



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EE 184801
Analisis Kinerja Komunikasi *Wireless Fidelity* (WiFi)
pada *Keypoint* dalam Sistem SCADA dengan *Network*
***Simulator* (NS) 2.35**

Muhammad Adhi Utama
NRP 0711154000040

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.
Dwi Arya Yudha

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

-halaman ini sengaja dikosongkan-



TUGAS AKHIR - EE 184801
Analisis Kinerja Komunikasi *Wireless Fidelity* (WiFi)
pada *Keypoint* dalam Sistem SCADA dengan *Network Simulator* (NS) 2.35

Muhammad Adhi Utama
NRP 0711154000040

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.
Dwi Arya Yudha

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

-halaman ini sengaja dikosongkan-



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - EE 184801
Performance Analysis of Wireless Fidelity (WiFi)
Communication on Keypoint in SCADA System with
Network Simulator (NS) 2.35

Muhammad Adhi Utama
NRP 0711154000040

Lecture Advisor
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.
Dwi Arya Yudha

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

-halaman ini sengaja dikosongkan-

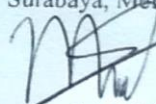
PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Analisis Kinerja Komunikasi *Wireless Fidelity* (WiFi) pada Keypoint dalam Sistem SCADA dengan *Network Simulator* (NS) 2.35**” adalah benar-benar karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Mei 2019



Muhammad Adhi Utama

-halaman ini sengaja dikosongkan-

**Analisis Kinerja Komunikasi *Wireless Fidelity* (WiFi)
pada *Keypoint* dalam Sistem SCADA dengan
Network Simulator (NS) 2.35**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia

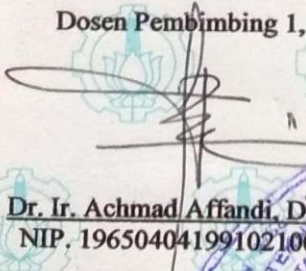
Departemen Teknik Elektro

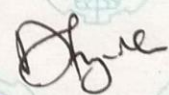
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,


Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
NIP. 196504041991021001


Dwi Arya Yudha
NIP. 8006210Z



-halaman ini sengaja dikosongkan-

Analisis Kinerja Komunikasi *Wireless Fidelity* (WiFi) pada *Keypoint* dalam Sistem SCADA dengan Network Simulator (NS) 2.35

Nama : Muhammad Adhi Utama
Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.
Dosen Pembimbing II : Dwi Arya Yudha

Abstrak

PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Jawa Timur (Disebut PLN UID Jatim) merupakan salah satu unit distribusi PLN dalam melayani sistem kelistrikan pelanggan di wilayah kerja Jawa Timur. Sistem SCADA pada PLN Dist. Jatim merupakan ranah kerja dari Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) baik dari sisi perencanaan, pembangunan hingga operasi. Media Telekomunikasi yang digunakan terdapat dua karena berkaitan dengan jenis remote station yang digunakan. Remote Station pada Gardu Induk (GI) menggunakan komunikasi Serat Optik sedangkan pada *Keypoint* menggunakan komunikasi nirkabel berbentuk modem GSM yang mana memiliki kelemahan dengan ketergantungan pada layanan provider.

Pada penelitian dilakukan pemodelan dan simulasi sistem jaringan komunikasi WiFi pada sistem SCADA di *keypoint* dengan menggunakan simulator NS-2.35 dan parameter yang disesuaikan. Pemodelan menggunakan *domain* dan *cluster* menyesuaikan dengan simulator NS-2.35 yang mana akan didapatkan skrip *.tcl* berisi skrip utama, skrip lokasi *keypoint*, dan skrip koneksi paket. Selanjutnya akan dilakukan analisis kinerja komunikasi dengan menggunakan skrip *.awk* berupa *Average Delay*, *Packet Delivery Ratio (PDR)*, dan *Throughput*.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kemampuan transmisi 800 m nilai PDR tertinggi yakni berkisar pada 98% sesuai standar IEEE Std. 37-1:2007, kecuali pada ULP Ngagel. Pada *average delay* pada setiap ULP memenuhi standar SPLN S3.001:2008 yakni dibawah 3 detik. Namun untuk *throughput* memiliki nilai yang lebih dari standar 0.75 dari bandwidth *link* sebesar 1 Mb.

Kata Kunci: NS-2, , SCADA, Otel, *keypoint*, WiFi

-halaman ini sengaja dikosongkan-

Performance Analysis of Wireless Fidelity (WiFi) Communication on Keypoint in SCADA System with Network Simulator (NS) 2.35

Nama : Muhammad Adhi Utama
Supervisor I : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.
Supervisor II : Dwi Arya Yudha

Abstract

PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi East Java (called PLN UID East Java) is one of the PLN distribution units in serving the customer's electricity system in the East Java work area. SCADA system at PLN Dist. East Java is the work area of the Distribution Regulatory Implementation Unit (UP2D) in terms of planning, development and operations. Telecommunications media used there are two because it relates to the type of remote station used. The Remote Station at the Substation (GI) uses Optical Fiber communication while the *Keypoint* uses wireless communication in the form of a GSM modem that depended on provider services.

In the research modeling and simulation of SCADA communication network system at *keypoint* using NS-2 simulator and adjusted parameters. Modeling method use domain and cluster based on NS-2.35 which will get a *.tcl* script as main script, *keypoint* location script and packet connection script. Next, an analysis of communication performance will be carried out using the *.awk* script in the form of *Average Delay*, *Packet Delivery Ratio (PDR)*, and *Throughput*.

Simulation results show that at 800 m transmission capability the highest PDR value is around 98% after the IEEE Std standard. 37-1: 2007, except for ULP Ngagel. The average delay for each ULP meets the SPLN S3.001: 2008 standard, which is under 3 seconds. But for throughput the value is more than the standard 0.75 of the bandwidth link of 1 Mb

Keyword: NS-2, SCADA, Otc1, *keypoint*, WiFi

-halaman ini sengaja dikosongkan-

KATA PENGANTAR

Puji Syukur yang sebesar-besarnya yang penulis panjatkan kehadirat Allah swt. Yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Analisis Kinerja Komunikasi Wireless Fidelity (WiFi) pada Keypoint dalam Sistem SCADA dengan Network Simulator (NS) 2.35**. Tugas Akhir yang mempunyai beban 6 SKS ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi S1 pada Fakultas Teknologi Elektro (FTE) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Melalui kegiatan ini mahasiswa dapat melakukan kegiatan laporan yang bersifat penelitian ilmiah dan menghubungkannya dengan teori yang selama ini dipelajari dalam masa perkuliahan.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yaitu kepada :

1. Bapak dan Ibu orang tua saya yang selalu mendoakan yang terbaik bagi saya untuk menyelesaikan masa perkuliahan S1 dengan sebaik-baiknya.
2. Bapak Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA. dan Bapak Dwi Arya Yudha. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Elektro yang telah memberikan materi perkuliahan selama kurang lebih 8 semester, serta memberikan saran di dalam ujian Tugas Akhir.
4. Bapak, Ibu, dan rekan-rekan UP2D yang telah membantu dalam mempelajari sistem SCADA secara *real* di lapangan.
5. Teman-teman tim SCADA yang telah membantu dalam memberikan pengetahuan teoritis maupun praktis terkait SCADA.
6. Teman-teman e55 yang memberikan bantuan informasi maupun dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Besar harapan penulis bahwa buku Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Fakultas Teknologi Elektro pada khususnya.

Surabaya, Mei 2019
Penulis

-halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	vii
Abstrak	xi
Abstract	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metodologi	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi	5
BAB 2 DASAR TEORI	7
2.1 <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> (SCADA).....	7
2.1.1 Perangkat Antarmuka Lapangan.....	8
2.1.2 Jaringan Komunikasi	9
2.2 Sistem Distribusi Listrik.....	12
2.3 PLN Unit Distribusi	13
2.3.1 PLN Unit Pengatur Pelaksana Distribusi (UP2D)	13
2.3.2 SCADA UP2D Jawa Timur.....	15
2.4 Network Simulator 2 (NS-2)	21
2.4.1 Cygwin	21
2.4.2 Penggunaan Skrip Object-oriented Tool Command Language (OTcl)	22
2.4.3 NS-2 Trace File	24
2.5 AWK	25
2.6 Jaringan ad-hoc.....	25
2.6.1 <i>Destination-Sequenced Distance Vector</i> (DSDV)	26
2.7 Proyeksi <i>Equiangular</i>	27

2.8	Kinerja Jaringan	28
2.8.1	<i>Packet Delivery Ratio</i> (PDR)	28
2.8.2	<i>Average Delay</i>	28
2.8.3	<i>Throughput</i>	29
BAB 3 DESAIN DAN PERANCANGAN SIMULASI.....		31
3.1	Identifikasi Keypoint	32
3.1.1	Data <i>Keypoint</i>	32
3.1.2	Perancangan Koordinat <i>x</i> dan <i>y</i> pada <i>Keypoint</i>	33
3.2	Pemodelan Sistem SCADA	33
3.2.1	<i>Domain</i>	34
3.2.2	<i>Cluster</i>	34
3.3	Penulisan Skrip Model Simulasi	35
3.3.1	Skrip Koordinat Lokasi	35
3.3.2	Skrip Sistem SCADA	36
3.3.3	Skrip <i>KoneksiData.tcl</i>	37
3.4	Simulasi Sistem	37
3.5	Perancangan Analisis	37
3.5.1	<i>Packet Delivery Ratio</i> (PDR)	38
3.5.2	<i>Average Delay</i>	38
3.5.3	<i>Average Throughput</i>	38
BAB 4 HASIL DAN ANALISIS		39
4.1	Koordinat Lokasi <i>Keypoint</i> dalam (<i>x,y</i>)	39
4.2	Pemodelan Sistem SCADA dalam Simulator	40
4.2.1	Pemodelan <i>domain</i> dan <i>cluster</i>	40
4.2.2	Jarak Transmisi	41
4.3	Simulasi Sistem	41
4.3.1	Hasil Topologi pada <i>.nam file</i>	42
4.3.2	Hasil <i>traceFile.tr</i>	45
4.4	Analisis Kinerja pada Simulasi	45
4.4.1	<i>Packet Delivery Ratio</i> (PDR)	45
4.4.2	<i>Average Delay</i>	49
4.4.3	<i>Throughput</i>	52

BAB 5 PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN Daftar Singkatan	61
LAMPIRAN Daftar Lokasi <i>Keypoint</i> UP3 Surabaya Selatan	63
LAMPIRAN Koordinat x,y <i>Keypoint</i>	71
LAMPIRAN Skrip Simulasi	79
LAMPIRAN Skrip AWK	88
LAMPIRAN Instalasi Cygwin dan NS-2.35	93
LAMPIRAN Konfigurasi Network Simulator 2.35 untuk Sistem SCADA	95
LAMPIRAN Proposal Tugas Akhir	99
BIODATA PENULIS	101

-halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi <i>keypoint</i> dalam Aplikasi <i>Google Earth</i>	3
Gambar 2.1 Konfigurasi Umum SCADA	8
Gambar 2.2 RTU I/O Advantech	9
Gambar 2.3 Arsitektur SCADA Generasi Pertama (monolitik)	10
Gambar 2.4 Sistem SCADA Generasi kedua (Terdistribusi).....	11
Gambar 2.5 Sistem Kelistrikan PLN.....	12
Gambar 2.6 Wilayah Kerja UP2D Jawa Timur.....	14
Gambar 2.7 Konfigurasi Umum SCADA UP2D Jatim.....	16
Gambar 2.8 Konfigurasi Master Station	16
Gambar 2.9 Keypoint.....	19
Gambar 2.10 Kubikel Gardu Induk.....	20
Gambar 2.11 Logo NS-2.....	21
Gambar 2.12 Logo cygwin.....	22
Gambar 2.13 Contoh OTcl Script NS-2	24
Gambar 2.14 Cuplikan <i>Trace File</i>	24
Gambar 2.15 Kolom pada <i>Trace File</i>	24
Gambar 2.16 Model Jaringan ad-hoc	26
Gambar 2.17 <i>Routing Table</i> dari DSDV	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 3.2 Pengelompokan Sistem SCADA.....	34
Gambar 3.3 Topologi Pemodelan Sistem SCADA	35
Gambar 3.4 Penulisan Skrip Koordinat Lokasi <i>Keypoint</i>	35
Gambar 3.5 Perintah untuk <i>Rx Threshold</i> pada <i>threshold.cc</i>	37
Gambar 4.1 Skrip OTcl Parameter Sistem SCADA.....	40
Gambar 4.2 Pemodelan Sistem SCADA dalam OTcl	41
Gambar 4.4 Skrip untuk Menentukan Jarak Transmisi	41
Gambar 4.5 Perintah pemanggilan skrip pendukung sistem SCADA ...	42
Gambar 4.6 Topologi ULP Ngagel	42
Gambar 4.7 Topologi ULP Rungkut.....	43
Gambar 4.8 Topologi ULP Darmo Permai	43
Gambar 4.9 Topologi ULP Gedangan.....	44
Gambar 4.10 Topologi ULP Dukuh Kupang	44
Gambar 4.11 Cuplikan <i>trace file</i> ULP Ngagel jarak transmisi 1250 m	45
Gambar 4.12 Event <i>Packet Drop</i>	49
Gambar 4.13 Nilai PDR masing-masing ULP	49
Gambar 4.14 <i>Average Delay</i> pada masing-masing ULP.....	52
Gambar 4.15 Throughput pada masing-masing ULP.....	53

-halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Cuplikan Daftar Lokasi <i>Keypoint</i> UP3 SBS.....	32
Tabel 3.2 Parameter Sistem SCADA	33
Tabel 3.3 Nilai <i>Rx Threshold</i> berdasarkan Jarak.....	36
Tabel 3.4 Pendefinisian Kolom <i>trace file</i> pada <i>.awk</i>	38
Tabel 4.1 Cuplikasi koordinat x dan y <i>Keypoint</i>	39
Tabel 4.2 PDR pada setiap ULP	46
Tabel 4.3 <i>Average Delay</i> pada Setiap ULP	50
Tabel 4.4 <i>Throughput</i> pada setiap ULP	53

-halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, perumusan masalah yang dihadapi, batasan permasalahan, tujuan, metodologi penulisan, sistematika penulisan, dan relevansi

1.1 Latar Belakang

PT. PLN (Persero) atau PLN merupakan salah satu BUMN Indonesia dalam bidang kelistrikan. Visi dari PLN adalah menjadi perusahaan kelas dunia yang bertumbuh kembang, unggul dan terpercaya. Salah satu orientasi PLN adalah kepuasan pelanggan. Unit Distribusi dalam struktur organisasi PLN merupakan salah satu unit yang paling dekat perannya dalam melayani sistem kelistrikan di masyarakat secara langsung. Oleh karena itu, Unit Distribusi dalam proses bisnis PLN dituntut untuk bisa menyediakan layanan listrik yang handal dengan nilai SAIDI dan SAIFI yang kecil.

Adanya perkembangan teknologi industri untuk meningkatkan kualitas pelayanan kepada pelanggan, PLN menggunakan sistem SCADA di semua unitnya termasuk unit distribusi, khususnya untuk meningkatkan keandalan layanan listrik kepada masyarakat. SCADA membantu proses *monitoring* dan kontrol secara jarak jauh oleh unit distribusi yang mana disebut dengan fungsi *telemeter*, *telestatus*, dan *telecontrol*.

PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Jawa Timur (Disebut PLN UID Jatim) merupakan salah satu unit distribusi PLN dalam melayani sistem kelistrikan pelanggan di wilayah kerja Jawa Timur. Dalam struktur organisasinya, UID membawahi dua Unit Pelaksana, yakni Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) dan Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D). Dalam melaksanakan tugasnya melayani pelanggan secara langsung UP3 membawahi Unit Layanan Pelanggan (ULP) untuk memastikan bahwa pelanggan terlayani sistem kelistrikan oleh PLN. Koordinasi dari ketiga unit ini diperlukan untuk operasional Sistem SCADA.

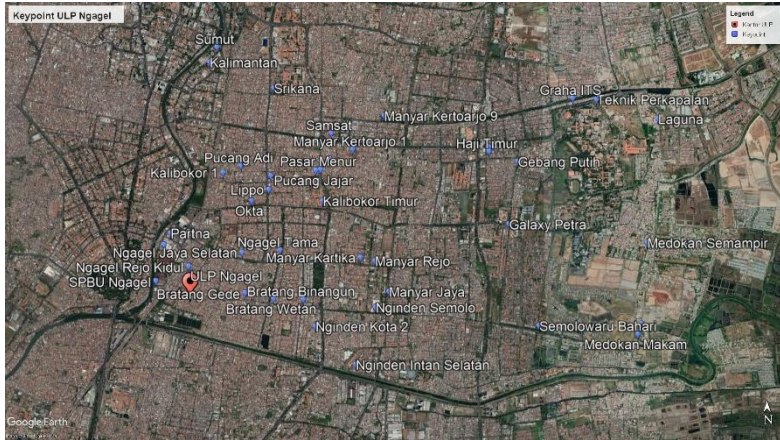
Sistem SCADA pada PLN UID Jatim merupakan tugas pokok dan fungsi dari Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) baik dari sisi perencanaan, pembangunan hingga operasi. Sistem SCADA terbagi menjadi tiga bagian utama yakni *Master Station*, Media Telekomunikasi,

dan *Remote Station*. Setiap komponen SCADA ini memiliki tugas dan fungsi masing-masing yang penting. Dalam sistem kelistrikan, Unit Distribusi memiliki dua *substation*, yakni Gardu Induk (GI) dan *keypoint*. Kedua *substation* ini merupakan bagian *remote station* dalam sistem SCADA.

Kedua *substation* yang lokasinya tersebar di wilayah kerja Unit Distribusi. Saat ini (data Oktober 2018) terdapat lebih dari 140 Gardu Induk dan 1800 *keypoint* tersebar di seluruh Jawa Timur. Operasional *keypoint* berdasarkan SOP yang dimiliki oleh UID Jawa Timur adalah wewenang dari pihak ULP. Sebagai contoh adalah *keypoint* pada ULP Darmo Permai yang ditunjukkan oleh Gambar 1.1. Terdapat 41 *keypoint* dalam ULP Darmo Permai yang telah terintegrasi SCADA, yang mana letaknya tersebar dalam sistem kelistrikan PLN. Sistem SCADA diharapkan mampu membantu kegiatan pemeliharaan maupun operasional kedua *substation* walaupun lokasinya tersebar.

Media komunikasi yang digunakan oleh kedua *substation* juga berbeda. Dalam komunikasi menuju Gardu Induk, UP2D Jatim menggunakan layanan dari anak perusahaan PLN yakni Icon+ yang menyediakan infrastruktur *fiber optic* menuju seluruh gardu induk 20 kV yang telah dibangun oleh PLN. Di sisi lain, komunikasi menuju *keypoint*, UP2D dibantu dengan Icon+ bekerja sama dengan *provider* GSM untuk mengirimkan data. Layanan GSM ini dibantu dengan menggunakan modem/ *router* yang mana akan disambungkan oleh *provider* untuk dikirim ke UP2D melalui kanal khusus yang telah disewa. Kelemahan dari layanan ini adalah bergantungnya sinyal dan kualitas layanan yang disediakan oleh *provider*, sehingga dapat terjadi kemungkinan tidak terjadi koneksi antara *Master Station* dan *Keypoint*.

Media komunikasi WiFi adalah media yang dapat digunakan oleh publik. WiFi merupakan nama standar yang telah disepakati bersama dalam IEEE 802.11. Salah satu syarat adalah kemampuan memancarkan dan menerima oleh perangkat WiFi dalam transmisi data. Kelebihan dari WiFi dibanding dengan jaringan GSM adalah infrastruktur yang lebih praktis untuk melakukan transmisi data, sehingga komunikasi WiFi ini lebih mudah dibangun. Di sisi lain, kemampuan transmisi oleh WiFi terbatas pada jarak, yang mana akan membutuhkan infrastruktur penguat sinyal untuk mendapatkan jarak transmisi yang lebih jauh. Oleh karena itu, maka diperlukan pemodelan sistem SCADA menggunakan media komunikasi WiFi untuk koneksi antara *Master Station* dan *keypoint* tersebar dengan kualitas transmisi yang efektif terhadap jarak transmisi.



Gambar 1.1 Lokasi *keypoint* dalam Aplikasi *Google Earth*

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana model jaringan komunikasi SCADA pada keypoint di ULP pada UP3 Surabaya Selatan PT. PLN (Persero) UID Jatim menggunakan WiFi?
2. Bagaimana keandalan komunikasi WiFi pada *keypoint* di ULP pada UP3 Surabaya Selatan PT. PLN (Persero) UID Jatim berdasarkan jarak transmisi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Posisi Keypoint berdasar pada data UP3 Surabaya Selatan PT. PLN UID Jawa Timur
2. Parameter wireless menggunakan IEEE 802.11 dengan frekuensi 2.94 GHz

1.4 Tujuan

Tujuan pada tugas akhir ini adalah untuk mengetahui keandalan penggunaan metode komunikasi WiFi pada sistem SCADA PLN Distribusi Jawa Timur, khususnya di ULP dalam UP3 Surabaya Selatan.

1.5 Metodologi

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir Analisis ini, metodologi penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Studi Pustaka
Dalam tahap studi literatur akan mempelajari sistem distribusi listrik dengan SCADA dan penelitian terkait dengan simulasi dengan *network simulator* (NS) 2.35.
2. Perancangan Simulasi Sistem
Tahap perancangan simulasi sistem yakni mengimplementasikan rancangan sistem pada simulator yang dipilih berdasarkan keadaan eksisting yakni *keypoint* sebagai node *source* dan kantor ULP sebagai *base station* lalu mengarahkan kepada UP2D sebagai *sink node*. Sistem pada simulator akan menggunakan parameter 802.11 atau WiFi.
3. Pengujian Sistem
Sistem yang telah dirancang akan dijalankan pengujian dengan simulator menggunakan variabel kontrol jarak kemampuan transmisi untuk mendapatkan QoS komunikasi
4. Analisis Hasil Pengujian
Data-data terkait kehandalan akan diolah untuk bisa disesuaikan dengan data-data eksisting penggunaan SCADA sehingga selanjutnya dapat dibandingkan
5. Penarikan Kesimpulan
Analisis hasil simulasi akan diberikan kesimpulan dari pola yang terlihat dalam grafik

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut

- Bab 1: Pendahuluan
Bagian pendahuluan berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, pembatasan masalah, dan metode penelitian yang digunakan, serta sistematika penulisan

- Bab 2: Dasar Teori
Pada bab ini berisi teori pendukung yaitu tentang Sistem Distribusi Listrik, SCADA, dan aplikasi simulator NS-2.
- Bab 3: Desain dan Perancangan Simulasi
Pada bab ini berisi langkah-langkah desain sistem yang akan menjadi bahan simulasi beserta dengan rancangan analisis simulasi.
- Bab 4: Hasil dan Analisis
Pada bab ini berisi hasil eksekusi desain dan perancangan model simulasi serta analisis kinerja komunikasi dari *traceFile* dari simulasi Sistem
- Bab 5: Penutup
Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran terhadap simulasi sistem SCADA menggunakan NS-2.35 dan hasil analisisnya

1.7 Relevansi

Hasil tugas akhir ini untuk mengetahui pemodelan penggunaan media komunikasi WiFi dalam sistem SCADA di UP3 Surabaya Selatan PLN UID Jawa Timur.

-halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB 2

DASAR TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai istilah-istilah serta materi dasar yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir.

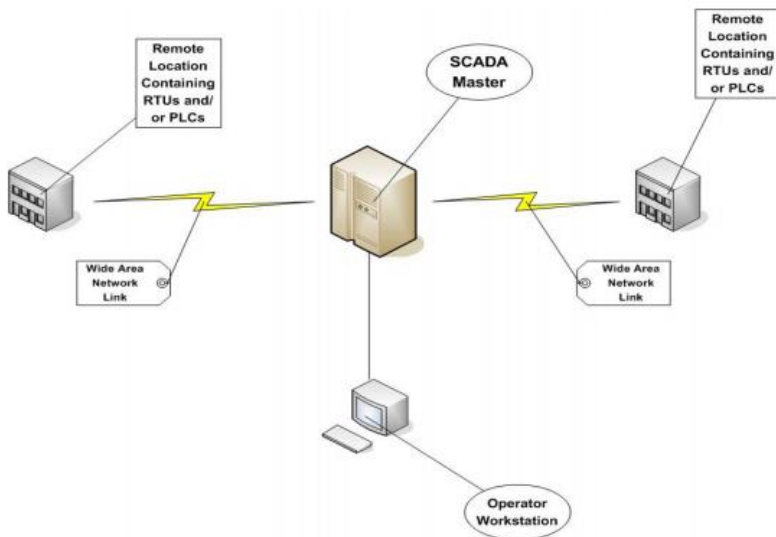
2.1 *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)*

Seiring dengan kemajuan teknologi informasi, salah satu layanan canggih yang dikaitkan dengan kemajuan teknologi informasi adalah adanya ketergantungan sektor swasta dan publik terhadap sistem SCADA. Tujuan mendasar dari Sistem SCADA adalah untuk mengendalikan (*control*), memantau (*Monitoring*) dan mengambil data (*Data Acquisition*) pada operasi tertentu, baik dalam taraf lokal ataupun remote jarak jauh. SCADA melakukan berbagai macam fungsinya seperti pengumpulan data, pengendalian, telekomunikasi, dan manajemen kerja perangkat untuk sistem pengoperasian yang lebih efektif dari infrastruktur berskala besar. Pekerjaan yang dilakukan jarak jauh ini berguna untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengendalian, operasi, dan manajemen infrastruktur fisik kritis. Sistem SCADA dan teknologi terkaitnya mampu menggantikan dan menggeser operator manusia dan kolektor data di banyak infrastruktur penting.

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) merupakan komunikasi yang merujuk pada sistem pertukaran data yang bekerja diantara perangkat lapangan (*Sensor, RTU*) dan *Master Station* [9]. Pertukaran data ini memungkinkan *Control Center* untuk mengakses data lapangan secara real time untuk menilai keadaan sistem. Di sisi lain, pertukaran data ini juga menyalurkan perintah kendali dari pusat kendali menuju ke alat tertentu yang akan dikontrol untuk mendapatkan sistem yang lebih stabil dan aman.

Pada awalnya, pertukaran data dalam SCADA menggunakan media komunikasi *Public Switch Network (PSN)* untuk tujuan pemantauan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi, SCADA menggunakan infrastruktur komunikasi *Local Area Network (LAN)* bahkan *Wireless Area Network (WAN)*. Secara umum sistem SCADA terdiri atas:

- Perangkat antarmuka di lokasi pengambilan data yang bekerja sebagai sensor dan aktuator lapangan, umumnya berupa RTU atau *Programmable Logic Control* (PLC)
- Sistem komunikasi data antara perangkat antarmuka di lapangan dan unit pengendali serta komputer pusat SCADA. Sistem komunikasi dapat berupa kabel (serat optik, kabel pilot) maupun nirkabel (radio, WiFi, satelit) atau kombinasi antar keduanya
- Komputer server
- *Human Machine Interface* (HMI) sebagai perangkat lunak yang telah memenuhi standar untuk menampilkan layanan SCADA baik dari operasional SCADA maupun pembangunan sistem



Gambar 2.1 Konfigurasi Umum SCADA

2.1.1 Perangkat Antarmuka Lapangan

Perangkat antarmuka ini sebagai “mata” dan “telinga” dalam sistem SCADA. Perangkat seperti *water flow meter*, *load breaking switch*

motorize, power meter menjadi perangkat antarmuka yang mengirimkan data-data sensor yang ada pada kondisi sistem di lapangan. Di sisi lain, terdapat perangkat *circuit breaker*, katup elektrik, modul aktuator yang bertindak sebagai “tangan” dari sistem SCADA untuk melakukan pekerjaan otomatisasi dari sebuah sistem. Namun, sebelum data-data sensor maupun perintah kendali berlaku dalam sistem perlu informasi yang dapat dimengerti oleh setiap perangkat sensor maupun aktuator tersebut. Dalam sistem SCADA, RTU bertindak sebagai perangkat antarmuka yang mampu menjadi jembatan penghubung informasi data-data sensor maupun perintah kendali sehingga informasi yang diberikan tidak salah. RTU akan memberikan sinyal elektrik kepada perangkat antarmuka lapangan maupun ke komputer pusat dalam bahasa komunikasi yang telah disepakati atau disebut juga dengan istilah protokol komunikasi.



Gambar 2.2 RTU I/O Advantech

2.1.2 Jaringan Komunikasi

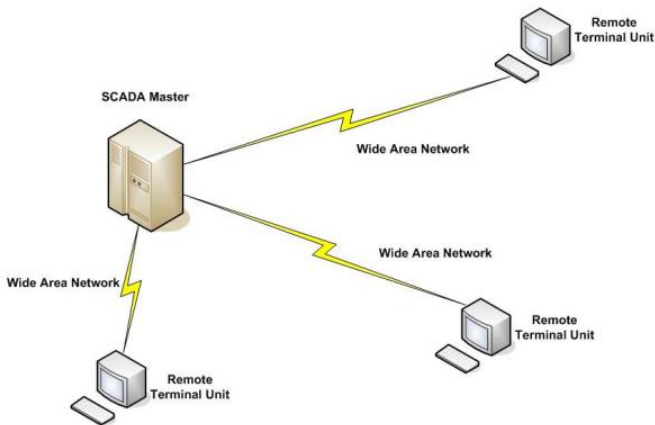
Jaringan komunikasi merupakan perangkat penghubung yang melayani pertukaran data antara komputer pusat (*server*) dan perangkat antarmuka (RTU). Media komunikasi yang digunakan dapat berupa kabel maupun nirkabel. Pada mulanya, komunikasi yang digunakan berupa kabel untuk sistem SCADA yang ada dalam sebuah pabrik, lalu berkembang menggunakan kabel telepon yang mana lebih efisien jika

digunakan untuk kondisi lapangan yang lebih luas jangkauannya. Namun, kelemahan penggunaan kabel terkendala pada kondisi geografis dan biaya perawatan yang tinggi, sehingga akan menjadi sulit jika diimplementasikan pada sistem yang lokasinya tersebar jauh dari pusat kendal. Oleh karena itu digunakan media nirakabel berupa radio.

Perkembangan jaringan komunikasi tidak berhenti secara fisik namun juga secara konfigurasi jaringannya[5]. Awalnya penggunaan jaringan komunikasi secara terpusat langsung pada satu komputer, pada perkembangannya dibangun sistem kombinasi jaringan LAN (pada pusat kendali) dan WAN untuk operasional maupun pengembangan sistem SCADA oleh lebih dari satu *user*, sehingga manajemen, operasional hingga pembengan sistem SCADA dapat berjalan secara berkelanjutan.

2.1.2.1 Arsitektur Jaringan

Arsitektur jaringan komunikasi dalam sistem SCADA mengalami perkembangan seiring dengan perkembangan teknolgoi komunikasi. Dalam perkembangannya dapat dibagi menjadi tiga generasi:



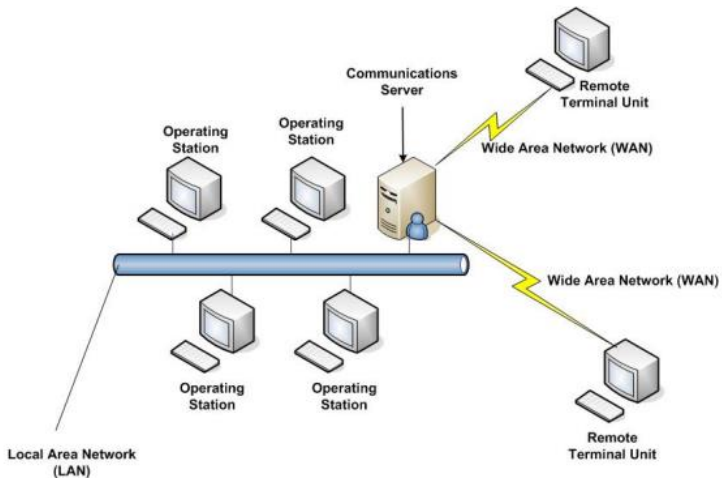
Gambar 2.3 Arsitektur SCADA Generasi Pertama (monolitik)

a. Sistem SCADA Satu Pusat (monolitik)

Sistem SCADA satu pusat ini menggunakan satu sistem terpusat *stand-alone*, sehingga sistem SCADA ini berdiri sendiri tanpa ada hubungan dengan sistem yang lain. Sistem ini mengakibatkan fungsi SCADA yang terbatas untuk satu sistem saja dan biaya pembangunan sistem akan lebih besar karena harus membangun dari awal. Di sisi lain untuk kepentingan *backup* maka diperlukan satu komputer yang sama dengan komputer server yang digunakan

b. Sistem SCADA Terdistribusi

Sistem SCADA terdistribusi mengenal teknologi LAN sehingga penggunaan satu sistem SCADA dapat terhubung dengan satu sistem yang lain. Selain itu, dengan teknologi LAN ini satu sistem SCADA dapat dioperasikan oleh lebih dari satu *user* yang mana memiliki tanggung jawab masing-masing yang berbeda. Penggunaan sistem SCADA terdistribusi ini lebih efektif daripada sistem monolitik karena dapat melakukan lebih dari satu pekerjaan dalam satu sistem yang sama. Konsekuensi dari sistem ini perlu dilakukan manajemen lalu lintas data pada LAN sehingga pengaruh antar *user* dapat dikendalikan.

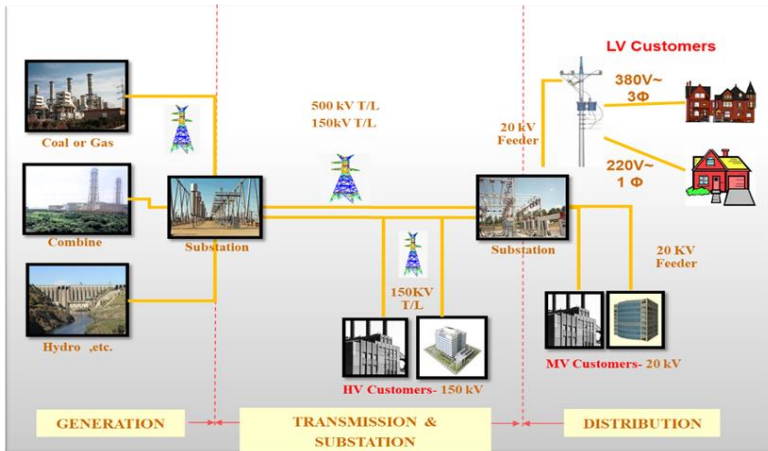


Gambar 2.4 Sistem SCADA Generasi kedua (Terdistribusi)

Berdasarkan IEEE Std.37.1-2007 [9] mengenai kanal yang digunakan menyatakan bahwa kapasitas maksimal link yang digunakan adalah 0.75 dari kapasitas maksimal link komunikasi. Sedangkan mengenai transaksi data, nilai kegagalan transaksi data maksimal sebesar 2,5%.

2.2 Sistem Distribusi Listrik

Sistem Distribusi merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sehingga sampai kepada konsumen untuk dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 2.5 Sistem Kelistrikan PLN

Pada Gambar 2.5, dijelaskan bahwa tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan

lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan, yakni dalam pelayanan secara langsung kepada pelanggan PLN.

2.3 PLN Unit Distribusi

PLN Unit Distribusi adalah unit bagian dari struktur organisasi PLN yang bertanggung jawab dalam wilayah kerja sistem distribusi listrik. Unit distribusi bertanggung jawab penuh atas ketersediaan layanan listrik pelanggan setiap saat. Saat ini, PLN memiliki tujuh Unit Distribusi khusus untuk interkoneksi Jawa-Bali antara lain: PLN Distribusi Jakarta Raya; PLN Distribusi Jawa Barat; PLN Distribusi Banten; PLN Distribusi Jawa Tengah dan DIY; PLN Distribusi Jawa Timur; PLN Distribusi Bali; PLN Distribusi Lampung. Sedangkan pada luar Jawa, sistem distribusi merupakan tanggung jawab dari PLN Wilayah terkait.

Manajemen dalam Unit Distribusi merupakan tanggung jawab dari Unit Induk Distribusi (UID) yang mana dalam melaksanakan tugasnya dibantu oleh unit-unit dibawahnya yakni Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3), Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D), dan Unit Layanan Pelanggan (ULP).

2.3.1 PLN Unit Pengatur Pelaksana Distribusi (UP2D)

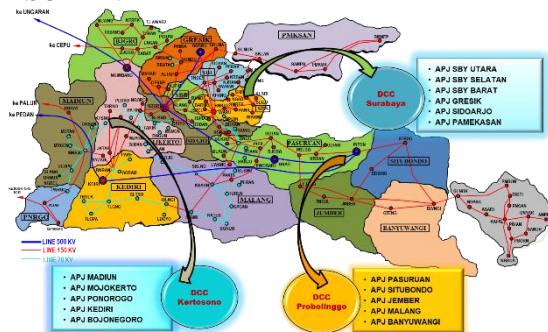
UP2D Jawa Timur merupakan unit dibawah Unit Distribusi yang bergerak di bidang operasi sistem kelistrikan 20 kV. Tugas utama UP2D adalah mendistribusikan tenaga listrik sistem 20 kV dari gardu induk sampai ke jaringan SUTM 20 kV beserta dengan pengaturan operasi sistem kelistrikan 20 kV, baik dari sisi pembebanan trafo, penyulang, dan kualitas tegangan. Seiring dengan perkembangan teknologi, UP2D menggunakan teknologi SCADA sehingga dapat melaksanakan tugas untuk monitor gangguan, beban penyulang, beban konsumen tegangan tinggi dan pemeliharaan rele proteksi dan MV Cell 20 kV serta peralatan

SCADA. Dalam menjalankan tugasnya UP2D menggunakan sistem *Distribution Control Center* (DCC), yakni dibuat pusat-pusat monitoring dan kendali untuk dilakukan fungsi operasinya. Tujuan menggunakan sistem DCC Sistem ini untuk:

- Mempercepat pemulihan pelayanan bagi konsumen yang jaringan listriknya mengalami gangguan,
- Memperkecil kWh hilang akibat terjadinya gangguan,
- Memantau performa jaringan untuk menyusun perbaikan atau pengembangan sistem,
- Mengusahakan optimasi pembebanan jaringan.

Dengan DCC diharapkan proses pemulihan atau penormalan kembali gangguan dapat diatasi dalam waktu yang singkat yang mana terkait dengan keandalan sistem kelistrikan PLN sendiri. Dalam tugas operasionalnya UP2D dibagi menjadi tiga wilayah kerja DCC, yaitu:

- Wilayah Barat berlokasi di Kertosono, Nganjuk. DCC Wilayah Barat berfungsi sebagai Dispatcher (operator sistem) pada 29 GI dan 393 *Keypoint* terintegrasi SCADA,
- Wilayah Tengah (Metro) berlokasi di Surabaya. DCC Wilayah Tengah berfungsi sebagai Master Station, Data Center, dan Dispatcher pada 49 GI dan 857 *Keypoint* terintegrasi SCADA,
- Wilayah Timur berlokasi di Leces, Probolinggo. DCC Wilayah Timur berfungsi sebagai Data Center dan Dispatcher pada 29 GI dan 408 *Keypoint* terintegrasi SCADA.



Gambar 2.6 Wilayah Kerja UP2D Jawa Timur

2.3.2 SCADA UP2D Jawa Timur

Telah dijelaskan sebelumnya, SCADA adalah sebuah singkatan yang memiliki kepanjangan pengawasan (*Supervisory*), pengendalian (*Control*), dan pengambilan data (*Data Acquisition*). Jadi SCADA adalah suatu sistem pengolahan data terintegrasi yang berfungsi mensupervisi, mengendalikan dan mendapatkan data lebih akurat secara *real time*. Definisi lain dari SCADA antara lain:

- SCADA adalah sistem yang dapat memonitor dan mengontrol suatu peralatan proses atau sistem dari jarak jauh secara real time. [SPLN 109-1: 1996]
- Sistem yang mengawasi dan mengendalikan peralatan proses yang tersebar secara geografis [IEC 60870-1-3]

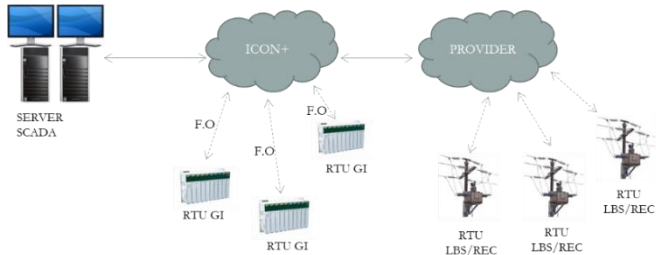
Secara umum SCADA memiliki tiga fungsi dasar yakni: Telestatus, Telemeter, dan Telekontrol.

- Telestatus adalah fungsi pemberitahuan mengenai kondisi sistem maupun segala perubahan yang terjadi pada sistem kepada pusat kontrol;
- Telemeter adalah fungsi pencatatan terhadap besaran fisis dalam jaringan (sistem)
- Telekontrol adalah fungsi pengoperasian terhadap peralatan-peralatan yang berada di lapangan dari pusat kontrol yang dilakukan oleh Dispatcher

Dalam lingkungan PT. PLN (Persero) standar dan aturan mengenai secara SCADA ditulis dalam Standar PLN (SPLN). Salah satunya adalah SPLN S3.001 tahun 2008 mengenai Peralatan SCADA Sistem Tenaga Listrik. Selain pada jaringan di PT. PLN (Persero) sebenarnya aplikasi SCADA ini telah dipergunakan untuk kepentingan lainnya seperti : operasional industri, pengaturan kecepatan gas, pendistribusian air minum, pengaturan lalu lintas kereta api dan penerbangan dari bandara, dan termasuk monitoring operasional pembangkit listrik serta pengaturan jaringan listrik pada area yang luas pada Perusahaan Listrik baik swasta atau Negara.

Sistem SCADA terdiri atas tiga komponen, yakni *Master Station*, *Media Komunikasi*, dan *Remote Station*. Untuk model maupun konfigurasi di masing-masing unit akan berbeda-beda namun harus sesuai

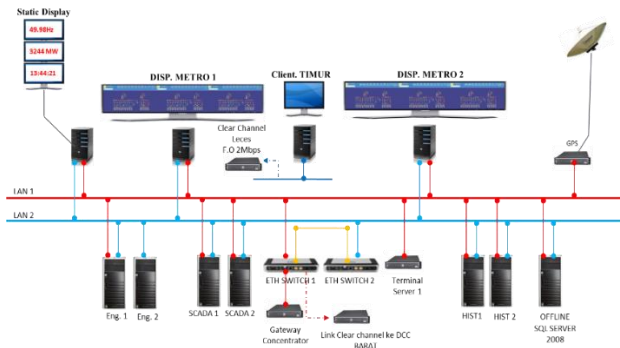
standar yang berlaku. Pada UP2D Jawa Timur, telah memenuhi syarat dalam SPLN.



Gambar 2.7 Konfigurasi Umum SCADA UP2D Jatim

2.3.2.1 Master Station

Pusat kontrol sistem SCADA; data-data yang diperoleh dari gardu dikirim ke master station sedangkan perintah dari operator di Control Center dikirim dari master station ke gardu (RTU). Berdasarkan SPLN S3.001:2008 mengenai Peralatan SCADA pada Sistem Tenaga Listrik, konfigurasi *master station* dikategorikan menjadi beberapa level sesuai dengan unitnya. Pada unit distribusi, terdapat tiga level kategori untuk konfigurasi master station. Pada PT. PLN Unit Distribusi Jawa Timur dikategorikan sebagai level dua dengan konfigurasi *master station* seperti pada Gambar 2.8. Konfigurasi *master station* di atas terdiri atas Server SCADA, Server Offline, Server Historikal, Perangkat Jaringan, Komputer Enjiner, Komputer Operator, Display, dan GPS.



Gambar 2.8 Konfigurasi Master Station

2.3.2.2 Komunikasi Data

Telekomunikasi data digunakan untuk mendukung kelancaran proses komunikasi pada sistem SCADA. Sarana untuk menyediakan jalur komunikasi antara *Master Station* dan *Remote Station*. Komunikasi data dapat digunakan untuk kelancaran sistem SCADA. Sarana telekomunikasi data yang dipergunakan pada SCADA UP2D Jawa Timur terdiri dari *fiber optic* (serat optik) dan Komunikasi GSM. Dalam menyediakan dua komunikasi tersebut, UP2D Jatim bekerja sama dengan Icon+ dalam pemeliharaan maupun operasional.

a. Serat Optik

Saat ini serat optik merupakan sarana komunikasi mulai dari jaringan komunikasi yang sederhana sampai yang kompleks. Dalam sistem tenaga listrik penggunaan fiber optik sebagai sarana komunikasi juga ikut berkembang. Transmisi-transmisi baru dirancang dengan menggunakan Serat Optik yang diletakkan di dalam ground wire. Macam-macam Serat Optik yang dipergunakan di dalam sistem tenaga listrik terbagi dalam beberapa macam yaitu :

- OPGW (*Optical Fiber Ground Wire*), jenis Serat Optik yang ditanam ditengah-tengah kawat tanah,
- ADSS (*All Dielectric Self Supporting*), jenis Serat Optik yang dipasang dan ditarik antara tiang transmisi atau distribusi. Pemasangan Serat Optik ini dipasang pada kuat medan yang paling rendah untuk menghindari efek gap tegangan pada permukaan Serat Optik yang dapat merusak kabel,
- GWWOP (*Ground Wire Wrap Optical Fiber*), Jenis Serat Optik ini dililitkan pada kawat tanah dan dipasang untuk saluran transmisi yang sudah ada

Beberapa kelebihan dan keuntungan penggunaannya adalah sebagai berikut:

- Mempunyai lebar bidang frekuensi yang sangat tinggi hingga mencapai 2,5 GBps. Dengan demikian satu serat optic dapat dipergunakan untuk menampung ratusan saluran komunikasi, jauh lebih besar dibandingkan dengan pilot kabel atau radio gelombang mikro.
- Relatif lebih kecil dan ringan dibandingkan pilot kabel, sehingga pemasangannya jauh lebih mudah.
- Bebas dari gangguan interferensi gelombang elektromagnetik.

- Dari segi keamanan sangat aman.
- Mempunyai rugi-rugi transmisi yang kecil.
- Kemampuan mekanis yang baik sehingga mampu self supporting.
- Biaya per bit informasi lebih murah.
- Keandalan yang tinggi dan pemeliharaan yang murah.
- Life time dapat mencapai 30 tahun

b. Radio Data

Penggunaan radio sebagai media komunikasi data mempunyai beberapa keuntungan sebagai berikut :

- Tidak tergantung pada jaringan sistem tenaga listrik yang ada, sistem komunikasi tetap tersedia walaupun kondisi jaringan dalam keadaan terputus atau pemeliharaan.
- Tidak tergantung pada jaringan publik sehingga bebas melaksanakan pemeliharaan.
- Biaya investasi yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan dengan sistem komunikasi kabel

2.3.2.3 Remote Station

Remote station adalah stasiun yang dipantau, atau diperintah dan dipantau oleh master station, yang terdiri dari gateway, IED, local HMI, dan RTU. Remote station dapat berfungsi sebagai: GI Otomasi, Remote Terminal Unit (RTU). Peralatan Remote station mengacu pada SPLN S3.001: 2008 butir 7.2, yaitu:

- *Gateway*;
- *IED (Intelligent Electronic Device)*;
- *Local HMI*;
- *Remote Terminal Unit (RTU)*

Di dalam PLN Distribusi remote station digunakan dalam dua substation, yakni *Keypoint* dan Gardu Induk (GI).

a. Keypoint

Keypoint merupakan titik pengatur distribusi yang terpasang pada tiang listrik dalam jaringan distribusi. Saat ini, peralatan perangkat pemisah pada *keypoint* secara umum ada dua yakni *Recloser* dan *Load*

Breaking Switch (LBS). Pada PLN Distribusi Jawa Timur sebagian *keypoint* masih dioperasikan secara manual, dan sebagian lainnya sudah terintegrasi dengan SCADA. Sistem SCADA pada *keypoint* secara umum diperlukan tiga perangkat, yakni perangkat Pemisah (Recloser atau LBS), Remote Terminal Unit (RTU), dan Modem Komunikasi.



Gambar 2.9 Keypoint

Perangkat pemisah merupakan perangkat mekanik yang melakukan fungsi switching jaringan listrik. Posisi dari perangkat pemisah kontak langsung dengan kabel listrik tegangan menengah (20 kV). RTU merupakan mini komputer yang menerima dan mengolah data sensor yang terpasang pada perangkat pemisah. Fungsi telestatus, telemeter, dan telekontrol yang dapat dilihat oleh Dispatcher merupakan hasil olahan data dari RTU. Selain itu, RTU juga dapat sebagai Relay proteksi dalam jaringan listrik. RTU yang berfungsi sebagai relay proteksi ini dipasang pada *Keypoint* dengan Recloser. Terakhir adalah modem komunikasi. Modem komunikasi merupakan perangkat komunikasi yang mengirim data dari RTU ke jaringan SCADA dan menerima data dari sistem SCADA. Modem komunikasi yang digunakan oleh PLN Distribusi Jatim saat ini menggunakan jaringan 3G yang mana PLN bekerja sama dengan provider penyedia layanan jaringan dalam bentuk penyewaan kanal komunikasi data.

b. Gardu Induk (GI)

Gardu Induk merupakan lokasi trafo *step-down* dari 150 kV menjadi 20 kV. Sisi 150 kV merupakan wilayah kerja dari PLN Transmisi, sedangkan 20 kV adalah PLN Distribusi. Sistem 20 kV dinamakan *outgoing* yang mana media transmisi (kabel) disebut dengan feeder atau penyulang. Di dalam gardu induk terdapat lemari untuk monitor maupun kontrol dari setiap penyulang yang dinamakan dengan kubikel outgoing. Kubikel outgoing secara umum dilengkapi dengan fasilitas Pemisah Tenaga (PMT atau *Circuit Breaker*), kWh meter, Lampu indikator, *switch* lokal/remote, *logic power meter* dan relay proteksi. Seluruh fasilitas kecuali kWh meter merupakan input dan aktuator dari sistem SCADA.



Gambar 2.10 Kubikel Gardu Induk

Konfigurasi remote station dalam GI bervariasi, namun secara umum terdiri atas: Gateway, IED, dan Modul I/O. Berikut konfigurasi umum remote station pada Gardu Induk:

RTU sebagai mini komputer yang mengolah data Input maupun Output. IED dan Digital Meter merupakan sensor dalam kegunaan fungsi telestatus, telemeter, dan telekontrol. Sedangkan Gateway berfungsi untuk meneruskan maupun mengolah data dari RTU untuk disesuaikan dengan database server SCADA.

2.4 Network Simulator 2 (NS-2)

Network Simulator 2 (NS-2) adalah suatu interpreter yang object-oriented, dan discrete event-driven yang dikembangkan oleh University of California Berkeley dan USC ISI sebagai bagian dari proyek *Virtual Internet Testbed* (VINT) [8]. Network Simulator ini menjadi salah satu alat simulasi yang sangat berguna untuk menunjukkan simulasi jaringan melibatkan *Local Area Network* (LAN), *Wide Area Network* (WAN), dan dengan berkembangnya zaman berkembang pula fungsi dari alat simulasi ini, yaitu selama beberapa tahun belakangan ini alat simulasi ini melibatkan pada jaringan nirkabel (*wireless*) serta pada jaringan *ad hoc*. Adapun beberapa keuntungan menggunakan Network Simulator sebagai alat simulasi pembantu analisi dalam riset, antara lain adalah Network Simulator ini dilengkapi dengan tools validasi yang digunakan untuk menguji kebenaran pemodelan suatu sistem. Secara default, semua pemodelan akan dapat melewati proses validasi ini, seperti media, protokol dan komponen jaringan yang lengkap dengan perilaku trafiknya sudah disediakan pada library Network Simulator. Versi terbaru dari NS-2 adalah ns-2.35 yang dirilis pada tahun 2011. Pada NS-2 ini digunakan dua bahasa pemrograman untuk sebuah simulasi, yang pertama adalah C++, dimana dalam NS-2 ini C++ bertugas untuk mengimplementasikan bagian-bagian jaringan yang akan disimulasikan. Dan kedua adalah Otcl, sedangkan OTcl digunakan untuk menulis skenario simulasi jaringan. NS-2 dapat digunakan di berbagai macam sistem operasi GNU, Linux, FreeBSD, OS X, Solaris dan Windows (dijalankan dengan menggunakan Cygwin) karena memang pada dasarnya NS2 ini bersifat *open-source*.



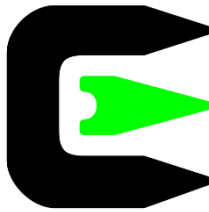
Gambar 2.11 Logo NS-2

2.4.1 Cygwin

Cygwin adalah sebuah lingkungan Unix dan antarmuka baris perintah untuk Microsoft Windows. Cygwin menyediakan integrasi asli

dari aplikasi berbasis Windows, data, dan sumber daya sistem lainnya dengan aplikasi, perangkat lunak, dan data dari lingkungan Unix. Sehingga dapat dimungkinkan untuk meluncurkan aplikasi Unix dari lingkungan Cygwin, serta menggunakan alat-alat dan aplikasi Cygwin dalam konteks operasi Unix.

Cygwin terdiri dari dua bagian: sebuah *dynamic-link library* (DLL) sebagai lapisan kompatibilitas API dalam bentuk C standard library yang menyediakan sebagian besar dari API POSIX, dan koleksi perangkat lunak dan aplikasi yang menyediakan tampilan dan nuansa Unix.



Gambar 2.12 Logo cygwin

Cygwin pada awalnya dikembangkan oleh Cygnus Solutions, yang kemudian diakuisisi oleh Red Hat. perangkat lunak ini adalah software gratis dan open source, yang dirilis di bawah GNU Lesser General Public License versi 3. Saat ini dikelola oleh karyawan dari Red Hat, NetApp dan sejumlah relawan lainnya.

2.4.2 Penggunaan Skrip Object-oriented Tool Command Language (OTcl)

OTcl merupakan ekstensi object-oriented dari bahasa pemrograman Tcl. Bahasa OTcl digunakan sebagai bahasa scripting pada NS-2 untuk mengatur lingkungan dan skenario simulasi. OTcl menangani interaksi langsung antara pengguna dengan simulator serta menangani interaksi antara objek-objek OTcl lainnya. Variabel-variabel pada domain OTcl dipetakan pada objek C++ yang biasa dikenal sebagai sebuah handle. Secara konseptual, sebuah handle (misal, n sebagai handle untuk node) hanyalah sebuah kalimat atau karakter biasa dan tidak memiliki fungsional apapun dalam domain OTcl. Fungsionalitas handle tersebut

(misal, penerimaan paket) didefinisikan pada objek C++ yang dipetakan. Dalam OTcl, sebuah handle berfungsi sebagai substansi untuk menangani interaksi simulator dengan pengguna, maupun interaksi dengan objek OTcl lainnya. Hal ini memungkinkan pembuatan skenario simulasi tanpa perlu menggunakan bahasa C++ secara langsung karena setiap class yang ada pada OTcl memiliki binding pada C++. Gambar 2.10 menunjukkan contoh potongan kode OTcl pada NS-2 untuk melakukan lingkungan simulasi.

```

set opt(chan)
Channel/WirelessChannel      ;# channel type
set opt(prop)
Propagation/TwoRayGround     ;# radio-
propagation model
set opt(netif)               Phy/WirelessPhy
;# network interface type
set opt(mac) Mac/802_11      ;# MAC
type
set opt(ifq)
Queue/DropTail/PriQueue     ;# interface queue
type
set opt(ll)                  LL
;# link layer type
set opt(ant)                  Antenna/OmniAntenna
;# antenna model
set opt(ifqlen)              50
;# max packet in ifq
set opt(nn)                   41
;# number of mobilenodes
set opt(adhocRouting)        DSDV
;# routing protocol
set opt(cp)                   "tcpgenNgagel3.tcl"
;# connection pattern file
set opt(sc)                   "" ;# node movement file.

set opt(x)                    1000
;# x coordinate of topology
set opt(y)                    1000
;# y coordinate of topology

```

```

set opt(seed)    0.0
;# seed for random number gen.
set opt(stop)    250
;# time to stop simulation

set num_wired_nodes    2
set num_bs_nodes       1

```

Gambar 2.13 Contoh OTcl Script NS-2

2.4.3 NS-2 Trace File

Trace file merupakan file hasil simulasi dari sebuah skenario pada NS-2. Isi dari sebuah trace file adalah catatan dari setiap paket yang dikirim dan diterima oleh setiap node dalam simulasi. Setiap jenis paket pada jaringan memiliki pola penulisan tersendiri sehingga dapat dibedakan satu sama lain dan membantu memudahkan analisa terhadap hasil simulasi. Secara umum, trace file akan dihasilkan dari hasil simulasi berupa file dengan ekstensi .tr.

```

s 22.118449911 _8_ AGT --- 35 tcp 40 [0 0 0 0]
----- [4196353:1 4194304:0 32 0] [0 0] 0 0

r 22.123783947 _2_ AGT --- 35 tcp 60 [13a 0 6
800] ----- [4196353:1 4194304:0 32 4194304]
[0 0] 1 0

```

Gambar 2.14 Cuplikan Trace File

Trace file ini tersusun atas beberapa kolom. Pada kolom 1 disebut dengan *event* yang menandakan bahwa node dalam keadaan *sent*, *receive*, *drop*, dsb. Pada kolom kedua ada waktu pelaksanaan *event* sesuai dengan simulasi yang dilakukan. Kolom ketiga adalah *node id* yang menjadi identitas node yang melakukan *event*. Yang keempat adalah status dari node tersebut. Node dapat menjadi sebuah *agent*, *router*, *MAC*. Kolom lima dan selanjutnya adalah bentuk-bentuk isi paket.

```

[event] [time] [node id] [pkt type] [pkt size]
[energy] [ipheader] [seq number]

```

Gambar 2.15 Kolom pada Trace File

2.5 AWK

AWK merupakan sebuah adalah sebuah command pada Linux yang didesain untuk *text processing* dan berfungsi sebagai alat penyaringan (*filtering tools*) yang fungsinya hampir sama dengan perintah grep. Perintah AWK juga biasanya dipakai untuk mengolah dan analisis file log yang isinya sangat panjang. Perintah AWK mendukung fitur *regex (regular expressions)* karena fungsinya yang mirip perintah grep. AWK paling sering digunakan untuk mengolah, menganalisa dan menyunting sebuah file log. Pada Tugas Akhir ini penulis menggunakan AWK untuk memproses data yang dihasilkan dari simulasi pada NS-2 dan mendapatkan analisis mengenai *packet delivery ratio*, *average delay*, dan *average throughput*.

2.6 Jaringan ad-hoc

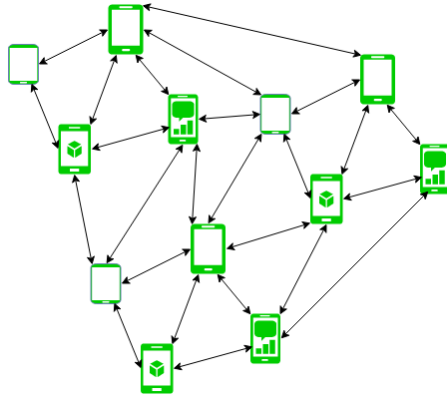
Jaringan ad-hoc nirkabel atau wireless ad-hoc network merupakan salah satu jenis jaringan nirkabel yang memiliki topologi yang tersebar (*decentralised*). Jaringan ad-hoc dibentuk dikarenakan tidak adanya infrastruktur yang tetap, sehingga setiap node dapat berfungsi sebagai router (relay) yang bertanggung jawab untuk mencari dan menangani rute ke setiap node di dalam jaringan. Jaringan ad-hoc memiliki tiga karakteristik:

- a. Node yang bergerak
Secara umum, node dalam jaringan ad-hoc memiliki suatu mobilitas, sehingga suatu saat dapat mengalami perubahan posisi.
- b. Topologi dinamis
Dikarenakan tidak digunakan suatu infrastruktur jaringan, serta node memiliki mobilitas, maka topologi dapat berubah sesuai dengan keadaan yang terbaru
- c. *Self-built*
Setiap node mampu menerima dan meneruskan paket

Oleh karena tidak memiliki suatu topologi yang tetap, maka dibutuhkan suatu routing protocol untuk menentukan rute maupun algoritma

pengiriman data antar node. Secara umum, routing protocol pada jaringan ad-hoc dibagi menjadi tiga jenis, yakni *reactive*, *proactive*, dan *hybrid*.

Dalam pengiriman data untuk menuju satu destination node, source node terdapat kemungkinan bahwa tidak terdapat link langsung, sehingga diperlukan untuk melalui satu atau lebih node sebagai router. Maka metode pengiriman data melalui satu atau lebih router disebut dengan multihop. Terdapat beberapa keuntungan dalam jaringan multihop dibandingkan dengan single link, seperti dapat menambah cakupan jaringan dan konektivitas, kemampuan transmisi yang lebih efisien, bahkan multihop dapat memberikan nilai throughput yang lebih tinggi. Jaringan multihop ini lebih sesuai diterapkan di jaringan ad-hoc dan sensor nirkabel daripada diterapkan dalam jaringan seluler.

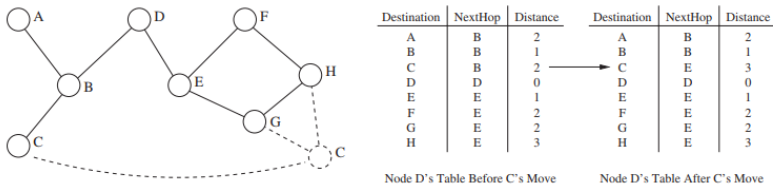


Gambar 2.16 Model Jaringan ad-hoc

2.6.1 *Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV)*

Destination-sequenced Distance Vector (DSDV) merupakan protokol routing yang menggunakan Distance Vector dan algoritma *shortest path* Bellman-Ford. DSDV merupakan salah satu jenis proactive routing protocol yang menentukan jalur pengiriman data sebelum jalur tersebut benar-benar digunakan. Dalam algoritma *distance-vector*, setiap node i akan memberikan daftar jarak menuju x destination node $\{d_{ij}^x\}$ melalui node-node j . Kemudian, node i akan memilih node k sebagai hop selanjutnya untuk meneruskan paket jika memenuhi $\{d_{ik}^x\} = \min\{d_{ij}^x\}$, artinya dari source node i menuju destination node x dipilih jumlah hop yang dilewati paling sedikit. Informasi mengenai jalur yang

didapatkan akan masuk dalam *routing table* dengan sebuah sequence number di tiap-tiap informasi. Sequence number digunakan pada protokol DSDV untuk mencegah terjadinya pengulangan dalam penentuan jalur. Setiap node akan mencatat informasi destination node, node yang akan dilewati, cost (metric) atau jumlah node yang akan dilewati, dan sequence number. Lalu setiap node akan bertukar informasi secara periodik dengan melakukan broadcast ke neighbor node. permbaruan routing table dapat dilakukan juga ketika terjadi suatu event tertentu, seperti rute putus atau terdapat pergerakan node yang merubah bentuk topologi. Pada gambar 2.17 diberikan contoh routing table node D ketika sebelum node C berpindah dan setelah node C berpindah. Sebelum node C berpindah, node D sebagai source node untuk menuju ke node C harus melalui node B. Namun, setelah node C berpindah dengan node G dan H sebagai neighbor node, maka node B akan memberikan informasi bahwa node D tidak bisa menuju node C melalui dirinya. Sehingga, node D akan mencari rute baru menuju node C, yakni melalui node E.



Gambar 2.17 *Routing Table* dari DSDV

2.7 Proyeksi *Equirectangular*

Proyeksi *Equirectangular* merupakan metode perhitungan dalam menggambarkan map berbentuk datar yang mana terdiri atas nilai lintang dan bujur dari suatu lokasi. Selain itu, dengan proyeksi ini dapat dihitung pulang jarak antara dua titik. Berikut persamaan proyeksi *equirectangular*:

$$\begin{aligned}
 x &= (\text{lon}2 - \text{lon}1) * \cos(\text{lat}2 + \text{lat}1) * R & (2.1) \\
 y &= (\text{lat}2 - \text{lat}1) * R \\
 d &= (\sqrt{x^2 + y^2}) * R
 \end{aligned}$$

Dimana,

Lon : bujur (radian)

Lat : lintang (radian)

R : jari-jari lingkaran (dalam hal ini adalah bumi, 6731 km)

2.8 Kinerja Jaringan

Kinerja jaringan dapat diukur melalui *Quality of Service* (QoS), yaitu kemampuan suatu elemen jaringan dapat memenuhi kebutuhan layanan.

2.8.1 Packet Delivery Ratio (PDR)

Packet deliery ratio merupakan perbandingan dari jumlah paket data yang dikirim dengan paket data yang diterima. *Packet delivery ratio* dihitung menggunakan Persamaan 2.2, di mana *packet receive* adalah jumlah paket data yang diterima dan *packet sent* adalah jumlah paket data yang dikirim.

$$PDR = \frac{Packet_{receive}}{Packet_{sent}} \quad (2.2)$$

Berdasarkan IEEE Std.37-1:2007 nilai kegagalan transaksi dalam SCADA maksimal adalah 2,5%.

2.8.2 Average Delay

Average delay merupakan waktu rata-rata dari setiap paket ketika sampai di tujuan. Semua paket, termasuk delay yang dikarenakan oleh paket routing, ini juga akan diperhitungkan dalam memperoleh nilai akhir. Paket yang akan dimasukkan ke dalam perhitungan hanya paket yang berhasil sampai tujuan. *Average delay* dihitung menggunakan Persamaan 2.3, di mana i adalah nomor paket yang berhasil sampai di tujuan $t_{received}[i]$ adalah waktu ketika paket i dikirim, sedangkan $t_{sent}[i]$ adalah waktu ketika paket i diterima dan $pktCounter$ adalah jumlah paket yang berhasil sampai di tujuan.

$$Delay = \frac{\sum_{i=0}^n t_{received}[i] - t_{sent}[i]}{pktCounter} \quad (2.3)$$

Dalam SPLN S3.001:2008 disebutkan bahwa nilai maksimum delay untuk masing-masing fungsi SCADA berbeda, yakni fungsi *telecontrol* maksimal delay sejak eksekusi adalah 3 detik, fungsi *telestatus* maksimal *delay* adalah 6 detik, dan fungsi *telemeter* maksimal *delay* adalah 10 detik.

2.8.3 Throughput

Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada destinasi selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Perhitungan *throughput* dapat dilihat seperti Persamaan 2.4.

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Packet receive}}{\textit{Simulation Time}}$$

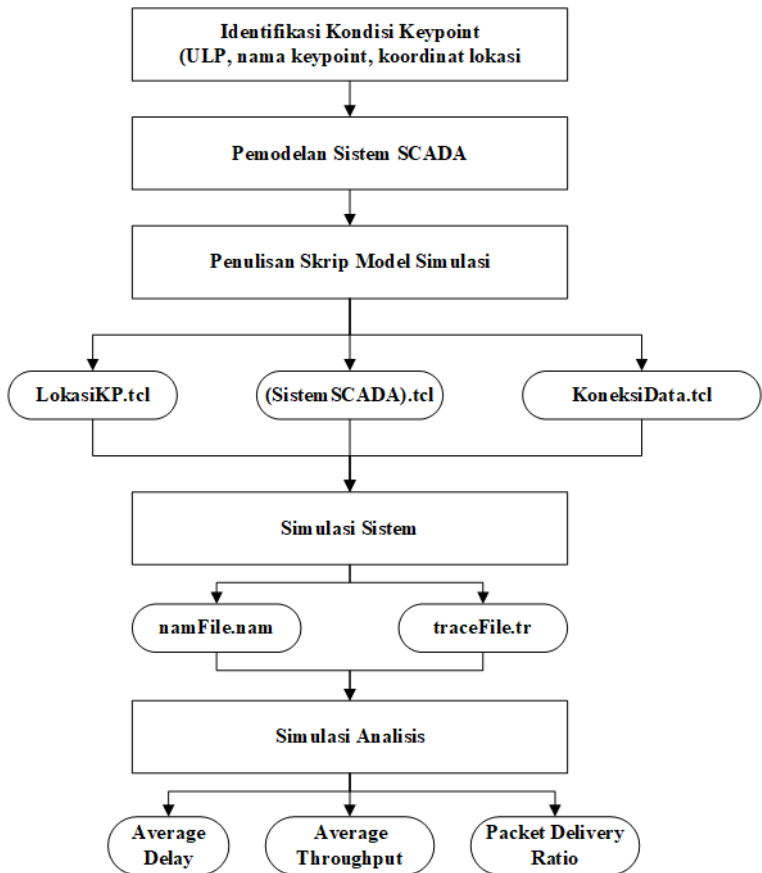
Berdasarkan IEEE Std.37-1:2007 nilai kapasitas yang kanal SCADA maksimal 0.75 dari bandwidth yang dimiliki.

-halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB 3

DESAIN DAN PERANCANGAN SIMULASI

Pada bab 3 ini akan diuraikan metodologi desain dan perancangan simulasi untuk selanjutnya dilakukan analisis kinerja pada sistem SCADA. Desain dan Perancangan simulasi terkait dengan penggunaan secara teknis aplikasi simulator. Metodologi desain dan perancangan simulasi dapat diuraikan pada diagram alir pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan Identifikasi Kondisi *Keypoint* pada wilayah kerja PLN UP3 Surabaya Selatan. Data lokasi didapatkan dari pihak PLN Unit Distribusi Jawa Timur per September 2018.

3.1 Identifikasi Keypoint

Dalam identifikasi *keypoint* dibutuhkan data lokasi *keypoint* pada UP3 Surabaya Selatan. Selanjutnya, sebagai pemodelan lokasi *keypoint* untuk disimulasikan pada simulator maka perlu dilakukan konversi dalam bentuk koordinat x dan y .

3.1.1 Data Keypoint

Berdasarkan data eksisting yang dimiliki oleh PLN Unit Distribusi Jawa Timur, didapatkan daftar lokasi *keypoint* dalam wilayah kerja UP3 SBS per September 2018 meliputi ULP Ngagel, ULP Rungkut, ULP Darmo Permai, ULP Gedangan dan ULP Dukuh Kupang. Dalam tabel daftar lokasi *keypoint* didapatkan nama ULP, nama *keypoint*, dan titik koordinat *keypoint*.

Tabel 3.1 Cuplikan Daftar Lokasi *Keypoint* UP3 SBS

No	ULP	Nama <i>Keypoint</i>	Lintang	Bujur
1	Ngagel	BRATANG GEDE	-7.298028	112.753
2		BRATANG BINANGUN	-7.298865	112.759905
3		BRATANG WETAN	-7.29875	112.756361
4		SPBU NGAGEL	-7.296444	112.742444
5		NGAGEL REJO KIDUL	-7.294781	112.746352
...				
43	Rungkut	HOTEL YELLOW	-7.319083	112.749472
44		BRI RUKO PRAPEN	-7.314556	112.729444
45		GADUNG	-7.307682	112.738765
46		SPBU JEMUR	-7.320417	112.746556

Dalam daftar lokasi *keypoint* didapatkan bahwa terdapat 41 *keypoint* pada ULP Ngagel, 48 *keypoint* pada ULP Rungkut, 42 *keypoint* pada ULP Darmo Permai, 36 *keypoint* pada ULP Gedangan, dan 19 *keypoint* pada ULP Dukuh Kupang. Daftar lengkap *keypoint* dapat dilihat pada Lampiran.

3.1.2 Perancangan Koordinat x dan y pada *Keypoint*

Perancangan koordinat x dan y dilakukan menggunakan Persamaan 2.1 dengan data masukkan koordinat lintang dan bujur dalam daftar lokasi *keypoint*. Hasil yang diharapkan dalam perancangan ini adalah nilai x dan y yang menggambarkan kondisi nyata lokasi *keypoint* terkait dengan jarak antar *keypoint*. Koordinat x dan y akan dihitung dengan referensi titik $x = 0$ dan $y = 0$ adalah lokasi dari masing-masing ULP.

3.2 Pemodelan Sistem SCADA

Pemodelan sistem SCADA digunakan untuk menduplikasi sistem SCADA yang telah digambarkan pada Gambar 2.7 dimana *master station* yang terletak di UP2D melalui media komunikasi kabel dan nirkabel untuk melakukan koneksi dengan *keypoint*. Pemodelan akan disesuaikan dengan parameter-parameter yang diperlukan di dalam simulator.

Tabel 3.2 Parameter Sistem SCADA

No	Parameter	Nilai
<i>Link Nirkabel</i>		
1	Channel	<i>WirelessChannel</i>
2	Model Propagasi	<i>Two Ray Ground</i>
3	Model Antrian	<i>Drop Tail</i>
4	Model Antena	<i>Omni antenna</i>
5	<i>Routing Protocol</i>	DSDV
6	<i>Network Interface</i>	<i>Wirelessphy 802.11</i>
7	Waktu simulasi	250 detik
<i>Link Kabel</i>		
1	Kapasitas kanal	1 Mb

2	<i>Delay link</i>	50 ms
3	Model Antrian	<i>Drop Tail</i>

Pemodelan sistem SCADA yang terdiri atas kabel akan digunakan parameter *link* yang sama pada masing-masing ULP, namun terkait dengan nirkabel akan digunakan nilai frekuensi *wifi* sebesar 2,94 Ghz dengan nilai *sensitivity (Rx Threshold)* oleh masing-masing titik bernilai variatif sehingga akan didapatkan nilai jarak transmisi yang berbeda-beda. Pemodelan sistem SCADA disesuaikan dengan NS-2.35 yang mana perlu dilakukan pemberian *domain* dan *cluster*.

3.2.1 *Domain*

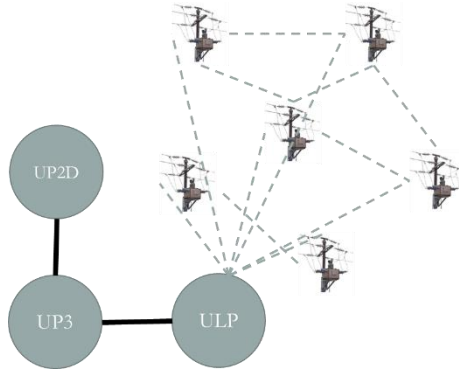
Domain pada pemodelan ini dirancang menjadi dua bagian yakni koneksi kabel dan nirkabel. Pada koneksi kabel akan menghubungkan antara UP2D, UP3, dan ULP yang mana dalam kondisi nyata terhubung oleh jaringan serat optik. Sedangkan hubungan nirkabel akan diberlakukan pada hubungan antara ULP dan *keypoint*.

3.2.2 *Cluster*

Dalam *cluster* mengelompokkan *node* yang dibentuk NS-2.35 ke dalam kelompok yang diinginkan. Pada tugas akhir ini, pengelompokkan dibagi menjadi tiga kelompok yakni UP2D sebagai satu kelompok, UP3 sebagai satu kelompok, dan *node* ULP serta *keypoint* akan menjadi satu kelompok

<i>Domain/ cluster</i>			
1 (kabel)		2 (nirkabel)	
<i>UP2D</i>	<i>UP3</i>	<i>ULP</i>	<i>Keypoint</i>

Gambar 3.2 Pengelompokan Sistem SCADA



Gambar 3.3 Topologi Pemodelan Sistem SCADA

3.3 Penulisan Skrip Model Simulasi

Didalam pelaksanaan simulasi sistem SCADA dengan NS-2.35, diperlukan skrip koordinat lokasi, skrip utama, dan skrip koneksi. Ketiga file tersebut akan disimpan dalam ekstensi *.tcl*.

3.3.1 Skrip Koordinat Lokasi

Skrip koordinat lokasi merupakan penulisan dalam bahas Otel koordinat lokasi *keypoint* yang telah dilakukan konversi dalam koordinat x dan y . Skrip ini akan menggambarkan lokasi x dan y dalam simulator NS-2.35 untuk dilakukan perhitungan jarak maupun *delay* yang akan terjadi. Penulisan skrip koordinat ditulis seperti pada Gambar 3.4.

```

$n_(nomornode) set X_ (nilai x)
$n_(nomornode) set Y_ (nilai y)
$n_(nomornode) set Z_ (nilai z)

```

Gambar 3.4 Penulisan Skrip Koordinat Lokasi *Keypoint*

Dalam penulisan skrip koordinat lokasi ini nilai Z pada seluruh *keypoint* diberikan nilai nol.

3.3.2 Skrip Sistem SCADA

Skrip sistem SCADA menggambarkan pemodelan sistem SCADA dalam bahasa program Otcl, yang mana dalam NS-2.35 dibutuhkan masukkan parameter-parameter. Parameter yang digunakan pada Tabel 3.2. Penulisan skrip berkaitan dengan jarak transmisi menggunakan fasilitas *threshold.cc* yang terletak pada *folder ~ns-2.35/indep-utils/propagation/* seperti pada Gambar 3.5 dengan parameter berikut:

- Daya Pancar (Pt) : 28,1 mW/ 24.48 dBm
- Penguatan Tx (Gt) : 10
- Penguatan Rx (Gr) : 10
- Tinggi Tx (ht) : 5 m
- Tinggi Rx (hr) : 5 m
- Frekuensi : 2.94e+9 Hz

Dihasilkan nilai *Rx Threshold* berdasarkan jarak transmisi keypoint pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Nilai *Rx Threshold* berdasarkan Jarak

Jarak	<i>Rx Threshold</i> (Watt)	<i>Rx Threshold</i> (dBm)
100 m	1.86E-07	-37.31
200 m	4.65E-08	-43.33
300 m	2.07E-08	-46.84
400 m	1.16E-08	-49.35
500 m	7.43E-09	-51.29
600 m	5.16E-09	-52.87
700 m	3.79E-09	-54.21
800 m	2.90E-09	-55.37
900 m	2.29E-09	-56.39
1000 m	1.86E-09	-57.31
1250 m	1.19E-09	-59.25
1500 m	8.26E-09	-50.83
1750 m	6.06E-10	-62.18
2000 m	4.64E-10	-63.33
2250 m	3.67E-10	-64.35

Dalam bahasa Otcl nilai Rx Threshold dituliskan dengan `RXThres_[nilainya]`.

```
N Adh1_Utama@N-Adh1-Utama /home/Noureddine/ns-allinone-2.35-RC7/ns-2.35/indep-utils/propagation
$ ./threshold -m TwoRayGround -fr 2.94e+9 -Gt 10 -Gr 10 -ht 5 -hr 5 distance 2500
distance = 2500
propagation model: TwoRayGround

Selected parameters:
transmit power: 0.281838
frequency: 2.94e+09
transmit antenna gain: 10
receive antenna gain: 10
system loss: 1
transmit antenna height: 5
receive antenna height: 5

Receiving threshold RXThresh_is: 2.97336e-10
```

Gambar 3.5 Perintah untuk mendapatkan *Rx Threshold* pada *threshold.cc*

3.3.3 Skrip *KoneksiData.tcl*

Koneksi antar *node* dibangun secara bersamaan pada waktu, *t*, detik 5 dan detik 35 dengan jenis koneksi berupa *tcp* pada seluruh *node* di masing-masing ULP. Di sisi lain, untuk mensimulasikan terjadinya perubahan yang sewaktu-waktu terjadi di lapangan SCADA, secara *random* diberikan koneksi *tcp* pada beberapa *node* di masing-masing ULP

3.4 Simulasi Sistem

Skrip *.tcl* yang telah terbentuk akan dilakukan simulasi sistem SCADA menggunakan simulator NS-2.35, yang mana dalam skrip akan memanggil skrip-skrip lain sebagai kelengkapan skrip utama. Simulasi dieksekusi menggunakan *cygwin* dengan perintah `ns (namafilename).tcl` maka akan didapatkan dua *file output* dengan ekstensi *.nam* sebagai visualisasi sistem dan *.tr* sebagai *trace file*.

3.5 Perancangan Analisis

Analisis dalam sistem akan melibatkan *trace file* yang mana dibutuhkan penulisan program dalam *file .awk*. program yang akan disusun adalah *packet delivery ratio (PDR)*, *average delay*, dan *throughput*.

3.5.1 Packet Delivery Ratio (PDR)

Berdasarkan pada Persamaan 2.2 maka disusun *PDR.awk* dengan mendefinisikan setiap kolom *trace file* seperti pada Tabel 3.4. *Event* yang dibutuhkan adalah “s” menunjukkan *event* paket dikirim dan “r” menunjukkan *event* paket diterima. Selain itu, syarat lain yang harus terpenuhi adalah *level* yang digunakan merupakan “AGT” dan jenis paket yang dikirim “tcp”. Nilai PDR yang dihasilkan adalah prosentase.

Tabel 3.4 Pendefinisian Kolom *trace file* pada *.awk*

Kolom	Penulisan pada <i>.awk</i>	Definisi
1	\$1	<i>Event</i>
2	\$2	<i>Time</i>
3	\$3	<i>Node_id</i>
4	\$4	<i>Level</i>
7	\$7	<i>Packet Type</i>
8	\$8	<i>Packet Size</i>

3.5.2 Average Delay

Berdasarkan pada Persamaan 2.3 maka disusun *Avg_Del.awk* dengan mendefinisikan setiap kolom *trace file* seperti pada tabel 3.4. setiap *event* yang terjadi memiliki kolom waktu (\$2) akan direkam dan dilakukan perhitungan dengan kolom waktu sebelumnya. Nilai akumulatif dari \$2 akan dibagi dengan jumlah *event* yang terjadi sesuai dengan syarat yang sama pada PDR. Nilai *average delay* yang dihasilkan memiliki satuan milidetik (ms).

3.5.3 Average Throughput

Berdasarkan pada Persamaan 2.4 maka disusun *Avg_Tput.awk* dengan mendefinisikan kolom *trace file* seperti pada tabel 3.4. Syarat PDR berlaku sama, namun perhitungan yang digunakan adalah paket yang diterima dibandingkan dengan waktu simulasi yakni 250 detik. Hasil yang didapatkan memiliki satu *kpbs*.

BAB 4 HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dibahas mengenai implementasi simulasi dan analisis hasil simulasi sesuai dengan skrip analisis yang telah dirancang sebelumnya.

4.1 Koordinat Lokasi *Keypoint* dalam (x,y)

Koordinat lokasi *keypoint* dengan menggunakan persamaan 2.1 maka akan didapatkan nilai x dan y untuk masing-masing *keypoint*. Pada tabel 4.1 merupakan cuplikan nilai x dan y untuk mewakili koordinat lokasi *keypoint* dalam simulator NS-2.35.

Tabel 4.1 Cuplikasi koordinat x dan y *Keypoint*

No	ULP	Nama <i>Keypoint</i>	Lintang	Bujur	x	y
Kantor ULP			-7.294159	112.737349	0.0	0.0
1	Ngagel	BRATANG GEDE	-7.298028	112.753	52.8	-24.6
2		BRATANG BINANGUN	-7.298865	112.759905	76.0	-30.0
3		BRATANG WETAN	-7.29875	112.756361	64.1	-29.2
4		SPBU NGAGEL	-7.296444	112.742444	17.2	-14.6
....						
kantor ULP Darmo Permai			-7.27567	112.6819486	0.0	0.0
91	Darmo Permai	SINGAPORE	-7.233407	112.608518	-481.6	207.9
92		TPA	-7.213648	112.620253	-445.4	333.8
93		MADE UTARA	-7.27075	112.637	-368.2	-30.0
94		MADE AMD	-7.279194	112.643194	-344.2	-83.8

Setiap nilai x dan y dari masing-masing ULP memiliki referensi pada koordinat lokasi masing-masing ULP. Daftar lengkap koordinat x dan y *keypoint* dalam simulator tertera pada Lampiran.

4.2 Pemodelan Sistem SCADA dalam Simulator

Pemodelan sistem SCADA menggunakan parameter yang telah didefinisikan pada Tabel 3.2 ditulis dalam skrip bahasa program Otel seperti pada Gambar 4.1.

```
set opt(chan)          Channel/WirelessChannel
set opt(prop)          Propagation/TwoRayGround
set opt(netif)         Phy/WirelessPhy
set opt(mac)           Mac/802_11
set opt(ifq)           Queue/DropTail/PriQueue
set opt(ll)            LL
set opt(ant)           Antenna/OmniAntenna
set opt(ifqlen)        50
set opt(nn)            41
set opt(adhocRouting) DSDV

set opt(x)             500
set opt(y)             500
set opt(seed)          0.0
set opt(stop)          250
```

Gambar 4.1 Skrip OTel Parameter Sistem SCADA

4.2.1 Pemodelan *domain* dan *cluster*

Sistem SCADA dengan *domain* dan *cluster* dibentuk untuk menghasilkan kombinasi topologi jaringan kabel dan nirkabel. Pada Gambar 3.2 ditunjukkan hierarki *domain* dan *cluster*, serta pada Gambar 3.3 ditunjukkan topologi jaringan yang akan terbentuk. Dalam Otel maka skrip yang dibentuk harus mendefinisikan *domain* dan *cluster* seperti pada Gambar 4.2. jumlah *wired node* merupakan pemodelan dari UP2D dan UP3, sedangkan *bs_node* merupakan ULP. Pada *cluster* diambil contoh ULP Ngagel dengan 41 *keypoint* maka pada *cluster* diberikan nilai 1 untuk UP2D, 1 untuk UP3 dan 42 untuk ULP ditambah jumlah *keypoint*.

```
set num_wired_nodes    2 #UP2D dan UP3
set num_bs_nodes       1 #jumlah ULP
```



```

AddrParams set domain_num_ 2
lappend cluster_num 2 1
AddrParams set cluster_num_ $cluster_num
lappend eilastlevel 1 1 42
AddrParams set nodes_num_ $eilastlevel ;
set temp {0.0.0 0.1.0} ;
for {set i 0} {$i < $num_wired_nodes} {incr i}
{
    set W($i) [$ns_ node [lindex $temp $i]]
}

```

Gambar 4.2 Pemodelan Sistem SCADA dalam Otc1

Untuk UP2D dalam simulator didefinisikan sebagai $W(0)$, sedangkan UP3 didefinisikan sebagai $W(1)$. Di sisi lain, ULP akan didefinisikan sebagai $ULP(0)$.

4.2.2 Jarak Transmisi

Jarak transmisi perlu diberikan nilainya pada NS-2.35 karena dalam tugas Akhir ini tidak menggunakan nilai default. Dalam penulisan skrip maka perlu ditambahkan skrip nilai frekuensi dan *sensitivity* yang telah disebutkan pada Tabel 3.3. Perintah yang digunakan sesuai pada Gambar 4.4, yang mana merupakan jarak transmisi 1250 m.

```

Phy/WirelessPhy set freq_ 2.472e9
Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 1.19e-09

```

Gambar 4.3 Skrip untuk Menentukan Jarak Transmisi

4.3 Simulasi Sistem

Simulasi sistem dilakukan dengan melakukan *running* Otc1 pada cygwin. Dalam Skrip utama (Skrip Sistem SCADA) akan memanggil skrip lokasi *keypoint* dan *random connection* melalui perintah seperti pada Gambar 4.5. Perlu diingat bahwa seluruh skrip pemodelan sistem SCADA harus terletak dalam satu *folder* yang sama. Hasil simulasi akan memberikan dua *file* yakni *namFile.nam* dan *traceFile.tr*.

```

set opt(cp) "KoneksiData.tcl"
set opt(sc) "LokasiKP.tcl"

```

```

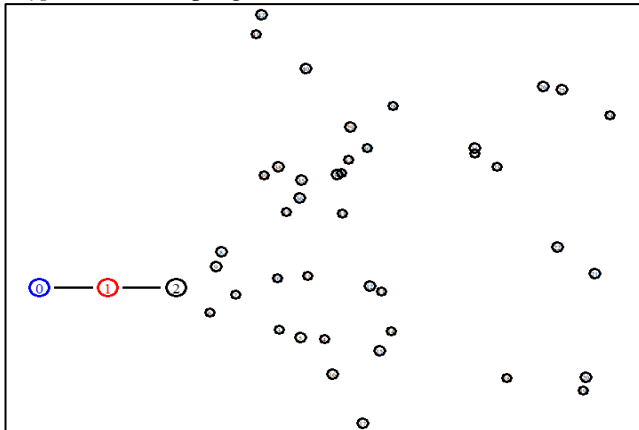
if { $opt(sc) == "" } {
    puts "**** NOTE: no scenario file
specified."
    set opt(sc) "none"
} else {
    puts "Loading scenario file..."
    source $opt(sc)
    puts "Load complete..."
}

```

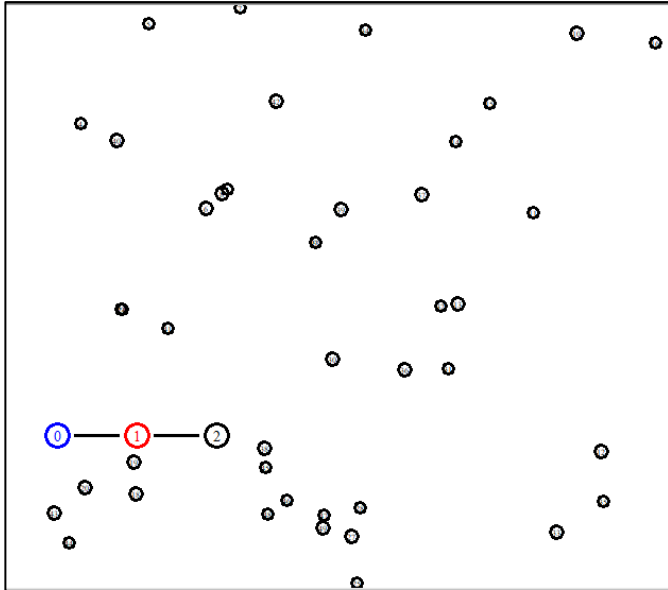
Gambar 4.4 Perintah pemanggilan skrip pendukung sistem SCADA

4.3.1 Hasil Topologi pada *.nam file*

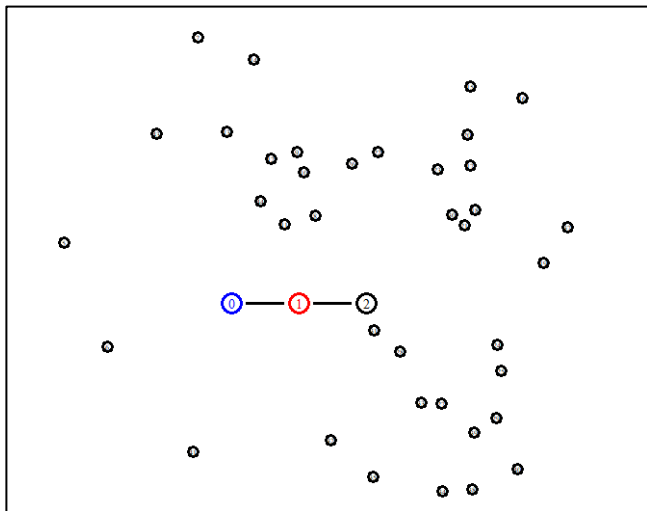
Setelah didapatkan *namFile.nam* maka akan didapatkan visualisasi dari topologi yang telah dibentuk sesuai dengan Otel yang telah disusun. Pada Gambar 4.6 sampai Gambar 4.10 merupakan topologi jaringan yang terbentuk pada masing-masing ULP. Dalam topologi yang terbentuk *node* yang ukurannya relatif kecil merupakan visualisasi dari *keypoint* sedangkan *node* yang lebih besar berwarna hitam adalah ULP, *node* berwarna merah adalah UP3, dan *node* berwarna biru adalah UP2D. Walaupun parameter pemodelan bervariasi oleh jarak transmisi, namun lokasi *keypoint* tidak terpengaruh



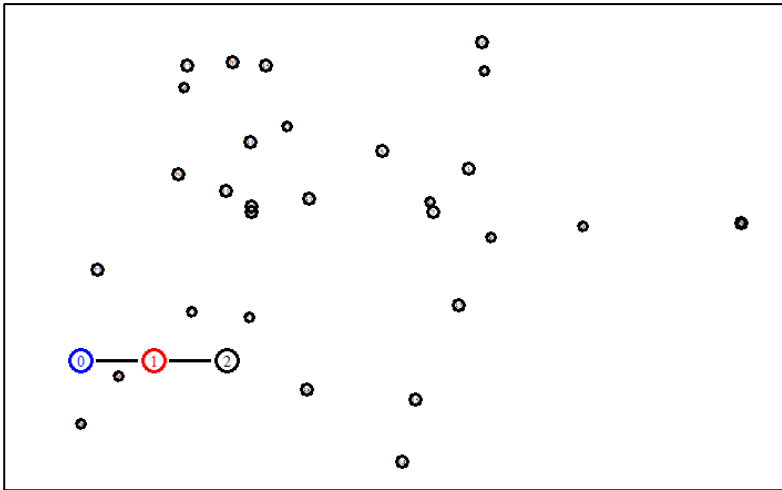
Gambar 4.5 Topologi ULP Ngagel



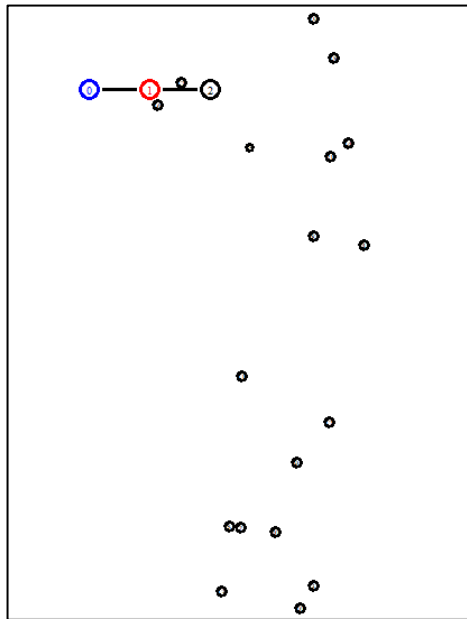
Gambar 4.6 Topologi ULP Rungkut



Gambar 4.7 Topologi ULP Darmo Permai



Gambar 4.8 Topologi ULP Gedangan



Gambar 4.9 Topologi ULP Dukuh Kupang

4.3.2 Hasil *traceFile.tr*

Trace file merupakan rekaman setiap terjadi *event* pada simulasi. *Trace file* yang dihasilkan memiliki nilai yang berbeda-beda bergantung pada ULP dan jarak transmisi yang digunakan. Pada gambar 4.11 merupakan cuplikan *trace file* dari hasil simulasi ULP Ngagel dengan jarak transmisi 1250 m.

```
s 2.556838879 4 AGT --- 42 tcp 40 [0 0 0 0] -----
-- [4194305:0 0:0 32 0] [0 0] 0 0
+ 2.567287 2 1 tcp 60 ----- 0 1.0.1.0 0.0.0.0 0 42
- 2.567287 2 1 tcp 60 ----- 0 1.0.1.0 0.0.0.0 0 42
r 2.617767 2 1 tcp 60 ----- 0 1.0.1.0 0.0.0.0 0 42
+ 2.617767 1 0 tcp 60 ----- 0 1.0.1.0 0.0.0.0 0 42
.
.
.
r 249.999984 1 0 tcp 572 ----- 0 1.0.24.0 0.0.0.21
372 32934
+ 249.999984 0 1 ack 40 ----- 0 0.0.0.21 1.0.24.0
372 32975
- 249.999984 0 1 ack 40 ----- 0 0.0.0.21 1.0.24.0
372 32975
D 250.000000000 10 IFQ END 31933 ack 40 [13a a 8
800] ----- [0:8 4194313:1 28 4194313] [567 0] 1 0
```

Gambar 4.10 Cuplikan *trace file* ULP Ngagel jarak transmisi 1250 m

4.4 Analisis Kinerja pada Simulasi

Analisis kinerja pada simulasi dengan melakukan eksekusi *.awk* pada cygwin dengan *file* masukkan *traceFile.tr* pada masing-masing ULP dengan parameter jarak transmisi yang ditentukan. Eksekusi *.awk* menggunakan perintah *gawk -f (SkripAnalisis).awk traceFile.tr*.

4.4.1 Packet Delivery Ratio (PDR)

Sesuai dengan perancangan analisis pada poin 3.5 *PDR.awk* dilakukan eksekusi bersama *traceFile.tr* yang mana hasil simulasi menunjukkan nilai PDR pada masing-masing ULP yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Dalam standar IEEE Std. 37-1:2007, dituliskan bahwa maksimal kegagalan koneksi bernilai 2,5%, sehingga dari Tabel 4.2 didapatkan bahwa pada ULP Gedangan dan Rungkut hanya dengan kemampuan transmisi 800 m yang dapat memenuhi standar tersebut, sedangkan pada ULP Darmo Permai dapat dipenuhi dengan kemampuan transmisi 700 m dan 800 m, ULP Dukuh Kupang dapat dipenuhi dengan kemampuan transmisi 700 m, 800 m, dan 900 m. Namun, pada ULP Ngagel tidak ada yang terpenuhi.

Tabel 4.2 PDR pada setiap ULP

ULP	Kemampuan Transmisi (m)	PDR (%)	Kegagalan (%)	Berdasar IEEE Std. 37-1:20017
Darmo Permai	100-600	0	100	Tidak memenuhi
	700	97.78	2.22	Memenuhi
	800	98.53	1.47	Memenuhi
	900	87.01	12.99	Tidak memenuhi
	1000	86.83	13.17	Tidak memenuhi
	1250	72.62	27.38	Tidak memenuhi
	1500	62.59	37.41	Tidak memenuhi
	1750	63.16	36.84	Tidak memenuhi
	2000	61.17	38.83	Tidak memenuhi
	2250	63.32	36.68	Tidak memenuhi
	2500	62.88	37.12	Tidak memenuhi
	Dukuh Kupang	100-600	0	100
700		99	1	Memenuhi

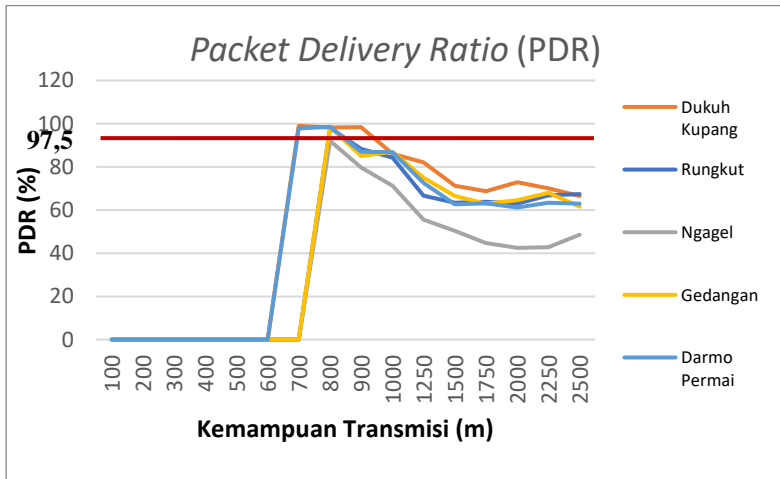
	800	98.25	1.75	Memenuhi
	900	98.33	1.67	Memenuhi
	1000	86.09	13.91	Tidak memenuhi
	1250	82.07	17.93	Tidak memenuhi
	1500	71.31	28.69	Tidak memenuhi
	1750	68.65	31.35	Tidak memenuhi
	2000	72.83	27.17	Tidak memenuhi
	2250	70.11	29.89	Tidak memenuhi
	2500	66.47	33.53	Tidak memenuhi
Gedangan	100-700	0	100	Tidak memenuhi
	800	98.5	1.5	Memenuhi
	900	85.08	14.92	Tidak memenuhi
	1000	86.94	13.06	Tidak memenuhi
	1250	74.88	25.12	Tidak memenuhi
	1500	66.43	33.57	Tidak memenuhi
	1750	62.99	37.01	Tidak memenuhi
	2000	64.63	35.37	Tidak memenuhi
	2250	67.94	32.06	Tidak memenuhi
	2500	61.59	38.41	Tidak memenuhi
Ngagel	100-700	0	100	Tidak memenuhi

	800	92.04	7.96	Tidak memenuhi
	900	79.64	20.36	Tidak memenuhi
	1000	71.29	28.71	Tidak memenuhi
	1250	55.58	44.42	Tidak memenuhi
	1500	50.41	49.59	Tidak memenuhi
	1750	44.76	55.24	Tidak memenuhi
	2000	42.54	57.46	Tidak memenuhi
	2250	42.77	57.23	Tidak memenuhi
	2500	48.49	51.51	Tidak memenuhi
Rungkut	100-700	0	100	Tidak memenuhi
	800	97.98	2.02	Memenuhi
	900	88.28	11.72	Tidak memenuhi
	1000	84.32	15.68	Tidak memenuhi
	1250	66.58	33.42	Tidak memenuhi
	1500	63.36	36.64	Tidak memenuhi
	1750	63.86	36.14	Tidak memenuhi
	2000	62.93	37.07	Tidak memenuhi
	2250	66.86	33.14	Tidak memenuhi
	2500	67.38	32.62	Tidak memenuhi

Nilai 0% didapatkan karena *node* telah mengirimkan paket menuju *destination node*, namun jarak transmisi tidak dapat mencapai *node* yang lain sehingga tidak terjadi *event* menerima paket yang telah dikirim. Di sisi lain nilai PDR tertinggi pada masing-masing ULP didapatkan pada kemampuan transmisi 800 m, kecuali Dukuh Kupang pada 700 m. PDR tertinggi ini menjelaskan bahwa setiap paket yang dikirim akan diterima oleh *destination node*. Dengan *routing protocol* DSDV memungkinkan bahwa *node* yang terletak jauh tetap akan sampai pada *destination node* melalui metode multihop. Setelah pada kemampuan transmisi 800 m, nilai PDR mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan terjadi penuhnya antrian pada salah satu *node* yang dilewati untuk menuju *destination node*. Dalam *trace file* dapat ditemukan kode “IFQ” yang menunjukkan paket terjadi *drop* dikarenakan antrian yang penuh seperti pada Gambar 4.12.

```
D 24.050423001 _2_IFQ ARP 3031 ack 40 [0 0 0 800]
----- [0:6 4194312:0 28 4194310] [0 0] 0 0
```

Gambar 4.11 Event Packet Drop



Gambar 4.12 Nilai PDR masing-masing ULP

4.4.2 Average Delay

Sesuai dengan perancangan analisis pada poin 3.5 *Avg_Del.awk* dilakukan eksekusi bersama *traceFile.tr* yang mana hasil simulasi

menunjukkan nilai *Average Delay* pada masing-masing ULP yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

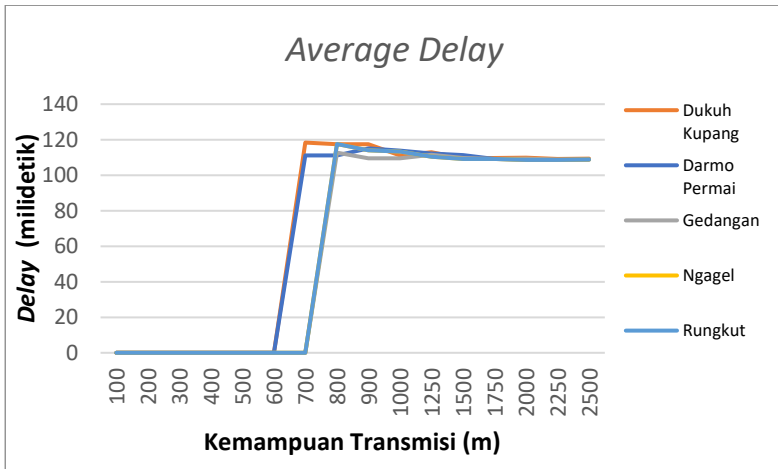
Tabel 4.3 *Average Delay* pada Setiap ULP

ULP	Kemampuan Transmisi (m)	<i>Average Delay</i> (ms)	Berdasar SPLN S3.001:2008
Darmo Permai	100-600	(tidak ada)	Tidak Memenuhi
	700	111.144	Memenuhi
	800	111.15	Memenuhi
	900	115.082	Memenuhi
	1000	113.87	Memenuhi
	1250	112.153	Memenuhi
	1500	111.272	Memenuhi
	1750	109.192	Memenuhi
	2000	108.822	Memenuhi
	2250	108.642	Memenuhi
2500	109.03	Memenuhi	
Dukuh Kupang	100-600	(tidak ada)	Tidak Memenuhi
	700	118.367	Memenuhi
	800	117.377	Memenuhi
	900	117.362	Memenuhi
	1000	111.165	Memenuhi
	1250	112.906	Memenuhi
	1500	109.485	Memenuhi
	1750	109.607	Memenuhi
	2000	109.792	Memenuhi
	2250	109.224	Memenuhi
	2500	109.339	Memenuhi

Gedangan	100-700	(tidak ada)	Tidak Memenuhi
	800	112.7	Memenuhi
	900	109.435	Memenuhi
	1000	109.47	Memenuhi
	1250	111.456	Memenuhi
	1500	109.63	Memenuhi
	1750	109.197	Memenuhi
	2000	109.407	Memenuhi
	2250	108.87	Memenuhi
	2500	108.745	Memenuhi
Ngagel	100-700	(tidak ada)	Tidak Memenuhi
	800	117.563	Memenuhi
	900	113.973	Memenuhi
	1000	113.288	Memenuhi
	1250	110.423	Memenuhi
	1500	109.17	Memenuhi
	1750	109.083	Memenuhi
	2000	108.568	Memenuhi
	2250	108.588	Memenuhi
	2500	108.713	Memenuhi
Rungkut	100-700	(tidak ada)	Tidak Memenuhi
	800	117.563	Memenuhi
	900	113.973	Memenuhi
	1000	113.288	Memenuhi
	1250	110.423	Memenuhi
	1500	109.17	Memenuhi
	1750	109.083	Memenuhi

	2000	108.568	Memenuhi
	2250	108.588	Memenuhi
	2500	108.713	Memenuhi

Nilai *Average Delay* terbesar terjadi pada *event* dimana paket dapat terkirim menuju *destination* yakni pada kemampuan transmisi di 800m. Hal ini dikarenakan setiap paket yang menuju *destination node* akan melewati lebih banyak *node*. Maka akan dihasilkan *delay* pada setiap *node*. Di sisi lain, nilai *average delay* setelah 800m cenderung mengalami penurunan dan stabil di nilai 110 ms. Nilai ini memenuhi SPLN S3.001:2008 yang mana *delay* maksimal paling kecil adalah 3 detik untuk telekontrol.



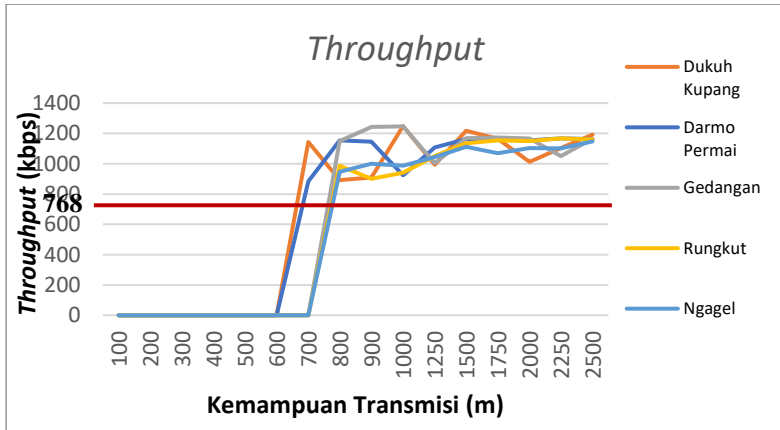
Gambar 4.13 Average Delay pada masing-masing ULP

4.4.3 Throughput

Sesuai dengan perancangan analisis pada poin 3.5 *Avg_Tput.awk* dilakukan eksekusi bersama *traceFile.tr* yang mana hasil simulasi menunjukkan nilai *Throughput* pada masing-masing ULP yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Nilai *Throughput* pada masing-masing ULP memiliki kecenderungan nilai yang naik, walaupun terdapat nilai fluktuatif. Nilai

throughput dipengaruhi dengan event “r” pada *trace file* yang menunjukkan bahwa paket diterima oleh *node*.



Gambar 4.14 Throughput pada masing-masing ULP

Nilai *throughput* pada setiap ULP memiliki nilai lebih dari 0.75 dibanding dengan link yang disediakan (1 Mb) atau 768 kbps. Maka sesuai dengan standar IEEE Std.37-1:2007, dari hasil simulasi, tidak terdapat nilai *throughput* yang memenuhi standar.

Tabel 4.4 *Throughput* pada setiap ULP

ULP	Kemampuan Transmisi (m)	Throughput (kbps)	dibanding Bandwidth	Berdasar IEEE Std. 37-1:2007
Darmo Permai	100-600	(tidak ada paket terkirim)	0.00	Tidak Memenuhi
	700	883.3	0.86	Tidak Memenuhi
	800	1154.5	1.13	Tidak Memenuhi
	900	1145.2	1.12	Tidak Memenuhi
	1000	924.4	0.90	Tidak Memenuhi
	1250	1107.6	1.08	Tidak Memenuhi
	1500	1162.9	1.14	Tidak Memenuhi

	1750	1158.8	1.13	Tidak Memenuhi
	2000	1154.3	1.13	Tidak Memenuhi
	2250	1167.1	1.14	Tidak Memenuhi
	2500	1161.4	1.13	Tidak Memenuhi
Dukuh Kumpang	100-600	(tidak ada paket terkirim)	0.00	Tidak Memenuhi
	700	1143.2	1.12	Tidak Memenuhi
	800	892.8	0.87	Tidak Memenuhi
	900	909.0	0.89	Tidak Memenuhi
	1000	1247.9	1.22	Tidak Memenuhi
	1250	992.5	0.97	Tidak Memenuhi
	1500	1216.2	1.19	Tidak Memenuhi
	1750	1164.1	1.14	Tidak Memenuhi
	2000	1012.0	0.99	Tidak Memenuhi
	2250	1103.2	1.08	Tidak Memenuhi
	2500	1191.8	1.16	Tidak Memenuhi
Gedangan	100-700	(tidak ada paket terkirim)	0.00	Tidak Memenuhi
	800	1150.4	1.12	Tidak Memenuhi
	900	1241.4	1.21	Tidak Memenuhi
	1000	1246.4	1.22	Tidak Memenuhi
	1250	1004.1	0.98	Tidak Memenuhi
	1500	1168.5	1.14	Tidak Memenuhi
	1750	1173.3	1.15	Tidak Memenuhi
	2000	1167.0	1.14	Tidak Memenuhi

	2250	1049.9	1.03	Tidak Memenuhi
	2500	1165.2	1.14	Tidak Memenuhi
Ngagel	100-700	(tidak ada paket terkirim)	0.00	Tidak Memenuhi
	800	946.6	0.92	Tidak Memenuhi
	900	999.8	0.98	Tidak Memenuhi
	1000	987.4	0.96	Tidak Memenuhi
	1250	1044.6	1.02	Tidak Memenuhi
	1500	1111.9	1.09	Tidak Memenuhi
	1750	1069.0	1.04	Tidak Memenuhi
	2000	1102.1	1.08	Tidak Memenuhi
	2250	1101.5	1.08	Tidak Memenuhi
	2500	1147.1	1.12	Tidak Memenuhi
Rungkut	100-700	(tidak ada paket terkirim)	0.00	Tidak Memenuhi
	800	988.0	0.96	Tidak Memenuhi
	900	901.1	0.88	Tidak Memenuhi
	1000	941.0	0.92	Tidak Memenuhi
	1250	1050.5	1.03	Tidak Memenuhi
	1500	1134.1	1.11	Tidak Memenuhi
	1750	1152.9	1.13	Tidak Memenuhi
	2000	1150.2	1.12	Tidak Memenuhi
	2250	1167.1	1.14	Tidak Memenuhi
	2500	1160.8	1.13	Tidak Memenuhi

-halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB 5

PENUTUP

Pada bab ini akan membahas mengenai kesimpulan yang diambil dari hasil simulasi SCADA PLN Jawa Timur dan hasil simulasinya, beserta dengan saran untuk penerapan komunikasi SCADA PLN Jawa Timur

5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan simulasi yang telah dilakukan , maka didapatkan kesimpulan hasil simulasi sebagai berikut:

1. *Packet Delivery Ratio(PDR)* tertinggi pada masing-masing ULP terjadi pada kemampuan transmisi 800 m, kecuali di ULP Dukuh Kupang pada 700 m
2. Pada kemampuan transmisi 800 m, nilai PDR pada seluruh ULP telah memenuhi standar IEEE C371-1.2007, kecuali ULP Ngagel.
3. Nilai *average delay* terbesar terjadi pada kemampuan transmisi 800 m yang mana nilai berkisar pada 120 ms dan cenderung stabil di 110 ms pada kemampuan transmisi lebih besar.
4. Nilai *average delay* pada kemampuan transmisi 800 m sampai 2500 m keseluruhan ULP memenuhi SPLN S3.001:2008 yakni dibawah 3 detik.
5. Nilai *throughput* memiliki kecenderungan naik pada kemampuan transmisi yang lebih besar, namun pada masing-masing ULP nilai *throughput* lebih dari 0.75 dari bandwidth *link* sebesar 1 Mb.

5.2 Saran

Dari kesimpulan analisis yang didapat penulis dapat memberikan saran:

1. Perlu dibandingkan pemodelan simulasi komunikasi WiFi dan jaringan GSM pada sistem SCADA UP2D di UP3 Surabaya Selatan
2. Perlu disimulasikan lokasi selain UP3 Surabaya Selatan sebagai bahan perbandingan lainnya.

-halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero), “Peralatan SCADA Sistem Tenaga Listrik”, SPLN S3.001: 2008.
- [2] Pešović, Uroš M.; Mohorko, Jože J.; Benkič, Karl; Čučej, Žarko F. (23–25 November 2010). "Single-hop vs. Multi-hop – Energy efficiency analysis in wireless sensor networks". Srbija, Beograd: Telekomunikacioni forum TELFOR 2010. pp. 471–474
- [3] Chakshika Amarawardhana, Kushan Sharma Dayananada, Harshana Porawagama and Dr. Chandana Gamage, “Case Study of WSN as a Replacement for SCADA”, Fourth International Conference on Industrial and Information Systems, ICIIS 2009, 28 - 31 December 2009, Sri Lanka.
- [4] T. Braun, A. Kassler, M. Kihl, V. Rakocevic, V. Siris, and G. Heijenk, “Multi-hop wireless networks”, Chapter 5 of the book Traffic and QoS Management in Wireless Multimedia Networks, COST 290 Final Report. Lecture Notes in Electrical Engineering Volume 31, Springer Verlag, USA
- [5] Adam, Tracy. October 2004, National Communication Systems (NCS) Technical Information Bulletin 04-1 “*Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) System*”, Communication Technology Inc., Virginia
- [6] Gulabh Singh, Deepinder Singh W., Sukhminder Kaushal. “*Implementation and Comparison using NS2 of Flat and Hierarchical Wireless Sensor Network by using Multihop and Gossiping Protocol*”. International Conference on Advances in Emerging Technology (ICAET 2016)
- [7] Information Science Institute, California. “*Network Simulator - NS2-*”, <https://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [8] Issariyakul, T., Ekram Hossain. 2008. “*Introduction to Network Simulator 2*”, Canada: Springer.

[9] IEEE Standard for SCADA and Automation System, IEEE Std C37.1-2007, New York

[10] Dargie, W., Christian Polleabauer,. 2010. “*Fundamental of Wireless Sensor Network*”. United Kingdom: Wiley.

LAMPIRAN

Daftar Singkatan

ADSS	: All Dielectric Self Supporting
API	: Application Programming Interface
DCC	: Distribution Control Center
DLL	: Dynamic Link Library
DSDV	: Destination Sequenced Distance Vector
GI	: Gardu Induk
GNU	: GNU's Not Unix
GSM	: Global System for Mobile Communication
GWOP	: Ground Wire Wrap Optical Fiber
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
HMI	: Human Machine Interface
IEC	: International Electrotechnical Commission
LAN	: Local Area Network
LBS	: Load Breaking Switch
MV	: Middle Voltage
NAM	: Network Animator
NS	: Network Simulator
OPGW	: Optical Fiber Ground Wire
OTcl	: Object-oriented Tool command language
PDR	: Packet Delivery Ratio
PLC	: Programmable Logic Controller
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
PMT	: Pemisah Tenaga
PSN	: Public Switch Network
QoS	: Quality of Service
RTU	: Remote Terminal Unit
SAIDI	: System Average Interruption Duration Index
SAIFI	: System Average Interruption Frequency Index
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition
SPLN	: Standar Perusahaan Listrik Negara
SUTM	: Saluran Umum Tegangan Menengah
UID	: Unit Induk Distribusi
ULP	: Unit Layanan Pelanggan
UP2D	: Unit Pelaksana Pengatur Distribusi
UP3	: Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan

USC ISI : University of Southern California Information
Sciences Institute
VINT : Virtual Internet Tested
WAN : Wide Area Network
WiFi : Wireless Fidelity

LAMPIRAN
Daftar Lokasi *Keypoint* UP3 Surabaya Selatan

No	Nama <i>Keypoint</i>	Lintang	Bujur
Kantor ULP		-7.294159	112.737349
1	BRATANG GEDE	-7.298028	112.753
2	BRATANG BINANGUN	-7.298865	112.759905
3	BRATANG WETAN	-7.29875	112.756361
4	SPBU NGAGEL	-7.296444	112.742444
5	NGAGEL REJO KIDUL	-7.294781	112.746352
6	PARTNA	-7.290867	112.744243
7	IGLAS	-7.292217	112.743466
8	NGAGEL JAYA SELATAN	-7.293259	112.752719
10	NGAGEL TAMA	-7.293056	112.75725
11	MANYAR KARTIKA SELATAN	-7.294056	112.766778
12	MANYAR REJO	-7.2945	112.768444
13	MANYAR JAYA	-7.298139	112.770056
14	NGINDEN SEMOLO	-7.299957	112.768442
15	NGINDEN KOTA 2	-7.302083	112.761278
16	NGINDEN INTAN SELATAN	-7.306645	112.765987
17	SEMOLOWARU BAHARI	-7.302429	112.787835
18	MEDOKAN MAKAM	-7.303583	112.799556
19	DINSOS	-7.302377	112.799971
20	MEDOKAN SEMAMPIR	-7.292861	112.800806
21	GALAXY PETRA	-7.290444	112.795056
22	GEBANG PUTIH	-7.283099	112.785605
23	LAGUNA	-7.278338	112.802317
24	TEKNIK PERKAPALAN	-7.275944	112.795056
25	GRAHA	-7.275722	112.79225

26	HAJI TIMUR	-7.281837	112.782217
27	MANYAR KERTOARJO 9	-7.277472	112.769806
28	SAMSAT	-7.279417	112.763528
29	MANYAR KERTOARJO 1	-7.281344	112.76604
30	KERTAJAYA INDAH TIMUR 6	-7.281362	112.782219
31	MANYAR SABRANGAN	-7.282444	112.763278
32	PASAR MENUR	-7.283639	112.762194
33	PUCANG JAJAR	-7.28375	112.761611
34	PUCANG ANOM	-7.284303	112.756265
35	LIPPO	-7.285917	112.756
36	OKTA	-7.287194	112.753944
37	PUCANG ADI	-7.283056	112.752752
38	KALIBOKOR 1	-7.283841	112.750609
39	SRIKANA	-7.274028	112.756778
40	KALIMANTAN	-7.270869	112.749212
41	SUMUT	-7.269083	112.750111
42	KALIBOKOR TIMUR	-7.287348	112.762395
Kantor ULP Rungkut		-7.336048	112.748073
43	HOTEL YELLOW	-7.319083	112.749472
44	BRI RUKO PRAPEN	-7.314556	112.729444
45	GADUNG	-7.307682	112.738765
46	SPBU JEMUR	-7.320417	112.746556
47	PONDOK	-7.306599	112.751168
48	SUPERINDO	-7.319361	112.74875
49	TENGGILIS MEJOYO TIMUR MASJID	-7.32277	112.761532
50	WONOREJO TIMUR	-7.308305	112.796961
51	PURI	-7.320658	112.791473
52	KOPEL WIGUNA	-7.337142	112.801617
53	RK 4 MERR	-7.326946	112.781316

54	NIRWANA MERR	-7.315782	112.780671
55	IPH	-7.313167	112.785194
56	SEMANGGI	-7.309001	112.807584
57	RAYA TENGGILIS MEJOYO	-7.322749	112.761502
58	PETRA	-7.340089	112.73681
59	SIWALAN KERTO TIMUR 2	-7.33785	112.73653
60	KERTO MENANGGAL	-7.339656	112.7297
61	MAKARYA BINANGUN	-7.350472	112.737556
62	DAITO	-7.348417	112.729611
63	TAMAN JEMURSARI	-7.327356	112.734774
64	CLASSIC CARPET	-7.327333	112.734944
65	MAKAM WADUNG ASRI	-7.346201	112.767654
66	BERBEK 7	-7.3505	112.757056
67	WADUNG ASRI DALAM	-7.343	112.766972
68	INDOLIFT	-7.341028	112.767972
69	JEMBATAN NGENI	-7.349944	112.759611
70	HEXINDO	-7.330755	112.764081
71	MAPAN TIMUR	-7.331444	112.780056
72	RUNGKUT HARAPAN	-7.327111	112.778889
73	APL GUNUNG ANYAR	-7.342667	112.795611
74	JEMBATAN NGINDEN	-7.308111	112.768139
75	CENTRAL PARK	-7.340583	112.802
76	YAKAYA	-7.33149	112.774112
77	KEDUNG BERUK	-7.319472	112.776167
78	EMPAT PUTRA	-7.336944	112.754694
79	UBAYA	-7.3205	112.765083
80	GIANT	-7.315694	112.734444
81	SURYA INTI	-7.328694	112.741278
82	JEMUR HANDAYANI	-7.313	112.756139

83	MENANGGAL 3	-7.341389	112.725361
84	DISHUB MENANGGAL	-7.343445	112.727308
85	GUDANG ABC	-7.338231	112.754764
86	SAPTA LANCAR	-7.3405	112.757806
87	SUMBER 9 JAYA	-7.3415	112.762972
88	SAKATA	-7.341472	112.755111
89	JAYA PERKASA	-7.342389	112.762917
90	RS ROYAL	-7.329333	112.750389
kantor ULP Darmo Permai		-7.275677	112.681949
91	SINGAPORE	-7.233407	112.608518
92	TPA	-7.213648	112.620253
93	MADE UTARA	-7.27075	112.637
94	MADE AMD	-7.279194	112.643194
95	BANJAR SUGIHAN MASJID	-7.254056	112.657194
96	JTV	-7.268556	112.674389
97	LEMPUNG TAMA	-7.263389	112.671667
98	LEMPUNG PERDANA	-7.264972	112.672611
99	CANDI LEMPUNG	-7.269222	112.669806
100	DAIMARU	-7.263917	112.667778
101	SMAN 11	-7.261756	112.661232
102	MANUKAN KULON	-7.255861	112.665389
103	TANJUNGSARI REMAJA	-7.258056	112.697139
104	SIMOREJO SARI B	-7.259008	112.704778
105	SUKOMANUNGGAL PUJASERA	-7.264444	112.69725
106	SUKOMANUNGGAL JAYA 10	-7.268028	112.697972
107	SIMO PRUNA JAYA	-7.272389	112.708167
108	TANJUNGSARI PERGUDANGAN	-7.261934	112.69678
109	SUKOMANUNGGAL JAYA	-7.269285	112.696395
110	DARMO INDAH	-7.263389	112.683611

111	SATELIT UTARA	-7.264806	112.692389
112	KONJEN BELGIA (BELGIA)	-7.279028	112.701417
113	KUPANG INDAH 12	-7.281167	112.702083
114	GOTONG ROYONG	-7.264306	112.679778
115	DP 1	-7.283861	112.693167
116	DP 2	-7.279583	112.686944
117	MAKAM NGAGLIK	-7.285028	112.701444
118	AUTO 2000	-7.268444	112.694528
119	SABINDO	-7.277889	112.683083
120	POM LONTAR	-7.286833	112.676556
121	JAMSOSTEK	-7.283722	112.690028
122	PETRA	-7.291	112.693306
123	GRAHA FAMILY BARAT	-7.289786	112.68286
124	GRAHA FAMILY UTARA	-7.2945	112.693306
125	SIMOKALANGAN	-7.269464	112.711698
126	GEREJA	-7.290778	112.697833
127	VIHARA	-7.286167	112.698083
128	MAKODAU	-7.289194	112.704639
129	U	-7.287786	112.655805
130	EMERALD MANSION	-7.296849	112.661031
131	BERINGIN INDAH	-7.261861	112.650944
132	MANUKAN TAMA	-7.267333	112.666194
kantor ULP gedangan		-7.374028	112.725677
133	RAYA TROPODO	-7.359583	112.764389
134	CITARUM	-7.35775	112.35775
135	AMBENG AMBENG	-7.35825	112.750528
136	KOPEL PABRIK LEMPUNG	-7.362139	112.758222
137	TROPODO 1 MAKAM (EX TROPODO / TROPODO MAKAM)	-7.362833	112.758889

138	TAMAN GRIYA MAPAN SENTOSA 4 (TAMAN GMS 4)	-7.36475	112.768139
139	TAMBAK SAWAH BUNDERAN	-7.363917	112.782944
140	BADONGAN (EX RAYA BREBEK)	-7.350111	112.76625
141	S.PARMAN 5 (EX S PARMAN / WARU 5)	-7.361278	112.725444
142	BANGAH	-7.370389	112.719833
143	SMA HANG TUAH	-7.290768	112.791034
144	SURYA INTI	-7.381639	112.754417
145	GABUNG	-7.376944	112.756444
146	BUNCITAN TEBU (EX TEBU)	-7.396194	112.782472
147	BUNGURASIH BARAT	-7.351889	112.719278
148	DELTA TAMA	-7.363722	112.808444
149	BETRO GUDANG	-7.388194	112.7485
150	DPU UBM	-7.351611	112.726583
151	BRIGIF MARINIR	-7.334334	112.713806
152	SEGORO TAMBAK	-7.36375	112.808525
153	PLN GEDANGAN	-7.370741	112.72918
154	CONGKOP (EX SKOK)	-7.390333	112.723889
155	VARIA USAHA BETON	-7.362498	112.729553
156	MANGGA SELATAN	-7.375167	112.707889
157	TAMAN ALOHA	-7.367194	112.704694
158	MAKAM SUKO	-7.37875	112.701667
159	RAYA JATISARI BESAR	-7.360028	112.717833
160	BKN	-7.362844	112.72955
161	KOPEL SODA	-7.357639	112.729417
162	MASJID SEDATI/PABEAN MASJID	-7.369889	112.76325
163	WAHYU YASIN (EX PABEAN DERES)	-7.3565	112.735139
164	KUREKSARI KANIP	-7.352278	112.766556
165	PASAR WADUNG ASRI	-7.351889	112.731833

166	LETJEND SUTOYO	-7.353528	112.718667
167	EMPU KANWA (EX RADEN SALEH)	-7.361877	112.738824
168	DELTA RAYA	-7.376222	112.738667
Kantor ULP Dukuh Kupang		-7.28864	112.711845
169	BINKOTIN	-7.33375	112.729972
170	STASIUN WONOKROMO	-7.302833	112.738222
171	TOL KEBONSARI	-7.328378	112.715228
172	WISMA PAGESANGAN	-7.339918	112.717561
173	KEBONSARI LVK	-7.328528	112.717194
174	PULO WONOKROMO	-7.301972	112.7295
175	SAMSAT KETINTANG	-7.322573	112.726969
176	ATM BRI	-7.335874	112.727651
177	JAWA POS	-7.314667	112.71725
178	PIJ	-7.318913	112.732553
179	PURI INDAH	-7.334334	112.713806
180	CILIWUNG	-7.293556	112.735306
181	VIA VUE	-7.293889	112.718444
182	BAKES BANGPOL	-7.290083	112.702806
183	CIANJUR	-7.287972	112.706889
184	KOPEL ASAHAN	-7.285803	112.732757
185	KEMBANG KUNING	-7.282139	112.72925
186	INJOKO	-7.328925	112.723206
187	ADITYAMARWAN	-7.294694	112.73225

-halaman ini sengaja dikosongkan-

LAMPIRAN

Koordinat x,y Keypoint

No	Nama Keypoint	x	y
Kantor ULP Ngagel		0.0	0.0
1	BRATANG GEDE	52.8	-24.6
2	BRATANG BINANGUN	76.0	-30.0
3	BRATANG WETAN	64.1	-29.2
4	SPBU NGAGEL	17.2	-14.6
5	NGAGEL REJO KIDUL	30.4	-4.0
6	PARTNA	23.4	21.0
7	IGLAS	20.7	12.4
8	NGAGEL JAYA SELATAN	52.0	5.7
10	NGAGEL TAMA	67.4	7.0
11	MANYAR KARTIKA SELATAN	99.6	0.7
12	MANYAR REJO	105.2	-2.2
13	MANYAR JAYA	110.3	-25.4
14	NGINDEN SEMOLO	104.7	-36.9
15	NGINDEN KOTA 2	80.4	-50.5
16	NGINDEN INTAN SELATAN	95.9	-79.5
17	SEMOLOWARU BAHARI	169.7	-52.7
18	MEDOKAN MAKAM	208.9	-60.0
19	DINSOS	210.5	-52.4
20	MEDOKAN SEMAMPIR	214.9	8.3
21	GALAXY PETRA	195.8	23.7
22	GEBANG PUTIH	164.7	70.5
23	LAGUNA	222.6	100.8
24	TEKNIK PERKAPALAN	198.1	116.0
25	GRAHA	188.5	117.5

26	HAJI TIMUR	153.3	78.5
27	MANYAR KERTOARJO 9	111.3	106.3
28	SAMSAT	89.6	93.9
29	MANYAR KERTOARJO 1	98.1	81.6
30	KERTAJAYA INDAH TIMUR 6	153.4	81.5
31	MANYAR SABRANGAN	88.5	74.6
32	PASAR MENUR	84.8	67.0
33	PUCANG JAJAR	82.8	66.3
34	PUCANG ANOM	64.5	62.8
35	LIPPO	63.5	52.5
36	OKTA	56.5	44.4
37	PUCANG ADI	52.6	70.7
38	KALIBOKOR 1	45.2	65.7
39	SRIKANA	66.8	128.3
40	KALIMANTAN	40.9	148.4
41	SUMUT	44.0	159.8
42	KALIBOKOR TIMUR	85.2	43.4
Kantor ULP Rungkut		0.0	0.0
43	HOTEL YELLOW	26.8	-338.0
44	BRI RUKO PRAPEN	-41.2	-309.1
45	GADUNG	-9.6	-265.3
46	SPBU JEMUR	16.9	-346.5
47	PONDOK	32.9	-258.4
48	SUPERINDO	24.4	-339.7
49	TENGGILIS MEJOYO TIMUR MASJID	67.5	-361.5
50	WONOREJO TIMUR	189.5	-269.3
51	PURI	169.1	-348.0
52	KOPEL WIGUNA	200.8	-453.0
53	RK 4 MERR	134.0	-388.1

54	NIRWANA MERR	133.0	-316.9
55	IPH	148.7	-300.3
56	SEMANGGI	225.7	-273.7
57	RAYA TENGGILIS MEJOYO	67.4	-361.3
58	PETRA	-15.8	-471.8
59	SIWALAN KERTO TIMUR 2	-16.8	-457.5
60	KERTO MENANGGAL	-39.6	-469.0
61	MAKARYA BINANGUN	-13.2	-538.0
62	DAITO	-39.6	-524.9
63	TAMAN JEMURSARI	-22.9	-390.7
64	CLASSIC CARPET	-22.3	-390.5
65	MAKAM WADUNG ASRI	86.6	-510.7
66	BERBEK 7	51.2	-538.1
67	WADUNG ASRI DALAM	84.5	-490.4
68	INDOLIFT	88.0	-477.8
69	JEMBATAN NGENI	59.7	-534.6
70	HEXINDO	75.7	-412.3
71	MAPAN TIMUR	129.3	-416.7
72	RUNGKUT HARAPAN	125.8	-389.1
73	APL GUNUNG ANYAR	179.9	-488.2
74	JEMBATAN NGINDEN	90.9	-268.1
75	CENTRAL PARK	201.5	-475.0
76	YAKAYA	109.3	-417.0
77	KEDUNG BERUK	117.3	-340.5
78	EMPAT PUTRA	43.9	-451.8
79	UBAYA	79.7	-347.0
80	GIANT	-24.2	-316.4
81	SURYA INTI	-1.0	-399.2
82	JEMUR HANDAYANI	49.7	-299.2

83	MENANGGAL 3	-54.0	-480.1
84	DISHUB MENANGGAL	-47.4	-493.2
85	GUDANG ABC	44.1	-460.0
86	SAPTA LANCAR	54.2	-474.4
87	SUMBER 9 JAYA	71.3	-480.8
88	SAKATA	45.1	-480.6
89	JAYA PERKASA	71.1	-486.5
90	RS ROYAL	29.7	-403.3
kantor ULP Darmo Permai		0.0	0.0
91	SINGAPORE	-481.6	207.9
92	TPA	-445.4	333.8
93	MADE UTARA	-368.2	-30.0
94	MADE AMD	-344.2	-83.8
95	BANJAR SUGIHAN MASJID	-300.8	76.3
96	JTV	-236.9	-16.1
97	LEMPUNG TAMA	-247.5	16.9
98	LEMPUNG PERDANA	-243.8	6.8
99	CANDI LEMPUNG	-253.0	-20.3
100	DAIMARU	-261.1	13.5
101	SMAN 11	-284.8	27.3
102	MANUKAN KULON	-271.2	64.8
103	TANJUNGSARI REMAJA	-157.9	50.8
104	SIMOREJO SARI B	-130.7	44.8
105	SUKOMANUNGGAL PUJASERA	-156.8	10.1
106	SUKOMANUNGGAL JAYA 10	-153.8	-12.7
107	SIMO PRUNA JAYA	-117.4	-40.5
108	TANJUNGSARI PERGUDANGAN	-158.7	26.1
109	SUKOMANUNGGAL JAYA	-159.2	-20.7
110	DARMO INDAH	-205.2	16.9

111	SATELIT UTARA	-173.9	7.8
112	KONJEN BELGIA (BELGIA)	-140.5	-82.8
113	KUPANG INDAH 12	-137.9	-96.4
114	GOTONG ROYONG	-218.6	11.0
115	DP 1	-168.7	-113.6
116	DP 2	-191.0	-86.3
117	MAKAM NGAGLIK	-139.7	-121.0
118	AUTO 2000	-165.9	-15.4
119	SABINDO	-204.8	-75.5
120	POM LONTAR	-226.1	-132.5
121	JAMSOSTEK	-179.7	-112.7
122	PETRA	-167.3	-159.1
123	GRAHA FAMILY BARAT	-203.7	-151.3
124	GRAHA FAMILY UTARA	-166.9	-181.4
125	SIMOKALANGAN	-105.3	-21.9
126	GEREJA	-151.6	-157.6
127	VIHARA	-151.3	-128.3
128	MAKODAU	-128.2	-147.6
129	U	-298.1	-138.6
130	EMERALD MANSION	-278.0	-196.3
131	BERINGIN INDAH	-321.2	26.6
132	MANUKAN TAMA	-266.1	-8.3
kantor ULP gedangan		0.0	0.0
133	RAYA TROPODO	74.9	-596.0
134	CITARUM	-1261.6	-584.3
135	AMBENG AMBENG	29.5	-587.5
136	KOPEL PABRIK LEMPUNG	54.6	-612.3
137	TROPODO 1 MAKAM (EX TROPODO / TROPODO MAKAM)	56.7	-616.7

138	TAMAN GRIYA MAPAN SENTOSA 4 (TAMAN GMS 4)	86.9	-628.9
139	TAMBAK SAWAH BUNDERAN	135.3	-623.6
140	BADONGAN (EX RAYA BREBEK)	81.7	-535.7
141	S.PARMAN 5 (EX S PARMAN / WARU 5)	-52.8	-606.8
142	BANGAH	-70.7	-664.8
143	SMA HANG TUAH	171.6	-157.6
144	SURYA INTI	41.4	-736.5
145	GABUNG	48.1	-706.6
146	BUNCIAN TEBU (EX TEBU)	130.2	-829.2
147	BUNGURASIH BARAT	-73.6	-547.0
148	DELTA TAMA	218.8	-622.4
149	BETRO GUDANG	22.2	-778.3
150	DPU UBM	-49.5	-545.2
151	BRIGIF MARINIR	-93.0	-435.1
152	SEGORO TAMBAK	219.0	-622.5
153	PLN GEDANGAN	-40.3	-667.1
154	CONGKOP (EX SKOK)	-56.5	-791.9
155	VARIA USAHA BETON	-39.3	-614.6
156	MANGGA SELATAN	-109.1	-695.3
157	TAMAN ALOHA	-120.2	-644.5
158	MAKAM SUKO	-128.8	-718.1
159	RAYA JATISARI BESAR	-77.8	-598.8
160	BKN	-39.3	-616.8
161	KOPEL SODA	-39.9	-583.6
162	MASJID SEDATI/PABEAN MASJID	70.6	-661.7
163	WAHYU YASIN (EX PABEAN DERES)	-21.1	-576.4
164	KUREKSARI KANIP	82.5	-549.5
165	PASAR WADUNG ASRI	-32.1	-547.0
166	LETJEND SUTOYO	-75.5	-557.4

167	EMPU KANWA (EX RADEN SALEH)	-9.0	-610.6
168	DELTA RAYA	-9.4	-702.0
Kantor ULP Dukuh Kupang		0.0	0.0
169	BINKOTIN	-38.8	-431.4
170	STASIUN WONOKROMO	-11.5	-234.4
171	TOL KEBONSARI	-88.7	-397.2
172	WISMA PAGESANGAN	-80.1	-470.7
173	KEBONSARI LVK	-82.0	-398.1
174	PULO WONOKROMO	-41.5	-229.0
175	SAMSAT KETINTANG	-49.4	-360.2
176	ATM BRI	-46.6	-445.0
177	JAWA POS	-82.7	-309.8
178	PIJ	-30.6	-336.9
179	PURI INDAH	-93.0	-435.1
180	CILIWUNG	-21.6	-175.3
181	VIA VUE	-80.0	-177.5
182	BAKES BANGPOL	-134.5	-153.2
183	CIANJUR	-120.5	-139.8
184	KOPEL ASAHAN	-30.6	-125.9
185	KEMBANG KUNING	-43.0	-102.6
186	INJOKO	-61.8	-400.7
187	ADITYAMARWAN	-32.2	-182.6

-halaman ini sengaja dikosongkan-

LAMPIRAN

Skrip Simulasi

Skrip Utama

```
Phy/WirelessPhy set freq_ 2.472e9
Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.014265625
set opt(chan) Channel/WirelessChannel
;# channel type
set opt(prop) Propagation/TwoRayGround
;# radio-propagation model
set opt(netif) Phy/WirelessPhy
;# network interface type
set opt(mac) Mac/802_11 ;#
MAC type
set opt(ifq) Queue/DropTail/PriQueue
;# interface queue type
set opt(ll) LL ;#
link layer type
set opt(ant) Antenna/OmniAntenna
;# antenna model
set opt(ifqlen) 50 ;#
max packet in ifq
set opt(nn) 41 ;#
DIGANTI ketika ganti ULP number of mobilenodes
set opt(adhocRouting) DSDV ;#
routing protocol
set opt(cp) "KoneksiData.tcl"
;# memanggil file koneksi data
set opt(sc) "LokasiKP.tcl"
;# memanggil file lokasi node
dan/atau node movement

set opt(x) 500 ;#
x coordinate of topology
set opt(y) 500 ;#
y coordinate of topology
```

```

set opt(seed) 0.0 ;#
seed for random number gen, COBA DICARI DEFINISI
"SEED"
set opt(stop) 250 ;#
time to stop simulation, waktu yang digunakan
untuk simulasi

#set opt(ftp1-start) 160.0
;#sebenarnya ini tidak perlu
#set opt(ftp2-start) 170.0

set num_wired_nodes 2
;#jumlah wired node, kita
buat 2 untuk UP2D dan UP3
set num_bs_nodes 1
;#jumlah base station, kita
anggap sebagai ULP sehingga nilai awal 1 nanti
simulasi untuk 5

# membuat simulasi baru
set ns_ [new Simulator]

# membuat routing dengan hierarki
$ns_ node-config -addressType hierarchical
AddrParams set domain_num_ 2 ;# jumlah
domain, yakni wired dan wireless
lappend cluster_num 2 1 ;# DIGANTI
ketika Simulasi Total; jumlah anggota/ cluster
tiap domain; domain 0 untuk wired (UP2D dan UP3)
domain 1 untuk wireless ULP dan KP
AddrParams set cluster_num_ $cluster_num
lappend eilastlevel 1 1 42 ;#
DIGANTI ketika ganti ULP jumlah node tiap
cluster; cluster 0.0 (UP2D) cluster 0.1 (UP3)
cluster (ULP dan KP)
AddrParams set nodes_num_ $eilastlevel ;# of
each domain

#file keluaran hasil simulai

```



```

set tracefd [open traceFile.tr w]
set namtrace [open namFile.nam w]
$ns_ trace-all $tracefd
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace $opt(x)
$opt(y)

# Create topography object
set topo [new Topography]

# define topology
$topo load_flatgrid $opt(x) $opt(y)

# create God
create-god [expr $opt(nn) + $num_bs_nodes]
# nn wireless nodes, GOD object will take care.

#membuat UP2D dan UP3; W(0) untuk UP2D, W(1)
untuk UP3
set temp {0.0.0 0.1.0} ;# hierarchical
addresses for wired domain
for {set i 0} {$i < $num_wired_nodes} {incr i}
{
    set W($i) [$ns_ node [lindex $temp $i]]
}

# membuat base ULP
$ns_ node-config -adhocRouting
$opt(adhocRouting) \
    -llType $opt(ll) \
    -macType $opt(mac) \
    -ifqType $opt(ifq) \
    -ifqLen $opt(ifqlen) \
    -antType $opt(ant) \
    -propType $opt(prop) \
    -phyType $opt(netif) \
    -channelType $opt(chan) \
    -topoInstance $topo \
    -wiredRouting ON \
    -agentTrace ON \

```

```

        -routerTrace OFF \
        -macTrace OFF

set temp {
for {set t 0} {$t < 42} {incr t} { #nilai t
DIGANTI ketika ganti ULP
1.0.$t}
}    ;# hier address to be used for wireless
                                ;# domain
set ULP(0) [$ns_ node 1.0.0]      ;#dibuat
satu satu jika lebih dari satu ULP
$ULP(0) random-motion 0          ;# disable
random motion

#lokasi koordinat ULP
$ULP(0) set X_ 0.0
$ULP(0) set Y_ 0.0
$ULP(0) set Z_ 0.0

#membuat Keypoint
$ns_ node-config -wiredRouting OFF

# Cluster Keypoint ke ULP
for {set k 0} {$k < 41} {incr k} {
set n_($k) [$ns_ node 1.0.$k]
$n_($k)   base-station   [AddrParams   addr2id
[$ULP(0) node-addr]]
}

#koordinat Keypoint
if { $opt(sc) == "" } {
    puts "**** NOTE: no scenario file
specified."
    set opt(sc) "none"
} else {
    puts "Loading scenario file..."
    source $opt(sc)
    puts "Load complete..."
}
}

```

```

for {set j 0} {$j < 41} {incr j} {
#   set node_($j) [ $ns_ node [lindex $temp
[expr $j+1]] ]
    $ns_ initial_node_pos $n_($j) 5
}

$ns_ at 0.0 "$W(0) color blue"
$ns_ at 0.0 "$W(1) color red"
#$ns_ at 0.0 "$ULP(0) color yellow"

#membuat koneksi data antar node
if { $opt(cp) == "" } {
    puts "*** NOTE: no connection pattern
specified."
    set opt(cp) "none"
} else {
    puts "Loading connection pattern..."
    source $opt(cp)
}

#membuat link wired node (UP2D, UP3, dan ULP

$ns_ duplex-link $W(0) $W(1) 1Mb 50ms DropTail
$ns_ duplex-link $W(1) $ULP(0) 1Mb 50ms DropTail

for {set j 0} {$j <$opt(nn)} {incr j} {
    $ns_ at $opt(stop).0 "$n_($j) reset";
}

# Tell all nodes when the simulation ends
$ns_ at $opt(stop).0 "$ULP(0) reset";

$ns_ at $opt(stop).0002 "puts \"NS EXITING...\"
; $ns_ halt"
$ns_ at $opt(stop).0001 "stop"
proc stop {} {
    global ns_ tracefd namtrace

```

```

    $ns_ flush-trace
    close $tracefd
    close $namtrace
}

puts "Starting Simulation..."
$ns_ run

```

Skip Koordinat Keypoint (ULP Darmo Permai)

\$n_(89)	set	X_	-263.9
\$n_(90)	set	X_	-225.0
\$n_(91)	set	X_	-157.1
\$n_(92)	set	X_	-134.6
\$n_(93)	set	X_	-87.6
\$n_(94)	set	X_	-26.5
\$n_(95)	set	X_	-36.1
\$n_(96)	set	X_	-32.8
\$n_(97)	set	X_	-42.5
\$n_(98)	set	X_	-49.8
\$n_(99)	set	X_	-72.9
\$n_(100)	set	X_	-58.5
\$n_(101)	set	X_	53.6
\$n_(102)	set	X_	80.5
\$n_(103)	set	X_	53.7
\$n_(104)	set	X_	56.1
\$n_(105)	set	X_	91.5
\$n_(106)	set	X_	52.2
\$n_(107)	set	X_	50.6
\$n_(108)	set	X_	5.8
\$n_(109)	set	X_	36.7
\$n_(110)	set	X_	67.6
\$n_(111)	set	X_	69.8
\$n_(112)	set	X_	-7.6
\$n_(113)	set	X_	38.8
\$n_(114)	set	X_	17.3
\$n_(115)	set	X_	67.4
\$n_(116)	set	X_	44.0
\$n_(117)	set	X_	3.9

\$n_(118)	set	X_	-18.6
\$n_(119)	set	X_	28.0
\$n_(120)	set	X_	39.1
\$n_(121)	set	X_	3.1
\$n_(122)	set	X_	39.0
\$n_(123)	set	X_	104.1
\$n_(124)	set	X_	54.7
\$n_(125)	set	X_	55.7
\$n_(126)	set	X_	78.2
\$n_(127)	set	X_	-90.2
\$n_(128)	set	X_	-71.7
\$n_(129)	set	X_	-109.1
\$n_(130)	set	X_	-55.2
\$n_(89)	set	Y_	269.3
\$n_(90)	set	Y_	395.2
\$n_(91)	set	Y_	31.4
\$n_(92)	set	Y_	-22.4
\$n_(93)	set	Y_	137.7
\$n_(94)	set	Y_	45.4
\$n_(95)	set	Y_	78.3
\$n_(96)	set	Y_	68.2
\$n_(97)	set	Y_	41.1
\$n_(98)	set	Y_	74.9
\$n_(99)	set	Y_	88.7
\$n_(100)	set	Y_	126.2
\$n_(101)	set	Y_	112.3
\$n_(102)	set	Y_	106.2
\$n_(103)	set	Y_	71.6
\$n_(104)	set	Y_	48.7
\$n_(105)	set	Y_	20.9
\$n_(106)	set	Y_	87.6
\$n_(107)	set	Y_	40.7
\$n_(108)	set	Y_	78.3
\$n_(109)	set	Y_	69.3
\$n_(110)	set	Y_	-21.4
\$n_(111)	set	Y_	-35.0
\$n_(112)	set	Y_	72.4
\$n_(113)	set	Y_	-52.1

```

$n_(114)    set    Y_    -24.9
$n_(115)    set    Y_    -59.6
$n_(116)    set    Y_    46.1
$n_(117)    set    Y_    -14.1
$n_(118)    set    Y_    -71.1
$n_(119)    set    Y_    -51.3
$n_(120)    set    Y_    -97.6
$n_(121)    set    Y_    -89.9
$n_(122)    set    Y_    -119.9
$n_(123)    set    Y_    39.6
$n_(124)    set    Y_    -96.2
$n_(125)    set    Y_    -66.8
$n_(126)    set    Y_    -86.1
$n_(127)    set    Y_    -77.1
$n_(128)    set    Y_    -134.9
$n_(129)    set    Y_    88.0
$n_(130)    set    Y_    53.2

```

```

for {set p 89} {$p < 131} {incr p} {
    $n_($p) set Z_ 0.0}

```

Skrip koneksiData.tcl (ULP Ngagel)

```

set tcp_(0) [$ns_ create-connection TCP $n_(0)
TCPSink $W(0) 0]
$tcp_(0) set window_ 32
$tcp_(0) set packetSize_ 65
set ftp_(0) [$tcp_(0) attach-source FTP]
$ns_ at 5 "$ftp_(0) start"

set tcp_(1) [$ns_ create-connection TCP $n_(1)
TCPSink $W(0) 0]
$tcp_(1) set window_ 32
$tcp_(1) set packetSize_ 65
set ftp_(1) [$tcp_(1) attach-source FTP]
$ns_ at 5 "$ftp_(1) start"

set tcp_(2) [$ns_ create-connection TCP $n_(2)
TCPSink $W(0) 0]

```

```
$tcp_(2) set window_ 32
$tcp_(2) set packetSize_ 65
set ftp_(2) [$tcp_(2) attach-source FTP]
$ns_ at 5 "$ftp_(2) start"

set tcp_(3) [$ns_ create-connection TCP $n_(3)
TCPSink $W(0) 0]
$tcp_(3) set window_ 32
$tcp_(3) set packetSize_ 65
set ftp_(3) [$tcp_(3) attach-source FTP]
$ns_ at 5 "$ftp_(3) start"

set tcp_(4) [$ns_ create-connection TCP $n_(4)
TCPSink $W(0) 0]
$tcp_(4) set window_ 32
$tcp_(4) set packetSize_ 65
set ftp_(4) [$tcp_(4) attach-source FTP]
$ns_ at 5 "$ftp_(4) start"
```

LAMPIRAN

Skrip AWK

Skrip Packet Delivery Ratio

```
BEGIN {
    recvdSize = 0
    startTime = 1
    stopTime = 0
    sent=0
    receive=0
}

{
    event = $1
    time = $2
    node_id = $3
    pkt_size = $8
    level = $4

    if (level == "AGT" && event == "s" && $7
== "tcp") {
        sent++
        if (time < startTime) {
            startTime = time
        }
    }

    if (level == "AGT" && event == "r" && $7
== "ack") {
        receive++
        if (time > stopTime) {
            stopTime = time
        }
        recvdSize += pkt_size
    }
}

END {
    printf("sent_packets\t %d",sent);
}
```



```
printf("\nreceived_packets %d",receive);
printf("\nPDR %.2f%", (receive/sent)*100);
}
```

Scrip Average Throughput

```
BEGIN {
    recvdSize = 0
    startTime = 1e6
    stopTime = 0
    recvdNum = 0
}

{
    # Trace line format: normal
    if ($2 != "-t") {
        event = $1
        time = $2
        if (event == "+" || event == "-")
node_id = $3
        if (event == "r" || event == "d")
node_id = $4
        flow_id = $8
        pkt_id = $12
        pkt_size = $6
        flow_t = $5
        level = "AGT"
    }

    if (level == "AGT" && sendTime[pkt_id] ==
0 && (event == "+" || event == "s")) {
        if (time < startTime) {
            startTime = time
        }
        sendTime[pkt_id] = time
        this_flow = flow_t
    }
}
```

```

        if (level == "AGT" && event == "r" && $7
== "ack") {
            if (time > stopTime) {
                stopTime = time
            }

            recvdSize += pkt_size

            recvTime[pkt_id] = time
            recvdNum += 1
        }
    }
END {
    if (recvdNum == 0) {
        printf("Warning: no packets were
received, simulation may be too short \n")
    }
    printf("\n")
    printf("  %15s:      %d\n", "startTime",
startTime)
    printf("  %15s:      %d\n", "stopTime",
stopTime)
    printf("  %15s:     %g\n", "receivedPkts",
recvdNum)
    printf("  %15s:     %g\n", "avgTput[kbps]",
(recvdSize/(stopTime-startTime))*(8/1000))
}

```

Skip Average Delay

```

BEGIN{
}
{
if ($2 != "-t") {
    event = $1
    time = $2
}
}

```

```

    if (event == "+" || event == "-") node_id
= $3
    if (event == "r" || event == "d") node_id
= $4
        flow_id = $8
        pkt_id = $12
        pkt_size = $6
        flow_t = $5
        level = "AGT"
    }

if (level == "AGT" && sendTime[pkt_id] == 0 &&
(event == "+" || event == "s") ) {
    if (time < startTime) {
        startTime = time
    }
    sendTime[pkt_id] = time
    this_flow = flow_t
}

if (level == "AGT" &&event == "r" ) {
    if (time > stopTime) {
        stopTime = time
    }

    recvdSize += pkt_size

    recvTime[pkt_id] = time
}
}
END{
delay = avg_delay = recvdNum = 0
for (i in recvTime) {
    if (sendTime[i] == 0) {
        printf("\nError    in    delay.awk:
receiving a packet that wasn't sent %g\n",i)
    }
    delay += recvTime[i] - sendTime[i]
}
}

```

```
    recvdNum ++
  }
  if (recvdNum != 0) {
    avg_delay = delay / recvdNum
  }
  else {
    avg_delay = 0
  }
  printf(" %15s:  %g\n", "avgDelay[ms] overall",
    avg_delay*1000)
}
```

LAMPIRAN

Instalasi Cygwin dan NS-2.35

A. Tujuan

Instalasi cygwin digunakan untuk menjalankan aplikasi berbasis UNIX atau Linux dalam sistem operasi Windows

B. Alat

Peralatan yang dibutuhkan:

1. Personal Komputer/ Laptop
2. Aplikasi cygwin (download di www.cygwin.com/setup.exe)
3. File NS-2.35 (download di https://ns2blogger.blogspot.com/p/the-easiest-way-to-install-ns-2-on_5.html)

C. Langkah-langkah

Langkah-langkah instalasi:

1. Extract file NS-2.35 (hanya part 1 saja)
2. Jalankan setup.exe dari cygwin
3. Klik Next >> pilih Install from Local Directory >> Next
4. Dalam Local Packages gunakan folder NS 2.35/nslocal/release >> Next >> Install
5. Buat folder dengan nama “Nouredine” dalam C:\cygwin\home
6. Lakukan copy-paste file ns-allinone-2.35-RC7avecgraph.rar, lalu extract file tersebut
7. Lakukan copy-paste file .bashrc pada C:\cygwin\home\user
8. Buka aplikasi cygwin, lalu ketik ns seperti pada gambar berikut



9. Aplikasi cygwin sudah siap digunakan.

-halaman ini sengaja dikosongkan-

LAMPIRAN

Konfigurasi Network Simulator 2.35 untuk Sistem SCADA

A. Tujuan

Melakukan simulasi komunikasi SCADA dengan menggunakan bahasa pemrograman Otcl

B. Alat

Peralatan yang dibutuhkan:

1. Personal Komputer/ Laptop
2. Aplikasi cygwin dan NS-2.35
3. Aplikasi nam (download di <https://www.isi.edu/nsnam/nam/>)
4. Aplikasi Notepad++

C. Langkah-langkah

1. Buat folder berdasarkan nama ULP (Ngagel, Rungkut, Gedangan, Darmo Permai, dan Dukuh Kupang)
2. Buat folder jarak transmisi 100m, 200m, 300m, 2500m pada masing-masing folder ULP pada Langkah 1.
3. buka aplikasi Notepad++
4. tulislah skrip sistem SCADA yang telah terlampir pada Lampiran Skrip Simulasi pada poin skrip utama, sesuaikan skrip dengan kondisi masing-masing ULP, seperti jumlah node dan nomor node
5. pada skrip utama dibutuhkan dua file tambahan yakni lokasi keypoint dan koneksi data
6. untuk mendapatkan lokasi keypoint dalam bentuk x,y berdasarkan data keypoint, dapat menggunakan rumus berikut:

$$x = (\text{lon}2 - \text{lon}1) * \cos(\text{lat}2 + \text{lat}1) * R$$
$$y = (\text{lat}2 - \text{lat}1) * R$$
$$d = (\sqrt{x^2 + y^2}) * R$$

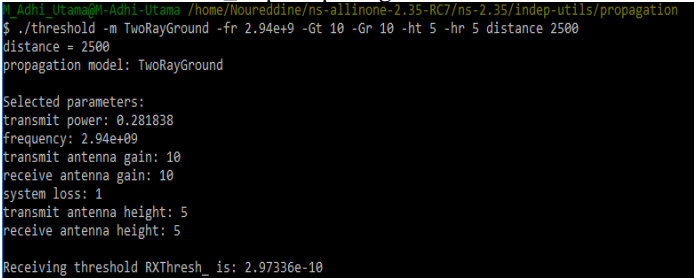
Dimana,

Lon : bujur (radian)

Lat : lintang (radian)

R : jari-jari lingkaran (dalam hal ini adalah bumi, 6731 km)

Agar lebih mudah gunakan excel

7. tulis nilai x,y seperti pada Lampiran Skrip Simulasi pada poin Skrip koordinat keypoint
8. save dengan nama file LokasiKeypoint.tcl pada folder ULP yang terkait
9. buka kembali Notepad++, dan buat skrip koneksi data seperti pada cuplikasi di Lampiran Skrip Simulasi pada poin Skrip Koneksi Data
10. save dengan nama file KoneksiData.tcl pada folder ULP yang terkait
11. untuk membuat file analisis, buat dalam Notepad++ juga, file .awk seperti pada Lampiran Skrip AWK
12. sebelum file di-eksekusi, maka perlu diperhatikan variabel yang akan diuji. Untuk variabel jarak maka harus diganti nilai RXThresh_ pada file skrip utama. Nilai RXThresh_ didapatkan dari file threshold.cc dalam ~ns-2.35/indep-utils/propagation/
13. untuk menjalankan pastikan file threshold.cc sudah di-compile menggunakan cygwin
14. buka cygwin, lalu ketik `cd ~ns-2.35/indep-utils/propagation/` (menuju lokasi threshold.cc), lalu ketik command `gcc threshold.cc -o threshold`
15. setelah itu, maka akan didapatkan file threshold, lalu ketik command pada cygwin `./threshold -m TwoRayGround -fr 2.94e9 -Gt 10 -Gr 10 -ht 5 -hr 5 distance` (sesuaikan jarak yang diinginkan)
16. catat nilai RXThresh_ seperti pada gambar berikut
 

```

p_Adhi_Utama@Adhi-Utama: /home/Noureddine/ns-allinone-2.35-RC7/ns-2.35/indep-utils/propagation
$ ./threshold -m TwoRayGround -fr 2.94e9 -Gt 10 -Gr 10 -ht 5 -hr 5 distance 2500
distance = 2500
propagation model: TwoRayGround

Selected parameters:
transmit power: 0.281838
frequency: 2.94e+09
transmit antenna gain: 10
receive antenna gain: 10
system loss: 1
transmit antenna height: 5
receive antenna height: 5

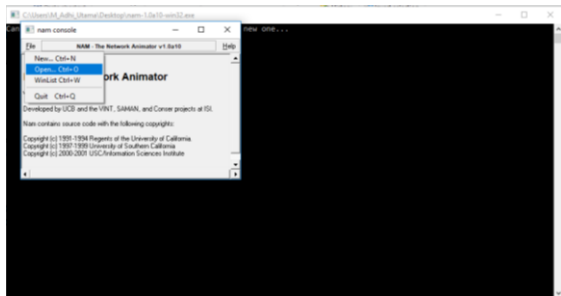
Receiving threshold RXThresh_is: 2.97336e-10

```
17. ubah nilai RXThresh_ pada skrip utama sesuai dengan folder jarak transmisi
18. setelah seluruh file dibuat, maka lakukan eksekusi simulasi dengan perintah `ns (namafileskriptutama).tcl` dengan masuk pada masing-masing folder ULP

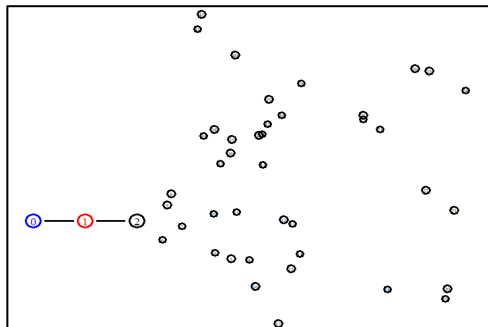
19. Setelah semua file pada folder jarak transmisi dan ULP telah dieksekusi, maka akan didapatkan file traceFile.tr dan namFile.nam
20. untuk dilakukan analisis dengan file .awk gunakan command `gawk -f (skripAWK).awk traceFile.tr`
21. catat seluruh hasil analisis pada tabel dibawah:

ULP	Jarak Transmisi	PDR	Avg Delay	Avg Throughput

22. untuk mengetahui visualisasi nam file, maka buka aplikasi nam.exe yang telah didownload
23. klik file >> Open >> (file namFile.nam pada masing-masing ULP)



24. setelah dieksekusi maka akan tertampil gambar berikut (ULP Ngagel) :



-halaman ini sengaja dikosongkan-

LAMPIRAN

Proposal Tugas Akhir

EE 184801 TUGAS AKHIR – 6 SKS

Nama Mahasiswa : Muhammad Adhi Utama
Nomor Pokok : 07111540000040
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Genap 2018/2019
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
2. Dwi Arya Yudha
Judul Tugas Akhir : Analisis Kinerja Komunikasi Multi-Hop pada sistem SCADA
(Performance Analysis of Multi-hop Communication on SCADA System)

12 FEB 2019

A. Uraian Tugas Akhir :

SCADA pada PT. PLN (Persero) Dist. Jatim dapat melakukan fungsi *telemeter*, *telestatus*, dan *telecontrol*. Ketiga fungsi tersebut berguna bagi unit distribusi untuk memperbaiki nilai SAIDI dan SAIFI. Salah satu contoh penggunaan SCADA dalam sisi operasional adalah penormalan jaringan distribusi. Penormalan dilakukan dengan cara manuver jaringan distribusi pada keypoint yang tersebar di lapangan. Namun fakta di lapangan, availability 90% membuat penormalan bisa gagal. Salah satu kendala pada kegagalan sistem SCADA adalah komunikasi perangkat. Komunikasi perangkat saat ini menggunakan jaringan GSM.

Teknologi multi-hop digunakan untuk mengirimkan pesan dari *source node* ke *destination node* melalui *node-node* lain. Keuntungannya adalah teknologi ini dapat menjadi rekayasa dari jarak komunikasi antara *master* dan *slave* yang berjauhan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kinerja penggunaan komunikasi multi-hop pada sistem SCADA dari hasil simulasi berdasarkan parameter konfigurasi SCADA saat ini sehingga dapat dijadikan referensi keandalan komunikasi terhadap sistem saat ini.

Dosen Pembimbing 1,

Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
NIP. 196504041991021001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1,



Dede C. Riawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197311192000031001

Dosen Pembimbing 2,

Dwi Arya Yudha
NIP. 8006210z

Menyetujui,
Kepala Laboratorium Jaringan
Telekomunikasi,

Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
NIP. 196504041991021001

-halaman ini sengaja dikosongkan-

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Muhammad Adhi Utama lahir di Madiun pada 29 Agustus 1997, yang mana merupakan salah satu mahasiswa Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia Departemen Teknik Elektro Institut teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis pernah menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN 03 Kanigoro Madiun, SMPN 2 Madiun , dan SMAN 2 Madiun. Penulis berminat untuk terus belajar mengenai telekomunikasi khususnya dibidang jaringan telekomunikasi. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail muhammadadhi.u@gmail.com