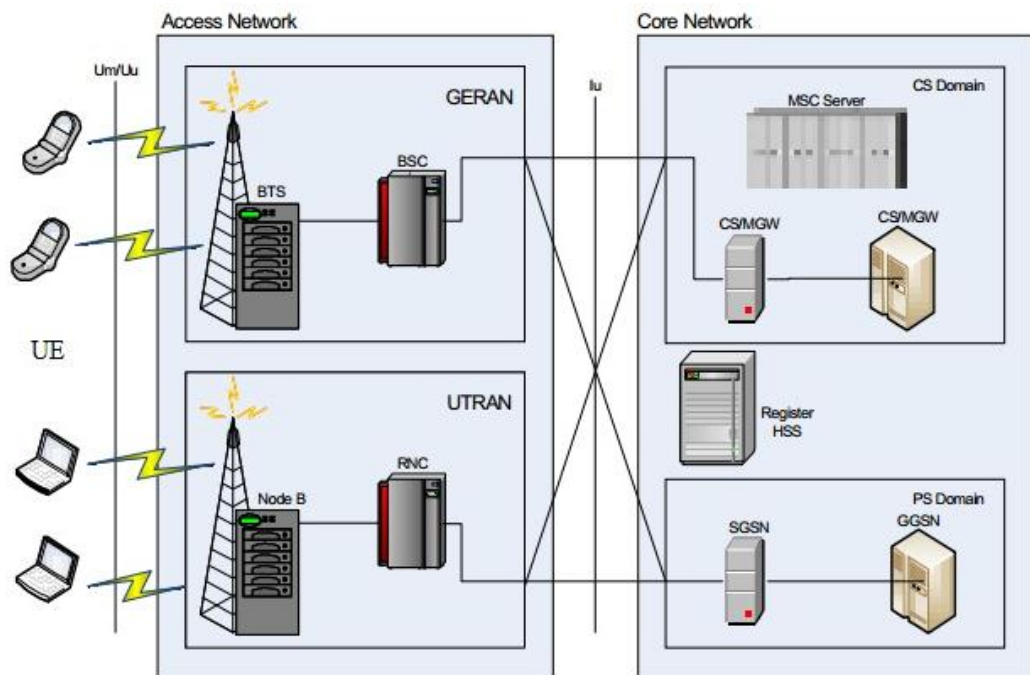
2.10. High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)

High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) adalah suatu teknologi dalam system telekomunikasi yang dikeluarkan oleh 3GPP dan merupakan teknologi 3,5G. HSDPA mempunyai layanan berbasis paket data di WCDMA downlink dengan data *rate* mencapai 14,4 Mbps dan *bandwidth* 5 MHz pada WCDMA *downlink* pada jenis layanan *streaming*, dimana layanan data ini lebih banyak pada arah *downlink* daripada *uplink*.

Selain dapat meningkatkan kecepatan transfer data, ada beberapa kelebihan dari HSDPA yaitu ;

1. *High Speed Downlink Shared Channel* (HS DSCH), dimana kanal tersebut dapat digunakan secara bersama-sama dengan pengguna lain.
2. *Transmission Time Interval* (TTI) yang lebih pendek yaitu 2 ms sehingga kecepatan transmisi pada layer fisik dapat lebih cepat
3. Menggunakan teknik penjadwalan atau *scheduling* yang cepat
4. Menggunakan *Adaptive Modulation and Coding* (AMC)
5. Menggunakan *fast Hybrid Automatic Response Request* (HARQ)

2.10.1 Skema struktur jaringan HSDPA



Gambar 2.7 Skema Struktur Jaringan HSDPA [14].

Keterangan Elemen pada struktur jaringan HSDPA sebagai berikut:

1. UE (*unit Equipment*) merupakan perangkat atau terminal pada sisi pelanggan yang berupa headset untuk mengirim dan menerima informasi.
2. Node B (*Base Transceiver Station*) merupakan perangkat untuk mengkonversikan aliran data antara interface Uu dan Iu, juga berperan dalam *radio resource management*.
3. RNC (*Radio Network Controller*) di GSM disebut BSC : bertanggung jawab untuk mengontrol sumber radio dalam jaringan (satu atau lebih Node B terhubung ke RNC). Suatu RNC yang dengan beberapa Node B membentuk *Radio Network Subsystem (RNS)*.

4. *Core Network*, terdiri dari dua bagian yaitu SGSN dan GGSN dengan penjelasan sebagai berikut :
- a. *Serving GPRS Support Node* (SGSN) berfungsi sama halnya seperti MSC/VLR tetapi secara khusus digunakan untuk pelayanan *Packet Switched* (PS)
 - b. *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) berfungsi sama halnya seperti GMSC tetapi berhubungan dengan pelayanan-pelayanan *Packet Switched* (PS)

Untuk mengimplementasikan HSDPA, tiga kanal baru ditambahkan pada platform WCDMA. Terdiri atas *High Speed Downlink Shared Channel* (HS-DSCH), *High Speed Shared Control Channel* (HS-SCCH), dan *Uplink High Speed Dedicated Physical Control Channel* (HS-DPCCH). *High Speed Downlink Shared Channel* (HS-DSCH) disediakan sebagai kanal *sharing* baru untuk membawa beberapa DCH (*Dedicated Transport Channel*) dalam satu frekuensi. Kanal *transport* dituntut mampu membawa data yang besar secara efisien untuk memberikan *data rate* yang tinggi. Data dimultipleks dalam *domain* waktu dan dikirim dalam beberapa TTI (*Transmission Time Interval*). Setiap TTI terdiri atas 3 slot waktu yang masing-masing 2 ms. Digunakan konstan SF (*Spreading Factor*) 16 untuk proses *code multiplexing* sehingga tersedia 15 kanal paralel. Kanal tersebut dapat diberikan untuk satu pengguna sepanjang TTI atau dibagi dengan beberapa pengguna tergantung beban sel, kebutuhan QoS (*Quality of Services*), dan kemampuan UE (*User Equipment*). *High Speed Shared Control Channel* (HS-SCCH) HS-SCCH digunakan untuk menandai jenis informasi sebelum penjadwalan TTI seperti *Channelization Code Set*, 8 skema modulasi,

ukuran *transport block*, dan informasi protokol HARQ. *Channelization Code Set* dan skema modulasi merupakan parameter kritis karena menunjukkan kode-kode paralel HS-DSCH yang diminta UE dan jenis modulasi yang dipakai pada pengiriman berikutnya (QPSK atau 16 QAM). Jika informasi tersebut tidak diterima sebelum pengiriman TTI, data akan ditahan hingga UE mengenali parameter tersebut. Oleh karena itu parameter kritis dikirim di awal (pada 0,667 ms slot HS-SCCH). *High Speed Uplink Dedicated Physical Control Channel* (HS-DPCCH). HS-DPCCH bertanggung jawab dalam proses *uplink* yaitu pengiriman ACK (*acknowledgement*) dan NACK (*negative acknowledgement*) untuk memberitahu status suatu paket data yang dikirim serta CQI (*Channel Quality Indicator*). Nilai bit digunakan untuk memilih skema modulasi dan coding yang sesuai untuk pengiriman selanjutnya, dari QPSK dengan *turbo code* $R=1/4$ hingga 16-QAM dengan *turbo code* $R=3/4$. Termasuk memilih untuk tidak melakukan pengiriman jika kondisi kanal buruk [10].

2.10.2. *Signal to Noise Ratio*

Signal to Noise merupakan perbandingan antara daya yang diterima oleh penerima terhadap noise yang timbul pada saat proses propagasi.

$$SNR = Pr - N_0 \quad (2.9)$$

Dengan

SNR : *signal to noise ratio*

Pr : daya yang diterima oleh penerima (dBm)

N_0 : daya noise pada saluran transmisi (dBm)

Dengan rumus mencari Pr adalah

$$Pr = Pt + Gt - Gr - PL - Gkt - Gkr \quad (2.10)$$

Pt : Level Daya pancar (dBm)

Gt : *Gain antenna* (dBi)

Gr : *Gain antenna* UE (dBi)

PL : Pathloss (dB)

Gkt : redaman kabel sisi BS (dB)

Gkr : redaman kabel sisi UE (dB)

Rumus mencari pathloss menurut model propagasi *Walfish-Ikegami*

$$PL = 42,6 + 26 \log d + 20 \log f \quad (2.11)$$

d : jarak antara *transmitter* BS dengan *receiver* UE (KM)

f : frekuensi kerja (Hz) [11].

Tabel 2.2 Parameter Perhitungan daya terima [11]

Parameter	Value
Operation Frequency	1800 MHz
Duplex	FDD
Bandwidth	5 MHz
Modulation Techique	16-QAM, 64-QAM
BS Height	50 meter
MS Height	1 meter

BS max Power Amplifier Power	46 dBm
Mobile Terminal Power Amplifier Power	23 dBm
BS antenna Gain	18 dBi
MS antenna Gain	0 dBi

2.10.3 Bit Error Rate

Bit Error Rate atau yang disebut juga probabilitas bit salah adalah peluang besarnya bit salah yang mungkin terjadi selama proses pengiriman data.

Probabilitas bit salah ini dipengaruhi oleh jenis modulasi, bit rate pada modulasi yang digunakan, dan *Energy Bit To Noise Ratio* (E_b/N_0) pada sistem.

a. Bit rate

Bit rate pada modulasi adalah kecepatan pengirim informasi melalui media transmisi.

$$R = 2B \times \log_2 n \quad (2.12)$$

Dengan;

n : banyaknya bit pada suatu jenis modulasi

B : *bandwidth* ja ringan yang dipergunakan (Hz)

R : *bit rate* (bps)

b. Energy Bit to Noise Ratio

Energy Bit to Noise Ratio adalah perbandingan energy sinyal per bit terhadap noise.

$$\frac{E_b}{N_0} = SNR - 10 \log \frac{B}{R} \quad (2.13)$$

Jadi nilai dari probabilitas bit salah dapat diperoleh dari perhitungan yang dilakukan berdasarkan modulasi sinyal yang digunakan.

c. Modulasi 16QAM

Pada QAM amplitude dan fasa sinyal *carrier* berubah terhadap perubahan amplitudo sinyal informasi. Pada modulasi ini terdapat 4 bit tiap simbolnya.

$$P_{b,M-QAM} = \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M}\log_2(M)} X \operatorname{erfc} X \left(\sqrt{\frac{3 \log_2(M)}{2(M-1)}} X \frac{E_b}{N_0} \right) \quad (2.14)$$

Dengan:

$P_{b,M-QAM}$: probabilitas bit salah pada modulasi QAM

M : jumlah sinyal, untuk modulasi 16-QAM nilai $M = 2^4 = 16$

d. Modulasi 64 QAM

Pada modulasi ini terdapat 6 bit tiap simbolnya

$$P_{b,M-QAM} = \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M}\log_2(M)} X \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{3 \log_2(M)}{2(M-1)}} X \frac{E_b}{N_0} \right) \quad (2.15)$$

$P_{b,M-QAM}$: probabilitas bit salah pada modulasi QAM

M : jumlah sinyal untuk modulasi 64 QAM nilai $M = 2^6 = 64$ [12].

e. Probabilitas Packet loss pada Node – Node HSDPA

Probabilitas packet loss pada RAN (nodeN dan RNC), *core network* (SGSN dan GGSN) serta pada BMSC dapat dihitung dari probabilitas *Bit Error Rate* (BER) di jaringan tersebut dengan persamaan berikut

$$\rho_{node} = (l + l') \rho_b \quad (2.16)$$

Dengan

I = panjang paket data (bit)

I = panjang header (bit)

ρ_b = *Bit Error rate* (BER) [13].

2.3. Tabel Standar *Packet Loss* Berdasarkan TIPHON
(*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) [14].

Packet Loss(%)	Kualitas
$0 \leq \rho < 3$	Sangat Baik
$3 \leq \rho < 15$	Baik
$15 \leq \rho \leq 25$	Sedang
$\rho > 25$	Buruk