

**STUDI SISTEM SCADA
DI PT PLN (PERSERO) UNIT PENGATUR BEBAN SISTEM SULSEL
(UPB SISTEM SULSEL)**



**STUDI SISTEM SCADA
DI PT PLN (PERSERO) UNIT PENGATUR BEBAN SISTEM SULSEL
(UPB SISTEM SULSEL)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektro**

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik**

Disusun dan diajukan oleh

ARIF DWI PRASETYO

K105 82 108112

UMAR SAID

K105 82 99912

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
MAKASSAR**

2020

14/10/2022

1 emp
Emb. Alumni

R/0053/ELT/2200

PRA

5



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **STUDI SISTEM SCADA DI PT. PLN (PERSERO) UNIT PENGATURAN BEBAN SISTEM SULSEL**

Nama : 1. Arif Dwi Prasetyo
2. Umar Said

Stambuk : 1. K10582 1081 12
2. K10582 999 12

Makassar, 31 Agustus 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

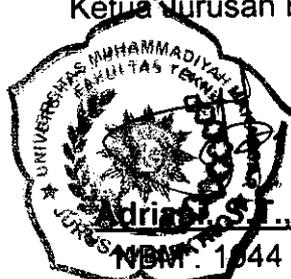
Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Andi Faharuddin, S.T., M.T

NIP.132169986

Mengetahui,
Ketua Jurusan Elektro



Adrian S.T., M.T.

NBM: 1044 202



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: elektroft@unismuh.ac.id

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Arif Dwi Prasetyo** dengan nomor induk Mahasiswa K10582 1081 12 dan **Umar Id** dengan nomor induk Mahasiswa K10582 999 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 156/05/A.5-II/V/36/2015, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektroteknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 6 Juni 2015.

Makassar, 14 Jumadil Akhir 1441 H
08 Februari 2020 M

Panitia Ujian :

Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

Penguji

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekretaris : Adriani, S.T.,M.T

Anggota : 1. Rizal Ahdiyati Duyo, S.T.,M.T

2. Ir. Abdul Hafid, M.T

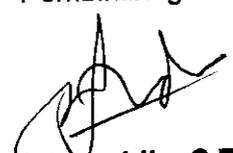
3. Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

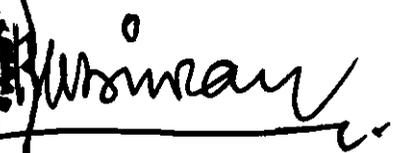
Pembimbing II


Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc


Andi Faharuddin, S.T.,M.T
NIP.132169986



Dekan


Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T., IPM

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang sebesar-besarnya atas kehadiran Allah SWT atas berkah ilmu pengetahuan serta rahmat-Nya lah, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, dengan judul :

“STUDI SISTEM SCADA DI PT PLN (PERSERO) UNIT PENGATUR BEBAN SISTEM SULSEL (UPB SISTEM SULSEL)”

Dengan penuh kesadaran serta kerendahan hati kami menyadari bahwa penyelesaian Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak dan pada kesempatan ini kami haturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang senantiasa mendoakan, memberikan dorongan dan bantuan secara moril dan materil dalam penyelesaian pendidikan dan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Hamzah Al Imron, ST.,MT sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Adriani, ST.,MT. sebagai Ketua Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, ST.,M.Sc. sebagai pembimbing I dalam penyusunan Skripsi ini.

5. Bapak Andi Fakharuddin, ST.,MT sebagai sebagai pembimbing II dalam penyusunan Skripsi ini.
6. Ibu Adriani, ST.,MT selaku dosen dan sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar yang selalu membantu dan mendukung penulis dalam penyelesaian Skripsi.
7. Segenap Bapak/Ibu Pegawai PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Sulsel yang sudah membantu menyiapkan data-data penelitian penulis dalam menyusun Skripsi.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar yang telah memberikan dukungan kepada kami.
9. Serta seluruh pihak yang turut membantu kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis berharap semoga Skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan terutama untuk mendukung kegiatan akademis.

Makassar, 31 Agustus 2019

Penulis

ABSTRAK

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) memegang peranan penting dalam memegang fungsi pengawasan (*Telesignalling*), pengendalian (*Telecontrol*), dan pengambilan data jarak jauh (*Telemetry*) oleh PT PLN (Persero). Oleh karena itu kegiatan usaha yang dimiliki PT PLN (Persero) harus memanfaatkan perkembangan teknologi maju, serta sumber daya yang dimiliki juga harus memadai agar mendukung efisiensi dan efektivitas dalam menjalankan proses bisnisnya.

Dengan menggunakan media komunikasi operator (*dispatcher*) mampu memantau keseluruhan parameter, melakukan kontrol jarak jauh (*remote*), mendapatkan indikasi gangguan/alarm terhadap peralatan, mendapatkan dokumen rekaman (*report*) sesuai urutan kronologis gangguan saluran transmisi hanya melalui papan *display*.

Berdasarkan hasil studi, didapatkan data lapangan bahwa terdapat 30 Gardu Induk 70/150 kV yang sudah terhubung dengan Master Station di PT. PLN (PERSERO) Unit Pengatur Beban Sistem Susel. Adapun sistem telekomunikasi yang digunakan yaitu, kabel pilot, gelombang radio, Fiber Optic, dan PLC (*Power Line Carrier*). Disisi lain performansi dari master station yang ada masih berada dalam kategori level 3.

Salah satu hal yang perlu dilakukan oleh PT PLN (Persero) adalah perlunya segera melakukan pengembangan ke level yang lebih baik lagi, minimal mampu bersaing dengan teknologi sekarang dan agar mampu mendukung dalam perluasan sistem ketenaga listrik yang akan datang.

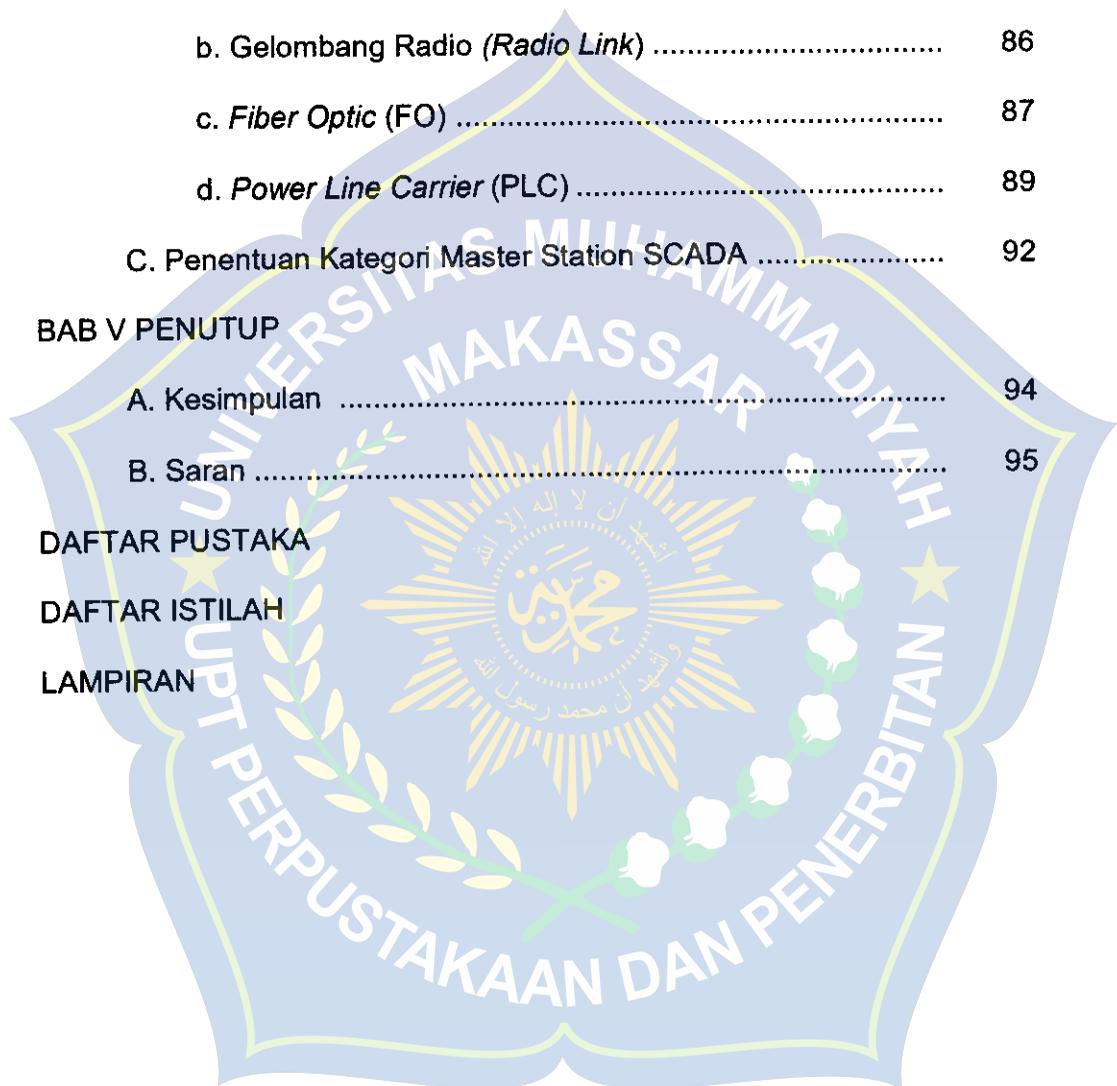
Kata kunci: *Telecontrol, Telemetry, Telesignalling, Remote, komunikasi data, dan sistem.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Umum	6
B. Perangkat-Perangkat Sistem SCADA	11
1. <i>Master Station</i>	11
a. Konfigurasi <i>Master Station</i>	11
2. <i>Remote Terminal Unit (RTU)</i>	18

3. Media Komunikasi	24
4. <i>Interface</i> SCADA	27
5. Protokol Komunikasi	30
6. Unit <i>Power Supply</i>	38
7. <i>Dataway Bus</i> Antar Modul RTU	40
C. Pengembangan Sistem Control Centre	40
1. Perubahan Kondisi Pusat Kontrol	44
2. <i>Distributed Control Centre</i> Moderen	47
3. Pusat Kontrol Masa Depan	48
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Lokasi Penelitian	51
B. Variabel Penelitian	52
C. Langkah Pengambilan Data	52
D. Jenis Data Penelitian	53
E. Langkah Analisis Data	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Konfigurasi Sistem SCADA di PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel	56
B. Sistem SCADA PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel	65
1. <i>Overview</i> Perangkat Keras	65
a. Sistem LAN	66
b. Server	67
2. <i>Overview</i> Aplikasi SCADA dan EMS	71

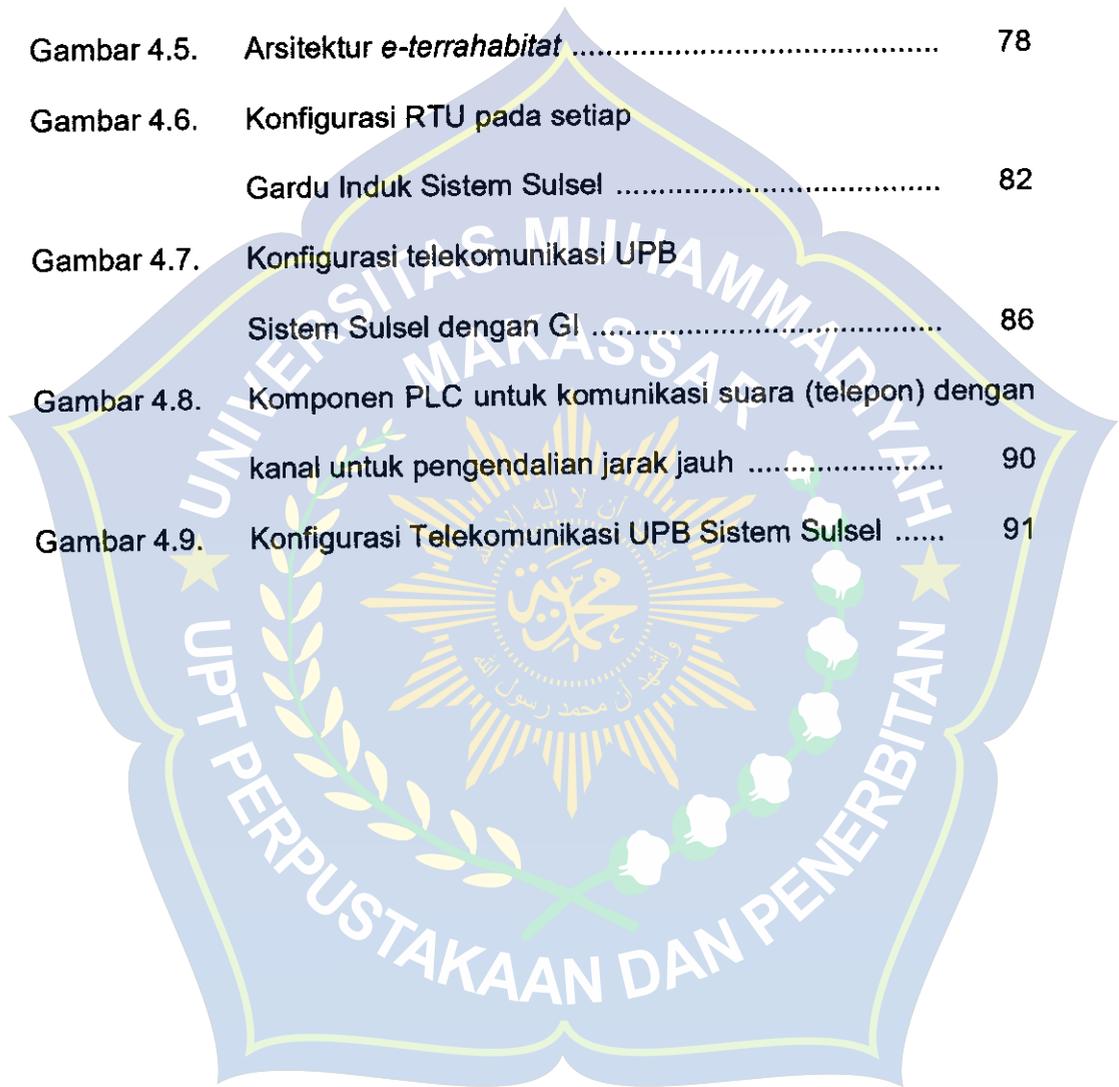
3. Konfigurasi RTU	80
a. <i>Overview</i> Perangkat RTU	82
4. Konfigurasi Telekomunikasi	85
a. Kabel Pilot	85
b. Gelombang Radio (<i>Radio Link</i>)	86
c. <i>Fiber Optic</i> (FO)	87
d. <i>Power Line Carrier</i> (PLC)	89
C. Penentuan Kategori Master Station SCADA	92
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	94
B. Saran	95
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR ISTILAH	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

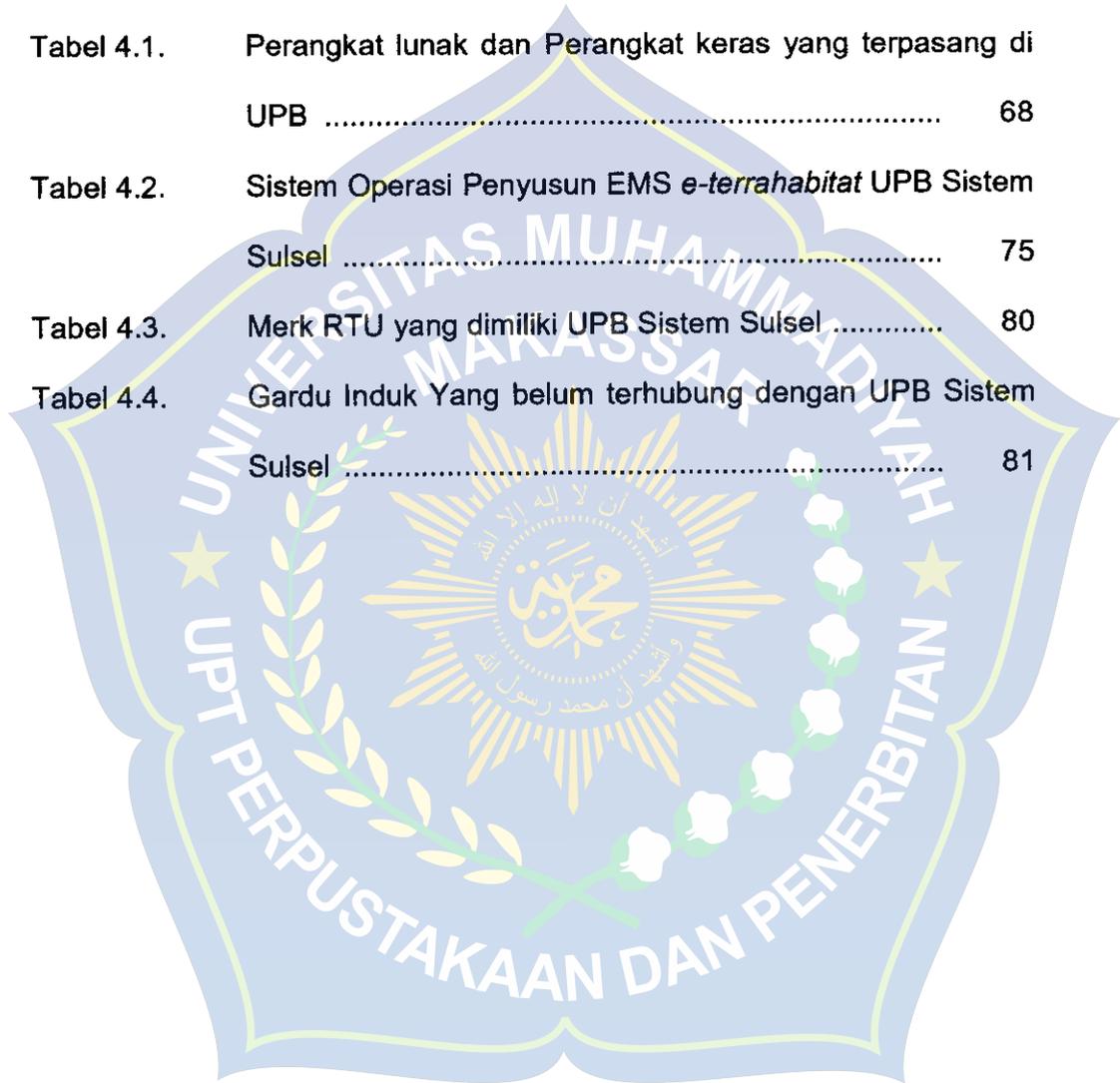
	Halaman
Gambar 2.1. Konfigurasi <i>Master Station</i> Transmisi Level 1	11
Gambar 2.2. Konfigurasi <i>Master Station</i> Transmisi Level 2	12
Gambar 2.3. Konfigurasi <i>Master Station</i> Transmisi Level 3	13
Gambar 2.4. Konfigurasi <i>Master Station</i> Transmisi Level 4	14
Gambar 2.5. Konfigurasi <i>Master Station</i> Transmisi Level 5	16
Gambar 2.6. Konfigurasi <i>Point – Point</i>	19
Gambar 2.7. Konfigurasi <i>Multiple Point- Point</i>	19
Gambar 2.8. Konfigurasi <i>MultiPoint – Star</i>	20
Gambar 2.9. Konfigurasi <i>MultiPoint Partyline</i>	20
Gambar 2.10. Konfigurasi <i>Loop</i>	21
Gambar 2.11. Konfigurasi Gabungan	21
Gambar 2.12. Komponen-komponen dasar RTU	23
Gambar 2.13. Media komunikasi dalam sistem tenaga listrik	26
Gambar 2.14. OSI 7 layer protokol model	33
Gambar 2.15. Model sistem catu daya	39
Gambar 2.16. Arsitektur SCADA, EMS dan DMS	45
Gambar 2.17. SCADA berbasis IP	48
Gambar 3.1. Lokasi Penelitian	51
Gambar 3.2. Langkah pengambilan data penelitian	53
Gambar 3.3. Langkah penelitian	55

Gambar 4.1.	Konfigurasi <i>Master Station</i> UPB Sistem Sulsel	62
Gambar 4.2.	Topologi SCADA UPB Sistem Sulsel	72
Gambar 4.3.	Jendela <i>display editor</i> pada Aplikasi SCADA/EMS ..	74
Gambar 4.4.	Arsitektur <i>e-terrahabitat</i>	77
Gambar 4.5.	Arsitektur <i>e-terrahabitat</i>	78
Gambar 4.6.	Konfigurasi RTU pada setiap Gardu Induk Sistem Sulsel	82
Gambar 4.7.	Konfigurasi telekomunikasi UPB Sistem Sulsel dengan GI	86
Gambar 4.8.	Komponen PLC untuk komunikasi suara (telepon) dengan kanal untuk pengendalian jarak jauh	90
Gambar 4.9.	Konfigurasi Telekomunikasi UPB Sistem Sulsel	91



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Uraian OSI 7 <i>layer</i> protokol model	33
Tabel 4.1. Perangkat lunak dan Perangkat keras yang terpasang di UPB	68
Tabel 4.2. Sistem Operasi Penyusun EMS <i>e-terrahabitat</i> UPB Sistem Sulsel	75
Tabel 4.3. Merk RTU yang dimiliki UPB Sistem Sulsel	80
Tabel 4.4. Gardu Induk Yang belum terhubung dengan UPB Sistem Sulsel	81



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pada penelitian ini penulis mempunyai ide untuk melakukan penelitian terhadap sistem SCADA yang dimiliki PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Sulsel. PT PLN (Persero) memegang peranan penting dalam menyediakan, menyalurkan pasokan energi listrik ke masyarakat kota hingga daerah. Untuk memudahkan memantau keseluruhan beban dari jaringannya, PT PLN (Persero) telah memanfaatkan sistem SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) untuk mendukung fungsi pengawasan, pengendalian, dan pengambilan data jarak jauh (*remote area*) menggunakan suatu peralatan yang terpusat pada satu tempat yang disebut *Control Centre* terhadap saluran transmisinya.

Control Centre tersebut terdiri dari peralatan penunjang sistem SCADA dan beberapa operator sistem transmisi tenaga listrik (*dispatcher*). Dengan menggunakan komunikasi PLC, Radio Link, atau *Network*, operator mampu memantau keseluruhan parameter, melakukan kontrol jarak jauh (*remote*), mendapatkan indikasi gangguan/alarm terhadap peralatan, mendapatkan dokumen rekaman (*report*) sesuai urutan kronologis gangguan saluran transmisi hanya melalui papan *display* tanpa harus melihat langsung ke lapangan.

PT PLN (Persero) merupakan perusahaan yang proses bisnisnya mengedepankan unsur-unsur kompetitif, efisiensi dan produktif. Oleh karena itu kegiatan usahanya harus memanfaatkan perkembangan teknologi maju, serta sumber daya yang dimiliki juga harus memadai agar mendukung efisiensi dan efektivitas dalam menjalankan proses bisnisnya.

Disisi lain, jaman yang semakin modern ini banyak industri beramai-ramai bersaing melakukan restrukturisasi sistem kontrol yang lebih modern, ekonomis, dan produktif untuk mendapatkan kehandalan dan operasi yang lebih efisien, maka mulai dari sekarang perlunya PT PLN (Persero) memikirkan pasar bisnisnya untuk ke depan. Salah satunya dengan memikirkan sejauh mana perkembangan sistem teknologinya terutama teknologi di sistem SCADA, apakah sistem SCADA yang dimiliki saat ini berada pada kategori sistem SCADA jaman dulu, sekarang, atau masa depan. Sehingga perlu direncanakan apakah perlu untuk merestrukturisasi atau tidak.

B. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini penulis menguraikan permasalahannya antara lain :

1. Bagaimana konfigurasi komunikasi dari sistem SCADA pada PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Susel ?
2. Menentukan kategori yang tepat untuk sistem SCADA pada PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Susel, apakah berada pada

kategori sistem SCADA yang menggunakan teknologi masa lalu, sekarang, atau masa depan?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penulis dari penelitian ini adalah untuk menentukan kategori sistem SCADA yang dimiliki PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Sulsel, sehingga menjadi tolak ukur dalam menentukan penggantian/pengembangan sistem SCADA yang telah ada.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mahasiswa memahami evolusi teknologi SCADA dari masa lalu hingga masa yang akan datang.
2. Mahasiswa memahami aplikasi SCADA di PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Sulsel.
3. Menjadi bahan pertimbangan PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Sulsel dalam menjalankan operasi sistem tenaga listrik agar masa yang akan datang mempunyai kehandalan yang tinggi dan operasi yang efisien.

E. Batasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan pembahasan tentang sistem SCADA PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Susel maka penulisan skripsi ini dibatasi pada :

1. Studi ini dilakukan pada sistem SCADA hanya pada lingkup supervisi saluran transmisi dalam hal ini oleh PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Susel
2. Acuan untuk menentukan kategori sistem SCADA PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Susel adalah jurnal "*Power System Control Centers : Past, Present, and Future*" (Wu dkk, 2005:93).

F. Sistematika Penulisan

Dalam penyajian tugas akhir ini, penulis membagi dalam bab – bab sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan menyajikan latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan pustaka menyajikan tentang teori sistem SCADA, perkembangan SCADA, Visi dan Misi PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Susel.

BAB III : Metodologi penelitian menyajikan tentang lokasi penelitian, data / parameter yang digunakan dalam penelitian, peralatan yang digunakan serta cara kerja SCADA di PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Susel.

BAB IV : Merupakan kajian tentang sistem SCADA yang digunakan untuk mensupervisi sistem kelistrikan Sulsel yang dimiliki di PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Sulsel.

BAB V : Merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan dan rekomendasi yang dapat digunakan sebagai bahan studi untuk pengembangan penggunaan SCADA khususnya di PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sistem Sulsel.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

Sistem interkoneksi tenaga listrik adalah jaringan tenaga listrik yang terpadu yang mengikuti pembangkit-pembangkit tenaga listrik, jaringan transmisi dan jaringan distribusi yang saling terhubung. Keuntungan adanya interkoneksi adalah diperolehnya penyaluran tenaga listrik yang handal dan ekonomis, karena pusat pembangkit listrik yang berkapasitas besar dan beroperasi pada sistem yang terinterkoneksi dapat mensuplai daerah lainnya yang membutuhkan tenaga listrik yang besar tetapi hanya memiliki pembangkit listrik yang berkapasitas kecil.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibutuhkan fasilitas-fasilitas pendukung untuk keperluan pengaturan sistem tenaga listrik sebagai berikut:

- a. Sistem telekomunikasi
- b. Alat-alat untuk mengambil, menyimpan, mengolah data, dan mengendalikan peralatan sistem tenaga listrik, serta
- c. Perangkat lunak untuk mengolah data agar dapat ditampilkan dalam pengaturan sistem tenaga listrik.

Kecepatan dan keakuratan data informasi sangatlah dibutuhkan dalam pengaturan sistem tenaga listrik, sehingga pusat pengatur tenaga listrik dalam melaksanakan tugas pengaturan didukung oleh peralatan

yang berbasis komputer untuk membantu *dispatcher* dalam melaksanakan tugasnya.

Pengaturan tenaga listrik sebagaimana diuraikan di atas yang membutuhkan suatu sistem informasi yang memadai dan sistem pengaturan yang berbasis komputer ini disebut *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA).

SCADA merupakan perpaduan antara sistem komputerisasi dan telekomunikasi sehingga menjadi sistem pengolahan data terintegrasi yang mengefisienkan pengoperasian jaringan tenaga listrik, karena sistem SCADA dapat memonitoring, mengendalikan dan memaanuver jaringan listrik dari jarak jauh. SCADA juga dapat mengumpulkan dan mendapatkan data secara *real time*.

Tujuan utama pengoperasian sistem adalah untuk mempertahankan keadaan normal selama mungkin. Bila terjadi gangguan, *dispatcher* harus bertindak cepat untuk memulihkan sistem menjadi normal kembali, sedangkan dalam keadaan gawat *dispatcher* harus mampu mengambil tindakan yang sesuai sehingga pemulihan terlaksana dengan baik dan cepat.

Pengendalian berbasis SCADA bertujuan untuk membantu *dispatcher* mendapatkan sistem pengoperasian optimum dan pengendalian sistem tenaga listrik. Fungsi sistem SCADA bagi pengatur jaringan (*dispatcher*) termasuk didalamnya:

1. Mengetahui posisi PMT/PMS (terbuka/tertutup)

2. Perintah untuk *open-close* PMT/PMS
3. Mengetahui besaran-besaran pengukuran tegangan, arus, dan frekuensi
4. Mengetahui lokasi daerah yang mengalami gangguan listrik
5. Mengetahui kurva beban

SCADA merupakan sistem pengontrolan dari jarak jauh dengan menggunakan teknologi komunikasi. SCADA mensupervisi data dari hasil monitoring peralatan dan mode pengoperasian dari *dispatcher*. Sistem SCADA terdiri dari : (Roy, 2012:3)

1. Sensor-sensor digital atau analog : yaitu sensor - sensor untuk mengontrol secara langsung pada rele – rele peralatan
2. *Remote Telemetry Unit* (RTU) : merupakan unit komputerisasi kecil yang digunakan untuk mengumpulkan poin-poin informasi dari sensor-sensor dan menyampaikan perintah ke rele-rele kontrol.
3. Jaringan Komunikasi : menghubungkan *master station* SCADA dengan RTU.
4. *Master Unit* SCADA : merupakan mesin-mesin komputer yang berfungsi sebagai pusat prosesor untuk melayani sistem SCADA. Master Unit menghubungkan *dispatcher* ke sistem dan dengan otomatis dapat mengatur sistem berdasar masukan dari sensor – sensor.
5. *Remote Communication Server* (RCS) : RCS berkomunikasi dengan RTU dan menyampaikan informasi disebut juga *master station*.

Pengawasan dan pengendalian dioperasikan melalui jarak jauh pada peralatan yang berada di Gardu dan memberikan sinyal balik dan memberitahukan aksi kendali telah dilaksanakan. Pengawasan dan pengendalian ini dilakukan untuk memperoleh teleinformasi.

Teleinformasi merupakan informasi dasar tentang sistem tenaga listrik yang diperoleh dari pemantauan status peralatan dan pengukuran besaran listrik pada pusat-pusat listrik dan gardu induk. Informasi yang dikumpulkan oleh *Remote Terminal Unit* (RTU) ke Pengatur, atau dikirim oleh pengatur ke RTU disebut teleinformasi.

Teleinformasi terdiri dari **Telesignalling**, **Telecontrol**, dan **Telemetry**. Fungsi-fungsi pengawasan dan pengendalian tersebut adalah :

1. **Telesignalling (TS)** berfungsi untuk pengiriman sinyal atas gejala atau perubahan keadaan pada jaringan distribusi (dari GI, GH, atau GD) kepada Pusat Pengaturan Distribusi, serta pembacaan data status peralatan di gardu, seperti status dari PMT *close* atau *open*. Dengan demikian, Telesignalling merupakan Pengawasan status dari peralatan operasional dalam jarak tertentu dengan menggunakan teknik telekomunikasi seperti kondisi alarm, posisi *Switch* atau posisi katup. Status dari peralatan tenaga listrik, sinyal alarm dan sinyal lainnya yang ditampilkan disebut dengan status indikasi. Dengan ini diharapkan gangguan pada gardu bisa dideteksi lebih.

2. Cepat karena pemantauan dari pusat kontrol terhadap status saklar utama bisa diketahui dalam waktu *real time*.
3. **Telecontrol (TC)** berfungsi mengeluarkan dan memasukkan PMT yang ada di GI, GH atau di GD. *Telecontrol* dapat dikatakan sebagai kendali peralatan operasional jarak jauh menggunakan transmisi informasi dengan teknik telekomunikasi. Sistem ini sebelumnya melakukan aktivitas "*Polling*" yaitu aktivitas rutin selama waktu tertentu untuk menanyakan informasi dari setiap RTU. Seleksi ini memastikan ada atau tidaknya hubungan dari RTU ke pusat kontrol. Jika ada hubungan akan dijawab siap (*in scan*), sebaliknya jika tidak ada hubungan akan dijawab (*out scan*). Kondisi *out of scan* atau tidak adanya hubungan dengan RTU dengan pusat kontrol bisa disebabkan oleh beberapa sebab, misalnya kerusakan pada sisi kabel atau media transmisi, atau RTU-nya bermasalah. Pada kondisi *out of scan* tidak dapat dilakukan *Remote Control*.
Fungsi kontrol sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut:
 - a. Perintah langsung pada peralatan sistem tenaga listrik, seperti perintah tutup/buka PMT atau PMS,
 - b. Pengaturan peralatan yang berhubungan dengan pusat pembangkitan untuk menaikkan atau menurunkan daya pembangkitan.
4. **Telemetry/Telemetry (TM)** merupakan transmisi nilai variabel yang diukur dengan menggunakan teknik telekomunikasi.

Telemetering berfungsi untuk pembacaan data pengukuran (arus, tegangan dan frekuensi) pada GI atau pembangkit *Control Centre* untuk dapat dimonitor di Pusat Pengatur. Hasil pemantauan ini selain digunakan sebagai pencatat data beroperasinya tegangan distribusi juga dapat digunakan dalam kaitannya untuk melakukan *Remote Control*.

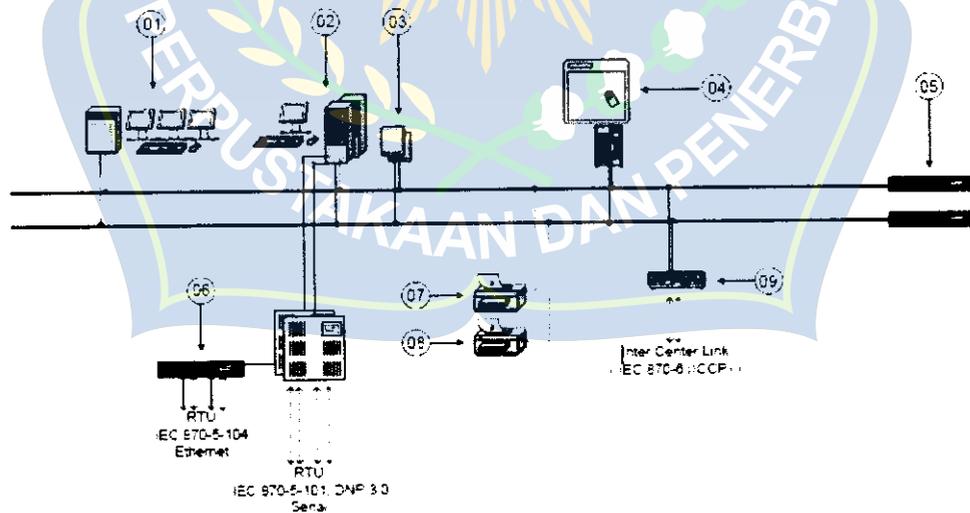
B. Perangkat-Perangkat Sistem SCADA

1. Master Station

a. Konfigurasi Master Station

Konfigurasi *master station* dibedakan menjadi 5 level yang dijabarkan sebagai berikut :

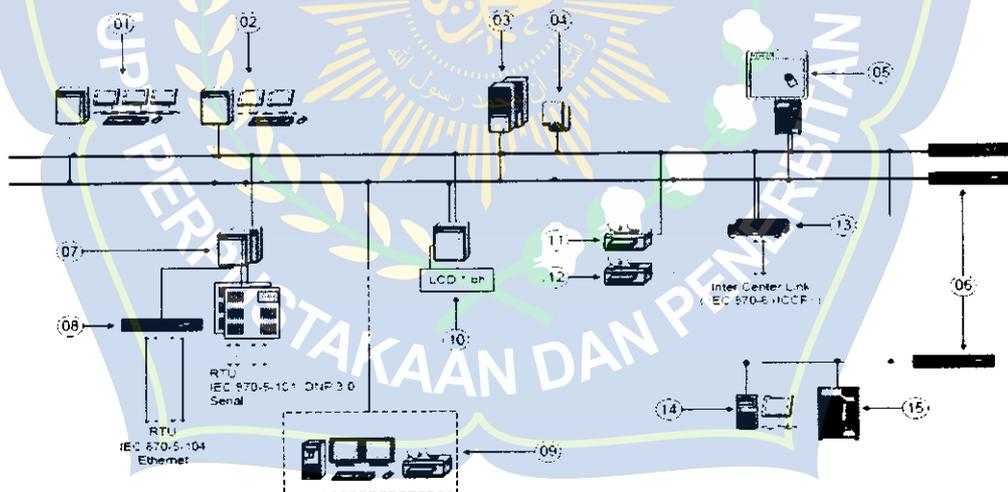
a) Konfigurasi Level 1



Gambar 2.1. Konfigurasi *Master Station* Transmisi Level 1

Keterangan :

1. *Workstation dispatcher & engineer* (1 set)
 2. *Server SCADA, data historikal, sub sistem komunikasi* (1 set *redundant*)
 3. *GPS* (1 set *redundant*)
 4. *Projection multimedia* (1 set)
 5. *Switch 10/100 Mbps Ethernet LAN*
 6. *Switch 100 megabit ethernet LAN*
 7. *Printer laser hitam putih* (1 buah)
 8. *Printer laser berwarna* (1 buah)
 9. *Gateway atau Router+Firewall* (1 set)
- b) Konfigurasi Level 2



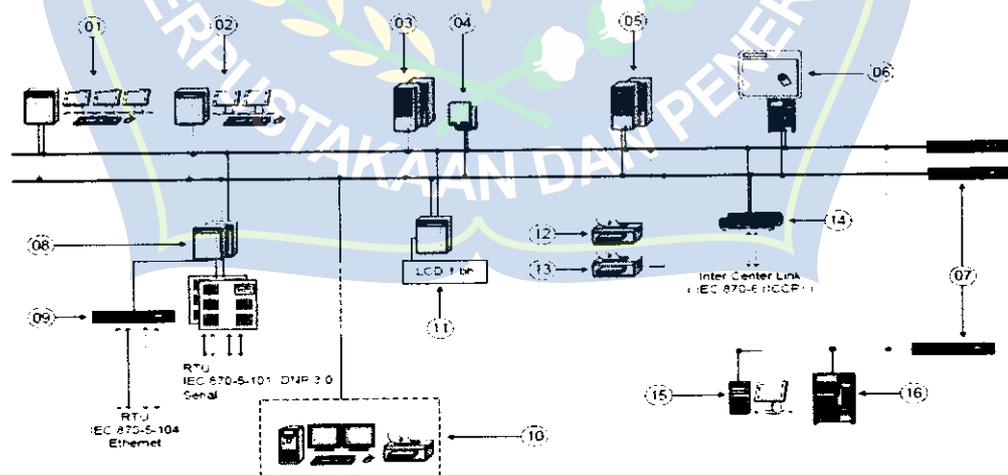
Gambar 2.2. Konfigurasi *Master Station* Transmisi Level 2

Keterangan :

1. *Workstation dispatcher* (2 set)
2. *Workstation engineer & update database* (1 set)

3. Server SCADA dan data historikal (1 set redundant)
4. GPS (1 set redundant)
5. Projection multimedia (1 set)
6. *Switch* 10/100 Mbps Ethernet LAN
7. Server sub sistem komunikasi (1 set redundant)
8. *Switch* 100 megabit ethernet LAN
9. *Workstation* di luar control center
10. *Static display*
11. Printer laser hitam putih (1 buah)
12. Printer laser berwarna (1 buah)
13. *Gateway* atau Router+Firewall (1 set)
14. Kinerja SCADA, Operasi (1 set)
15. *Offline database server* (1 set)

c) Level 3

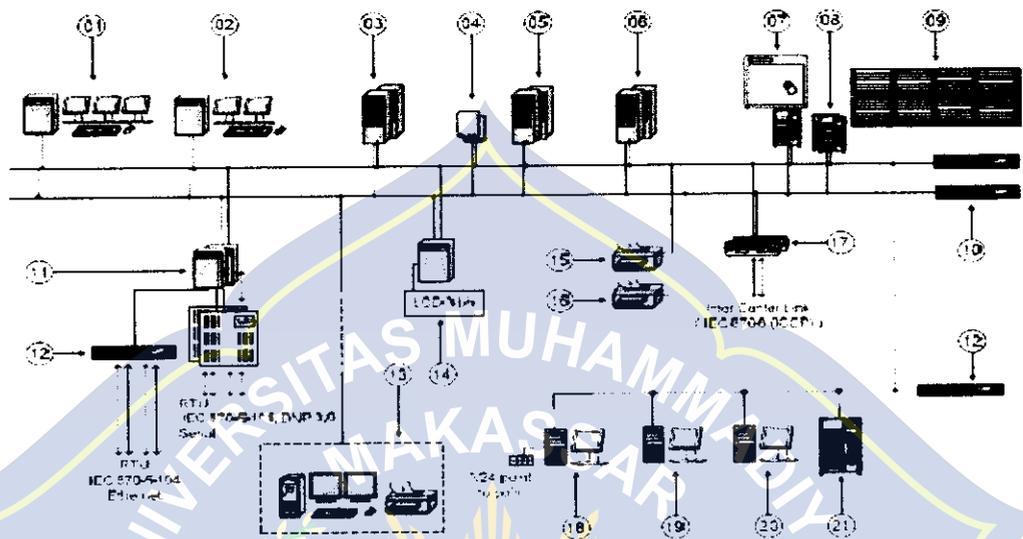


Gambar 2.3. Konfigurasi *Master Station* Transmisi Level 3

Keterangan :

1. *Workstation* dispatcher (2 set)
2. *Workstation* enjiner & update database (1 set)
3. Server SCADA dan EMS (1 set redundant)
4. GPS (1 set redundant)
5. Server data historikal dan update database (1 set redundant)
6. Projection multimedia (1 set)
7. *Switch* 10/100 Mbps Ethernet LAN
8. Server sub sistem komunikasi (1 set redundant)
9. *Switch* 100 megabit ethernet LAN
10. *Workstation* di luar *control center*
11. *Static display*
12. Printer laser hitam putih (1 buah)
13. Printer laser berwarna (1 buah)
14. *Gateway* atau Router+Firewall (1 set)
15. Kinerja SCADA, Operasi (1 set)
16. Offline database server (1 set)

d) Level 4



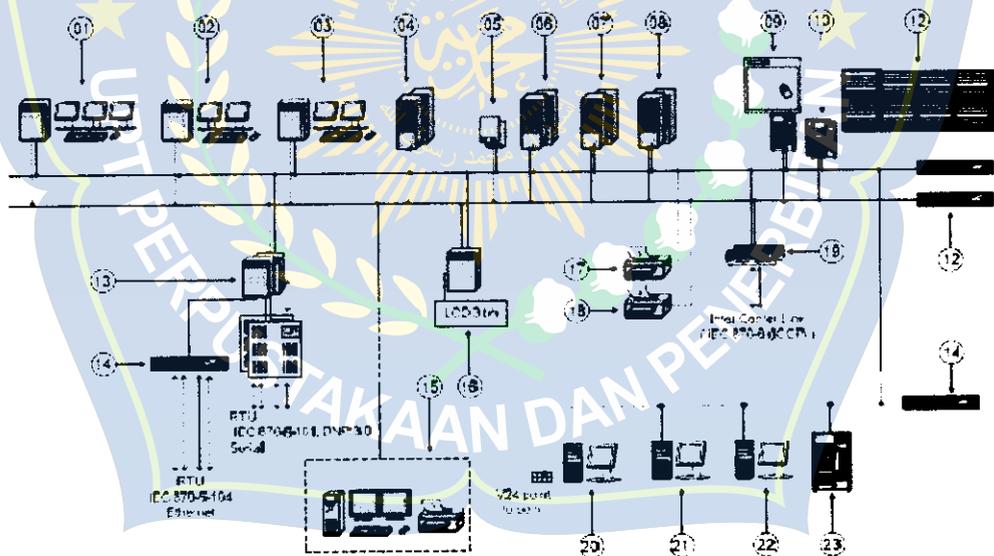
Gambar 2.4. Konfigurasi Master Station Transmisi Level 4

Keterangan :

1. *Workstation dispatcher* (2 set)
2. *Workstation enjiner & update database* (1 set)
3. *Server SCADA* (1 set redundant)
4. *GPS* (1 set redundant)
5. *Server EMS* (1 set redundant)
6. *Server data historikal dan update database* (1 set redundant)
7. *Projection multimedia* (1 set)
8. *Server kontrol* (1 set)
9. Layar tayang
10. *Switch Gigabit Ethernet LAN*
11. *Server sub sistem komunikasi* (1 set redundant)
12. *Switch 100 Megabit Ethemet LAN*

13. *Workstation* di luar control center
14. *Static display*
15. Printer laser hitam putih (1 buah)
16. Printer laser berwarna (1 buah)
17. *Gateway* atau Router+Firewall (1 set)
18. *Server* frekuensi (1 set)
19. *Monitoring* frekuensi (2 set)
20. Kinerja SCADA, Operasi (1 set)
21. *Offline database server* (1 set)

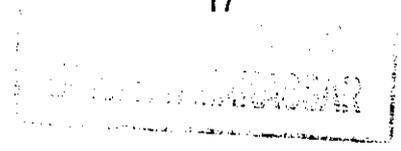
e) Level 5



Gambar 2.5. Konfigurasi Master Station Transmisi Level 5

Keterangan :

1. *Workstation* dispatcher (2 set) dan *Workstation* supervisor (1 set)
2. *Workstation* enjiner & update database (2 set)



3. *Workstation* DTS (2 set)
4. Server SCADA (1 set *redundant*)
5. GPS (1 set *redundant*)
6. *Server* EMS (1 set *redundant*)
7. *Server* data historikal dan *update database* (1 set *redundant*)
8. *Server* DTS (1 set *redundant*)
9. *Projection multimedia* (2 set)
10. *Server* kontroller (1 set)
11. Layar tayang
12. *Switch* Gigabit Ethernet LAN
13. *Server* sub sistem komunikasi (1 set *redundant*)
14. *Switch* 100 Megabit Ethernet LAN
15. *Workstation* di luar *control center*
16. *Static* display
17. Printer laser hitam putih (1 buah)
18. Printer laser berwarna (1 buah)
19. *Gateway* atau Router+Firewall (1 set)
20. *Server* frekuensi (1 set)
21. *Monitoring* frekuensi (2 set)
22. Kinerja SCADA, Operasi (1 set)
23. *Offline database server* (1 set)

2. Remote Terminal Unit (RTU)

Remote Terminal Unit adalah salah satu komponen dari suatu sistem pengendalian tenaga listrik yang merupakan perangkat elektronik yang dapat diklasifikasikan sebagai perangkat pintar. Biasanya ditempatkan di gardu-gardu induk maupun pusat-pusat pembangkit sebagai perangkat yang diperlukan oleh control centre untuk mengakuisisi data-data rangkaian proses untuk melakukan remote control, telesignalling dan telemetering.

Agar dapat berkomunikasi dengan RTU, di *control center* dibutuhkan satu perangkat *interface*. Perangkat *interface* ini dahulu disebut dengan nama *Front End*, namun pada perkembangannya disebut dengan nama Sub Sistem Komunikasi. Sub sistem komunikasi data harus dapat melakukan polling ke RTU dan *control center* lain.

Polling dapat dianalogikan seperti pengabsenan, sehingga sub sistem komunikasi akan melakukan pengabsenan secara teratur sesuai waktu yang ditentukan terhadap RTU. Sub sistem komunikasi data dapat mendukung beberapa konfigurasi *point to point*, *loop*, *multipoint*, *partyline* menggunakan rute utama dan rute alternatif.

Apabila terjadi gangguan pada komunikasi utama, maka perangkat lunak dari subsistem komunikasi secara otomatis memindahkan ke *link* komunikasi alternatif (*back up*). Sub sistem komunikasi secara periodik melakukan *polling* ke RTU pada *link back up* yang diberi tugas sebagai

link komunikasi pengganti. Sub sistem komunikasi dapat mendukung konfigurasi komunikasi sebagai berikut :

a) Point – point

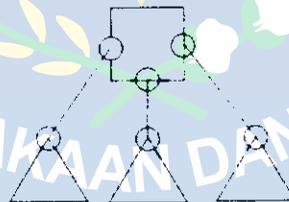
Konfigurasi ini merupakan tipe paling sederhana yang menghubungkan master station dengan remote station



Gambar 2.6. Konfigurasi *Point - Point*

b) Multiple point- point

Konfigurasi telekontrol dimana pusat kendali atau master station terkoneksi ke lebih dari satu *remote station* sedemikian rupa sehingga pertukaran data secara simultan terjadi antara *master station* dan *remote station* lainnya,

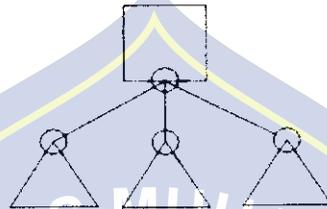


Gambar 2.7. Konfigurasi *Multiple point- point*

c) Multipoint – star

Konfigurasi telekontrol dimana pusat kendali atau *master station* terhubung dengan lebih dari satu *remote station* sehingga setiap saat hanya satu *remote station* yang bisa mengirimkan data ke *master*

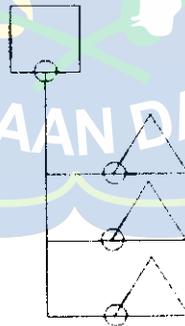
station; *master station* dapat mengirimkan data ke satu atau beberapa *remote station* yang dipilih atau pesan global ke seluruh *remote station* secara bersamaan.



Gambar 2.8. Konfigurasi *Multipoint - Star*

d) ***Multipoint partyline***

Konfigurasi telekontrol dimana pusat kendali atau *master station* terhubung dengan lebih dari satu *remote station* melalui suatu *link* umum sehingga pada suatu waktu hanya satu *remote station* yang boleh mengirimkan data ke *master station*; *master station* dapat mengirimkan data ke satu atau beberapa *remote station* yang dipilih atau pesan global keseluruhan *remote station* secara bersamaan.



Gambar 2.9. Konfigurasi *Multipoint Partyline*

e) **Loop**

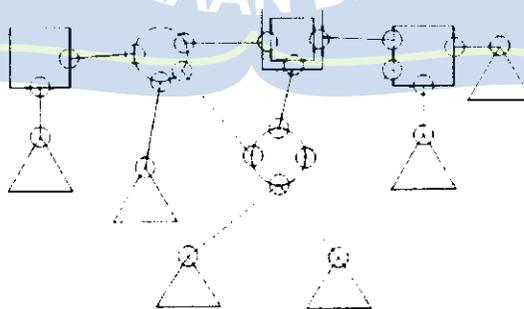
Pada konfigurasi ini jalur komunikasi antara semua remote station membentuk suatu loop. Metode ini bertujuan untuk memperbaiki keandalan dari jalur komunikasi. Jika jalur terpotong pada beberapa lokasi, komunikasi yang utuh masih dapat dipertahankan, karena setiap remote station dapat dijangkau dari dua sisi loop.



Gambar 2.10. Konfigurasi Loop

f) **Gabungan**

Konfigurasi – konfigurasi yang disebutkan diatas dapat dikombinasikan menjadi konfigurasi gabungan. Variasi yang paling penting adalah konfigurasi jala (*mesh*) dimana diperlukan komunikasi antara beberapa pasangan *master station* dan *remote station*.



Gambar 2.11. Konfigurasi Gabungan

Karena merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem pengendalian maka RTU harus mempunyai tingkat keandalan dan ketepatan (akurasi) yang tinggi, tidak terpengaruh oleh gangguan-gangguan, misalnya noise, guncangan tegangan catu, dan sebagainya. Pada prinsipnya RTU mempunyai fungsi-fungsi dasar sebagai berikut :

- Mengakuisisi data-data analog maupun sinyal-sinyal indikasi
- Melakukan kontrol buka/tutup kontak, naik/turun *setting* atau fungsi-fungsi *setpoint* lainnya
- Meneruskan hasil-hasil pengukuran (daya aktif, daya reaktif, frekuensi, arus, tegangan)
- Melakukan komunikasi dengan pusat pengendalian (*control centre*)

Mengingat sifat jaringan listrik yang dinamis yang secara alami bertumbuh mengikuti pertumbuhan beban, maka dalam prakteknya RTU harus dirancang dengan arsitektur yang memenuhi kriteria fleksibel, dapat dikembangkan dengan ketersediaan yang tinggi, dan harus juga bersifat mudah dikembangkan untuk menampung atau mengakomodasi kebutuhan-kebutuhan yang kompleks dimasa yang akan datang.

Komponen-komponen dasar RTU pada umumnya terdiri dari panel, rak-rak berisi card-card elektronik, *power supply*, CPU, *memory* dan modem, biasanya dikenal sebagai *Basic RTU*.



Gambar 2.12. Komponen-komponen dasar RTU

Sesuai dengan perkembangan teknologi perangkat keras maupun perangkat lunak maka fungsi-fungsi suatu RTU pada saat ini telah ikut berkembang, misalnya :

- Sebagai perangkat pemroses sinyal, RTU dirancang untuk dapat melakukan proses-proses sebagai perangkat pemroses pengiriman data-data kepusat pengendalian sistem seperti :
 - Perubahan status peralatan
 - Perubahan besaran-besaran analog
 - Perubahan besaran sinyal
 - Pembacaan harga-harga pulsa akumulator
 - Pembacaan besaran-besaran analog
- Memproses data-data perintah yang datang dari satu, dua atau tiga pusat pengendali, mengirim data-data jawaban/hasil

pengukuran/pemantauan ke pusat pengendali yang sesuai dengan yang sudah ditetapkan

- Sebagai *Man Machines Interface*, harus dapat melakukan fungsi-fungsi sebagai berikut :
 - Sebagai data logging
 - Even recording
 - Berkomunikasi dengan lokal PC untuk keperluan supervisi dan pengendalian secara lokal dan untuk kebutuhan pemeliharaan.

3. Media Komunikasi

Media komunikasi adalah salah satu bagian terpenting yang tidak dapat dipisahkan dari satu sistem pengendalian tenaga listrik, yaitu satu subsistem yang merupakan sarana telekomunikasi yang digunakan untuk menghubungkan perangkat-perangkat sistem pengendalian khususnya antara master station dengan perangkat-perangkat remote terminal unit.

Subsistem media telekomunikasi ini adalah bagaimana dua perangkat komputer di pusat kontrol dan *Remote Terminal Unit* (RTU) dapat saling dihubungkan dan dapat saling berkomunikasi satu dengan yang lainnya. Saling berkomunikasi yang di maksud adalah pusat kontrol dapat melakukan perintah kontrol (misalnya membuka/menutup PMS/PMT), melalui RTU perintah tersebut dieksekusi. Sedangkan RTU dapat melakukan pengiriman status *Switch*, *alarm* dan data pengukuran ke pusat kontrol.

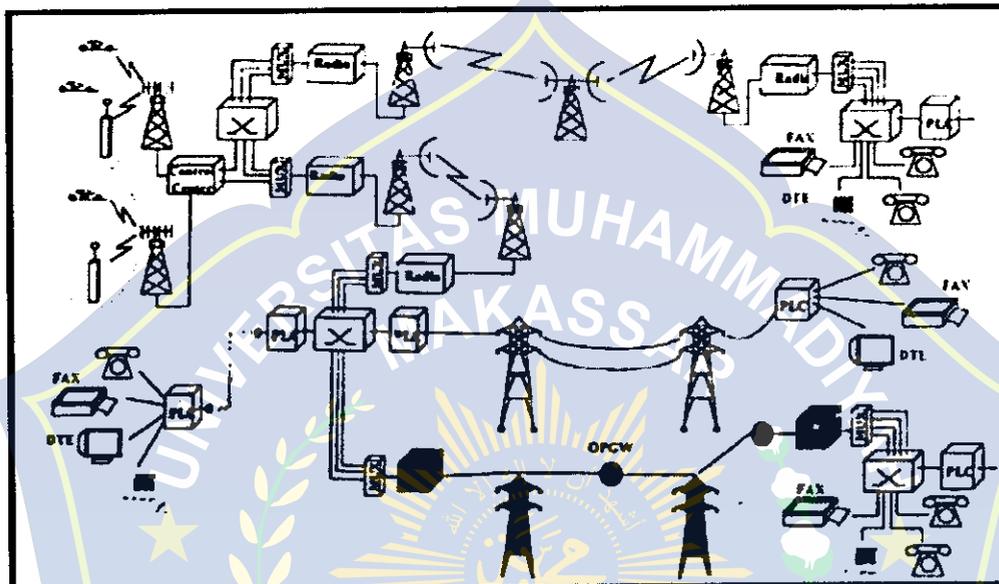
Dalam subsistem ini ada beberapa komponen utama yaitu: media telekomunikasi, modem dan protokol komunikasi. Media telekomunikasi yaitu perangkat/sarana fisik atau nonfisik yang menghubungkan antara pusat kontrol dengan RTU di gardu induk, gardu distribusi dan sebaliknya.

Dalam perancangan sistem perlu memperhatikan beberapa pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Jaringan sistem tenaga adalah suatu sistem yang secara alamiah akan berkembang dari waktu ke waktu, maka harus dikembangkan sedemikian rupa mengikuti perencanaan pengembangan sistem tenaga.
- Modifikasi-modifikasi yang terjadi harus diusahakan seminimum mungkin. Kapabilitas perangkat-perangkat awal harus bisa mengantisipasi kebutuhan penambahan kapasitas saluran setidaknya untuk satu dekade.
- Pengoperasian sistem tenaga listrik harus tidak terganggu pada waktu melakukan pengembangan jaringan
- Pemilihan media komunikasi harus dianalisa secara tepat dengan pertimbangan-pertimbangan biaya investasi, keandalan, kesesuaian, ongkos pemeliharaan, biaya-biaya instalasi, pengujian, umur dengan segala aspek kinerja sistem yang mau dipilih.

Disamping itu sarana komunikasi dalam sistem pengendalian diperlukan *dispatcher* untuk melakukan koordinasi antara unit-unit terkait dengan sistem yang akan dikendalikan. Untuk jelasnya dapat dilihat

Gambar 2.13 dimana terlihat beberapa alternatif yang dapat digunakan sebagai media komunikasi untuk menghubungkan Control Center dengan perangkat-perangkat *remote terminal unit*.



Gambar 2.13. Media komunikasi dalam sistem tenaga listrik

Terdapat beberapa alternatif media komunikasi yang dapat digunakan sebagaimana komunikasi untuk keperluan sistem pengendalian tenaga listrik sebagai berikut :

- Kabel *pilot*
- Kabel *coaxial*
- Kabel telepon umum
- *Radio Link*
- Kabel transmisi daya tegangan tinggi dengan menggunakan *Power line carrier (PLC)*

- Kabel distribusi daya tegangan menengah dan tegangan rendah dengan menggunakan *distribution line carrier*
- Kabel serat optik

4. **Interface SCADA**

Perangkat-perangkat *interface* yang diperlukan sebagai media penghubung antara rangkaian proses dengan RTU merupakan bagian yang sangat penting. Betapapun canggihnya perangkat keras dan perangkat lunak suatu kontrol sistem pada akhirnya kualitas dari perangkat-perangkat *interface* adalah bagian yang penting dan berperan dalam menentukan *throughput* dan kinerja keseluruhan suatu kontrol sistem.

Interface merupakan batasan atau titik umum untuk dua atau lebih sistem atau entitas beseberangan dalam informasi atau tempat dimana energi mengalir. Bagian – bagian dari *interface* adalah :

a) **Supervisory Interface**

Supervisory interface dipasang antara RTU dengan rangkaian proses untuk memudahkan simulasi dan pemeliharaan. *Supervisory interface* pada gardu induk terdiri dari:

- *Main Distribution Frame (MDF)*;
- *Terminal block*;
- *Knife disconnect terminal*;
- *Test disconnect terminal* untuk pengukuran

➤ *Auxiliary rele.*

Supervisory interface pada perangkat hubung bagi (kubikel) 20 kV terdiri dari:

- Terminal block;
- *Knife disconnect* terminal;
- *Test disconnect* terminal untuk pengukuran
- *Local remote Switch.*

b) **Transducer**

Transduser (Inggris: *transducer*) adalah sebuah alat yang mengubah satu bentuk daya menjadi bentuk daya lainnya untuk berbagai tujuan termasuk perubahan ukuran atau informasi (misalnya, sensor tekanan). Transduser bisa berupa peralatan listrik, elektronik, *elektromekanik*, *elektromagnetik*, *fotonik*, atau *fotovoltaik*. Dalam pengertian yang lebih luas, transduser kadang-kadang juga didefinisikan sebagai suatu peralatan yang mengubah suatu bentuk sinyal menjadi bentuk sinyal lainnya.

Banyak parameter fisis lainnya (seperti panas, intensitas cahaya, kelembaban) juga dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan transduser. *Transducer-transducer* ini memberikan sebuah sinyal keluaran bila dirangsang oleh sebuah masukan yang bukan mekanis. Namun dalam semua hal, keluaran listrik yang diukur menurut metoda standar memberikan besarnya besaran masukan dalam bentuk ukuran listrik analog.

Sistem *interface* memerlukan perancangan yang hati-hati dengan mempertimbangkan berbagai aspek seperti peletakan perangkat-perangkat interface (rele-rele bantu, tranducer dan terminal-terminal), pemilihan panel-panel tambahan baik ukuran maupun tata letaknya, pemilihan material dengan kualitas tinggi, tingkat ketelitian yang dibutuhkan dan lain sebagainya termasuk aspek kemudahan perawatan dan pengembangan-pengembangan dikemudian hari.

Suatu pusat pengendali dalam melaksanakan pemrosesan data-data pertama-tama akan memerlukan studi tentang data-data yang diperlukan untuk melakukan sistem pemantauan, model-model informasi tersebut, klasifikasi data, penamaan sinyal-sinyal sesuai dengan teleinformation plan.

Adapun sinyal-sinyal dikelompokkan atas dua klasifikasi utama sebagai berikut :

- Sinyal masukan, yaitu informasi-informasi indikasi dan besaran-besaran pengukuran. Jenis sinyal masukan RTU adalah semua sinyal yang berasal dari rangkaian proses yang perlu ditransmisikan ke pusat pengendali melalui RTU, sinyal tersebut antara lain :
 - *Single point information SS*
 - *Sinyal double point information DS*
 - Sinyal pengukuran analog TM
- Sinyal keluaran, yaitu sinyal perintah kendali digital maupun sinyal-sinyal analog *set point*. Sinyal keluaran RTU adalah semua sinyal

yang berasal dari pusat pengendali yang perlu diteruskan ke rangkaian untuk melaksanakan perintah kendali tertentu.

5. Protokol Komunikasi

Pada umumnya data-data yang dikumpulkan oleh *control center* dari gardu-gardu induk adalah data-data tipikal yang diperlukan *dispatcher* untuk keperluan pengoperasian sistem tenaga listrik. Mengingat kebutuhan tersebut mereka pada akhirnya membuat standar-standar untuk membuat satu protokol yang dapat digunakan oleh setiap *control center* untuk saling bertukar data-data. Dua faktor yang menentukan bahwa pertukaran data-data Siantar dua *control center* menjadi penting dan kritikal dalam hal melakukan bisnis.

Faktor pertama adalah kebutuhan untuk dapat mengoperasikan sistem kelistrikan dengan efisien dan optimum. Dalam hal tersebut mereka membutuhkan semua informasi dari beberapa *control center* sekaligus, sedang faktor kedua lebih berorientasi dengan bisnis dengan persaingan yang semakin meningkat dan keras dimana informasi *real time* dari sistem-sistem tenaga listrik merupakan data-data yang sangat perlu bagi setiap pihak yang terkait.

Sistem komunikasi antara dua terminal dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan transmisi data serial asinkron dan transmisi data paralel atau sinkron. Kebutuhan akan suatu jaringan data sangat bervariasi tergantung dari jenis aplikasi yang diinginkan. Pada saat ini telah banyak

Selain itu *software* kontrol untuk pembangkit disebut *Energy Management System* (EMS).

Dunia informasi dan komunikasi (ICT) telah bergerak menuju sistem – sistem yang pintar yang tersebar dengan layanan berbasis web dan komputasi jaringan (*Jaringan Computation*).

Hasil gabungan dari komputasi jaringan dan susunan layanan dalam layanan jaringan menunjukkan hasil akhir yang *terdesentralisasi*, *terintegrasi*, *fleksibel*, dan terbuka. Pusat kontrol masa depan yang berbasis jaringan, yang ditandai dengan : (Wu, 2005:93)

- Sistem akuisisi data yang sangat cepat
- Sangat memperluas aplikasi – aplikasi
- Melayani akuisisi dan pengolahan data
- Aplikasi pusat kontrol super cepat pada lapisan – lapisan pelayanan
- Bagian dari sumber daya komputasi dari seluruh perangkat cerdas
- Arsitektur layanan dan alat untuk mengelola sumber daya ICT adalah jaringan standar

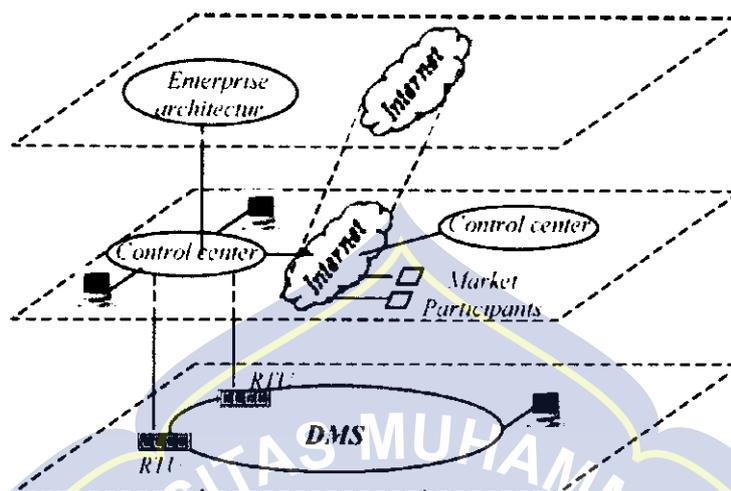
Dalam sepuluh tahun ini, kumpulan komputer dan komunikasi telah mengembangkan teknologi yang memungkinkan sistem menjadi *terdesentralisasi*, *terintegrasi*, *fleksibel*, dan terbuka. Teknologi tersebut meliputi jaringan protokol yang berbentuk lapisan (*layer*), teknologi yang berorientasi objek, *middleware* (perangkat lunak yang berbasis XML, SOAP, *webservices* dan pelayanan berbasis arsitektur), dan lainnya.

Pusat kontrol saat ini bergerak secara bertahap untuk menerapkan teknologi ini. Pusat kontrol saat ini cenderung bermigrasi ke *Distributed Control Center* yang mempunyai karakteristik sebagai berikut : (Wu, 2005:93)

- Terpisah antara supervisi kontrol dan akuisisi data (SCADA), *Energy Management System* (EMS), and *Business Management System* (BMS)
- SCADA berbasis IP
- *Common Information Model* (CIM) yang mengikuti bentuk data. CIM adalah model pemetaan data - data manajemen yang terhubung ke jaringan dan sistem.
- Aplikasi EMS dan BMS berbasis *middleware*

1. Perubahan Kondisi Pusat Kontrol

Pada awal 1990 –an, masyarakat teknis mendorong perkembangan otomatisasi terutama pada industri kelistrikan agar meningkatkan efisiensi dan kehandalan operasional. Mereka merasa bahwa komputer, komunikasi, dan teknologi control telah mengalami perkembangan. Termasuk EMS, SCADA, PPCS (*Power Plant Control System*), DA (*Distribution Automation* termasuk didalamnya otomatisasi gardu induk dan penyulang), *Management Information System* (MIS), *Customer Information System* (CIS), dan lain – lain.



Gambar 2.16. Arsitektur SCADA, EMS dan DMS

Hal ini telah menjadi jelas bahwa SCADA dan EMS menjadi bagian eksklusif bagi pengoperasian, yang memiliki kekayaan teknis maupun komersial informasi yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi bisnis. Asalkan EMS/SCADA dapat terintegrasi dengan system perusahaan. Yang menarik adalah integrasi data operasional dari SCADA, EMS, dan BMS ke dalam sistem *Enterprise Resource Planning* (ERP) atau *Enterprise Resource Management* (ERM).

Sistem ERP mengelola semua aspek bisnis, termasuk perencanaan produksi, pembelian bahan, mempertahankan persediaan, berinteraksi dengan pemasok, pelacakan transaksi, dan menyediakan layanan pelanggan. Dengan digitalisasi ini perusahaan dapat merampingkan operasi dan menurunkan biaya dalam rantai produksi. Mempertahankan kehandalan sistem membutuhkan akuisisi data yang valid.

Secara umum keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dengan mengoperasikan sistem SCADA/EMS pada kelistrikan :

- Dapat diperoleh sistem pengoperasian dengan organisasi yang lebih ramping dan sederhana. Penghematan biaya organisasi dan ongkos kerja pengoperasian kelistrikan juga dapat dihitung dengan membandingkan ongkos organisasi yang diperlukan dengan atau tanpa SCADA/EMS.
- Dapat menghemat keseluruhan biaya operasi, misalnya dengan load forecast, optimisasi rugi-rugi transmisi maupun pembangkit dan lain sebagainya yang secara keseluruhan akan mengoptimumkan sumber daya secara ekonomis. Selain itu membantu perencanaan sistem dikemudian hari secara lebih tepat dan obyektif.

Fungsi dan konfigurasi pusat – pusat kontrol berubah – ubah. Oleh karena itu, fleksibilitas penting dalam kondisi yang dinamis dan tidak pasti. Desain pusat kontrol harus modular sehingga dapat ditambahkan, dimodifikasi, diganti, dan dihapus. Aspek lain dari fleksibilitas dalam desain pusat kontrol adalah skalabilitas dan kemampuan ekspansi, yaitu kemampuan untuk mendukung pengembangan usaha dari pusat kontrol yang dihasilkan baik dari pertumbuhan sistem atau masuknya fungsi baru.

Software pusat kendali harus portabel untuk dapat dijalankan pada beraneka macam hardware dan platform *software*. *Hardware* yang berbeda, sistem operasi, modul *software*, dapat dioperasikan dalam

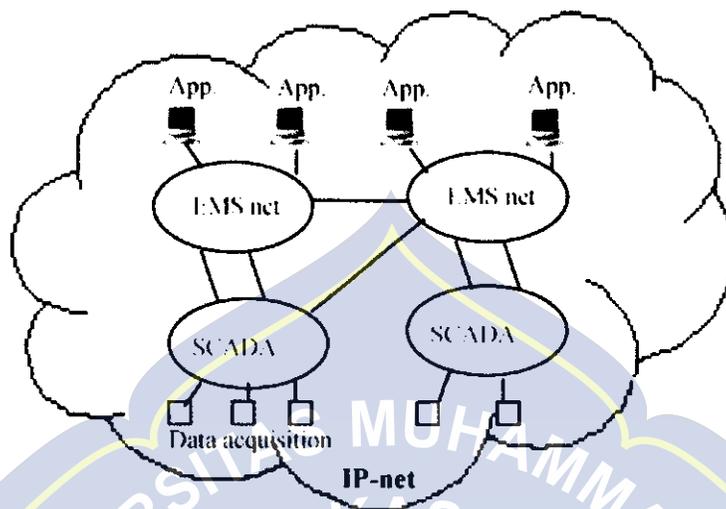
sistem, semua menjadi bagian dari solusi pusat kontrol. Perubahan kondisi menuntut pusat kontrol menyalurkan dan sepenuhnya :

- *Terdesentralisasi*, yaitu setiap pusat kontrol memiliki wilayah cakupan tertentu sehingga dalam pengawasan sistem tenaga listrik semakin optimal.
- *Reintegrasi*, yaitu memiliki perangkat-perangkat yang mudah diintegrasikan.
- *Fleksibel*, yaitu aplikasi-aplikasi pendukung bisa diintegrasikan dengan berbagai *platform* atau *vendor*.
- *Terbuka*, yaitu penggunaan aplikasi-aplikasi pendukung yang bersistem *open source*.

2. *Distributed Control Center* Modern

Istilah "Distributed Control Center" digunakan pada masa lalu untuk menggambarkan pusat kontrol yang di aplikasikan pada komputer - komputer yang menggunakan LAN. Saat ini perkembangan pusat kontrol dari sistem jaringan multikomputer ke sistem yang fleksibel dan terbuka dengan komputer yang berdiri sendiri telah bergerak ke arah berikut ini :

- Pemisahan SCADA, EMS, dan BMS
- Jaringan berbasis IP
- Proses transfer data berbasis standar CIM
- *Middleware* berbasis aplikasi EMS dan BMS



Gambar 2.17. SCADA berbasis IP

Saat ini pusat kontrol banyak dilengkapi dengan model data CIM dan *middleware* banyak menggunakan aplikasi – aplikasi *distributed*, diantaranya java, teknologi komponen, *middleware* berbasis sistem *distributed*, CORBA, dan teknologi agen.

3. Pusat Kontrol Masa Depan

Pusat kontrol masa depan, akan memiliki banyak aplikasi yang skalanya lebih luas dan lebih cepat baik dalam pengoperasian sistem tenaga juga kegiatan usahanya. Infrastruktur pusat kendali akan terdiri dari sejumlah besar komputer yang tertanam prosesor (misalnya, IED) yang tersebar di seluruh sistem, dan jaringan komunikasi yang fleksibel dimana komputer – komputer dan prosesor – prosesor yang tertanam saling berinteraksi satu sama lain menggunakan *interface* yang standar.

Pusat kontrol masa depan berbasis layanan berbasis *jaringan* akan mempunyai layanan data dan layanan aplikasi – aplikasi untuk

dikembangkan untuk memenuhi peran pusat kontrol dalam meningkatkan kehandalan operasional dan efisiensi dalam pengoperasian sistem tenaga.

Komunikasi jaringan SCADA di masa depan akan memiliki banyak bandwidth yang lebih luas dan mampu mengirimkan data pengukuran yang lebih baik yaitu dengan WAN. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sinkronisasi sinyal dari *Global Positioning System* (GPS) melalui satelit.

Sebuah pusat kontrol masa depan berbasis layanan *jaringan* menjadi *Distributed Control Center* yang paling terdesentralisasi, terintegrasi, fleksibel, terpadu, dan terbuka. Pusat kontrol di masa depan akan menyediakan semua data di seluruh sistem kelistrikan. Pusat kontrol masa depan berdasarkan konsep layanan *jaringan* meliputi beberapa fitur antara lain :

- Sistem akuisisi data berkecepatan ultra cepat
- Aplikasinya sangat diperluas
- Sumber daya komputasi berasal dari semua perangkat cerdas
- Penggunaan arsitektur berbasis layanan
- Akuisisi data dan layanan pengolahan data menjadi terdistribusi
- Aplikasi pelayanan *Distributed Control Center* dinyatakan dalam layer – layer
- Penggunaan arsitektur layanan berbasis *jaringan* dan alat – alat untuk mengelola sumber daya Informasi dan Komunikasi (ICT) berstandar

Begitu banyaknya aktifitas-aktifitas dinamis yang memerlukan arus informasi yang cepat dapat diselesaikan pada waktu yang tepat pula. Waktu yang tersedia untuk mengolah data-data terutama yang datang dari sumber-sumber yang berbeda-beda akan semakin sempit. Tuntutan persaingan yang keras menyebabkan sempit dan terbatasnya waktu yang tersedia untuk melakukan perbaikan-perbaikan terhadap kesalahan-kesalahan data dan tidak akan ada kesempatan untuk mengevaluasi hasil-hasil perhitungan yang mungkin perumusannya secara matematik telah benar namun kemungkinan akan tidak berarti sama sekali karena data-data masukan yang diberikan salah.

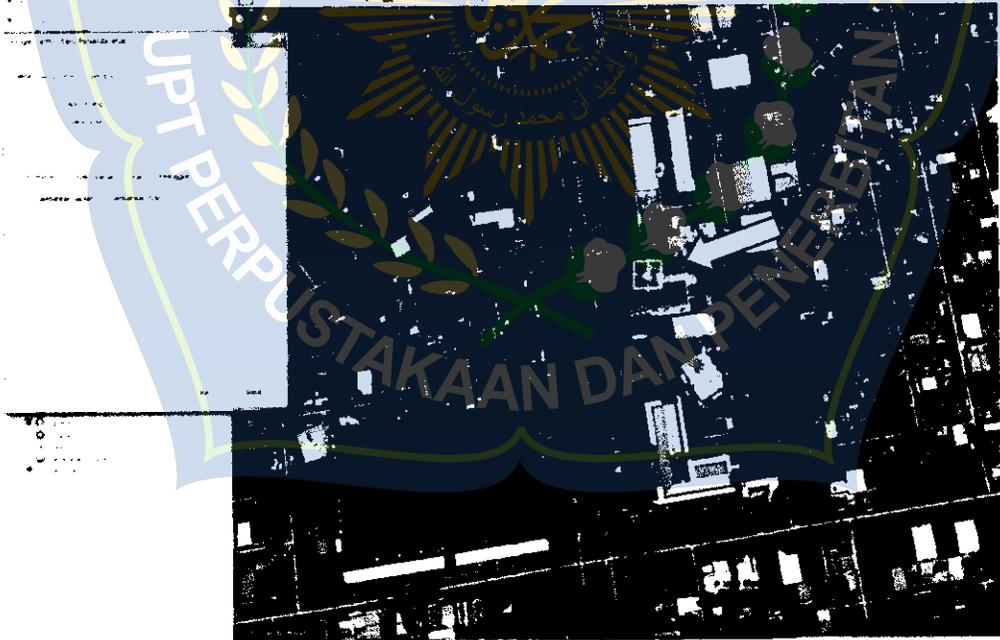
Dalam merancang EMS untuk masa depan perlu mendefinisikan kembali aplikasi perangkat-perangkat lunak yang diperlukan dalam pengoperasian sistem tenaga listrik sesuai dengan pasar bebas. Perangkat aplikasi yang tertinggal perlu disesuaikan sesuai kebutuhan baru yang dapat membantu *dispatcher* menangani pengoperasian sistem dan perlu dicari bagaimana bentuk dan kemampuan aplikasi perangkat lunak yang dibangun untuk mengamankan operasi jaringan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di PT. PLN (PERSERO) Unit Pengatur Beban (UPB) Sistem Sulsel yang terletak di Jalan Letjend Hertasning, Makassar. Berada pada garis lintang $5^{\circ} 9' 57.47''$ S dan garis bujur pada $119^{\circ} 26' 51.87''$ T, adapun gambar lokasi bisa dilihat pada gambar 18. Objek penelitian pada Master Station yang terpasang pada *Regional Control Centre* (RCC) UPB Sistem Sulsel.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian

B. Variabel Penelitian

Pada skripsi ini penulis menganalisis data-data penelitian sehingga didapatkan kategori yang tepat untuk sistem SCADA yang terpasang di PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel. Untuk mempermudah penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, ada beberapa variabel bebas yang akan dikaji antara lain :

- Model konfigurasi dari *Master Station*, RTU, dan komunikasi perangkat
- Kondisi teknis dari perangkat Sistem SCADA

Sedangkan variabel kontrol dalam penulisan skripsi ini yaitu :

- Komposisi perangkat SCADA
- Spesifikasi perangkat SCADA
- Kemampuan perangkat SCADA

C. Langkah Pengambilan Data

Skripsi ini terdiri dari beberapa tahapan dalam penyelesaiannya. Tahapan – tahapan tersebut dijelaskan dalam diagram blok penelitian dalam gambar 20. Dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini, penulis menggunakan metode pendekatan dalam pengumpulan data dan keterangan yang berkaitan dengan judul skripsi yaitu :

1. Wawancara (*interview*), yaitu penulis melakukan serangkaian tanya jawab secara langsung dengan perwakilan perusahaan, yaitu

Supervisor *Scadatel* untuk mengetahui lebih jelas mengenai perangkat SCADA.

2. Observasi, yaitu penulis mengumpulkan data dengan cara mengamati objek penelitian yaitu Master Station secara langsung dan mempelajari teori-teori dari literatur pendukung.



Gambar 3.2. Langkah pengambilan data penelitian

D. Jenis Data Penelitian

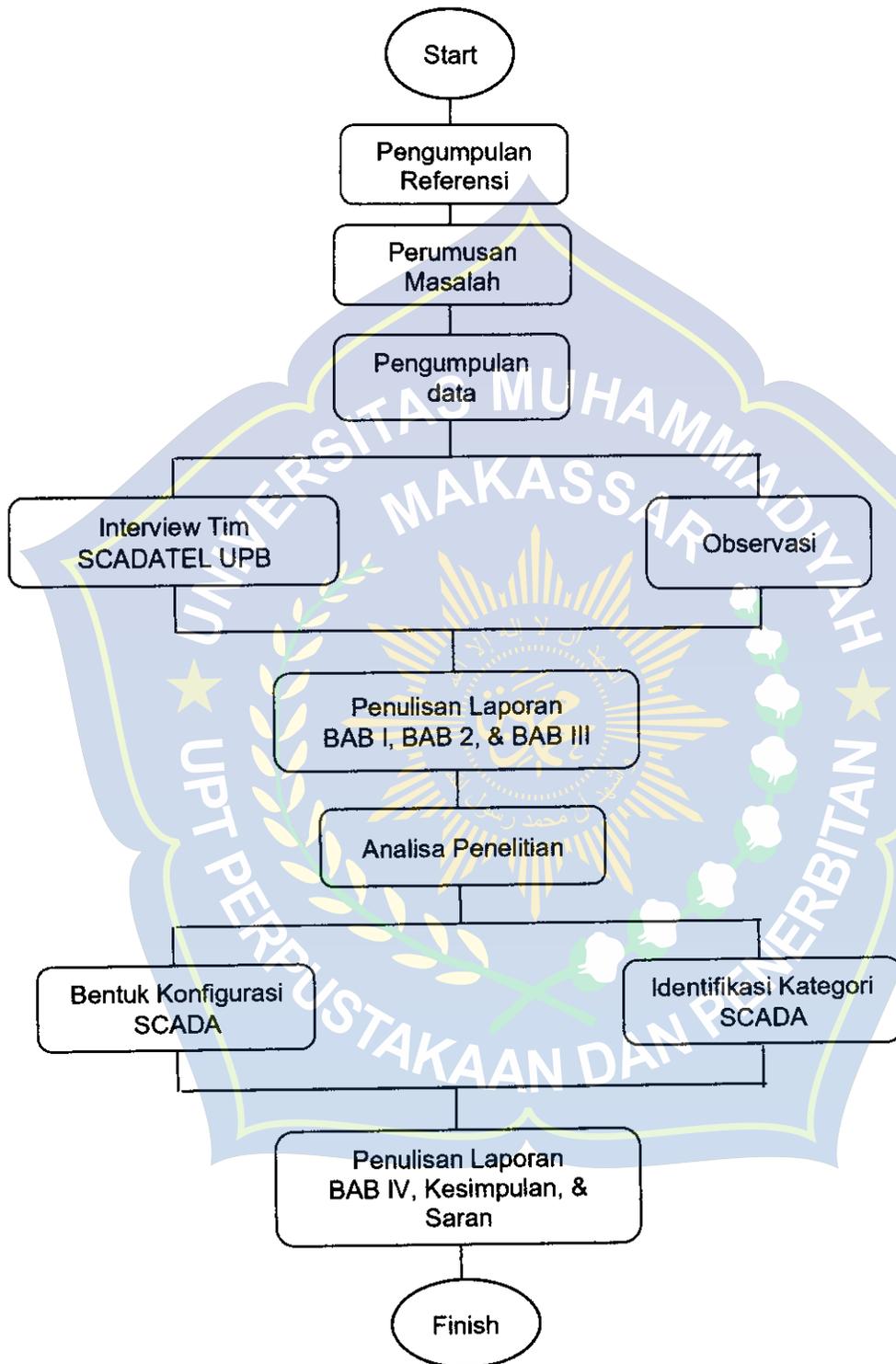
Jenis data yang digunakan penulis antara lain :

1. Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari objek penelitian dalam hal ini PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel yaitu :
 - Data spesifikasi perangkat
 - Konfigurasi Master Station yang terpasang di UPB
 - Data sistem metering sistem kelistrikan
2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari perusahaan dan data tersebut sudah diolah dan terdokumentasi dalam literatur-literatur di PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel.

E. Langkah Analisis Data

Untuk menganalisis data dalam penulisan skripsi ini, penulis menggunakan metode deskriptif yaitu penulis menyusun data yang diperoleh kemudian penulis mencocokkan dan menganalisis untuk menentukan level konfigurasi pada master station, RTU, dan Komunikasi yang terpasang. dengan berdasar literatur standar dari PT PLN (Persero). Selanjutnya penulis melakukan analisis terhadap data-data teknis perangkat sehingga didapatkan kategori yang tepat pada sistem SCADA PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel.





Gambar 3.3. Langkah penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini penulis akan membahas secara keseluruhan mengenai hasil penelitian berikut pembahasannya, maka pembahasan dimulai dengan menentukan konfigurasi *Master Station* sistem SCADA yang terpasang, selanjutnya dari konfigurasi tersebut penulis menganalisis untuk menentukan kategori sistem SCADA yang tepat.

A. Konfigurasi Sistem SCADA di PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel

Master Station yang ada berfungsi untuk mengawasi dan mengatur beban sistem Sulsel. Untuk kegiatan mengatur pembebanan sistem, UPB memberikan perintah kepada Unit Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) untuk langsung melaksanakan kegiatan pengoperasian PMT. Beberapa data sistem yang dapat dipantau pada *Master Station* di UPB antara lain :

- MW (Mega Watt) / Daya nyata
- MVar (Mega Var) / Daya semu
- PF (Power Factor) / Faktor daya
- kV (Kilo Volt) / Tegangan
- A (Ampere) / Arus listrik
- Hz (Hertz) / Frekuensi

Sistem SCADA di PT PLN (Persero) Unit Pengatur Beban terdiri dari sebuah Master Station yang terletak di dalam *Regional Control Centre* (RCC). Ada beberapa Unit Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) dan Gardu Induk (GI) yang dapat di monitor oleh master station Unit Pengatur Beban Sistem Sulsel, diantaranya :

1. Tragi Panakkukang, yang terdiri dari Gardu Induk Panakkukang, Boantoala, Tallo Lama, Barawaja, Borongloe, Sungguminasa, dan Tanjung Bunga
2. Tragi Tello, yang terdiri dari Gardu Induk Tello, Maros, Daya, Mandai, Pangkep, Bosowa, dan Tonasa
3. Tragi Parepare, yang terdiri dari Gardu Induk Parepare, Barru, Bakarua, Pinrang, Polmas, dan Majene
4. Tragi Sidrap, yang terdiri dari Gardu Induk Sidrap, Sengkang, Soppeng, Makale, dan Palopo
5. Tragi Bulukumba, yang terdiri dari Gardu Induk Bulukumba, Tallasa, Jeneponto, Sinjai, dan Bone

Dalam skripsi ini, penulis akan mengacu pada jurnal internasional dari IEEE yang disusun oleh Felix F. Wu pada tahun 2005 dan agar pembahasan ini menjadi terarah mengikuti standar yang berlaku di PT PLN (Persero) maka penulis mensinkronkan dengan beberapa SPLN yang terkait dengan pembahasan.

Berdasarkan SPLN S3.001:2008 bahwa konfigurasi *Master Station* transmisi dibagi menjadi beberapa level berdasarkan tingkatan perangkat keras, perangkat lunak, dan lingkup supervisi sistem kelistrikan.

Komposisi perangkat untuk *Master Station* di UPB Sistem Sulsel terdiri dari :

1. *Server SCADA dan EMS*, yang berjumlah dua unit (satu unit untuk redunden). *Server* berfungsi sebagai penyimpan data baik berupa informasi statik maupun dinamik serta semua perubahan informasi.

Untuk spesifikasi teknis komputer server bisa dilihat dibawah ini :

- Merk dan tipe : Compaq Alpha Server DS20E
- Tegangan power suply : 1 phasa 90 – 250 Vac
- Frekuensi : 49 – 61 Hz
- Processor EV6 64-bit, 500 MHz
- RAM 2 GB
- Harddisk 4 x 9 GB
- Operasi Sistem : TRU64 UNIX ver 4.0F

2. *Workstation dispatcher*, yang berjumlah dua unit (satu unit untuk redunden). Berfungsi untuk pengolah dan penyimpan data informasi yang diperoleh dari subsistem komunikasi untuk dikirimkan ke *server* yang lain. Untuk spesifikasi teknis workstation *dispatcher* bisa dilihat dibawah ini :

- Merk dan tipe : Compaq AP 550
- Tegangan power suply : 1 phasa 100 – 250 Vac

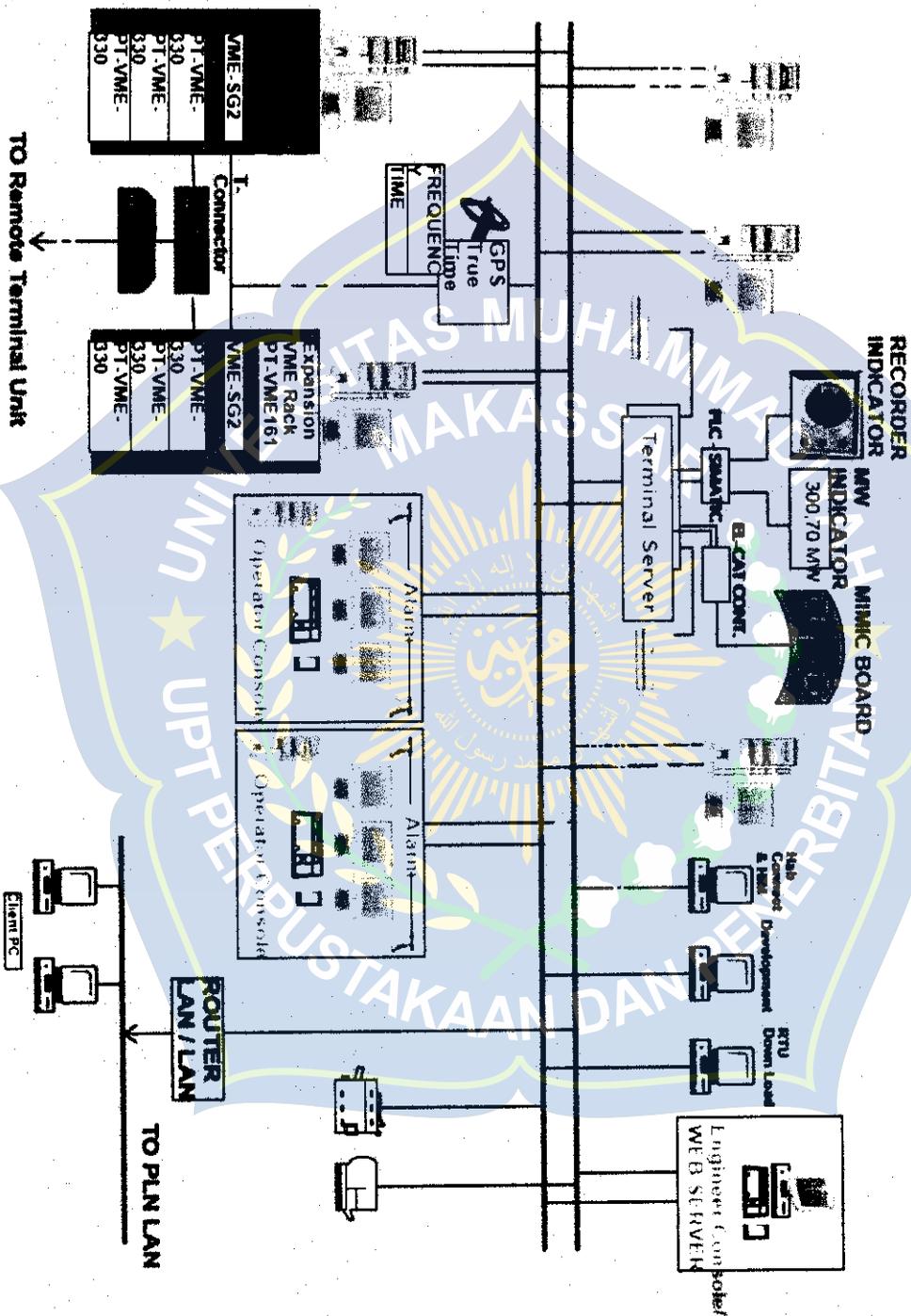
- Frekuensi : 50/60 Hz
 - Processor Intel PIII, 733 MHz
 - RAM 128 MB
 - Harddisk 9 GB
 - Operasi Sistem : WINDOWS NT 4.0
3. *Workstation engineer*, yang berjumlah satu unit. Berfungsi untuk menjalankan aplikasi training baik berupa simulasi maupun modeling sesuai dengan kebutuhan *dispatcher*. Untuk spesifikasi teknis *workstation dispatcher* bisa dilihat dibawah ini :
- Merk dan tipe : Compaq AP 550
 - Tegangan power suply : 1 phasa 100 – 250 Vac
 - Frekuensi : 50/60 Hz
 - Processor Intel PIII, 733 MHz
 - RAM 256 MB
 - Harddisk 9 GB
 - Operasi Sistem : WINDOWS NT 4.0
4. GPS berjumlah satu unit, berfungsi untuk menerima sinyal pewaktuan dari satelit yang kemudian dijadikan acuan waktu
5. Projection Multimedia berjumlah satu unit, yang berfungsi untuk menampilkan *single line* diagram, status peralatan, waktu, dan besaran listrik.
6. HIM Server, yang berjumlah satu unit. Berfungsi untuk menampilkan *single line* diagram, status peralatan, waktu, dan

besaran listrik serta mengolah data sistem kelistrikan. Untuk spesifikasi teknisnya bisa dilihat dibawah ini :

- Merk dan tipe : Compaq Alpha Server DS10
 - Tegangan power suply : 1 phasa 100 – 250 Vac
 - Frekuensi : 50/60 Hz
 - Processor Digital Alpha 21264, 466 MHz
 - RAM 1 GB
 - Harddisk 7 x 9 GB
 - Operasi Sistem : TRU64 UNIX ver 4.0F
7. Ethernet Switch 10/100 Mbps
8. Server subsistem komunikasi berjumlah dua unit (satu unit untuk redunden). Berfungsi untuk kontrol komunikasi ke RTU/*Remote Station* dengan model sinkronisasi yang sudah ditentukan. Untuk spesifikasi teknisnya bisa dilihat dibawah ini :
- Merk dan tipe : Compaq Alpha Server DS10
 - Tegangan power suply : 1 phasa 100 – 250 Vac
 - Frekuensi : 50/60 Hz
 - Processor Digital Alpha 21264, 466 MHz
 - RAM 512 MB
 - Harddisk 9 GB
9. Router LAN/WLAN berjumlah dua unit, yang berfungsi untuk jaringan komputer *client*

10. Static Display indikator beban berjumlah dua unit, berfungsi menampilkan waktu dan besaran listrik
11. Recorder indikator berjumlah satu unit
12. Printer laser berwarna berjumlah satu unit, digunakan untuk mencetak gambar
13. Printer laser hitam putih berjumlah satu unit, digunakan untuk mencetak laporan
14. Gateway atau Router+Firewall (satu set)
15. Printer Data Logger berjumlah dua set (satu set *redundent*), digunakan untuk mencetak rekaman kejadian sesuai urutannya.





Gambar 4.1. Konfigurasi Master Station UPB System Sulsel

Jadi setelah dilakukan pengamatan terhadap perangkat keras Master Station yang terpasang, dapat dijelaskan beberapa hal yang mendasari penulis dapat menentukan level dari master station existing berdasarkan kelima level diatas, antara lain :

- Server SCADA dan EMS yang dimiliki UPB masih berada dalam satu server, yaitu server untuk SCADA dan EMS yang berjumlah dua buah. Pada SPLN dijelaskan bahwa untuk level satu dan dua masih belum tersedia aplikasi EMS, sedangkan untuk level tiga sampai lima sudah tersedia. Bahkan pada level empat dan lima, server SCADA dan EMS terpisah dan masing-masing memiliki satu redundan.
- *Workstation dispatcher* pada level satu memiliki hanya satu workstation dan sekaligus menjadi *workstation* untuk *engineerr*, sedangkan level yang lain sudah memiliki lebih dari satu set perangkat *workstation* dan sudah terpisah dengan *workstation* untuk enjiner. Di UPB sendiri *workstation dispatcher* dan *engineer* sudah terpisah, dan untuk *workstation dispatcher* memiliki dua set perangkat dengan satu redundan.
- Penyediaan GPS di UPB sudah memenuhi dengan kelima level diatas, yang berfungsi untuk menerima sinyal pewaktuan dari satelit yang kemudian dijadikan acuan waktu pada pusat kontrol dan dilapangan sehingga didapat data lapangan yang *real time*.
- UPB sendiri menyediakan *Projection multimedia* untuk menampilkan gambar grafis, jaringan transmisi secara menyeluruh.

- Untuk membantu *dispatcher* berinteraksi dengan sistem, UPB menyediakan HIM server sehingga *dispatcher* dapat memberikan input kepada sistem dan sistem dapat memberikan output kepada *dispatcher* terkait perubahan informasi .
- Dalam pemantauan link komunikasi dengan RTU, UPB menyediakan server subsistem komunikasi. Sehingga *dispatcher* dapat memantau statistik data komunikasi dengan RTU (misalnya : jumlah data yang gangguan), status aliran komunikasi (misalnya : *inservice*, gangguan). Penyediaan server subsistem komunikasi tersebut juga terdapat pada kelima level.
- Penggunaan statik display di UPB untuk menampilkan waktu dan besaran listrik, sehingga secara sekilas dapat memantau kondisi beban pada waktu itu juga. Statik display juga digunakan pada konfigurasi level dua sampai lima.
- Setiap kejadian tentu akan dicatat oleh komputer, namun pencatatan tersebut juga dapat dilakukan secara otomatis dan terus menerus. Dan hal itu harus dilakukan agar setiap urutan kejadian maupun perintah eksekusi terdokumentasi dan menghindari kehilangan rekaman. Pencetakan tersebut menggunakan printer dot matriks atau disebut juga logger.
- Pada *master station* yang terpasang hanya menggunakan switch 10/100 Mbps untuk menghubungkan komunikasi perangkat berbasis ethernet dengan kemampuan kecepatan data sampai 100 Mbps.

- Router berfungsi untuk komunikasi data antar pusat kontrol menggunakan protokol ICCP (*Inter Control Center Communications Protokol*).

Dengan melihat tingkatan perangkat keras dari *Master Station* yang dimiliki UPB Sistem Sulsel diatas yang mengacu pada standarisasi dari SPLN, maka penulis mengelompokkan *Master Station* tersebut pada level tiga. Berdasarkan hasil pengamatan, seluruh peralatan pada level tiga ada pada komposisi perangkat *Master Station* di UPB.

Untuk masuk ke level empat bahkan level lima, masih banyak perangkat yang perlu ditambah. Dan komunikasi antar LAN pada perangkat server juga sudah menggunakan *switch* ethernet dengan kecepatan data mencapai gigabit.

B. Sistem SCADA PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel

1. Overview Perangkat Keras

Berdasarkan SPLN S6.001:2008 tentang pemilihan perangkat keras SCADA harus mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

- Perangkat keras yang digunakan harus memperoleh jaminan dari penyedia perangkat keras minimal selama satu tahun terhitung sejak serah terima operasi.
- Perangkat keras untuk *Master Station* menggunakan peralatan dengan teknologi minimal teknologi satu tahun sebelumnya.

- Perangkat keras yang digunakan harus mempertimbangkan ketersediaan peralatan dan suku cadang dipasaran. Suku cadang yang tersedia minimal selama lima tahun.
- Dalam melakukan pengembangan sistem SCADA, peralatan yang digunakan harus memiliki kesesuaian dengan kondisi peralatan yang terpasang jika peralatan tersebut masih digunakan.
- Setiap Master Station yang akan beroperasi harus melalui sertifikasi uji *interoperability protokol* (standar kemampuan pertukaran data untuk operasi secara optimal) dari lembaga sertifikasi.

a. Sistem LAN (*Local Area Network*)

Mengingat pengendalian *real Time* suatu sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang memerlukan ketersediaan yang tinggi maka pemakaian LAN dengan konfigurasi redundan merupakan pertimbangan yang tepat, karena fungsi redundan tersebut sebagai pengambil alih sistem secara otomatis tanpa harus *restart*. Maka jika salah satu peralatan pada sistem redundan gagal, sistem tetap dapat terus beroperasi tanpa ada data-data yang hilang.

Kecepatan jaringan dengan menggunakan switch 10/100 Mbps untuk saat ini mampu mendukung kinerja *Master Station*. Namun untuk meningkatkan waktu transfer file atau komunikasi data dalam *Master Station* diperlukan sebuah kecepatan jaringan yang optimal, agar

komunikasi data berjalan secepat mungkin. Yaitu bisa dengan menggunakan perangkat jaringan gigabit.

Dalam membangun jaringan Gigabit perlu diperhatikan spesifikasi dari beberapa perangkat pendukung. Antara lain, penggunaan kabel yang mendukung kecepatan sampai 1 Gb/detik, *switch* dan ethernet yang mendukung kecepatan hingga 1 Gb/detik.

Topologi yang digunakan UPB adalah topologi bus, dimana semua peralatan terminal tersambung pada sebuah kabel *fiber optic*. Keuntungannya yaitu memiliki kekebalan terhadap intervensi, bersifat isolasi sehingga susah terhubung singkat.

b. Server

Komputer di Master station merupakan perangkat pokok untuk melakukan proses data. Banyak penggunaan komputer untuk server SCADA di Master station UPB, antara lain :

Tabel 4.1. Perangkat lunak dan Perangkat keras yang terpasang di UPB

HARDWARE	SOFTWARE	FUNGSI
Alpha Server DS20E-6/500	TRU64 UNIX VER 4.0F HABITAT; EMS	SCADA & EMS
Alpha Server DS10-6/466 with RAID ARRAY	TRU64 UNIX VER 4.0F C++; FORTRAN ; ORACLE; e-terra Archive	H.I.M SERVER
Alpha Server DS10-6/466	TRU64 UNIX VER 4.0F HABITAT; TFE	TELEMETRY FRONT END
Compaq Professional Windows NT AP 550 wks	WINDOWS NT 4.0; Exceed (Office 2000, DBB, RTUMMU for Enj. Control)	OPERATOR CONSOLE, ENGINEER CONSOLE
Compaq Professional Windows NT AP 550 wks	WINDOWS NT 4.0; Exceed; Office 2000; DBB ; RTUMMU	PC HAB CONNECT, HIM, DEVELOPMENT
Compaq Professional Windows NT AP 550 wks	WINDOWS 98, GBD900	RTU DOWNLOAD

Melihat spesifikasi diatas, semua perangkat komputer Master Station yang dimiliki UPB menggunakan perangkat dari produk *COMPAQ COMPUTER CORPORATION*. Dengan menggunakan operasi sistem windows dan Linux.

Alpha server DS10 merupakan produk dari *COMPAQ COMPUTER CORPORATION* pada tahun 2000. Dilengkapi dengan 4 slot PCI (*Peripheral Component Interconnect*) dengan 3 slot untuk register 64 bit dan 1 slot untuk register 32 bit. Fungsi dari slot tersebut sebagai bus untuk menghubungkan perangkat diluarsistem komputer sehingga mampu terhubung ke sistem komputer, misalnya *graphic display adapter*, *Networks interface controller*, dll. Alpha server DS10 sudah didukung dengan arsitektur processor 64 bit.

Untuk menambah kemampuan proses data, UPB memperbesar kapasitas RAM menjadi satu Giga Byte. Sedangkan operasi sistemnya menggunakan *Tru64 UNIX*, dengan kemampuan *clocks Seed* prosessornya 466 MHz.

Operasi sistem *Tru64 UNIX* dikembangkan oleh COMPAQ TECHNOLOGY, IBM, HP, dan DEC pada tahun 1998, dimana *Tru64 UNIX* merupakan *Open source* software. Hal ini berarti *software* tersebut bebas untuk digunakan, dikembangkan, dan disebarluaskan atau digandakan aplikasinya tanpa harus membayar izin atau lisensi kepada pembuat aplikasi. Di tahun 2010 perusahaan yang sama telah merilis pengembangan terbaru dari *TRU64 UNIX* yang kemudian dinamakan *TRU64 UNIX 5.1B-6*.

Alpha server DS10 digunakan sebagai server untuk *Man Machine Interface* (MMI) dan subsistem komunikasi.

Sistem MMI digunakan *dispatcher* untuk memantau seluruh jaringan kelistrikan sistem Sulsel, bahkan untuk memantau kinerja konfigurasi perangkat – perangkat SCADA yang di pusat kontrol, perangkat – perangkat RTU hingga meter – meter.

MMI yang ada dirancang sedemikian rupa yang terdiri dari perangkat-perangkat yang diperlukan untuk dapat menunjang *dispatcher* dengan sistem secara optimum sehingga diperoleh pengoperasian yang efisien.

Alpha server DS20E digunakan sebagai *server* untuk SCADA dan EMS. Diproduksi tahun 2007 oleh HP dengan operasi sistem *TRU64 UNIX* Ver 4.0F dan *Open VMS*. *Open VMS* merupakan salah satu operasi sistem yang tergolong *open source* software yang dibuat oleh DEC.

Alpha server DS20E menggunakan processor Alpha 21264, dengan tersedia dua processor 64 bit yaitu EV67 dengan *clock speed* 667 MHz dan EV68 dengan *clockspeed* 833 MHz. Alphaserver DS20E dilengkapi dengan RAM sampai dengan empat Giga Byte, namun UPB masih menyediakan RAM dua Giga Byte dan masih bisa untuk di tambah lagi dua Giga Byte.

Dengan dua processor yang dihubungkan paralel, maka ketika terjadi kesalahan pada salah satu *chip* processor maka tanggung jawab terhadap sistem komputer dikendalikan oleh chip processor yang lain, sehingga sistem bisa melanjutkan sistem operasinya. Hal tersebut merupakan kelebihan dari Alpha server DS20E yang bisa beroperasi secara redunden.

Selain itu Alpha Server DS20E menyediakan sejumlah kelebihan untuk mendukung kemampuan sistem komputer yaitu mampu menampilkan *speed log file* atau rekaman kesalahan sistem. Sehingga pemakai bisa menganalisa kegagalan pengoperasian komputer.

Compaq Professional Workstation AP550 digunakan UPB antara lain untuk *workstation operator*, enjiner, RTU *download*. AP550 merupakan komputer generasi kelima, dimana pada saat itu pertama kali

diproduksi oleh INTEL. Diperkenalkan pertamakali oleh INTEL pada tahun 1998, untuk memenuhi permintaan yang tinggi pada sistem komputasi.

Arsitektur komputer terbaru ini disebut *Hub Intel Architecture*, dimana kinerja sistem komputasi lebih baik dengan menggunakan kelas processor dua Chip Pentium III. Processor ini mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam aplikasi multimedia dan grafik 3 dimensi maupun 2 dimensi. Dimana sudah memberikan kemampuan dalam menyesuaikan kinerja grafis sesuai keinginan pengguna. Bahkan memungkinkan untuk berjalan dengan berbagai platform dari perangkat grafis.

AP550 yang digunakan di UPB memiliki *clock speed processor* 733 MHz dengan kapasitas RAM 256 MB, hal ini setara dengan fungsinya yang beroperasi pada grafis 2 dimensi.

2. Overview Aplikasi SCADA dan EMS

Aplikasi sistem SCADA mengakuisisi data secara geografis dari lokasi jarak jauh, dan menjadikan terpusat pada pusat kontrol untuk pemantauan. SCADA yang terpasang menghubungkan dua sisi sistem peralatan :

- Gardu induk
- Pusat kontrol

Subsistem SCADA pusat kontrol UPB terdiri dari :

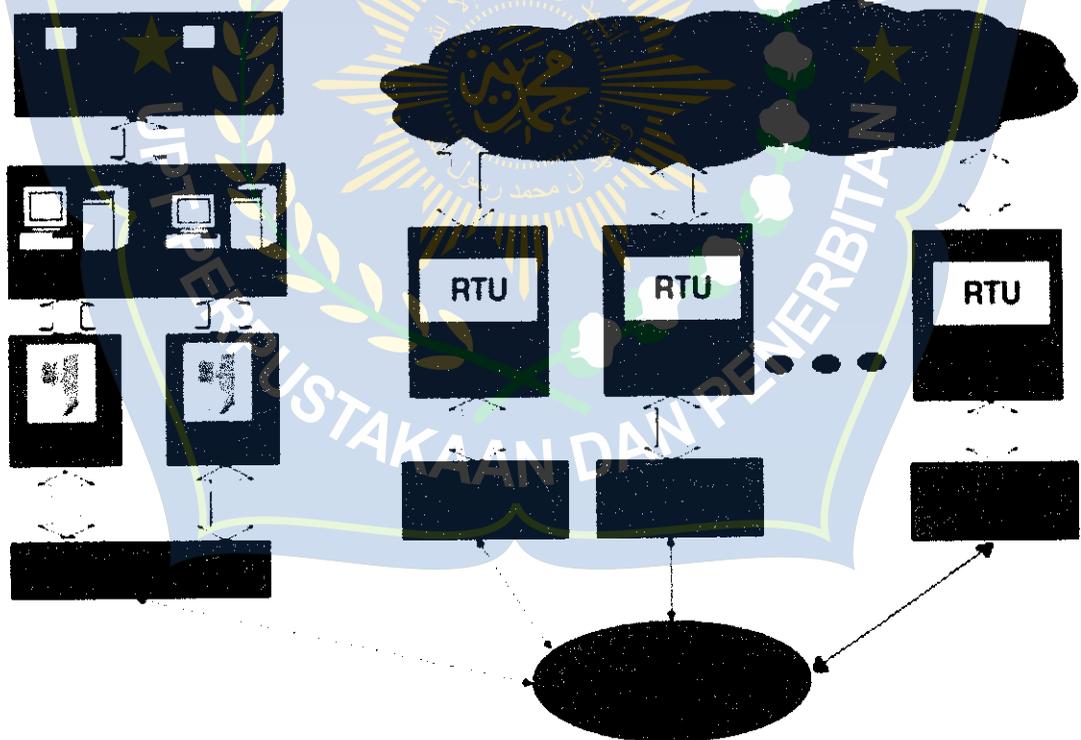
- Akuisisi data/ sistem transfer data (*front and sistem/ Front End Processor*)

- Sistem Manajemen Database
- MMI (*Man Machine Interface*) sistem
- EMS (*Energy Manajemen System*)

Sedangkan di Gardu Induk terdiri dari :

- CT dan PT
- Tranduser
- IED (*Intelegent Electronic Device*)

Dimana setiap gardu induk saling interkoneksi sistem komunikasi menggunakan RTU (*Remote Terminal Unit*).



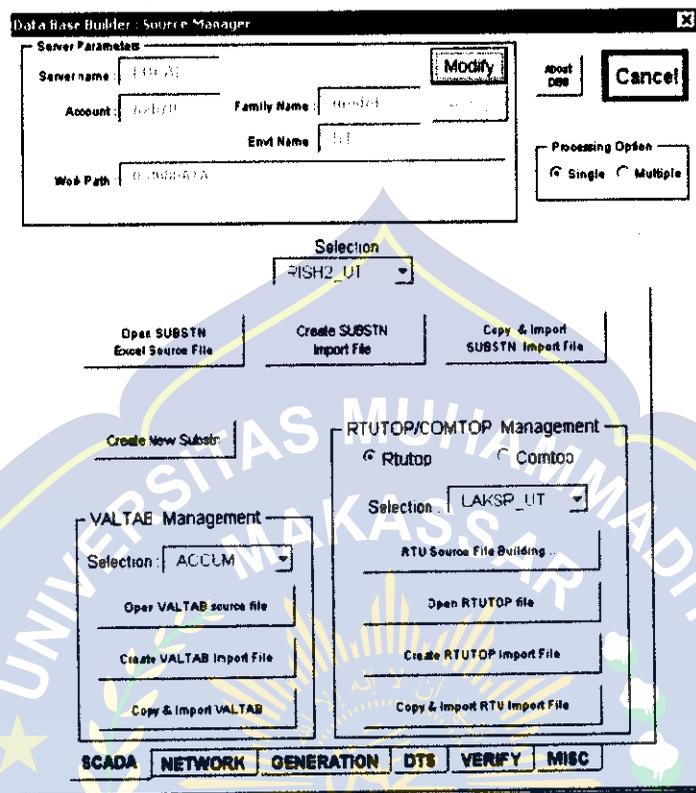
Gambar 4.2. Topologi SCADA UPB Sistem Selsel

Ada tiga tipe pengukuran pada aplikasi ini :

- Nilai analog, yaitu nilai yang berjalan terus menerus (misal : Volt, Ampere, Watt, temperatur).
- Nilai status, misalnya Open atau Close pemutus.
- Nilai pulsa, biasanya disampaikan seiring berjalannya waktu (misal, Megawatt).

Dalam aplikasi e-terrahabitat dilengkapi juga dengan *display editor*, yang merupakan alat bantu grafis untuk membuat tampilan grafis. Display atau tampilan terdiri dari obyek grafis yang berisi baik informasi statis maupun dinamis. Untuk mengedit tampilan, maka display editor ini harus :

- Bekerja secara visual.
- Mampu mengedit dengan teknik *multiwindow*.
- Interaktif mempunyai berbagai *font* standar.
- Mampu untuk membuat tampilan/obyek tanpa bergantung kepada obyek di dalam database.
- Dapat mengubah obyek secara *offline* dan tidak mempengaruhi data *online*.
- Dapat menyimpan data gambar dalam bentuk ASCII.
- Dapat mengimpor data gambar dari format DXF.



Gambar 4.3. Jendela display editor pada Aplikasi SCADA/EMS

Energy Management System (EMS) merupakan software/program untuk menyelesaikan tugas – tugas /persoalan teknis yang menyangkut pengoperasian jaringan transmisi dan engineering transmisi seperti analisa beban dan tegangan, perencanaan operasi dan sebagai pendukung perencanaan perluasan jaringan transmisi.

UPB menggunakan *e-terrahabitat* sebagai sistem operasi untuk EMS. Aplikasi tersebut menyediakan seperangkat aplikasi teknik untuk mengoperasikan sistem secara real time. E-terrahabitat mempunyai kemampuan menyimpan data dalam jumlah besar, puluhan hingga ribuan data pengukuran dengan waktu *scan* setiap 2 sampai 10 detik.

Aplikasi e-terrahabitat dapat dikembangkan pada operasi sistem berikut :

Tabel 4.2. Sistem Operasi Penyusun EMS e-terrahabitat UPB Sistem Sulsel

VER 5.6	Windows	Linux
OS System	<ul style="list-style-type: none"> • Windows Server 2003 (32 & 64 bit) • Windows XP Pro+ SP1 (UI only) 	<ul style="list-style-type: none"> • Red Hat Linux 4.0 Enterprise Edition (AS & WS) 64 bit
Compiler Support	<ul style="list-style-type: none"> • Visual Studio .NET 2003 • Intel Fortran Compiler 9.0 (Standard Edition) 	<ul style="list-style-type: none"> • GNU Compiler Collection 3.4 (GCC C++) • Intel Fortran compiler 9.0
Other Software	<ul style="list-style-type: none"> • Java 2 Platform Standard Edition 5.0, • Perl 5.8, Acrobat Reader 7.0+ 	<ul style="list-style-type: none"> • Java 2 Platform Standard Edition 5.0, • Perl 5.8, Acrobat Reader 7.0+

Keuntungan dari penggunaan e-terrahabitat yaitu :

- Arsitektur *software* berupa *layer-layer* sehingga memungkinkan aplikasi sistem kontrol real-time menjadi portabel
- Portabilitas berarti aplikasi tersebut *real time* penggunaan dan pengembangannya pada seluruh sistem operasi yang didukung
- Portabilitas berarti juga melindungi sistem sistem operasi menjadi usang
- Sistem operasi bisa dilakukan pengembangan tanpa pengadaan sistem kontrol yang baru
- Didukung dengan *software* simulasi

- Dapat digunakan dibanyak kondisi teknis yang dipergunakan, yang tentunya untuk memelihara instalasi.

E-terrahabitat secara konseptual dapat dibagi menjadi empat subsistem tingkat tinggi :

- *e-terrabrowser (WebFG) User Interface Subsystem*, yaitu User Interface membentuk hubungan langsung antara pengguna dan database. Sedangkan WebFG untuk akses data (*otentikasi*) ke tampilan.
- *HDB Database Mangement Subsystem*, yaitu subsistem database. Terdiri dari beberapa konsep yang unik untuk e-terrahabitat. Antara lain :
 - *clones, clones context, application, database, dan savecase.*
 - HDB terdiri dari banyak utilitas yang memungkinkan data diakses, disimpan, dan diubah.
 - HDBcloner, HDBcopydata, HDBexport, HDBimport, HDBrio.
 - HDBrdb tools (Hirarki untuk utilitas database relasional).
- Peralatan pemrograman dan API (*Application Programming Interface*) portabel, yang berisi banyak peralatan yang menyediakan fungsi-fungsi penting. Direktori ESCATOOLS menyediakan alat untuk menyimpan, membangun, dan kode link dengan metode yang standar. HABITAT SRCDIR dan HABUSER_SRCDIR adalah direktori yang berisi kode sumber untuk e-terrahabitat dan layer aplikasi non e-terrahabitat.

- *Real-time support subsystem*. Dalam e-terrahabitat ada banyak aplikasi-aplikasi yang menyediakan pengoperasian secara real-time. Antara lain : *Alarm, NETIO, Process Manager, Permission Manager, Configuration Manager, Memory Replication Services*, dan lain-lain.

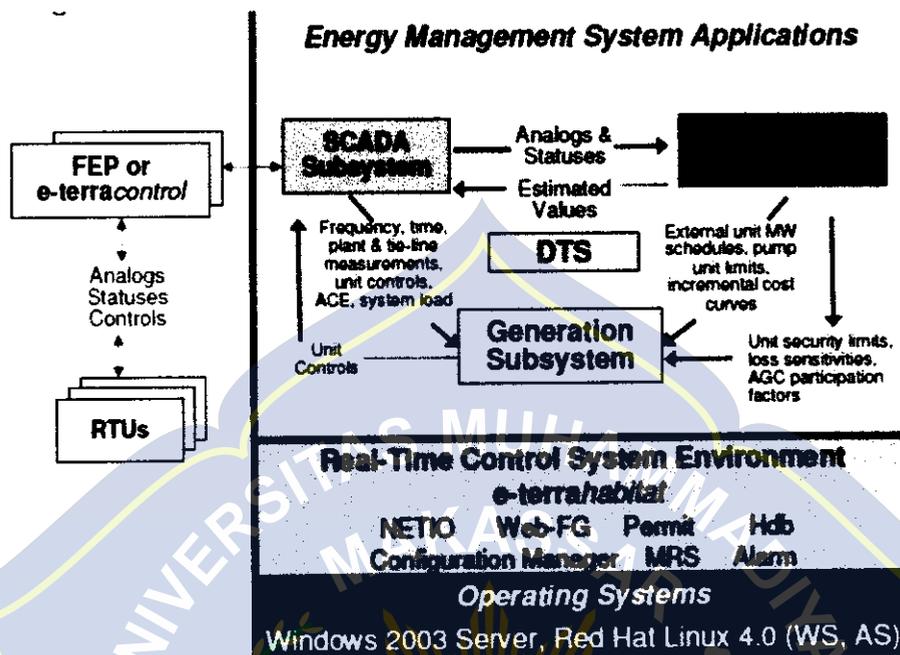
E-terrahabitat berbasis sistem kontrol secara real-time yang memiliki arsitektur tiga layer. Manfaat layer tersebut adalah :

- Memisahkan aplikasi-aplikasi dasar e-terrahabitat dari sistem operasi dasar
- Aplikasi-aplikasi e-terrahabitat mudah dioperasikan diberbagai platform sistem operasi



Gambar 4.4. Arsitektur e-terrahabitat

Contoh arsitektur e-terrahabitat yang dibangun pada aplikasi seperti dibawah ini :



Gambar 4.5. Contoh arsitektur dari layer aplikasi

Aplikasi EMS yang ada memiliki kemampuan sebagai berikut :

- a. Memantau dan mengendalikan pembangkit dan jaringan tegangan ekstra tinggi
- b. Memantau jaringan tegangan tinggi
- c. Memelihara model lengkap sistem tenaga listrik yang berada dibawah cakupan wilayahnya.
- d. Mengatur frekuensi sistem, pembangkitan dan pembebanan
- e. Mengoperasikan konfigurasi sistem interkoneksi yang aman
- f. Berkoordinasi dengan Gardu Induk untuk pelaksanaan *outages* pada level tegangan tinggi
- g. Menghitung dan menyampaikan perintah LFC/AGG ke pembangkit
- h. Mempertahankan tegangan system pada tingkat optimal

- i. Menghitung unit commitment sistem pembangkit
- j. Membuat jadwal pemeliharaan dan perencanaan operasi
- k. Meminimalkan rugi – rugi system

Aplikasi EMS yang tersedia memiliki kemampuan sebagai berikut :

- a. Memantau dan mengendalikan jaringan tegangan tinggi
- b. Mempersiapkan strategi operasi untuk jaringan
- c. Mempertahankan tegangan sistem pada tingkat optimal
- d. Meminimalkan rugi – rugi system
- e. Meminimalkan waktu *outages*
- f. Membuat jadwal pemeliharaan dan perencanaan operasi

Pemodelan sistem EMS dengan menggunakan aplikasi analisa jaringan yang menyajikan solusi mengenai analisis kontingensi, analisis hubung singkat dan analisa aliran daya optimal. Untuk kebutuhan fungsi EMS, tersedia data tambahan yang diperlukan untuk memenuhi fungsi yang ditetapkan serta melengkapi dan menentukan ukuran data dengan paramater sebagai berikut :

- *Busbar*
- Penghantar (*Transmisionline*)
- Trafo berikut typenya
- *Generator*
- Beban (*Load*)
- Reaktor dan Kapasitor (*Shunt*)

- *Injection*
- Rangkaian pengganti (*Equivalent Branch*)

3. Konfigurasi RTU

Salah satu komponen dari pengendalian suatu sistem tenaga listrik yang dimiliki UPB Sistem Sulsel adalah RTU, yaitu suatu perangkat elektronik yang diklasifikasikan sebagai perangkat cerdas. Dan ditempatkan di gardu-gardu induk untuk melakukan remote control, teleindikasi, dan telemetering.

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN (PERSERO) Unit Pengatur Beban Sistem Sulsel, jumlah Remote Station yang terpasang di gardu induk adalah 37 unit. Dimana Remote station yang terhubung ke Master station adalah 30 unit. Dimana 29 unit milik PLN, 1 unit milik pihak swasta, adapun beberapa merk diantaranya :

Tabel 4.3. Merk RTU yang dimiliki UPB Sistem Sulsel

No.	Merk RTU	Jumlah
1.	RTU S900	25 set
2.	RTU SCOUT	1 set
3.	INTEK (INTEGRA)	1 set
4.	SICAMPAS SIEMENS	1 set
5.	SOGI NR	2 set

Disamping itu masih terdapat tujuh gardu induk belum bisa terhubung dengan Master Station UPB Sistem Sulsel. beberapa lokasi penulis sebutkan diantaranya :

Tabel 4.4. Gardu Induk Yang belum terhubung dengan UPB Sistem Sulsel

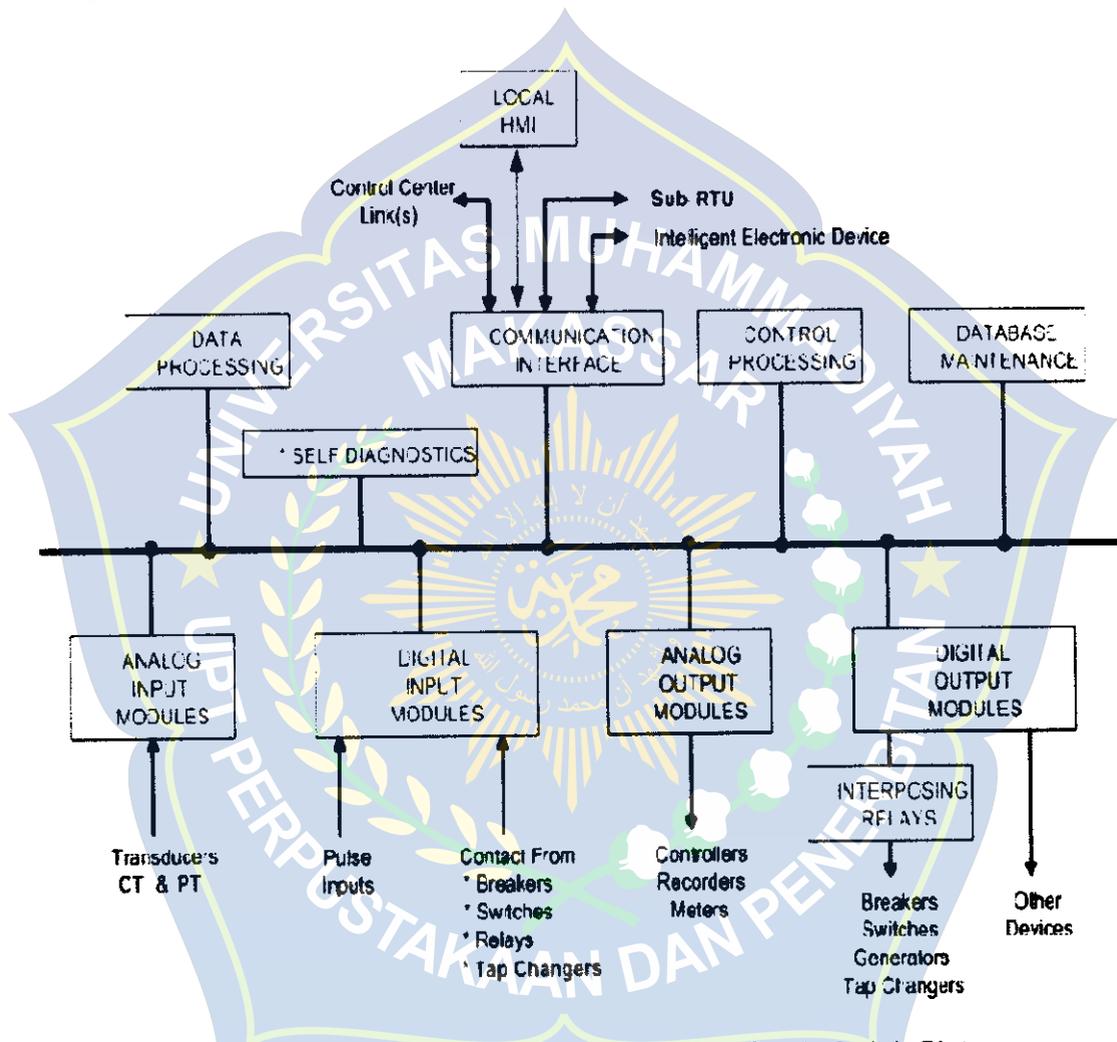
No	Lokasi	Penyebab
1	Gardu Induk Sinjai	Belum ada RTU yang terpasang
2	Gardu Induk Mamuju	Belum ada RTU yang terpasang
3	Gardu Induk Maros Baru	Belum ada RTU yang terpasang
4	Gardu Induk Makale	Sudah ada RTU, namun media telekomunikasi belum tersedia
5	Gardu Induk Palopo	Sudah ada RTU, namun media telekomunikasi belum tersedia
6	Gardu Induk Bulukumba	Sudah ada RTU, namun media telekomunikasi belum tersedia
7	Gardu Induk Jeneponto	Sudah ada RTU, namun media telekomunikasi belum tersedia

Gardu Induk yang belum bisa terhubung ke *Master Station* sesuai pada tabel 4.4, masih menggunakan pengontrolan melalui panel lokal yang berada di Gardu Induk setempat. Namun tetap yang memberi wewenang adalah Unit Pengatur Beban.

Untuk pemantauan kondisi beban tetap bisa dilakukan dari jarak jauh, dengan melalui GI terdekat yang bisa terhubung ke *Master Station*. Hal ini salah satu keuntungan dari sistem jaringan yang sudah interkoneksi.

Adapun standar konfigurasi RTU yang saat ini diterapkan oleh semua gardu induk Sistem Sulsel yaitu pada gambar 4.6 dan merupakan standar konfigurasi RTU sesuai SPLN S3.001:2008. RTU yang ada dapat

mengakuisisi digital input, digital output, analog input, dan analog output. RTU yang terpasang dimasing-masing gardu memiliki port komunikasi yang bersifat redundan.



Gambar 4.6. Konfigurasi RTU pada setiap Gardu Induk Sistem Suisel

a. Overview Perangkat RTU

Pada umumnya, penyaluran perintah-perintah dan data-data antar pengendali (Unit Control) dengan I/O didalam RTU dilaksanakan melalui dataway bus.

RTU S900 menggunakan komunikasi data 32-bit, dengan menyediakan komunikasi fisik berupa LAN 10/100 Mbps, port COM dan USB dan juga tersedia komunikasi lain untuk perangkat eksternal atau internal seperti radio data, GSM/GPRS/3G, Wi-Fi, modem. RTU ini menggunakan konfigurasi power suplai 10,8 – 16 VDC, 20 – 60 VDC, 90 – 265 VAC/VDC. Memiliki jumlah input output 16 IO yang mendukung pengoperasian real time. Protokol komunikasinya antara lain :

- Full modbus suite
- IEC60870-5-101/103/104 Protocol.
- DNP3 Slave.

Untuk melakukan konfigurasi perangkat lunak, RTU S900 terintegrasi dengan webserver. Dengan kapasitas RAM adalah 64 MB SDRAM, dan didukung *SD-card flash disc*.

RTU scout mempunyai RAM 16 MB dan bisa dilakukan penambahan dengan eksternal memori sampai 64 MB SDRAM. RTU ini menggunakan komunikasi serial RS232/485 dan ethernet/LAN. Dilengkapi dengan 16 I/O untuk menghubungkan ke perangkat lain.

Komponen RTU S900 terdiri dari :

- Enclosure (Cabinet, box)
- *Racks* berfungsi sebagai tempat modul komunikasi dan IED I/O yang akan menghubungkan dengan master station dan IED tersiri dari main rack dan secondary rack.
- Central processing unit module terdiri dari 32 bit

- Memory module
- Communication module terdiri dari :
 - a. SAU 900 berfungsi sebagai isolated, asynchronous V.24/V.28 ports
 - b. MDU 900 berfungsi untuk integrasi dua FSK modems V23
 - c. FBS 910 berfungsi sebagai *electrical FIP bus interface*
- Input/output module (DAU 90X) 48 digital input digunakan untuk :
 - a. *Single dan dual signalling RS*
 - b. Pengukuran digital
 - c. *Counting (pulse accumulator)*
 - d. *Digital tap changer positions*
- Modul *Power converter*
- Modul pengujian dan pemeliharaan

Arsitektur internal S900 berdasarkan bagian bus yang terhubung dengan unit operasi. Masing – masing unit termasuk *power supply, processor, Modul input output (IO), modul komunikasi dan VME bus. Main rack control transmission (remote control stations dan digital protector), supervisi, unit sekitarnya, input/output dan pusat fungsi otomatis. Secondary rack control transmission (digital protector), input/output dan fungsi otomatis lainnya.*

Dari sebagian data overview RTU diatas, sampai sekarang bahwa didalam SPLN tidak memberikan penjelasan secara spesifik untuk standar RTU, yang ada hanyalah standar konfigurasi RTU.

4. Konfigurasi Telekomunikasi

Berdasarkan gambar konfigurasi ada beberapa media yang digunakan pada sistem telekomunikasi UPB dengan gardu induknya, diantaranya :

a. Kabel pilot

Kabel pilot disini adalah jenis kabel telepon yang ditanam bersama-sama dengan kabel tegangan tinggi untuk keperluan komunikasi antara dua gardu yang saling terhubung. Saat ini di sistem Sulsel yang masih menggunakan kabel pilot yaitu komunikasi data antara GI Bontoala dengan APD Makassar.

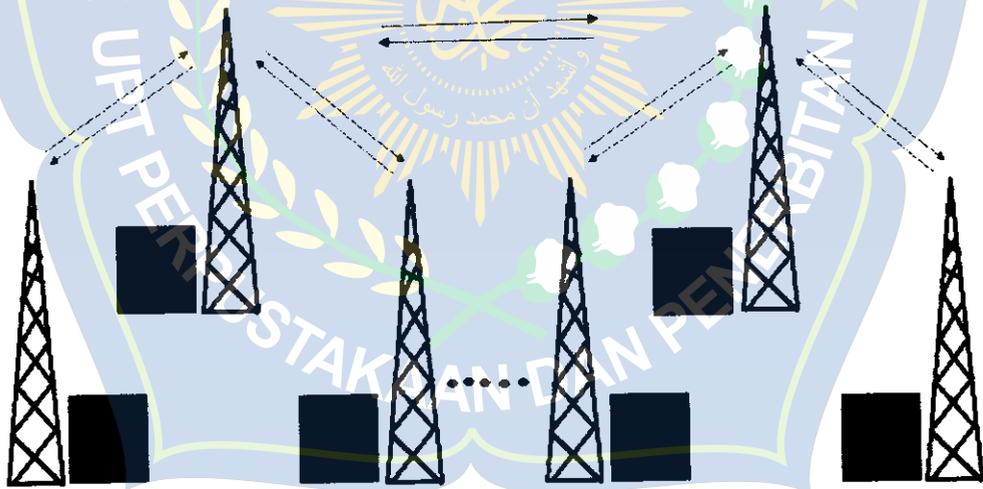
Kabel ini berjalan paralel dengan kabel tegangan tinggi maka konstruksi kabel biasanya dirancang khusus dan tidak sama seperti kabel telepon biasa. Perbedaan tersebut dapat dilihat baik dari segi mekanis, kekuatan isolasi maupun instalasi.

Kabel ini bekerja pada frekuensi kerja dari 300 sampai 3000 Hz. Penggunaan kabel ini untuk keperluan komunikasi data maupun pembicaraan pesawat telepon. Kecepatan komunikasi data dengan menggunakan kabel pilot 600 bps sampai 9600 bps.

Kekurangan kabel ini adalah ketidak-seimbangan kapasitif yang berlebihan sehingga menyebabkan timbulnya komunikasi silang yang dapat mengganggu sistem komunikasi.

b. Gelombang radio (*Radio Link*)

Penggunaan radio link pada sistem kelistrikan Sulsel adalah untuk komunikasi data antara terminal-terminal yang jaraknya jauh \pm 100 hingga 200 km. Kekuatan sinyal pancaran dengan menggunakan gelombang radio sangat dipengaruhi oleh jarak pandang objek yang berada pada gardu induk. Untuk mengatasi hal tersebut, maka menggunakan repeater. Repeater biasanya ditempatkan pada daerah yang lebih tinggi. Frekuensi yang digunakan oleh PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel yaitu jenis VHF (*Very High Frequency*) yang berada pada *band* frekuensi 160 – 174 MHz, frekuensi tersebut baik digunakan untuk komunikasi data maupun suara.



Gambar 4.7. Konfigurasi telekomunikasi UPB Sistem Sulsel dengan GI

Kelebihan dan kekurangan dari telekomunikasi data menggunakan radio link yaitu :

a. Kelebihan

- Sifatnya lebih ekonomis.
- Dapat menjangkau lokasi yang jauh.
- Tidak tergantung dari kondisi jaringan sistem tenaga.
- Sifatnya modular sehingga untuk penambahan kanal dapat dilakukan relatif lebih mudah dengan biaya yang kecil.

b. Kekurangan

- Rentan terhadap frekuensi lain yang dapat mengganggu komunikasi data.
- Faktor cuaca mempengaruhi sifat perambatan gelombang radio.
- Pemilihan frekuensi harus terlebih dahulu mendapat ijin dari pihak pengelola frekuensi radio.
- Gelombang radio hanya terbatas pada jarak pandang yang segaris (*line of sight*).

c. *Fiber Optic* (FO)

Fiber Optik atau disebut juga serat optik digunakan UPB Sistem Sulsel sebagai sarana komunikasi data. Saat ini serat optik sudah terintegrasi dengan kawat tanah pada tiang transmisi atau disebut juga OPGW (*Optical Fiber Ground Wire*). Untuk saluran yang sudah menggunakan OPGW antara lain :

- Transmisi antara GI Sungguminasa dengan Maros
- Transmisi antara GI Maros dengan Pangkep
- Transmisi antara GI Pangkep dengan GI Barru

- Transmisi antara GI Pangkep dengan GI Sengkang
- Transmisi antara GI Barru dengan GI Pare
- Transmisi antara GI Pare dengan GI Sidrap
- Transmisi antara GI Mandai dengan GI Daya
- Transmisi antara GI Daya dengan GI Tello
- Transmisi antara GI Tello dengan GI Panakkukang

Sistem komunikasi pada PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel menggunakan jenis *fiber optik single mode step indeks*, yaitu serat optik yang mempunyai lebar *bandwidth* yang paling besar karena jumlah modenya yang sedikit. Hal ini dikarenakan sistem transmisi PLN Sistem Sulsel jaraknya jauh dan juga dikarenakan kemampuan kapasitasnya dari *single mode* ini besar.

Berikut ini kelebihan dan kekurangan penggunaan serat optik sebagai sarana komunikasi data :

- Mempunyai lebar bidang frekuensi yang sangat tinggi. Saat ini serat optik yang digunakan pada kelistrikan sistem Sulsel telah mampu mentransmisikan data hingga 2,5 GB. Dengan demikian satu serat optik mampu menampung ratusan saluran telekomunikasi.
- Fiber optik jauh lebih kuat dan ringan ketimbang kawat tembaga.
- Bebas dari gangguan intervensi gelombang elektromagnetik.
- Keamanan transmisi dengan serat optik sangat aman, penyadapan susah dilakukan.

- Mempunyai rugi-rugi yang relatif kecil. Serat optik yang terpasang pada kecepatan 445 Mb/s dapat mentransmisikan sinyal sejauh 130 km tanpa menggunakan *repeater*.
- Serat optik dapat bertahan hingga 30 tahun.

d. *Power Line Carrier* (PLC)

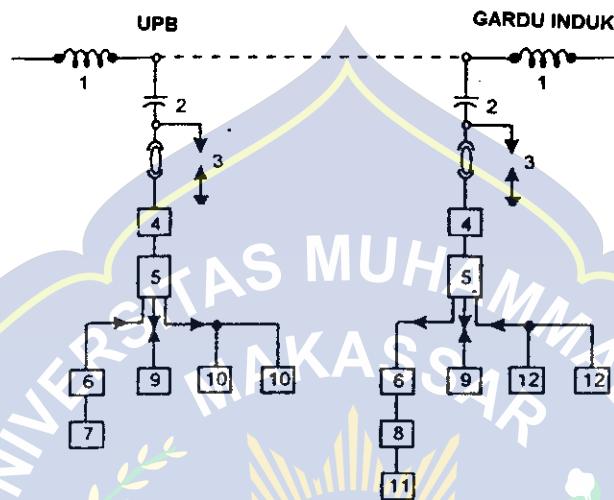
Power Line Carrier yaitu sistem komunikasi yang memanfaatkan konduktor fase sebagai media untuk mengirimkan data, baik data sinyal, suara, dan dapat juga data-data untuk keperluan sistem pengendalian. Disini telekomunikasi terjadi dengan menumpangkan sinyal-sinyal frekuensi tinggi pada sistem jaringan tegangan.

Penggunaan PLC di kelistrikan Sistem Sulsel yaitu, untuk komunikasi SCADA, komunikasi suara, teleproteksi dan pembacaan meter-meter secara remote.

Lebar bidang frekuensi pembawa berkisar antara 30 kHz hingga 500 kHz. Untuk menghindari intervensi iantar sesama jalur transmisi yang saling berdekatan dibuatkan isolasi sedemikian rupa sehingga secara geografis pengulangan penggunaan frekuensi yang sama harus terpisah pada jarak yang aman dimana tidak saling mengganggu satu terhadap lainnya.

Dalam kelistrikan Sistem Sulsel penggunaan PLC diprioritaskan untuk pembicaraan dan teleproteksi daripada untuk lainnya. Sehingga kecepatan komunikasi data akan terbatas, karena sebagian besar lebar

frekuensi digunakan untuk teleproteksi dan pembicaraan. Adapun konfigurasi PLC yang dipakai di gardu induk dibawah ini.



Keterangan :

1. Line trap
2. Capacitor
3. Pengaman
4. LMU
5. Perangkat HF
6. Remote Terminal
7. Panel Control
8. Relay kendali
9. Telephone
10. Recorder
11. Rangkaian proses
12. Terminal telemeter

Gambar 4.8. Komponen PLC untuk komunikasi suara (telepon) dengan kanal untuk pengendalian jarak jauh

C. Penentuan Kategori Mater Station SCADA

Secara umum penggunaan SCADA/EMS pada sistem kelistrikan dapat diperoleh sistem pengoperasian yang lebih ekonomis. Dimana mengurangi biaya-biaya dalam pengoperasian sistem kelistrikan. Selain itu data-data yang diperoleh dari SCADA/EMS dapat dipergunakan untuk membantu perencanaan pengembangan dikemudian hari. Diharapkan keandalan sistem akan semakin meningkat seiring dengan kemajuan fungsi-fungsi teknologi yang terus berkembang.

Pada pembahasan diatas, penulis sudah menguraikan bagaimana kondisi teknologi dari perangkat-perangkat pendukung SCADA/EMS PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel. pada pembahasan kali ini penulis akan mengulas secara garis besar yang sudah dibuat penulis sehingga mudah dipahami, dan bisa menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan sistem SCADA/EMS dikemudian hari.

Setelah dilakukan pengamatan pada beberapa perangkat sistem SCADA/EMS di PT PLN (Persero) UPB Sistem Sulsel, bahwa SCADA/EMS yang sekarang ini terpasang berada pada level 3, dengan kondisi sebagai berikut :

- a. Sistem SCADA/EMS yang terpasang memiliki kemampuan akuisisi data masih dibawah kecepatan ultra, karena perangkat pendukungnya memiliki kemampuan kecepatan akses data optimalnya pada 100 Mbps.