

Ekst.2008

**RANCANG BANGUN PENGENDALI PENANGANAN
PELANGGAN PADA PERANGKAT SWITCHING
POWER LINE COMMUNICATION (PLC) UNTUK
KOMUNIKASI TELEPON ANALOG**

TUGAS AKHIR

Oleh

ARIBOWO HARTANTO

04 05 23 007 8



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
MEI, 2008**

**RANCANG BANGUN PENGENDALI PENANGANAN
PELANGGAN PADA PERANGKAT SWITCHING
POWER LINE COMMUNICATION (PLC) UNTUK
KOMUNIKASI TELEPON ANALOG**

TUGAS AKHIR

Oleh

ARIBOWO HARTANTO

04 05 23 007 8



TUGAS AKHIR INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI
SEBAGIAN PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
MEI, 2008**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

**“RANCANG BANGUN PENGENDALI PENANGANAN PELANGGAN
PADA PERANGKAT SWITCHING POWER LINE COMMUNICATION
(PLC) UNTUK KOMUNIKASI TELEPON ANALOG”**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 19 Mei 2008

Aribowo Hartanto

NPM. 0405230078

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir dengan judul :

**“RANCANG BANGUN PENGENDALI PENANGANAN PELANGGAN
PADA PERANGKAT SWITCHING POWER LINE COMMUNICATION
(PLC) UNTUK KOMUNIKASI TELEPON ANALOG”**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tugas akhir.

Depok, 19 Mei 2008

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Dr.Ir. P.S. Priambodo, Msc

NIP. 040 705 0192

Dr. Ir. Arman Djohan, M.Eng

NIP. 131 476 472

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih khususnya kepada Bapak **Dr. Ir. P.S. Priambodo, Msc** dan Bapak **Dr. Ir. Arman Djohan Diponegoro, M.Eng** selaku pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan gagasan, konsultasi, petunjuk, saran-saran, dan motivasi serta kemudahan lainnya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Selain itu juga penulis ingin mengucapkan ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan bantuannya serta dukungannya.
2. Rekan-rekan bimbingan Bapak Purnomo, Wanto dan atas kebersamaanya.
3. Bapak Toha, Iqbal, Hasan atas bantuan dan dukungannya.
4. Dan semua pihak lain yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

ARIBOWO HARTANTO
NPM 04 05 23 007 8
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
I. Dr.Ir. P.S. Priambodo, Msc
II. Dr.Ir. Arman Djohan Diponegoro

**RANCANG BANGUN PENGENDALI PENANGANAN
PELANGGAN PADA PERANGKAT SWITCHING POWER LINE
COMMUNICATION (PLC) UNTUK KOMUNIKASI TELEPON
ANALOG**

ABSTRAK

Dalam tugas akhir ini telah berhasil dirancang dan dibuat sebuah sistem pengendalian penanganan pelanggan untuk perangkat *switching Power Line Communication* (PLC) untuk mengatur *dialling* telepon. Perangkat *switching* tersebut menggunakan mikrokontroler AT89S51 untuk mengontrol *switching* penanganan pelanggan. Di dalam sistem ini, mikrokontroler mengatur beberapa tugas diantaranya adalah menganalisa status input data yang dimodelkan dengan bit-bit DIP switch, memberi tanda adanya pelanggan yang melakukan panggilan, memberi nada *dial tone* pada saat kondisi *off-hook*, memberikan nada kepada pelanggan pemanggil ketika jalur pelayanan ke pelanggan yang dituju dalam kondisi sibuk atau tidak.

Sistem *switching* ini direncanakan menggunakan *Amplitude Modulation* (AM) dan dapat menampung sebanyak 75 pelanggan. Sistem *switching* ini akan terhubung ke jala-jala listrik melalui modem PLC. Frekuensi *carrier* yang akan digunakan berkisar antara 300 kHz – 400 kHz untuk setiap fase pada jala-jala listrik. *Bandwidth* yang akan digunakan adalah sebesar 20 kHz, sehingga memungkinkan tersedianya 5 buah kanal frekuensi dalam satu fase. Setiap kanal tersebut dapat digunakan oleh 5 orang pelanggan secara bergantian. Sistem penomoran yang dapat dilakukan adalah sebanyak tiga digit. Tiga digit tersebut masing-masing merepresentasikan kode fase, kode kanal frekuensi dan kode pelanggan.

Rancang bangun perangkat *switching* tersebut dalam proses untuk dikembangkan ke tahap berikutnya menjadi suatu sistem *switching* yang terintegrasi untuk jaringan komunikasi telepon via modem PLC. Sistem *switching* tersebut akan dapat bermanfaat sebagai alternatif untuk jaringan komunikasi telepon di pedesaan.

Kata kunci : *Switching*, Pelanggan, PLC, Mikrokontroler

ARIBOWO HARTANTO
NPM 04 05 23 007 8
Electrical Department Engineering

Counsellor
I. Dr.Ir. P.S. Priambodo, Msc
II. Dr.Ir. Arman Djohan Diponegoro

ANALOG TELEPHONY SWITCHING CENTER DESIGN
FOR POWER LINE COMMUNICATION (PLC) NETWORK
BASED ON MICROCONTROLLER AT89S51

ABSTRACT

This Paper describes the development of a switching center for Powerline Communication (PLC) network based on Microcontroller AT89S51. The switching center analyzes the channel input status which is modelled with bit DIP Switches, and an alert status which to warn the destination subscriber about the call from calling subscriber, set dial tone for calling subscriber at off-hook condition, send calling tone to the caller and ring to the called one.

This switching center is designed based on Amplitude Modulation (AM) and can support for 75 subscribers. This system is connected to the electricity network through PLC modem. The carrier frequency is set between 300-400 kHz for each phase of the electric network. The bandwidth is 20 kHz, hence possible to support 5 frequency channels each phase. Each channel is dedicated to support for 5 subscribers. The numbering system is represented by 3 digits, where each digit represents electric phase code, frequency channel code and the subscriber number of the channel.

This switching center prototype is in progress to be developed and integrated in telephony network by using PLC modem. The switching center will be usefull and as a promissing alternative for telephony network in the rural area.

Keywords: Switching, Subscribers, PLC, Microcontroller

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENULISAN	2
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 PLC (<i>POWER LINE COMMUNICATION</i>)	4
2.1.1 <i>Infrasrtuktur Jaringan Listrik</i>	5
2.1.2 <i>Teknologi PLC</i>	6
2.1.3 <i>Keuntungan PLC</i>	8
2.2 SENTRAL SWITCHING	9
2.2.1 <i>Switching Dalam Jaringan Telepon</i>	9
2.2.2 <i>Penomeran, Salah Satu Dasar Switching</i>	10
2.2.3 <i>Pengenalan Konsep Dasar Switching</i>	11
2.2.4 <i>Fungsi Dasar Switching</i>	14
BAB III PERANCANGAN SWITCHING KOMUNIKASI MENGUNAKAN MODEM <i>POWER LINE COMMUNICATION</i>	17
3.1 RANCANGAN BLOK SISTEM SWITCHING	22

3.2 FITUR MIKROKONTROLER AT89S51	25
3.2.1 Konfigurasi Mikrokontroler Pada AT89S51	26
3.2.2 <i>In-System Programmer</i> Untuk AT98S51	28
3.3 ALGORITMA PEMROGRAMAN SISTEM PENGENDALIAN PENANGANAN PELANGGAN PADA PERANGKAT <i>SWITCHING</i> PLC	29
3.4 <i>TONE GENERATOR</i> UNTUK INDIKATOR NADA	32
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM	34
4.1 FITUR FUNGSI INPUT	34
4.2 FITUR FUNGSI OUTPUT	36
4.3 PENGUJIAN	38
4.4 ANALISA SISTEM	41
BAB V KESIMPULAN	43
DAFTAR ACUAN	44
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jaringan teknologi PLC	5
Gambar 2.2 AC power outlet 3 fase	6
Gambar 2.3 CU (<i>Conditioning Unit</i>)	7
Gambar 2.4 <i>Service Unit</i>	8
Gambar 2.5 Skema hubungan antara konsentrator dan ekspandor	11
Gambar 2.6 Tampilan hubungan antara <i>originating connection</i> dan <i>terminating connection</i>	12
Gambar 2.7 Skema konsep distributor	12
Gambar 2.8 Konsep konsentrator dan ekspandor	13
Gambar 2.9 Sentral <i>switching</i> konvensional	15
Gambar 3.1 Karakteristik impedansi saluran listrik sebagai fungsi frekuensi	18
Gambar 3.2 Model impedansi saluran	19
Gambar 3.3 Sistem <i>bandwidth</i> 20 kHz	20
Gambar 3.4 Diagram blok sistem <i>switching</i> untuk komunikasi via modem PLC	23
Gambar 3.5 Diagram blok perancangan sistem pengendalian penanganan pelanggan pada perangkat <i>switching</i> PLC ke mikrokontroler	24
Gambar 3.6 Konfigurasi pin AT89S51	26
Gambar 3.7 <i>In-System programmer</i> untuk AT89S51	28
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> pemrograman sistem pengendalian penanganan pelanggan pada perangkat <i>switching</i> PLC	31
Gambar 3.9 <i>Tone Generator</i> untuk penanganan pelanggan pada <i>switching</i> PLC	32
Gambar 3.10 <i>Amplifier</i> dengan penguatan 200 x menggunakan LM386	33
Gambar 4.1 Representasi kode pada DIP <i>switch</i> 8 bit untuk sistem <i>switching</i> PLC	35

Gambar 4.2	Model DIP <i>switch</i> 2 bit untuk simulasi status pelayanan pelanggan	35
Gambar 4.3	Tombol kontrol <i>switching</i>	36
Gambar 4.4	Delapan buah LED sebagai indikator ID pelanggan	37
Gambar 4.5	Indikator kode signaling dan indikator kode status <i>switching</i>	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Erlang B formula untuk kanal (n) 1 s.d 10, GOS 0.007 s.d 0.4	22
Tabel 3.2 Prosedur suatu panggilan dalam layanan sentral <i>switching</i>	30
Tabel 4.1 <i>Look-Up Table</i> ID Pelanggan	36
Tabel 4.2 <i>Look-Up Table</i> Kode Signaling	37
Tabel 4.3 <i>Look-Up Table</i> Kode Status <i>Switching</i>	37
Tabel 4.4 <i>Look-Up Table</i> LED sebagai Indikator Kontrol <i>Switching</i>	38
Tabel 4.5 Hasil Pengujian untuk Kondisi Pertama	39
Tabel 4.6 Hasil Pengujian untuk Kondisi Kedua	39
Tabel 4.7 Hasil Pengujian untuk Kondisi Ketiga	40
Tabel 4.8 Hasil Pengujian untuk Kondisi Keempat	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Perangkat Minimum MCS 51 seri AT89S51	51
Lampiran 2 Arsitektur Mikrokontroler AT89S51	52
Lampiran 3 Rangkaian Perangkat Minimum Mikrokontroler AT89S51	54
Lampiran 4 Intruksi-Intruksi Mikrokontroler AT89S51	55
Lampiran 5 Program <i>Assembly</i>	59
Lampiran 6 Foto Rancang Bangun Pengendali Penanganan Pelanggan	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Teknologi PLC (*Power Line Communication*) saat ini sudah banyak digunakan di luar negeri terutama negara-negara maju seperti Amerika, Inggris dan Jepang. Di Indonesia, teknologi PLC ini sedang dipelajari untuk diterapkan secara komersial oleh PT Indonesia Comnet Plus atau Icon+, salah satu anak perusahaan PLN. Saat ini Fakultas Teknik Departemen Elektro Universitas Indonesia sedang menjalankan *project research* mengenai teknologi PLC ini dengan melibatkan beberapa mahasiswanya untuk mengembangkan penerapannya. Di masa mendatang, teknologi PLC diharapkan menjadi suatu alternatif teknologi yang diaplikasikan pada komunikasi data, telekomunikasi, dan berbagai aplikasi lainnya yang terkait.

Konsep dasar PLC adalah merupakan suatu pemanfaatan media jaringan kabel listrik bertegangan rendah untuk distribusi komunikasi *voice* dan data. Teknologi ini sangat efisien, karena dengan teknologi ini pemilik rumah dapat mengakses internet, VoIP, telepon dan menonton acara televisi pada saat bersamaan tanpa harus menggunakan kabel tambahan [1].

Salah satu aplikasi yang memanfaatkan teknologi PLC ini adalah komunikasi telepon. Saat ini komunikasi telepon di Indonesia umumnya memanfaatkan infrastruktur jaringan kabel telepon. Fakta yang ada jumlah infrastruktur jaringan kabel listrik di Indonesia jauh melebihi dan lebih tersebar dibandingkan jaringan kabel telepon. Selain itu, diperoleh juga bahwa perbandingan jumlah pelanggan listrik lebih banyak dari jumlah pelanggan telepon [1].

Dengan demikian, komunikasi telepon menggunakan teknologi PLC dapat menjadi suatu alternatif baru yang menjanjikan. Hal ini dibuktikan oleh Icon+ dalam mengaplikasikan komunikasi telepon dengan menggunakan teknologi PLC yaitu telah berhasil melakukan uji coba di 20 rumah karyawan PLN di kawasan Duren Tiga, Jakarta Selatan [2]. Aplikasi komunikasi telepon melalui PLC bisa

bermanfaat sebagai alternatif sistem komunikasi di perkantoran untuk menggantikan sistem PABX. Selain itu dapat pula bermanfaat bagi masyarakat pedesaan yang masih belum dapat terjangkau oleh jaringan telepon. Hal ini dapat terealisasi jika didukung oleh kemauan dan kegigihan setiap akademisi dan instansi yang terkait dengan pengembangan teknologi PLC untuk bertekad mewujudkannya. Selanjutnya, regulasi yang baik serta anggaran dana yang mendukung baik dari investor maupun pemerintah akan mempercepat implementasinya.

Secara klasik infrastruktur jaringan pendukung layanan telekomunikasi yang diberikan oleh operator dibagi menjadi tiga bagian yaitu jaringan transmisi, jaringan akses, dan perangkat *switching*. Jaringan transmisi adalah jaringan backbone (*core network*) telekomunikasi yang berfungsi membawa trafik antar *local exchange* atau disebut trunk. Jaringan akses adalah jaringan yang menghubungkan pelanggan dengan infrastruktur telekomunikasi yang dijalankan oleh operator telekomunikasi tersebut. Perangkat *switching* adalah perangkat pada infrastruktur telekomunikasi yang menghubungkan jaringan akses dengan jaringan transmisi dan berfungsi mengantarkan informasi suara, data dan multimedia ke tujuan akhir. Lebih rincinya perangkat *switching* terdapat tiga bagian fungsi kontrol penanganan yaitu, bagian penanganan panggilan pelanggan, bagian penyambungan, bagian supervisi dan pembubaran.

Dalam rangka mendukung untuk merealisasikan hal tersebut di atas, di dalam tugas akhir ini dibuat suatu perangkat yang dapat mengoperasikan komunikasi telepon via modem PLC yaitu perangkat *switching* pada bagian penanganan panggilan pelanggan yang berbasis mikrokontroler.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan dari penulisan ini, untuk merancang dan membuat sistem pengendalian penanganan pelanggan pada perangkat *switching* PLC yang mengatur *dialling* telepon. Sistem tersebut menggunakan mikrokontroler sebagai pengontrol *switching* yang memiliki fungsi untuk mengatur beberapa tugas, yaitu diantaranya menganalisa status input data yang dimodelkan dengan bit-bit DIP switch, memberi tanda adanya pelanggan yang melakukan panggilan, memberi

nada *dial tone* pada saat kondisi *off-hook*, memberikan nada kepada pelanggan pemanggil ketika jalur pelayanan ke pelanggan yang dituju dalam kondisi sibuk atau tidak. Prototipe perangkat *switching* untuk fungsi penanganan panggilan pelanggan tersebut adalah suatu pengembangan penerapan teknologi PLC di bidang telekomunikasi.

1.3 BATASAN MASALAH

Pembahasan pada tugas akhir ini dibatasi pada proses pengendalian sistem *switching* yang beroperasi pada bagian penanganan panggilan pelanggan yang berhubungan dengan analisa data input pemanggilan dan penyediaan nada-nada telepon ke perangkat output.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang penulisan, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Menjelaskan dasar teori mengenai PLC dan sentral *switching*.

BAB III SWITCHING KOMUNIKASI MENGGUNAKAN POWER LINE COMMUNICATION

Menjelaskan langkah-langkah perancangan sistem *switching* dan algoritma program mikrokontroler.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Menjelaskan hasil dari pengujian serta analisis dari hasil tersebut.

BAB V KESIMPULAN

Memberikan kesimpulan dari keseluruhan tugas akhir ini

BAB II

DASAR TEORI

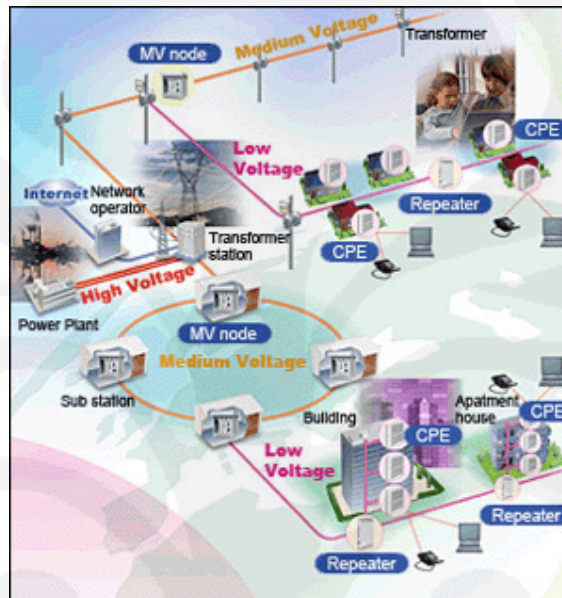
2.1 PLC (POWER LINE COMMUNICATION)

Secara klasik infrastruktur jaringan pelayanan telekomunikasi yang diberikan oleh operator dibagi menjadi tiga bagian yaitu jaringan transmisi, jaringan akses, dan perangkat *switching*. Jaringan transmisi adalah jaringan *backbone (core network)* telekomunikasi yang berfungsi membawa trafik antar *local exchange*. Karena jaringan ini harus mampu menampung banyak kanal suara atau kanal informasi, maka jaringan ini haruslah merupakan jaringan *broadband* dengan kecepatan/kapasitas tinggi. Jaringan akses adalah jaringan yang menghubungkan pelanggan dengan infrastruktur telekomunikasi yang dijalankan oleh operator telekomunikasi tersebut. Contoh paling umum jaringan akses adalah jaringan telepon *local loop* yang menghubungkan pelanggan dengan *local exchange*. Dalam perkembangannya jaringan akses ini tidak hanya membawa sinyal suara tetapi juga membawa data dan sinyal multimedia yang menghubungkan pelanggan dengan penyedia jasa informasi (*internet service provider*). Perangkat *switching* adalah perangkat pada infrastruktur telekomunikasi yang menghubungkan jaringan akses dengan jaringan transmisi dan berfungsi mengantarkan informasi suara, data dan multimedia ke tujuan.

Teknologi PLC menjanjikan adanya pertumbuhan yang pesat dalam pelayanan telekomunikasi. Bukan suatu ide baru bahwa komunikasi melalui jaringan kabel listrik dapat diaplikasikan. Bahkan uji coba telepon melalui PLC sudah pernah dilakukan pada tahun 1930 [3]. Saat ini pun Icon+ telah berhasil melakukan ujicoba di 20 rumah karyawan PLN di kawasan Duren Tiga, Jakarta Selatan [2]. Sehingga teknologi PLC ini menjadi suatu alternatif yang menjanjikan di masa mendatang.

Jaringan transmisi dalam teknologi PLC memanfaatkan media jaringan kabel listrik bertegangan rendah. Transmisi data dilakukan dengan memodulasi

sinyal *carrier* tersebut oleh frekuensi ultra tinggi (*range* 500/600 Mhz), sehingga data dapat ditransmisikan melalui jaringan kabel listrik tanpa mengalami distorsi. [4]. Teknologi PLC memungkinkan untuk mengakses data dari internet dan komunikasi telepon. Jaringan Teknologi PLC diilustrasikan dalam Gambar 2.1.



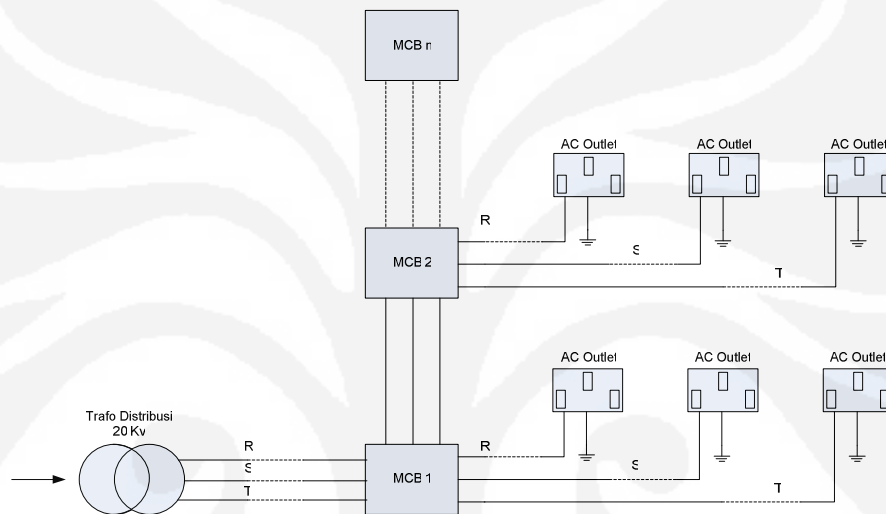
Gambar 2.1 Jaringan teknologi PLC [5]

2.1.1 Infrastruktur Jaringan Listrik

Perusahaan Listrik Negara (PLN) di Indonesia saat ini membagi tegangan listrik dalam 4 kategori, yaitu :

1. **Saluran Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET)**, 500 KV
2. **Saluran Tegangan Tinggi (SUTT)**, 150 KV
3. **Saluran Tegangan Menengah (SUTM)**, 20 KV
4. **Saluran Tegangan Rendah (SUTR)**, 220 V yang digunakan di perumahan dan perkantoran

Konsep dasar PLC adalah suatu pemanfaatan distribusi komunikasi suara dan data melalui media jaringan kabel listrik bertegangan rendah. Energi listrik ditransmisikan melalui saluran tegangan menengah, selanjutnya didistribusikan oleh trafo distribusi menjadi saluran tegangan rendah 3 fase, yaitu R, S, dan T. Tegangan fase ke netral adalah 220 Volt, yaitu nilai tegangan yang tersedia untuk perumahan dan perkantoran [6]. Ilustrasi ini ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut ini :



Gambar 2.2 AC power outlet 3 fase[6]

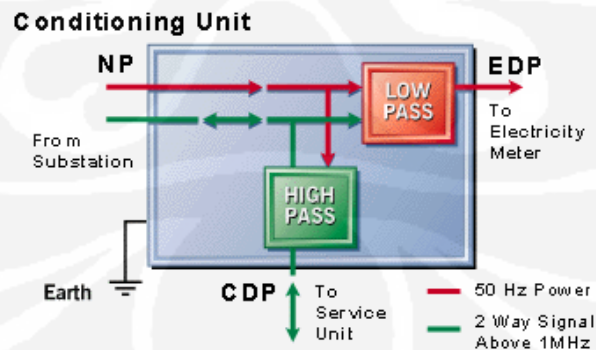
2.1.2 Teknologi PLC

Jaringan kabel listrik berbeda dengan jaringan lainnya yang dapat digunakan untuk komunikasi data berkecepatan tinggi karena sebelumnya jaringan ini terancang bukan untuk komunikasi data. Jaringan kabel listrik mempunyai frekuensi rendah yang rentan terhadap interferensi, *noise* dan gangguan lain yang muncul dari peralatan-peralatan transmisi dan *switching*. Hal tersebut menjadi perhatian utama dalam mengembangkan teknologi PLC. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu perangkat yang dapat mentransmisikan sinyal-sinyal data dengan cara mengkondisikan sinyal-sinyal pembawa (*carrier*) di atas 1 MHz [4]. Karena di bawah 1 Mhz, transmisi data berupa gambar, dan *streaming video* dalam memanfaatkan media listrik bertegangan rendah

menimbulkan atenuasi yang besar. Atenuasi tersebut disebabkan oleh reaktansi kapasitif (X_c) yang masih dianggap terlalu besar untuk pentransmisi data-data tersebut di bawah 1 Mhz. Namun di atas 1 Mhz, reaktansi kapasitifnya sudah terselimuti oleh reaktansi induktif (X_L) [4]. Reaktansi kapasitif yang besar mengakibatkan *ripple* yaitu suatu komponen AC yang tidak diinginkan. Untuk mengurangi *ripple* reaktansi induktif harus mempunyai nilai minimal 10 kali lebih besar dari reaktansi kapasitif [7].

Inti dari teknologi PLC adalah kemampuan untuk menyediakan jaringan daya yang mampu untuk mendukung frekuensi tinggi (*HFCPN, High Frequency Conditioned Power Network*). Transmisi data dilakukan dengan memodulasi sinyal *carrier* tersebut oleh frekuensi ultra tinggi (*range 500/600 MHz*), sehingga data dapat ditransmisikan melalui jaringan kabel listrik tanpa mengalami distorsi. Frekuensi tersebut dikopel pada jaringan tegangan rendah 220 volt (50Hz) yang dilakukan oleh *Conditioning Units (CU)* pada HFCPN [4].

Sebagai ilustrasi produk PLC adalah sebagai berikut: CU adalah perangkat sinyal pada PLC yang terdiri dari *high pass filter* dan *low pass filter* untuk tiga terminal. Tiga terminal tersebut antara lain terminal jaringan (*NP, network port*), terminal distribusi komunikasi (*CDP, communication distribution port*), dan terminal distribusi listrik (*EDP, electricity distribution port*) [4], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 CU (*Conditioning Unit*) [8]

CU mentransmisikan sinyal listrik ke *outlet* yang berada di dalam rumah dan mentransmisikan sinyal data ke “unit pelayanan” (*service unit*). Unit pelayanan merupakan unit yang menyediakan saluran untuk komunikasi data dan suara. Unit pelayanan ini dikemas dalam sebuah kotak multiguna yang berfungsi sebagai sarana komunikasi data. Unit ini memfasilitasi komunikasi data melalui konektor BNC ke kabel modem dan memfasilitasi komunikasi telepon melalui kabel ke soket telepon [8]. Sebuah contoh unit pelayanan ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 *ServiceUnit* [8]

2.1.3 Keuntungan PLC

PLC merupakan suatu pemanfaatan media jaringan kabel listrik bertegangan rendah untuk distribusi komunikasi suara dan data. Tegangan listrik dari PLN yang masuk ke rumah mengandung data dan suara, sehingga untuk menggunakan internet tidak diperlukan kabel khusus. teknologi ini jauh lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan kabel telepon, karena dengan teknologi ini pemilik rumah dapat mengakses internet dan menonton acara televisi pada saat yang bersamaan tanpa harus menggunakan kabel tambahan [2].

Jadi teknologi PLC mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

1. Hemat infrastruktur.
2. Mudah dalam pemeliharaan.
3. Tidak tergantung pada jaringan telepon.
4. Biaya lebih murah.
5. *Bandwidth* lebih lebar.
6. Kemudahan akses.

2.2 SENTRAL SWITCHING

Saat ini *switching* pada PSTN hampir seluruhnya digital. Namun beberapa *switching* analog dan jaringan analog masih ada di beberapa negara berkembang. Walaupun demikian pembahasan tentang konsep *switching* konvensional tetap diberikan dengan alasan:

1. Konsep yang dipakai pada sistem *switching* konvensional yang analog masih banyak yang tetap dipakai pada *switching* digital
2. Untuk memberikan perspektif pada evolusi jaringan telekomunikasi

2.2.1 *Switching* Dalam Jaringan Telepon

Saat ini setiap orang di seluruh dunia dapat menggunakan telepon untuk berkomunikasi satu sama lain. Pelanggan telepon dapat berkomunikasi dengan pelanggan lain karena setiap pelanggan terkoneksi dalam jaringan telepon. Setidaknya ada dua macam teori untuk memahami bagaimana koneksi dalam jaringan telepon yaitu aspek transmisi dan aspek *switching*. Transmisi pada jaringan telepon merupakan teori yang menjelaskan mengapa pelanggan dapat berkomunikasi satu sama lain melalui kabel telepon. Sedangkan *switching* merupakan perangkat yang mengatur proses layanan komunikasi antar pelanggan dari awal terjadinya panggilan sampai akhir pemutusan hubungan

Syarat-syarat penyambungan melalui *switching* telepon adalah [9] :

1. Setiap pelanggan dapat berkomunikasi dengan pelanggan lain.
2. Waktu penyambungan harus jauh lebih kecil dibanding waktu hubungan.
3. *Grade of Service* (GOS) sebesar 5 % pada jam sibuk (GOS yang ideal adalah 1 %). GOS adalah nilai yang merepresentasikan kemungkinan banyaknya panggilan yang tidak diterima (*lost call probability*) oleh sistem *switching*. Misalnya, GOS sebesar 5 % (0.05) bisa ditafsirkan jika terdapat 100 panggilan yang datang akan ada 5 panggilan yang tidak diterima oleh sistem *switching*.

Formulanya adalah $p = \frac{\text{JumlahLostCall}}{\text{JumlahPanggilan}}$ dengan p adalah GOS.

4. Kerahasiaan pembicaraan pelanggan dapat terjaga karena setiap pelanggan membutuhkannya.
5. Informasi yang ditransmisikan adalah suara.
6. Ketersediaan sistem pelayanan yang handal, dapat digunakan kapan saja ketika pelanggan menggunakannya.

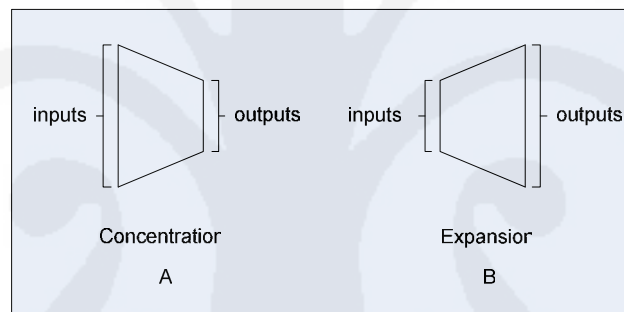
2.2.2 Penomoran, Salah Satu Dasar *Switching*

Perangkat telepon dapat didefinisikan sebagai titik tujuan akhir dari percabangan jaringan telepon dalam suatu area. Setiap perangkat tersebut mempunyai identitas nomer panggil atau disebut nomer pelanggan. Nomer pelanggan inilah yang menjadi identitas perangkat telepon. Selain itu, nomer pelanggan tujuan berfungsi untuk mengaktifkan perangkat *switching*, yaitu menentukan rute tujuan pelanggan kemudian mencatat biaya panggilan berdasarkan lamanya hubungan tersebut pada saat terjadinya hubungan. Dengan demikian, setiap pelanggan telepon yang terhubung pada suatu jaringan telepon dapat menghubungi pelanggan lainnya dengan cara menekan nomer telepon pelanggan lain yang menjadi identitas pelanggan yang akan dipanggil.

Nomer pelanggan ditentukan berdasarkan banyaknya jalur yang dapat dilayani *switching* dalam satu area lokal atau satu area pelayanan. Jika terdapat sebuah *switching* dengan kapasitas 100 jalur, maka *switching* tersebut dapat melayani sampai 100 pelanggan dan dapat diberi tanda dengan penomoran telepon antara 00 sampai 99. Jika terdapat sebuah *switching* dengan kapasitas 1000 jalur, maka *switching* tersebut dapat melayani sampai 1000 pelanggan dan dapat diberi tanda dengan penomoran telepon antara 000 sampai 999. Jika terdapat sebuah *switching* dengan kapasitas 10000 jalur, maka *switching* tersebut dapat melayani sampai 10000 pelanggan dan dapat diberi tanda dengan penomoran telepon antara 0000 sampai 9999. Oleh sebab itu, titik digit maximum pada penomoran terjadi ketika suatu nomer telepon pelanggan mencapai jumlah 100 (untuk 2 digit), 1000 (untuk 3 digit), 10000 (untuk 4 digit) sebagaimana di atas.

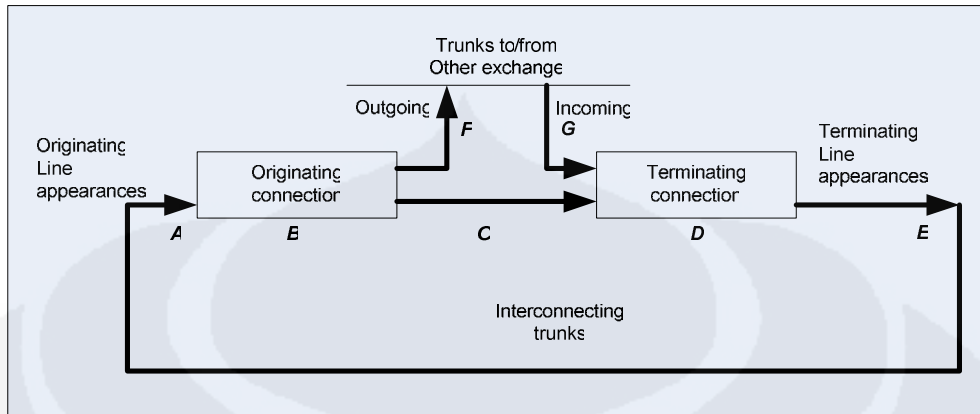
2.2.3 Pengenalan Konsep Dasar *Switching*

Setiap *switching* telepon minimal mempunyai tiga elemen fungsi, yaitu: konsentrator (*concentration*), distributor (*distribution*), dan ekspandor (*expansion*). Konsentrator merupakan elemen pada *switching* yang berfungsi untuk memultiplek sejumlah jalur input dari pelanggan ke *switching* dan sejumlah trunk input yang menghubungkan sentral lokal ke sentral lainnya. Ekspandor merupakan elemen pada *switching* yang berfungsi sebagai penghubung *switching* ke sentral lokal dengan mengurangi jumlah trunk dan mengembalikan kondisi jumlah jalur ke pelanggan sesuai dengan jumlah jalur yang ada pada pelanggan.. Distributor merupakan elemen yang berfungsi memberikan jalur akses terhadap setiap pelanggan dalam suatu panggilan [9]. Berikut adalah Gambar 2.5, skema hubungan antara Konsentrasi dan Ekspansi.



Gambar 2.5 Skema hubungan antara konsentrator dan ekspandor [9]

Suatu cara yang dapat mempermudah pemahaman untuk menjelaskan konsep dasar *switching* adalah dengan mengilustrasikan bahwa suatu *switching* memiliki saluran *original* dan saluran tujuan. Ilustrasi ini ditunjukkan pada Gambar 2.6 berikut ini.

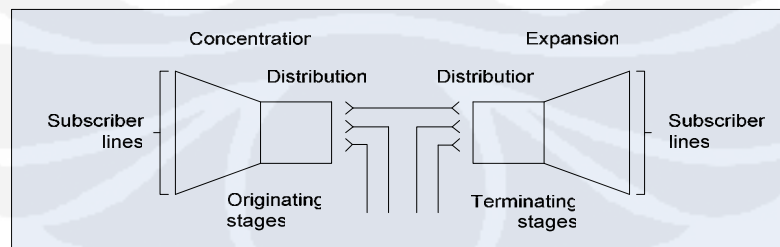


Gambar 2.6 Tampilan hubungan antara *originating connection* dan *terminating connection* [9]

Gambar 2.6 di atas menunjukkan tiga kemungkinan panggilan yang berbeda pada sentral lokal, yaitu:

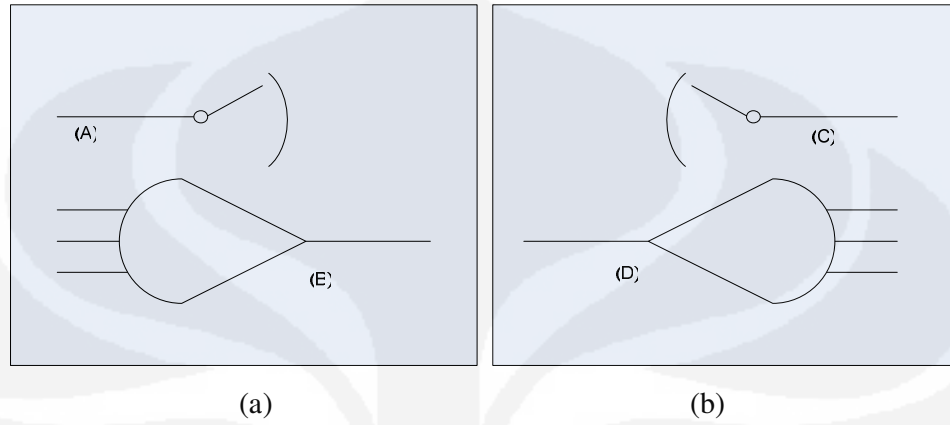
1. Panggilan seorang pelanggan yang berada pada layanan sentral lokal dan menghubungkannya ke pelanggan lain yang berada pada layanan sentral lokal yang sama.(rute : A-B-C-D-E)
2. Panggilan seorang pelanggan yang berada pada layanan sentral lokal dan menghubungkannya ke pelanggan lain yang berada pada layanan sentral lokal yang berbeda.(rute : A-B-F)
3. Panggilan seorang pelanggan yang berada pada layanan sentral lokal lain dan menghubungkannya ke pelanggan yang berada pada layanan sentral lokal. (rute : G-D-E)

Konsentrator dalam suatu panggilan terjadi pada titik B dan Expansor terjadi di titik D. Pada Gambar 2.7 ditunjukkan kembali untuk menjelaskan konsep distributor (*distribution*).



Gambar 2.7 Skema konsep distributor [9]

Simbol-simbol yang digunakan dalam diagram *switching* ditunjukkan pada diagram di bawah yaitu pada Gambar 2.8. Gambar 2.8(a) menunjukkan konsep konsentrator dan Gambar 2.8(b) menunjukkan konsep ekspandor.



Gambar 2.8 Konsep konsentrator dan ekspandor [9]

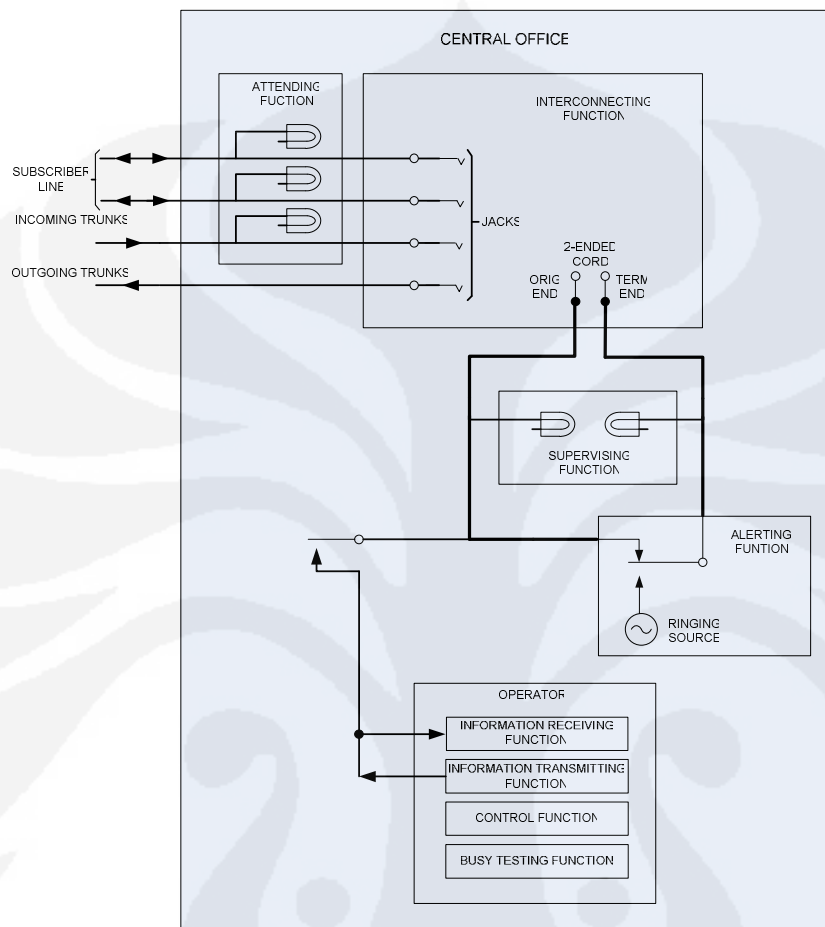
Jumlah input dari konsentrator ditetapkan berdasarkan jumlah pelanggan yang terhubung ke sentral. Begitu pula pada ekspandor, jumlahnya sama dengan pelanggan yang terhubung ke sentral yang dapat dilayani oleh sentral. Jumlah output dari konsentrator adalah lebih sedikit daripada inputnya. Output dari suatu konsentrator disebut '*trunk*' dan *trunk* yang terkumpul dalam beberapa group disebut '*trunk groups*'. Dimensi jumlah *trunk groups* mempunyai kriteria berdasarkan besaran traffic (*erlang*).

2.2.4 Fungsi Dasar *Switching*

Suatu sentral lokal menyediakan layanan panggilan dari suatu pelanggan ke pelanggan lainnya pada area layanan yang sama. Terkoneksinya antara *trunk* datang (*incoming trunk*) dan *trunk* keluar (*outgoing trunk*) ke perangkat telepon pelanggan dalam pelayanan panggilan diatur oleh *switching* pada sentral lokal. Fungsi *switching* adalah mengontrol suatu panggilan pelanggan yang berasal dari pelanggan lokal maupun interlokal. Ada delapan fungsi dasar sentral *switching* konvensional [9], yaitu:

1. Interkoneksi (menghubungkan).
2. Pengendalian (*control*).
3. Pemberian tanda bahwa *switching* siap menangani panggilan pelanggan (*attending*).
4. Pemberian tanda siaga untuk menghubungi pelanggan (*alerting*).
5. Informasi penerimaan.
6. Informasi pengiriman.
7. Pemeriksaan *trunk* dalam keadaan sibuk atau tidak sibuk (*busy-testing*).
8. Pengawasan (supervisi).

Berikut ini merupakan bagan sentral *switching* konvensional



Gambar 2.9 Sentral *switching* konvensional [9]

Gambar 2.9 di atas dapat mengilustrasikan fungsi dasar *switching*. Fungsi-fungsi tersebut dijelaskan melalui beberapa proses suatu panggilan pelanggan. Sebelum seorang pelanggan melakukan panggilan, kondisi *switching* dalam kondisi siap menangani pelanggan (fungsi *attending*). Ketika pelanggan akan melakukan panggilan (*off-hook*), operator *switching* menerima informasi bahwa pelanggan tersebut akan melakukan panggilan (fungsi informasi penerimaan). Kemudian operator *switching* akan memberikan tanda kepada pelanggan tersebut dengan mengirimkan nada sambung (fungsi *alerting*). Setelah pelanggan mendengar nada sambung, kemudian pelanggan tersebut melakukan *dialing* ke pelanggan yang dituju. Setelah itu, operator *switching* akan memeriksa *trunk* ke saluran pelanggan apakah dalam kondisi sibuk atau tidak (fungsi *busy-testing*).

Ketika kondisi tidak sibuk, operator *switching* akan menghubungkannya ke pelanggan yang dituju melalui terminal interkoneksi dengan menyeleksi jenis penyambungan (fungsi interkoneksi). Dalam hal ini, ada dua jenis penyambungan yaitu penyambungan antar pelanggan dalam satu sentral lokal dan penyambungan antara pelanggan dan pelanggan yang dilayani oleh sentral lain. Setelah itu, operator *switching* memberikan nada panggil (fungsi informasi pengiriman). Setelah tersambung ke pelanggan yang dituju maka akan terjadi proses pembicaraan. Pada proses pembicaraan, *switching* menjalankan fungsi pengawasan (supervisi) sampai terjadi pemutusan hubungan dari pelanggan.

BAB III

PERANCANGAN SWITCHING KOMUNIKASI MENGUNAKAN MODEM *POWER LINE* COMMUNICATION

Switching telepon merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk menentukan rute panggilan dari perangkat telepon pelanggan ke pelanggan lain. Perangkat tersebut biasanya merupakan suatu mesin yang kompleks yang disebut sentral *switching*. Perangkat ini bekerja dengan menghubungkan dua jalur *circuit* atau lebih. Setiap *circuit* akan dihubungkan kepada perangkat telepon pelanggan, sesuai dengan nomor *dialling* telepon yang telah ditetapkan untuk pelanggan tersebut [10].

Perancangan *switching* komunikasi menggunakan modem PLC, mengintegrasikan teknologi sistem *switching* dengan sistem PLC. Perangkat *switching* ini mempunyai fungsi dasar yang sama pada sistem *switching* konvensional. Untuk komunikasi PLC, perangkat modem PLC menjadi *interface* yang menghubungkannya ke jala-jala listrik. Jala-jala listrik yang terhubung melalui modem merupakan saluran tegangan rendah 3 fase yaitu R, S, dan T. Tegangan fase ke netral adalah 220 Volt, yaitu nilai tegangan yang tersedia untuk perumahan dan perkantoran [6].

Untuk mengintegrasikan modem PLC dengan perangkat *switching* dibutuhkan kriteria *switching* dengan sistem tiga fase. Perangkat ini menggunakan sistem *carrier* 300 kHz – 400 kHz untuk setiap fase. Kanal frekuensi yang dapat digunakan adalah sebanyak 5 kanal dengan *bandwidth* 20 KHz. Total dari sistem tiga fase adalah 15 kanal. Untuk operasional ke 15 kanal tersebut, sistem *switching* dapat dibebani untuk melayani 75 pelanggan. Perhitungan mengenai jumlah pelanggan yang dapat terduduki dalam suatu sentral *switching* akan dijelaskan pada halaman selanjutnya.

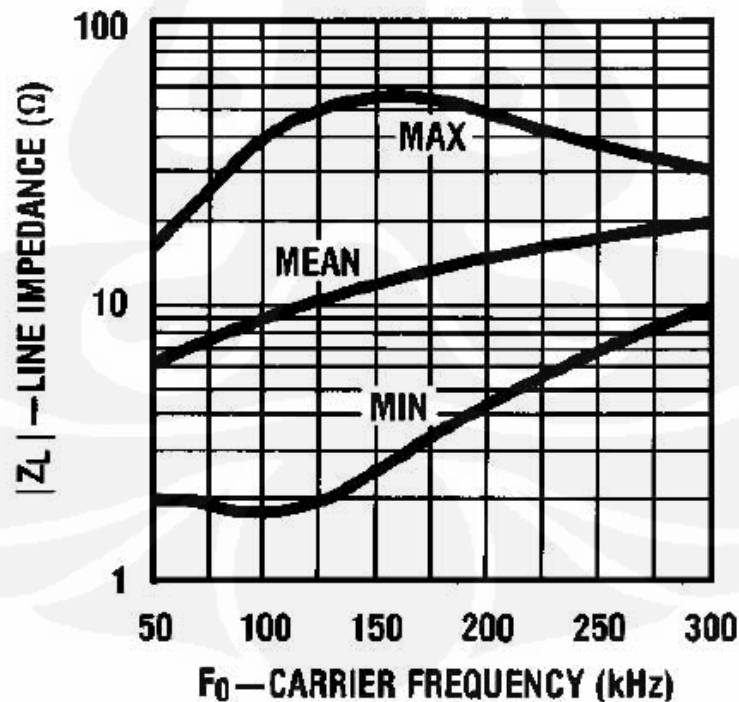
Pemilihan sistem *carrier* 300 kHz – 400 kHz mengacu pada beberapa acuan diantaranya yaitu: Pertama, berdasarkan karakteristik atenuasi saluran pada

fungsi frekuensi yaitu bahwa makin tinggi frekuensi yang digunakan pada suatu saluran transmisi, atenuasinya makin besar. Hal ini ditunjukkan pada formula konstanta propagasi yang merepresentasikan atenuasi pada saluran transmisi [11].

$$\gamma = \left(\frac{\omega R C}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + j \left(\frac{\omega R C}{2} \right)^{\frac{1}{2}} = \alpha + j\beta \quad (3.1)$$

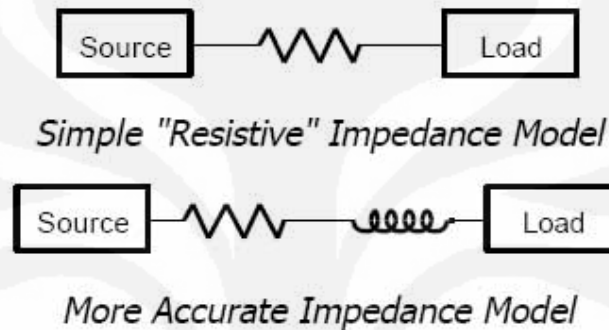
Dengan γ adalah konstanta propagasi, ω adalah $2\pi f$ dengan f adalah frekuensi, kemudian α adalah atenuasi dan $j\beta$ adalah pergeseran fase. Dari formula tersebut besarnya atenuasi berbanding lurus dengan besarnya frekuensi. Maka untuk memperoleh kualitas transmisi dengan atenuasi rendah, frekuensi carrier 300 kHz dipilih karena merupakan *range* frekuensi terkecil pada sistem AM (*Amplitude Modulation*).

Kedua, berdasarkan karakteristik impedansi saluran listrik pada frekuensi *carrier* 50 kHz – 300 kHz hasil penelitian Nicholson dan Mallack [12]. Karakteristik ini menunjukkan bahwa perbedaan terkecil dari impedansi saluran terletak pada frekuensi *carrier* 300 kHz yaitu sebesar 20 ohm. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Karakteristik impedansi saluran listrik sebagai fungsi frekuensi [12]

Impedansi yang terlalu besar dapat menyebabkan gangguan (*disturbance*) pada PLC. Gangguan ini terjadi karena impedansi bersifat resistif terhadap saluran transmisi PLC sehingga menyebabkan tegangan jatuh (*voltage drop*). Pada frekuensi tinggi hal ini mengakibatkan distorsi dan *noise* yang tidak diharapkan [13]. Berikut ini adalah Gambar 3.2 yang mengilustrasikan model impedansi saluran.

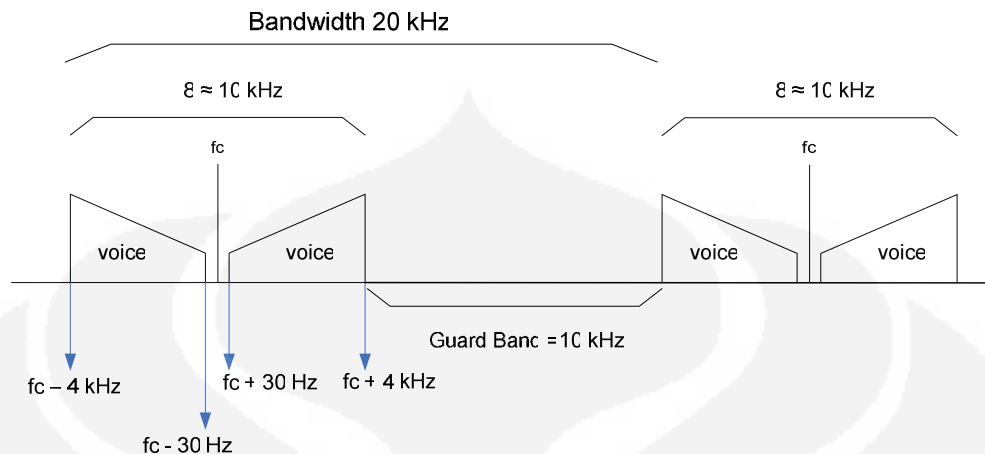


Gambar 3.2 Model impedansi saluran [13]

Maka dari itu dipilih frekuensi *carrier* 300 kHz karena frekuensi *carrier* harus lebih tinggi dari frekuensi jala-jala listrik untuk mempermudah filter.

Ketiga, berdasarkan rekomendasi CCITT (*International Telegraph and Telephone Consultative Committee*) untuk sistem transmisi kanal suara dengan frekuensi *carrier* analog yaitu antara 312-552 kHz pada penomoran *basic supergroup* [14]. Dari acuan-acuan tersebut, sistem *carrier* 300 kHz – 400kHz untuk komunikasi suara pada PLC dapat diterapkan.

Sistem *carrier* 300 kHz – 400kHz tersebut digunakan pada satu fase. Setiap fase dapat terdiri dari 5-10 kanal tergantung dari *bandwidth* yang digunakan. Kemudian penggunaan *bandwidth* sebesar 20 kHz dipilih karena menawarkan kualitas audio yang lebih baik, walaupun standar *bandwidth* pada *AM broadcasting* adalah sebesar 10 kHz [15]. Komposisi *bandwidth* tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sistem *bandwidth* 20 kHz.

Pada Gambar 3.3 tersebut komposisi *bandwidth* terdiri dari : 30 Hz – 4kHz *double sideband* dan *guardband* 10 kHz. *Guardband* merupakan suatu celah dalam *bandwidth* yang berfungsi menjaga kanal suara dari interferensi (*crosstalk*) [16]. Dengan demikian, jumlah kanal yang tersedia dalam satu fase berjumlah 5 kanal.

Setiap fase terdapat 5 kanal (@ 20 kHz). Total dari sistem tiga fase adalah 15 kanal. Untuk operasional ke 15 kanal tersebut, sistem *switching* dapat dibebani untuk melayani 75 pelanggan. Banyaknya pelanggan dalam satu fase dapat diperkirakan dengan menggunakan pengukuran intensitas trafik telepon atau disebut *erlang*. *Erlang* adalah satuan intensitas trafik yang menyatakan jumlah rata-rata saluran yang diduduki secara bersamaan dalam periode waktu tertentu biasanya adalah satu jam [17]. Intensitas trafik dinyatakan dengan rumus [17] :

$$A = N \times P \quad (3.2)$$

Dengan A adalah pemakaian kanal rata-rata (intensitas trafik) untuk pendudukan selama 1 jam, N adalah jumlah panggilan pelanggan selama 1 jam, P adalah waktu pemakaian jalur rata-rata per pelanggan. Sebagai contoh, jika dalam satu jam sibuk terdapat 30 panggilan pelanggan dengan waktu pemakaian jalur rata-rata per pelanggan adalah 5 menit, maka trafiknya adalah 2,5 erlang. Berikut adalah perhitungannya: Intensitas trafik untuk satu jam sibuk dalam satuan menit yaitu $30 \times 5 = 150$, intensitas trafik untuk satu jam sibuk dalam satuan jam yaitu $150 / 60 = 2.5$. Maka Intensitas trafik untuk pendudukan selama satu jam sibuk adalah sebesar 2.5 erlang.

Untuk memperoleh perkiraan jumlah pelanggan diperlukan data pendukung dengan parameter sebagai berikut yaitu besaran trafik dengan satuan *erlang*, GOS (*Grade of Service*) dan jumlah *trunk* untuk pelayanan pelanggan. Formula untuk menentukan jumlah trunk jika diketahui intensitas trafik selama satu jam sibuk disebut formula *Erlang B* (*Erlang B formula*) [9]:

$$Eb = \frac{A^n / n!}{1 + A - A^2 / 2! + \dots + A^n / n!} \quad (3.3)$$

Dengan n adalah jumlah trunk untuk pelayanan pelanggan, A adalah pemakaian kanal rata-rata dan Eb adalah *Grade of Service*. Jumlah trunk merepresentasikan jumlah kanal frekuensi pada sistem *switching* PLC.

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai perkiraan jumlah kanal frekuensi dan jumlah pelanggan yang dapat dilayani dalam penggunaan satu fase.

Jika pada suatu sentral diperoleh data sebagai berikut : Berdasarkan data dari PT. TELKOM INDONESIA dalam *Strategic Development Plan 2004*, pemakaian kanal rata-rata per pelanggan (P) pada sistem sentral di pedesaan adalah 0.01 [18]. Jika Rekomendasi CCITT untuk sistem sentral di perkotaan memiliki kualitas pelayanan yang ideal yaitu GOS sebesar 0.01. Maka kualitas pelayanan di desa tidak sebagus di kota yaitu GOS = 0.05. Kemudian tersedia sejumlah 15 kanal dalam sistem *switching*. Maka untuk menghitung jumlah pelanggan yang dapat dilayani dalam sistem *switching* tersebut dapat menggunakan bantuan tabel Erlang B untuk memperoleh intensitas trafik

Tabel 3.1 Erlang B formula untuk kanal (n) 1 s.d 10, GOS 0.007 s.d 0.4

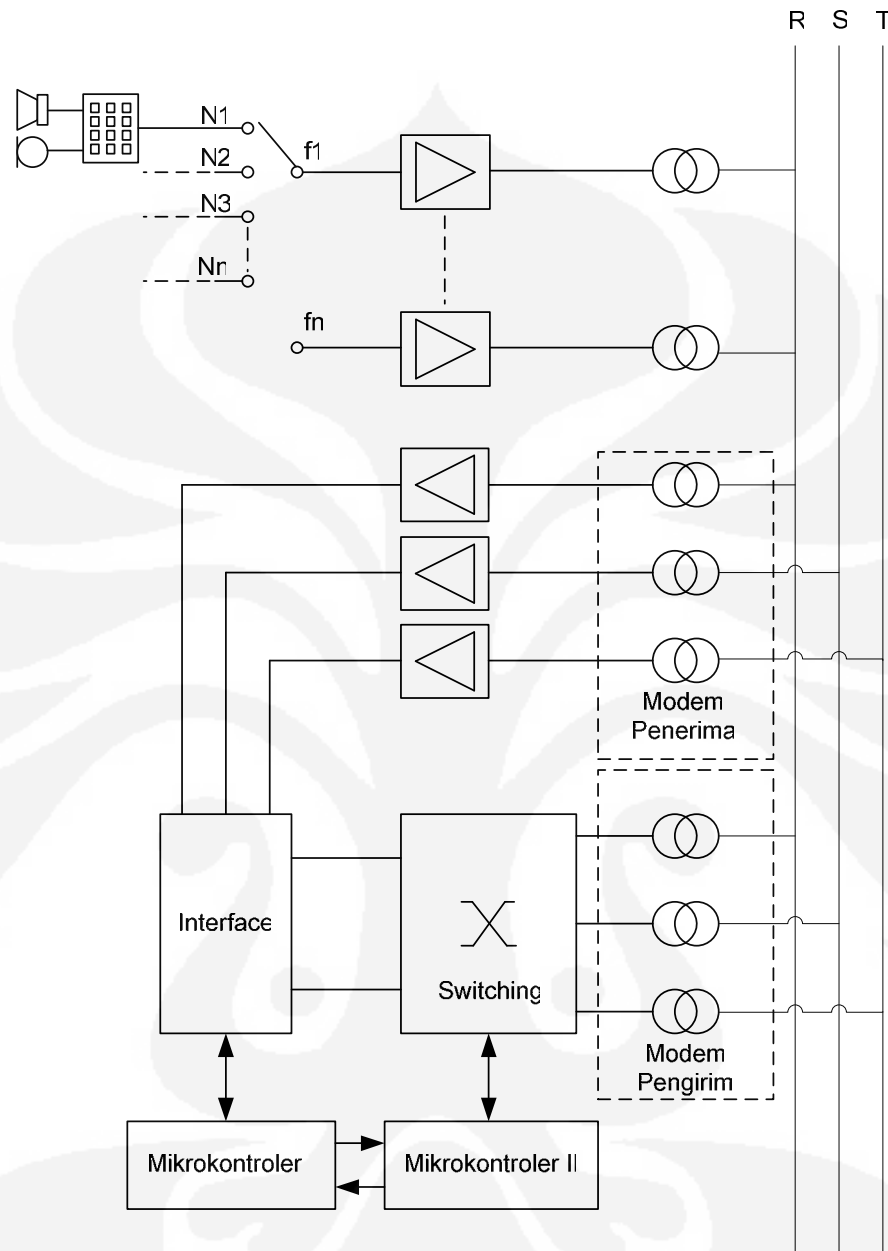
n	Lost Probability (GOS)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10

Sumber : <http://www.itu.int/itudoc/itu-d/dept/psp/ssb/planitu/plandoc/erlangt.pdf>

Berdasarkan Tabel 3.1 di atas, Intensitas trafik (A) pada GOS = 0.05 untuk n = 1 adalah 0.05 sehingga diperoleh jumlah pelanggan yang dilayani dalam 1 kanal adalah $N = A/P = 0.05 / 0.01 = 5$ pelanggan. Jika terdapat 15 kanal dalam sistem *switching*, maka akan terdapat sejumlah $15 \times 5 = 75$ pelanggan

3.1 RANCANGAN BLOK SISTEM SWITCHING

Berdasarkan asumsi-asumsi di atas, perancangan *switching* komunikasi menggunakan modem PLC membutuhkan sistem penomeran tiga digit yang masing-masing merepresentasikan nomor pelanggan, kanal frekuensi dan fase yang digunakan. Berikut ini merupakan blok diagram dari perangkat *switching* komunikasi menggunakan modem PLC.

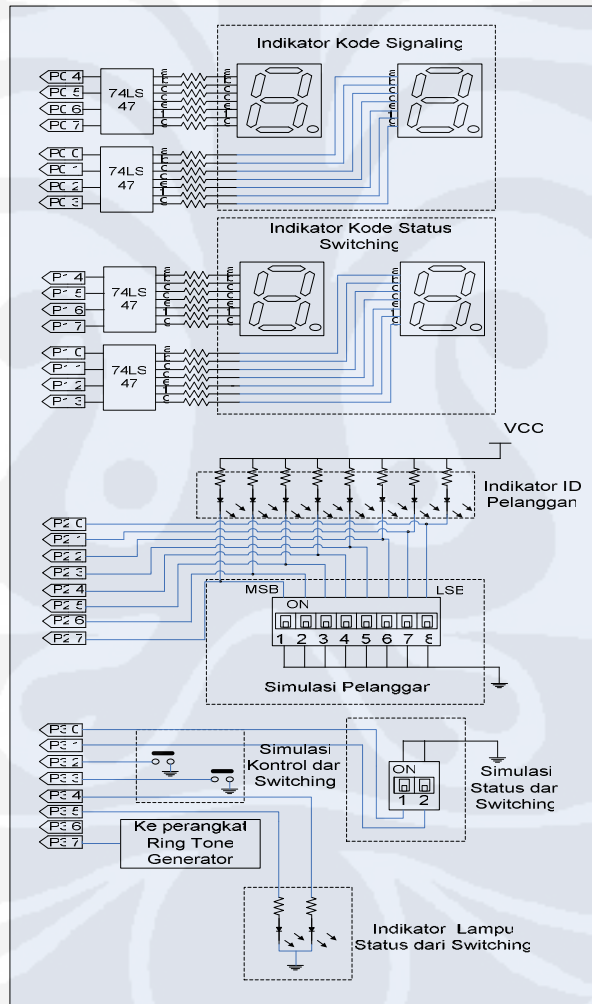


Gambar 3.4 Diagram blok sistem *switching* untuk komunikasi via modem PLC

Gambar 3.4 di atas memperlihatkan ilustrasi persambungan telepon pelanggan ke modem PLC. Masing-masing pelanggan menggunakan kanal frekuensi yang tetap pada satu fase. Kemudian setiap pelanggan dalam satu kanal frekuensi hanya dapat melakukan hubungan komunikasi ke pelanggan lain secara bergantian. Persambungan antar fase dapat dimungkinkan dengan menempatkan *switching* ke fase yang lain. Untuk itu dibutuhkan dua buah mikrokontroler yang

berfungsi untuk mengontrol *switching* tersebut. Mikrokontroler I berfungsi untuk mengatur penanganan layanan pelanggan sedangkan mikrokontroler II berfungsi untuk mengatur penyambungan ke pelanggan.

Di dalam tugas akhir ini, perancangan sistem *switching* dibatasi hanya pada bagian penanganan layanan pelanggan. Sistem (Mikrokontroler I) tersebut dirancang dengan menggunakan beberapa rangkaian yang terintegrasi menjadi suatu perangkat yang dapat menunjukkan analisa fungsi kontrol pada bagian penanganan pelanggan sebagaimana tujuan penulisan. Berikut ini merupakan blok diagram perancangan sistem *switching* pada bagian penanganan layanan pelanggan



Gambar 3.5 Diagram blok perancangan sistem pengendalian penanganan layanan pelanggan pada perangkat *switching* PLC ke mikrokontroler

Rangkaian- rangkaian penyusun sistem pengendalian *switching* tersebut terdiri dari :

1. Mikrokontroler AT89S51 yang terangkai pada suatu perangkat minimum yaitu *microcontroller MCS-51 device with DT-HiQ AT89S In-System Programmer*.
2. Model DIP *switch*, sebagai simulasi data input dari pelanggan dan simulasi input *switching* yang menyatakan kondisi sibuk atau tidak sibuk.
3. Penampil *seven segment*, sebagai indikator kondisi signaling dan kondisi status *switching*.
4. *Tone generator* dan *Loud Speaker* sebagai perangkat output yang menunjukkan indikasi dari suatu nada.

3.2 FITUR MIKROKONTROLER AT89S51

Mikrokontroler merupakan kombinasi dari perangkat-perangkat input/output (I/O), ALU dan memori (RAM/ROM). Seiring dengan perkembangan teknologi, kombinasi dari perangkat ini sudah dapat diwujudkan dalam satu *single chip microcomputer* (SCM), maka untuk selanjutnya SCM disebut dengan mikrokontroler

Perbedaan yang mendasar antara mikrokomputer dengan mikrokontroler adalah media penyimpanan dan ALU, pada mikrokomputer *addressing memory* dan I/O lebih besar sedangkan pada mikrokontroler *addressing memory* lebih kecil dan ALU terbatas sebagai penyimpan data. Dengan demikian, mikrokontroler lebih ekonomis dan sesuai dengan kebutuhan pemrograman untuk perancangan suatu alat.

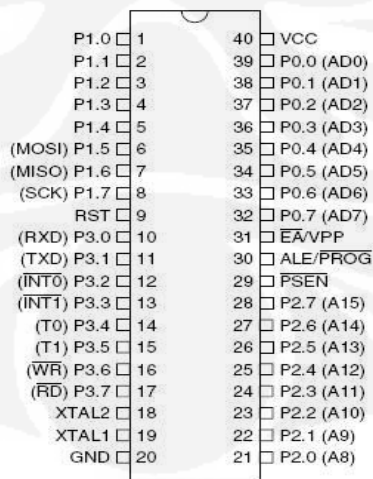
Mikrokontroler adalah sebuah mikroprosesor yang dilengkapi komponen-komponen pendukungnya (internal : ALU, ROM, RAM, I/O dll.) yang membentuk sebuah mikrokomputer tunggal dan dikemas dalam satu chip IC bentuk kepadatan LSI (*large scale integration*). Mikrokontroler secara khusus dipergunakan pada komputer kontrol digital (*single chip microcomputer / single chip microcontroller*).

IC mikrokontroler AT89S51 adalah salah satu anggota dari keluarga mikrokontroler MCS51. Mikrokontroler yang diproduksi oleh ATMEL ini mempunyai kesamaan arsitektur dan bahasa pemrograman dengan IC MCS-51 keluaran Intel. Perbedaan yang paling mendasar adalah dari segi memori yang digunakan. Pada AT89S51 memori program diwujudkan dalam bentuk *flash memory on chip*.

IC AT89S51 memiliki berbagai keistimewaan seperti tersedianya memori internal sebesar 4 Kbyte untuk keperluan pemrograman. Selain itu AT89S51 mempunyai *interface* serial dan mempunyai *timer/counter*. IC mikrokontroler AT89S51 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- 4 Kbyte pada *In-System Programmable (ISP) Flash Memory*.
- Range operasi 4.0V-5.5V.
- 128 x 8-bit RAM internal.
- 32 jalur I/O.
- 2 buah *timer/counter* 16 bit.
- *Full Duplex UART Serial Channel*.
- 6 buah sumber *interrrupt*
- *Fast Programing Time*.
- *Flexible ISP Programming*

3.2.1 Konfigurasi Mikrokontroler Pada AT89S51



Gambar 3.6 Konfigurasi pin AT89S51 [19]

Konfigurasi pin IC AT89S51 adalah sebagai berikut :

- ❖ Pin 1 – 8 (port 1) merupakan port paralel 8 bit dua arah (*bidirectional*) yang dapat digunakan untuk keperluan umum. Port P1.5, P1.6 dan P1.7 digunakan untuk keperluan pemrograman pada DT-HiQ AT89S *In System Programmer*.
- ❖ Pin 9 adalah masukan aktif tinggi. Pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan mereset mikrokontroler.
- ❖ Pin 10 – 17 (port3) merupakan port paralel 8 bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti. Fungsi pengganti meliputi: TXD pada P3.0 sebagai input serial, RXD pada P3.1 sebagai output serial, INT0 pada P3.2 sebagai interupsi 0 eksternal, INT1 pada P3.3 sebagai interupsi 1 eksternal, T0 pada P3.4 sebagai input timer 0 eksternal, T1 pada P3.5 sebagai input timer 1 eksternal, WR pada P3.6 sebagai *write strobe* memori data eksternal, RD pada P3.7 sebagai *read strobe* memori data eksternal. Bila fungsi pengganti tidak terpakai, pin-pin ini dapat digunakan sebagai port paralel 8 bit serbaguna.
- ❖ Pin 18 (XTAL1) merupakan pin masukan ke rangkaian osilator internal. Pin ini dipakai bila menggunakan osilator ke ground.
- ❖ Pin 19 (XTAL2) merupakan keluaran *inverting oscillator amplifier*.
- ❖ Pin 20 (ground) terhubung ke *ground*.
- ❖ Pin 21 – 28 (port 2) merupakan port paralel 8 bit dua arah. Port ini mengirim alamat untuk mengakses memori eksternal.
- ❖ Pin 29 (PSEN) berfungsi sebagai sinyal pengontrol yang memperbolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian atau pengambilan instruksi.
- ❖ Pin 30 (ALE) berfungsi sebagai penahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.
- ❖ Pin 31 (EA) diset *low* (0), untuk penggunaan memori internal ke Vcc.

- ❖ Pin 32 – 39 (port 0) merupakan port paralel 8 bit *open drain* dua arah. Bila diperlukan untuk mengakses memori eksternal, port ini akan *multiplexing* alamat memori dengan data.
- ❖ Pin 40 (Vcc) terhubung ke sumber tegangan +5 Volt.

3.2.2 In-System Programmer Untuk AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 mempunyai fitur tambahan dari pendahulunya, seri AT89C51 yaitu mempunyai kemampuan pada *In-System Programming*. Kemampuan tersebut dikembangkan oleh Atmel dengan menyediakan suatu *device* bernama *In-System programmer*. *In-System programmer* pada AT89S51 merupakan *device* pelengkap yang tersedia pada perangkat minimum mikrokontroler DT HiQ seri AT89S. *Device* ini mempunyai fitur antara lain :

1. Mempermudah pemrograman mikrokontroler.
2. Mampu bekerja dalam *Byte Mode* maupun *Page Mode* pada ISP Software.
3. Kompatibel dengan Mikrokontroler Atmel ISP *Software Device* tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.6



Gambar 3.7 *In-System programmer* untuk AT89S51 [20]

3.3 ALGORITMA PEMROGRAMAN SISTEM PENGENDALIAN PENANGANAN PELANGGAN PADA PERANGKAT *SWITCHING* PLC

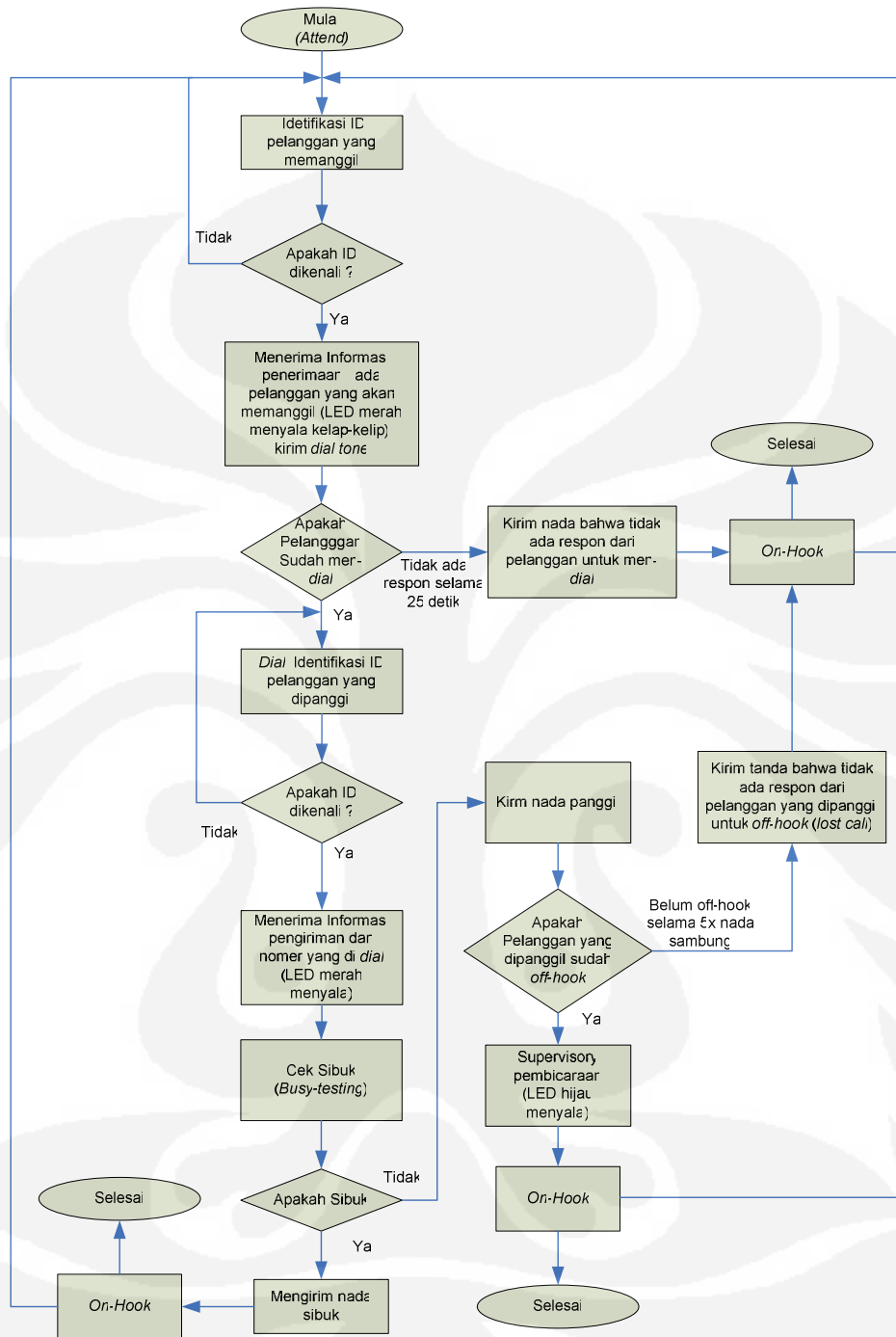
Algoritma pemrograman sistem pengendalian penanganan pelanggan pada perangkat *switching* PLC tidak terlepas dari fungsi dasar *switching* yang telah dijelaskan pada bab dasar teori. Algoritma tersebut berfungsi untuk mempermudah pemrograman mikrokontroler. Berikut ini adalah Tabel 3.2 yang menjadi acuan algoritma dari sebuah prosedur suatu panggilan dalam layanan sentral *switching*.

Tabel 3.2 Prosedur suatu panggilan dalam layanan sentral *switching*

Pelanggan yang Memanggil	Pelanggan yang Dipanggil	Sentral <i>Switching</i>
		<i>Attend</i>
<i>Off-Hook (Origination)</i>		
		Menerima sinyal informasi bahwa ada pelanggan yang akan melakukan panggilan dan mengirimkan nada sambung ke pelanggan yang memanggil
<i>Dial</i>		
		Menyimpan informasi data atau nomer pelanggan yang dipanggil. Mencari rute atau jalur lokasi pelanggan yang dipanggil, kemudian memeriksa status sibuk.
	Sibuk (<i>Busy</i>)	
		Mengirimkan nada sibuk ke pelanggan yang memanggil. Setelah itu, mensupervisi sampai pelanggan menutup telepon (<i>on-hook</i>).
	Tidak Sibuk (<i>Idle</i>)	
		<i>Alert</i> , yaitu memberikan nada panggil (<i>ring tone</i>) ke pelanggan yang dipanggil. Men-supervisi nada panggil (<i>ring back tone</i>) ke pelanggan yang memanggil.
	<i>Off-Hook</i>	
		Menyediakan jalur pembicaraan pada kedua pelanggan kemudian men-supervisinya.
<i>On-Hook</i>		
		Memutus hubungan kemudian melakukan pentarifan.

Sumber : Briley, Bruce Edwin. *Introduction to Telephone Switching*. (Massachusetts: Addison-Wesley, 1983), hal 5.

Algoritma tersebut disusun menjadi suatu *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.

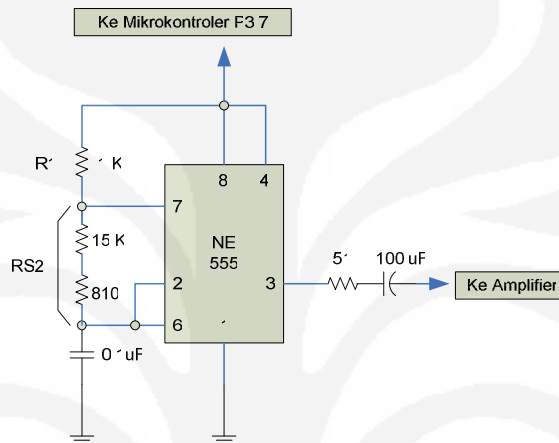


Gambar 3.8 *Flowchart* pemrograman sistem pengendalian penanganan pelanggan pada perangkat *switching* PLC

Program *Assembly* sesuai dengan algoritma di atas ada pada lampiran ke tiga.

3.4 TONE GENERATOR UNTUK INDIKATOR NADA

Dalam sebuah sistem *switching* terdapat suatu *tone generator*. *Tone generator* berfungsi untuk menghasilkan nada untuk mengindikasikan suatu tanda yang diberikan *switching* pada saat proses penanganan layanan pelanggan. Berikut ini adalah gambar rangkaian *tone generator* yang digunakan pada perancangan sistem pengendali penanganan pelanggan pada *switching* PLC.



Gambar 3.9 *Tone Generator* untuk penangan pelanggan pada *switching* PLC

Frekuensi nada dial (*dial tone*) pada system telepon bervariasi pada setiap negara. Seperti di Amerika Utara menggunakan gabungan nada (*interfering tones*) dengan frekuensi 350 Hz dan 440 Hz. Kemudian di benua Eropa menggunakan nada tunggal (*single tone*) pada frekuensi 425 Hz [21]. Penggunaan frekuensi nada tersebut dapat menjadi acuan untuk mendesain *tone generator*.

Pada perancangan *tone generator* dalam tugas akhir ini dipilih frekuensi nada sebesar 440 Hz. Untuk merancang *tone generator* pada frekuensi 440 Hz, dibutuhkan perhitungan yang bersumber dari nilai komponen resistor dan kapasitor yang terhubung ke input NE 555. Perhitungan tersebut adalah sebagai berikut [22]:

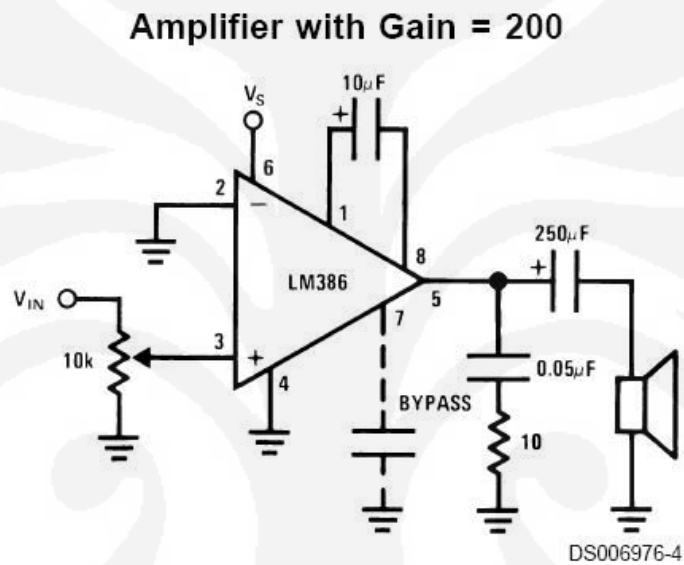
$$f = \frac{1.44}{(R1 + 2xRS2)C} \text{ Hz} \quad (3.3)$$

Nilai – nilai komponen pada Gambar 3.8 di atas merupakan modifikasi agar diperoleh suatu frekuensi mendekati nilai 440 Hz. Jika nilai-nilai tersebut di

masukkan ke dalam rumus di atas, maka akan diperoleh frekuensi sebesar 441,45 Hz Hz.

$$f = \frac{1.44}{(1000 + 2 \times 15810) \times 0.1 \times 10^{-6}} = 441,45 \text{ Hz}$$

Untuk memperkuat bunyi nada, output dari *tone generator* tersebut ditambahkan rangkaian *amplifier* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.9



Gambar 3.10 *Amplifier* dengan penguatan 200 x menggunakan LM386 [23]

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Pengujian dan analisa sistem ditujukan untuk mengetahui unjuk kerja dari perancangan alat yang telah dibuat. Sebelum melakukan pengujian, perlu diketahui fitur-fitur sistem *switching* yang merepresentasikan fungsi input dan output. Dalam sistem *switching* ini terdapat beberapa fitur fungsi input dan beberapa fitur fungsi output. Ada 3 macam fitur fungsi input :

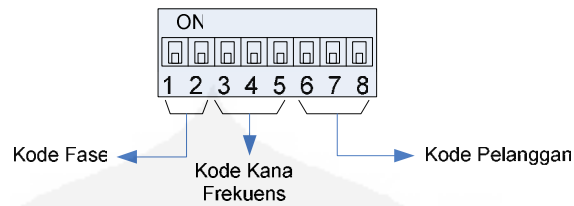
1. Simulasi pelanggan dimodelkan oleh DIP *switch* 8 bit
2. Simulasi status *switching* dimodelkan oleh DIP *switch* 2 bit
3. Simulasi kontrol *switching* dimodelkan oleh dua buah tombol.

Kemudian ada 5 macam fitur fungsi output :

1. Indikator ID pelanggan ditampilkan oleh delapan buah LED berwarna oranye.
2. Indikator kode signaling ditampilkan oleh penampil *seven segment*.
3. Indikator kode status *switching* ditampilkan oleh penampil *seven segment*.
4. Indikator kontrol *switching* ditampilkan oleh dua buah LED, masing-masing berwarna merah dan hijau
5. Indikator nada dari *ring generator* dikeluarkan oleh *Loud Speaker*.

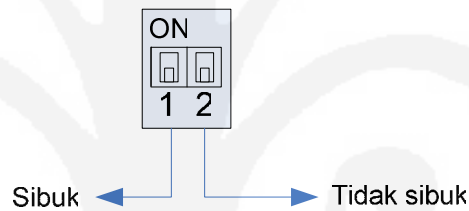
4.1 FITUR FUNGSI INPUT

Operasi penekanan *dial* oleh seorang pelanggan diwakili dengan memberi input pada model DIP *switch* 8 bit. DIP *switch* 8 bit input tersebut merepresentasikan kode-kode penomeran untuk sistem *switching* PLC. Kode-kode tersebut yaitu 2 bit untuk kode fasa, 3 bit untuk kode kanal frekuensi dan 3 bit untuk kode pelanggan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.1



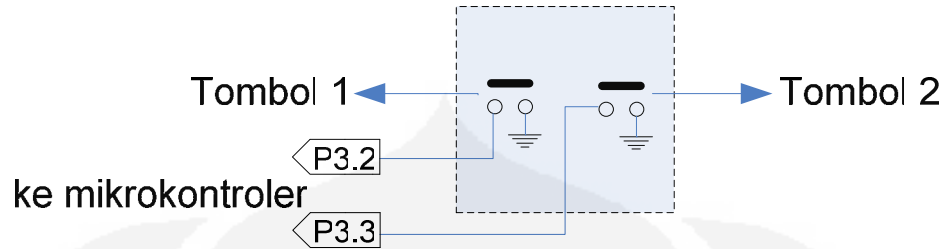
Gambar 4.1 Representasi kode pada DIP *switch* 8 bit untuk sistem *switching* PLC

Kemudian operasi pemberian status *switching* dimodelkan oleh DIP *switch* 2 bit. Status *switching* berfungsi untuk menunjukkan status kondisi pelayanan pelanggan apakah sedang sibuk atau tidak. Kondisi sibuk disimulasikan dengan men-*switch* bit 1, sedangkan kondisi tidak sibuk direpresentasikan dengan men-*switch* bit 2 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Model DIP *switch* 2 bit untuk simulasi status pelayanan pelanggan

Kemudian operasi fungsi kontrol dari *switching* disimulasikan oleh dua buah tombol. Tombol pertama berfungsi untuk memberi tanda informasi penerimaan dari pelanggan yang memanggil (fungsi informasi penerimaan). Tanda tersebut terjadi ketika pelanggan yang memanggil mulai *off-hook*. Selain itu, tombol ini juga berfungsi untuk memberi tanda bahwa pelanggan yang memanggil telah mengakhiri hubungan (*on-hook*). Kemudian tombol kedua berfungsi untuk memberi tanda bahwa *switching* menerima identitas pelanggan yang dipanggil. Selain itu, tombol ini juga berfungsi untuk memberi tanda bahwa pelanggan yang dipanggil menerima panggilan (*off-hook*) maupun mengakhiri hubungan (*on-hook*) setelah terjadi hubungan. Tombol pertama posisinya sebelah kiri sedangkan tombol kedua posisinya di sebelah kanan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Tombol kontrol *switching*

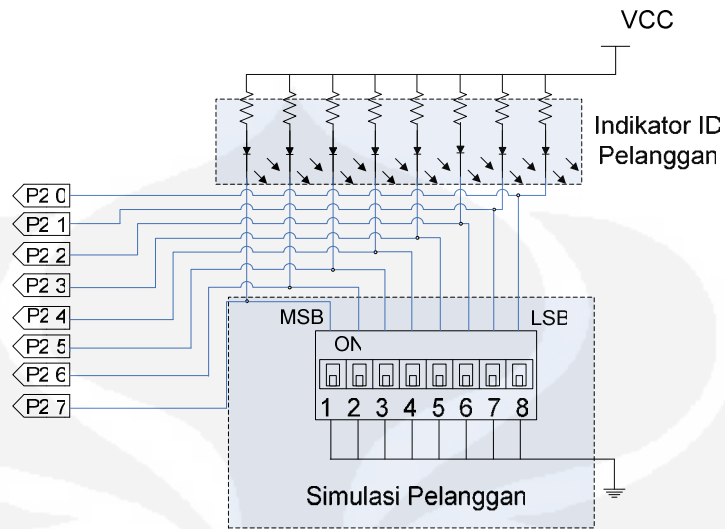
4.2 FITUR FUNGSI OUTPUT

Indikator yang pertama kali muncul pada sistem *switching* ini adalah indikator ID pelanggan yang ditampilkan oleh delapan buah LED berwarna oranye. LED akan menyala ketika model DIP *switch* di-*switch* untuk memberi input yang merepresentasikan ID pelanggan. Berikut adalah ID yang telah di set pada sistem *switching* yang ditunjukkan dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 *Look-Up Table* ID Pelanggan

Jebis Pelanggan	Kode Pelanggan (dalam biner)
Pelanggan yang memanggil	01001001
Pelanggan yang dipanggil	01010001

Dalam perancangan indikator ID pelanggan, indikator tersebut dirancang aktif rendah. Dikatakan aktif rendah karena LED akan menyala jika diberi input *low* (0). Dapat dilihat pada Gambar 4.4 LED di ujung sebelah kanan merupakan LSB (*Least Sign Bit*) sedangkan LED di ujung sebelah kiri merupakan MSB (*Most Sign Bit*).



Gambar 4.4 Delapan buah LED sebagai indikator ID pelanggan

Indikator kode signaling dan indikator kode status *switching* ditampilkan oleh penampil *seven segment*. Indikator kode signaling terdiri dari tiga buah kode sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Look-Up Table Kode Signaling

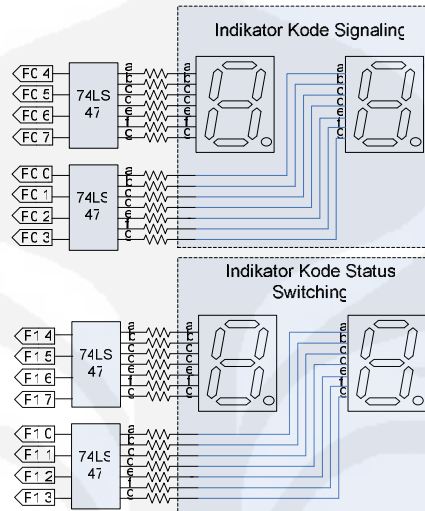
Jenis Signaling	Kode Signaling (dalam hexa)
Nada sebagai tanda bahwa tidak ada respon	00
Nada Sambung	10
Nada Sibuk	11
Nada Panggil	12

Indikator kode status *switching* terdiri dari tujuh buah kode sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4.3

Tabel 4.3 Look-Up Table Kode Status Switching

Jenis Status Switching	Kode Status Switching (dalam hexa)
Informasi Penerimaan Bahwa Ada Pelanggan <i>Off-hook</i>	8
Menetapkan ID tujuan	0
Pelayanan Pelanggan Sibuk	1
Pelayanan Pelanggan Tidak Sibuk	2
Informasi Pelanggan yang Dipanggil Tidak <i>Off-hook</i>	3
Supervisi Pembicaraan	4
Informasi Pelanggan yang Memanggil Tidak Men- <i>Dial</i>	5

Indikator kode signaling dan indikator kode status *switching* ditunjukkan pada Gambar 4.4



Gambar 4.5 Indikator kode signaling dan indikator kode status *switching*

Indikator kontrol *switching* ditampilkan oleh dua buah LED, masing-masing berwarna merah dan hijau. Berikut ini adalah *look-up table* LED sebagai indikator kontrol *switching*.

Tabel 4.4 *Look-Up Table* LED sebagai Indikator Kontrol *Switching*

Jenis Kontrol <i>Switching</i>	LED Merah	LED Hijau
Penerimaan Informasi	<i>flip-flop</i>	padam
Penetapan ID Tujuan	nyala	padam
Penyambungan Hubungan	nyala	nyala
Pemutusan Hubungan	padam	padam

4.3 PENGUJIAN

Setelah memperhatikan dan mengetahui fitur-fitur fungsi input dan output pada sistem *switching*, pengujian sistem *switching* dapat dilakukan lebih terarah. Ada 4 buah pengujian yang dapat dilakukan yaitu :

1. Kondisi yang terjadi ketika pelanggan yang memanggil *off-hook*, namun pelanggan tersebut tidak melakukan *dialing* ketika *off-hook* selama 25 detik.

2. Kondisi yang terjadi ketika pelanggan yang memanggil *off-hook*, kemudian melakukan *dialing* namun status pelayanan sedang sibuk.
3. Kondisi yang terjadi ketika pelanggan yang memanggil *off-hook*, kemudian melakukan *dialing* dan status pelayanan tidak sibuk tetapi pelanggan yang dipanggil tidak *off-hook*.
4. Kondisi yang terjadi ketika pelanggan yang memanggil *off-hook*, kemudian melakukan *dialing* dan status pelayanan tidak sibuk, kemudian pelanggan yang dipanggil *off-hook*.

Untuk pengujian pertama diperoleh beberapa kondisi yang ditunjukkan oleh Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil Pengujian untuk Kondisi Pertama

No	Kondisi Pelanggan	Status <i>Switching</i>	Indikator yang ditunjukkan			
			KS(Hex)	KSS(Hex)	L M	LH
1	Off-hook	Informasi Penerimaan	10	8	Flip-flop	padam
2		Setelah 25 detik tidak mendial	00	5	padam	padam
3	On-hook	Memutus hubungan	ff	ff	padam	padam

Untuk pengujian kedua diperoleh beberapa kondisi yang ditunjukkan oleh Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil Pengujian untuk Kondisi Kedua

No	Kondisi Pelanggan	Status <i>Switching</i>	Indikator yang ditunjukkan			
			KS(Hex)	KSS(Hex)	L M	LH
1	Off-hook	Informasi Penerimaan	10	8	Flip-flop	padam
2	Dial		10	0	nyala	padam
3		Sibuk	11	1	nyala	padam
4	On-hook	Memutus hubungan	ff	ff	padam	padam

Untuk pengujian ketiga diperoleh beberapa kondisi yang ditunjukkan oleh Tabel 4.7

Tabel 4.7 Hasil Pengujian untuk Kondisi Ketiga

No	Kondisi Pelanggan	Status <i>Switching</i>	Indikator yang ditunjukkan			
			KS(Hex)	KSS(Hex)	L M	LH
1	Off-hook	Informasi Penerimaan	10	8	Flip-flop	padam
2	Dial		10	0	nyala	padam
3		Tidak Sibuk	12	2	nyala	padam
4		Informasi tidak <i>off-hook</i>	00	3	nyala	padam
5	On-hook	Memutus hubungan	ff	ff	padam	padam

Untuk pengujian keempat diperoleh beberapa kondisi yang ditunjukkan oleh Tabel 4.8

Tabel 4.8 Hasil Pengujian untuk Kondisi Keempat

No	Kondisi Pelanggan	Status <i>Switching</i>	Indikator yang ditunjukkan			
			KS(Hex)	KSS(Hex)	L M	LH
1	Off-hook	Informasi Penerimaan	10	8	Flip-flop	padam
2	Dial		10	0	nyala	padam
3		Tidak Sibuk	12	2	nyala	padam
4		Supervisi pembicaraan (<i>off-hook</i>)	ff	4	nyala	nyala
5	On-hook	Memutus hubungan	ff	ff	padam	padam

Keterangan : KS = Kode Signaling
 KSS = Kode Status *Switching*
 LM = Led warna Merah
 LH = Led warna Hijau

4.4 ANALISA SISTEM

Pada saat pengujian pertama terjadi 3 buah kondisi yang terjadi secara berurutan. Pertama, ketika kondisi *off-hook*, status *switching* yaitu menerima informasi bahwa ada pelanggan yang akan melakukan panggilan (KSS = 8). Selain itu, LED berwarna merah menyala berkedip sebagai pertanda status tersebut. Kemudian *switching* mengirimkan nada sambung (KS = 10). Namun karena ketika *off-hook* pelanggan tersebut tidak melakukan *dialing* selama 25 detik, *switching* memberikan nada sebagai tanda bahwa tidak ada respon (KS = 00). Kemudian *switching* memutuskan hubungan karena pelanggan tersebut menutup telepon (*on-hook*).

Pada saat pengujian kedua terjadi 4 buah kondisi yang terjadi secara berurutan. Pertama, ketika kondisi *off-hook*, status *switching* yaitu menerima informasi bahwa ada pelanggan yang akan melakukan panggilan (KSS = 8). Selain itu, LED berwarna merah menyala berkedip sebagai pertanda status tersebut. Kemudian *switching* mengirimkan nada sambung (KS = 10). Setelah itu, pelanggan melakukan *dialing*. Nomor ID tujuan pelanggan yang di-*dial* pelanggan tersebut ditetapkan oleh *switching* untuk menentukan rute panggilan ke pelanggan tujuan (KSS = 0). LED berwarna merah menyala sebagai pertanda status tersebut. Namun setelah memeriksa jalur pelayanan ke pelanggan tujuan tersebut ternyata sedang sibuk (KSS = 1), *switching* mengirimkan nada sibuk ke pelanggan yang memanggil (KS = 11). Kemudian *switching* memutuskan hubungan karena pelanggan tersebut menutup telepon (*on-hook*).

Pada saat pengujian ketiga terjadi 5 buah kondisi yang terjadi secara berurutan. Pertama, ketika kondisi *off-hook*, status *switching* yaitu menerima informasi bahwa ada pelanggan yang akan melakukan panggilan (KSS = 8). Selain itu, LED berwarna merah menyala berkedip sebagai pertanda status tersebut. Kemudian *switching* mengirimkan nada sambung (KS = 10). Setelah itu, pelanggan melakukan *dialing*. Nomor ID tujuan pelanggan yang di-*dial* pelanggan tersebut ditetapkan oleh *switching* untuk menentukan rute panggilan ke pelanggan tujuan (KSS = 0). LED berwarna merah menyala sebagai pertanda status tersebut.

Kemudian setelah memeriksa jalur pelayanan ke pelanggan tujuan tersebut ternyata sedang tidak sibuk (KSS = 2), lalu *switching* mengirimkan nada panggil ke pelanggan yang memanggil (KS = 12). Namun karena tidak ada respon dari pelanggan yang dipanggil atau masih *off-hook* (KSS = 3), *switching* memberikan nada sebagai tanda bahwa tidak ada respon dari pelanggan yang dipanggil (KS = 00). Kemudian *switching* memutuskan hubungan karena pelanggan tersebut menutup telepon (*on-hook*).

Pada saat pengujian keempat terjadi 5 buah kondisi yang terjadi secara berurutan. Pertama, ketika kondisi *off-hook*, status *switching* yaitu menerima informasi bahwa ada pelanggan yang akan melakukan panggilan (KSS = 8). Selain itu, LED berwarna merah menyala berkedip sebagai pertanda status tersebut. Kemudian *switching* mengirimkan nada sambung (KS = 10). Setelah itu, pelanggan melakukan *dialing*. Nomor ID tujuan pelanggan yang di-*dial* pelanggan tersebut ditetapkan oleh *switching* untuk menentukan rute panggilan ke pelanggan tujuan (KSS = 0). LED berwarna merah menyala sebagai pertanda status tersebut. Kemudian setelah memeriksa jalur pelayanan ke pelanggan tujuan tersebut ternyata sedang tidak sibuk (KSS = 2), lalu *switching* mengirimkan nada panggil ke pelanggan yang memanggil (KS = 12). Kemudian pelanggan yang dipanggil mengangkat telepon (*on-hook*) lalu terjadi pembicaraan antar pelanggan. Pada saat itu *switching* melakukan fungsi supervisi (KSS = 4). Setelah kedua pelanggan tersebut selesai melakukan pembicaraan, kedua-duanya *on-hook* dan *switching* memutuskan hubungan.

BAB V

KESIMPULAN

1. Telah berhasil dirancang dan dibangun sistem pengendali penanganan pelanggan pada perangkat sistem PLC untuk komunikasi telepon analog berbasis mikrokontroler AT89S51.
2. Sistem pengendali penanganan pelanggan tersebut berhasil mensimulasikan status permintaan penyambungan dan status kanal yang tersedia menuju ke pelanggan yang dituju dalam bentuk penampil 7 segmen sebagai output status dan *toggle switch* sebagai status input.
3. Indikator keberhasilan sistem pengendali pelanggan tersebut adalah dapat menunjukkan fungsi kontrol penanganan pelanggan sebagaimana tujuan penulisan yaitu menganalisa status input data yang dimodelkan dengan bit-bit DIP switch, memberi tanda adanya pelanggan yang melakukan panggilan, memberi nada *dial tone* pada saat kondisi *off-hook*, memberikan nada kepada pelanggan pemanggil ketika jalur pelayanan ke pelanggan yang dituju dalam kondisi sibuk atau tidak.
4. Sistem pengendali penanganan pelanggan tersebut selanjutnya akan diintegrasikan dengan sistem kendali *switching* untuk dikembangkan sebagai pusat pelayanan *switching* untuk komunikasi telepon berbasis PLC.

DAFTAR ACUAN

- [1] *PLC, Berinternet Via Kabel Listrik*. Diakses 26 Februari 2008, dari Sonermax
<http://www.sonermax.com/showthread.php>
- [2] *Power Line Communications: Dan PLN pun Menyetrum Telkom*. Diakses 26 Februari 2008, dari Warta Ekonomi.
<http://www.nusaku.com/forum/archive/index.php/t-4790.html>
- [3] *New High Speed Access Technologies*. Diakses 9 April 2008, dari Internetworking Seminar.
<http://users.tkk.fi/~merlin/access/>
- [4] *Internet Melalui Kabel Listrik*. Diakses 9 April 2008, dari Elektro Indonesia
<http://www.elektroindonesia.com/elektro/ut26.html>
- [5] *PLC, Berinternet Lewat PLC..* Diakses 1 April 2008 dari KapanLagi
<http://www.kapanlagi.com/a/0000002456.html>
- [6] *Alternatif Komunikasi Jaringan Komputer Melalui Kabel Listrik*. Diakses 1 April 2008 dari Hendrady
<http://wss-id.org/blogs/hendradhy/archive/2007/03/14/alternatif-komunikasi-jaringan-melalui-kabel-listrik.aspx>.
- [7] Malvino (1979). *Prinsip-Prinsip Elektronik Edisi Kedua*, terj Gunawan, Hanapi (Jakarta : Erlangga, Cetakan ke 3, 1986), hal 67.
- [8] *International Poweline Communication Forum*. Diakses 9 April 2008 dari IPCF.
<http://www.ipcf.org/powerline-technology.html>

- [9] Freeman, Roger L. *Telecommunication System Engineering*, (Sudbury, Massachusetts : February 1980)
- [10] *Telephone Exchange*. Diakses 27 Februari 2008 dari The Free Dictionary <http://www.thefreedictionary.com/telephone+exchange>
- [11] Ekkelenkamp, H. *Transmission Aspects of Digital Communication Systems*. (Netherlands Postal and Telecommunication Services 1984), hal 99.
- [12] Romana Suljanegara. “Pengiriman Data Pembacaan Kartu Magnetik Melalui Jala Jala Listrik Untuk Pengaturan Penerangan” Tugas Akhir, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 1996, hal.8.
- [13] *Line Impedance, Application Note*. Diakses 25 April 2008 dari ISPLC <http://www.isplc.org/Proceedings/2003/pdf/A6-3.pdf>
- [14] D.A Tugal, O. Tugal. *Data Transmission Analysis, Design, Application* (McGraw-Hill Book Company 1982), hal 80.
- [15] *Digital Radio Mondial*. Diakses 19 April 2008 dari wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Radio_Mondiale
- [16] *Guard Band*. Diakses 9 Mei 2008 dari wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Guard_band
- [17] Riswan. *Erlang*. Diakses 19 April 2008 dari Mobile Indonesia <http://mobileindonesia.net/2007/01/01/erlang/>
- [18] PT. Telkom Indonesia. *Strategic Development Plan 2004*.

- [19] Atmel AT89S51 data sheet. Diakses 4 Mei 2008 dari All Data Sheet.
http://www.alldatasheet.co.kr/datasheet-pdf/pdf_kor/77367/ATMEL/AT89S51.html
- [20] *ISP Programmer untuk mikrokontroler*. Diakses 4 Mei 2008 dari Innovative Electronics.
http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/pro_dthiq_at89s_isp.htm
- [21] *Dial Tone*. Diakses 27 Februari 2008 dari Answers
<http://www.answers.com/dial+tone?cat=technology>
- [22] Bowden, Bill. *555 Tone Generator*. Diakses 27 Februari 2008
<http://ourworld.compuserve.com/homepages/BillBowden/page10.htm#tone.gif>
- [23] *LM 386, Low Voltage Audio Power Amplifier*. Diakses 27 Maret 2008 dari National.
<http://www.national.com/ds/LM/LM386.pdf>
- [24] *DT – 51 Low Cost Micro System*. Diakses 4 Mei 2008 dari Innovative Electronics.
http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/Manual LC Micro2.pdf

DAFTAR PUSTAKA

Alternatif Komunikasi Jaringan Komputer Melalui Kabel Listrik. Diakses 1 April 2008 dari Hendrady

<http://wss-id.org/blogs/hendradhy/archive/2007/03/14/alternatif-komunikasi-jaringan-melalui-kabel-listrik.aspx>.

Atmel AT89S51 data sheet. Diakses 4 Mei 2008 dari alldataheet.

http://www.alldatasheet.co.kr/datasheet-pdf/pdf_kor/77367/ATMEL/AT89S51.html

Bowden, Bill. *555 Tone Generator*. Diakses 27 Februari 2008

<http://ourworld.compuserve.com/homepages/BillBowden/page10.htm#tone.gif>

Briley, Bruce Edwin. *Introduction to Telephone Switching*. (Massachusetts: Addison-Wesley ,1983)

D.A Tugal, O. Tugal. *Data Transmission Analysis, Design, Application* (McGraw-Hill Book Company 1982).

Dial Tone. Diakses 27 Februari 2008 dari Answers

<http://www.answers.com/dial+tone?cat=technology>

Digital Radio Mondial. Diakses 19 April 2008 dari Wikipedia

http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Radio_Mondiale

Ekkelenkamp, H. *Transmission Aspects of Digital Communication Systems*. (Netherlands Postal and Telecommunication Services 1984).

Freeman, Roger L. *Telecommunication System Engineering*, (Sudbury, Massachusetts : February 1980).

Guard Band. Diakses 9 Mei 2008 dari wikipedia

http://en.wikipedia.org/wiki/Guard_band

International Poweline Communication Forum. Diakses 9 April 2008 dari IPCF.

<http://www.ipcf.org/powerline-technology.html>

Internet Melalui Kabel Listrik. Diakses 9 April 2008, dari Elektro Indonesia

<http://www.elektroindonesia.com/elektro/ut26.html>

ISP Programmer untuk mikrokontroler. Diakses 4 Mei 2008 dari innovativeelectronics.

http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/pro_dthiq_at89s_is_p.htm

Line Impedance, Application Note. Diakses 25 April 2008 dari ISPLC

<http://www.isplc.org/Proceedings/2003/pdf/A6-3.pdf>

LM 386, Low Voltage Audio Power Amplifier. Diakses 27 Maret 2008 dari National.

<http://www.national.com/ds/LM/LM386.pdf>

MacKenzie, I. Scott. *The 8051 Microcontroller Second Edition*. (Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, 1995)

Malvino (1979). *Prinsip-Prinsip Elektronik Edisi Kedua*, terj Gunawan, Hanapi (Jakarta : Erlangga, Cetakan ke 3, 1986).

New High Speed Access Technologies. Diakses 9 April 2008, dari Internetworking Seminar.

<http://users.tkk.fi/~merlin/access/>

PLC, Berinternet Lewat PLC.. Diakses 1 April 2008 dari KapanLagi
<http://www.kapanlagi.com/a/0000002456.html>

PLC, Berinternet Via Kabel Listrik. Diakses 26 Februari 2008, dari Sonermax
<http://www.sonermax.com/showthread.php>

Power Line Communications: Dan PLN pun Menyetrum Telkom. Diakses 26 Februari 2008, dari Warta Ekonomi.
<http://www.nusaku.com/forum/archive/index.php/t-4790.html>

PT. Telkom Indonesia. *Strategic Development Plan 2004.*

Riswan. *Erlang.* Diakses 19 April 2008 dari mobileindonesia
<http://mobileindonesia.net/2007/01/01/erlang/>

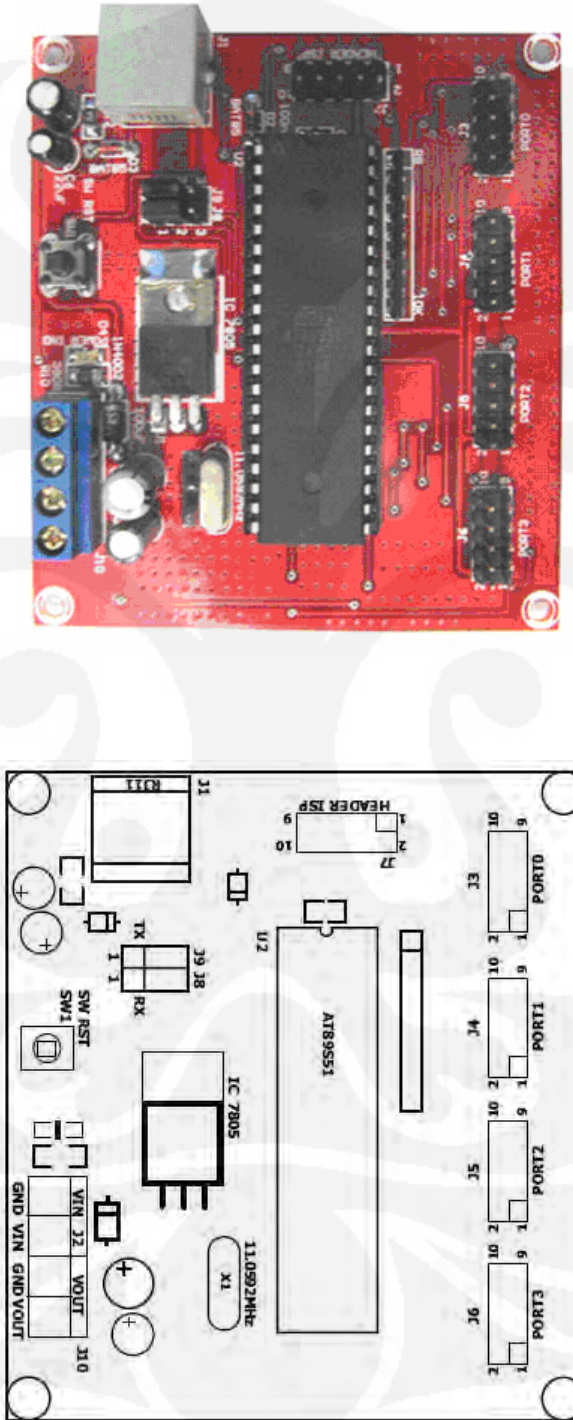
Romana Suljanegara. "Pengiriman Data Pembacaan Kartu Magnetik Melalui Jala Jala Listrik Untuk Pengaturan Penerangan" Tugas Akhir, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 1996.

Telephone Exchange. Diakses 27 Februari 2008 dari The Free Dictionary
<http://www.thefreedictionary.com/telephone+exchange>

LAMPIRAN

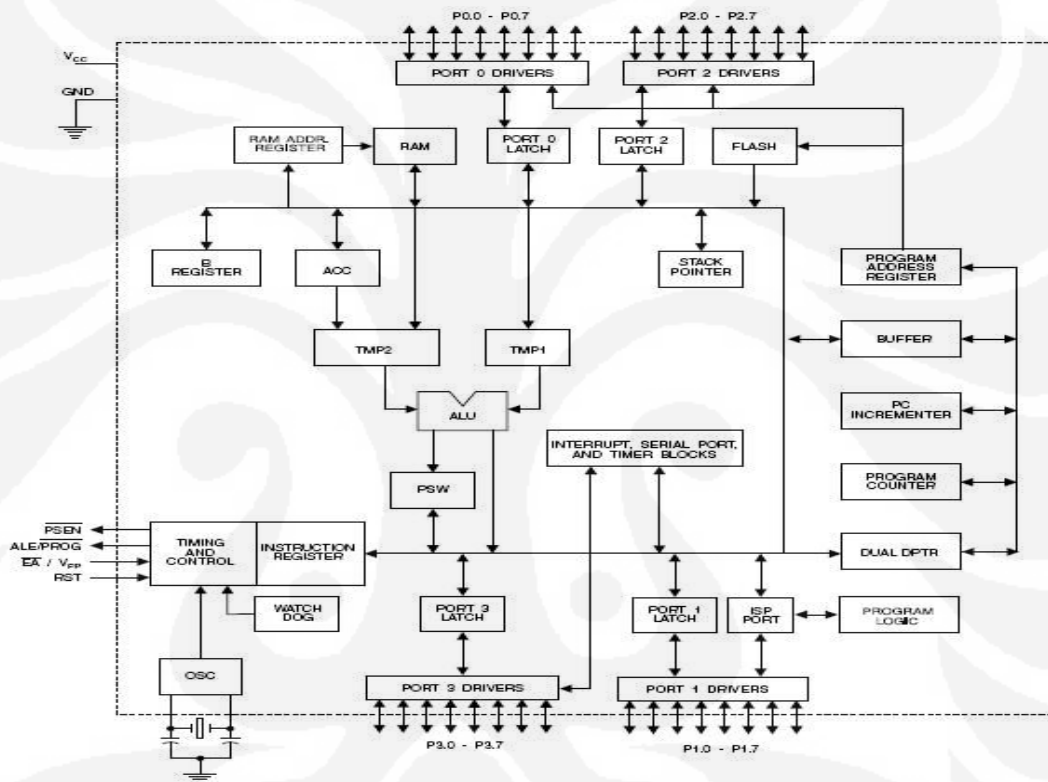


Lampiran 1 : Perangkat Minimum MCS 51 seri AT89S51



Lampiran 2 : Arsitektur Mikrokontroler AT89S51

Arsitektur dari AT89S51 mempunyai struktur yang serupa dengan IC mikrokontroler 8051 dari Intel (keluarga MCS51). Mikrokontroler merupakan mikroprosesor (CPU) yang dilengkapi komponen – komponen pendukungnya seperti ALU, RAM, ROM, I/O, dan lain-lain. Hal tersebut dapat dilihat dalam arsitektur dari AT89S51 pada Gambar L2.



Gambar L2 Diagram Blok AT89S51 [16]

Keterangan diagram blok arsitektur keluarga mikrokontroler MCS-51

- PSW : *Program Status Word*
- A : *Accumulator register*
- B : *Aritmetic register*
- PC : *Program Counter*
- DPTR : *Data Pointer*
- DPH,DPL : *Data Pointer High, Low*

- EA : *External Address*
- ALE : *Address Latch Enable*
- PSEN : *Program Strobe Enable*
- XTAL1 : *Cristal input 1*
- XTAL2 : *Cristal input 2*
- IE : *Interupt Enable*
- IP : *Interupt Priority*
- PCON : *Power Control*
- SBUF : *Serial port data Buffer*
- TCON : *Timer / Counter Control*
- TMOD : *Timer / Counter Mode control*
- TL0 : *Timer 0 low byte*
- TH0 : *Timer 0 high byte*
- TL1 : *Timer 1 low byte*
- TH1 : *Timer 1 high byte*
- I/O : *Input – Output port*
- A0 – A15 : *Bit Address A0 – A15*
- D0 – D7 : *Bit Data D0 – D7*
- RD : *Read Strobe*
- WR : *Write strobe*

Lampiran 4 : Instruksi-Instruksi Mikrokontroler AT89S51

Instruksi-instruksi pada mikrokontroler merupakan instruksi yang digunakan dalam pemrograman, ada empat jenis instruksi pada mikrokontroler yaitu : Instruksi aritmatika, instruksi logika, instruksi perpindahan data, dan instruksi lompatan.

1. Instruksi Aritmatika

Operasi aritmatika dapat dilakukan di akumulator atau memori data internal. Instruksi-instruksi aritmatika ada empat jenis, yaitu :

1. Penjumlahan

INC : Operasi perubahan satu *source operand* dan hasilnya disimpan kembali ke *source operand*.

ADD : Operasi penjumlahan antara *accumulator* dengan *source operand* yang kedua dan hasilnya disimpan dalam *accumulator*.

ADDC : Operasi penjumlahan antara register A dengan *source operand* yang kedua, dan menambah satu jika *carry flag set* dan hasilnya disimpan di register A.

DA : Menghasilkan koreksi untuk jumlah yang dihasilkan dari penjumlahan biner dari dua digit.

2. Pengurangan

SUBB : Menghasilkan sebuah *source operand* yang kedua dari pengurangan *operand* yang pertama (ACC). Mengurangi satu jika *carry flag set* dan hasilnya disimpan di *operand*.

DEC : Operasi pengurangan 1 dari *operand source* dan hasilnya disimpan di *operand*.

3. Perkalian

MUL : Menghasilkan perkalian antara register A dengan register B sehingga menghasilkan *double byte*. Register A adalah byte terendah sedangkan register B adalah *byte* tertinggi.

4. Pembagian

DIV : Operasi pembagian antara register A dengan register B, hasil untuk nilai bulat disimpan di register A dan sisa pembagian disimpan di register B.

2. Instruksi Logika

Instruksi-instruksi logika ada dua jenis, yaitu :

1. Operasi satu *operand*

CLR : Digunakan untuk mengubah isi register A, atau bit pengalamatan langsung menjadi nol.

SETB : Digunakan untuk mengubah bit dari 0 menjadi 1.

CPL : Membentuk *complement* 1 dari *operand* dalam register A dan hasilnya disimpan di register A. Operasi ini dapat digunakan pada bit pengalamatan langsung.

RL, RLC, RR, dan SWAP : Merupakan instruksi-instruksi pemutaran yang dapat dilakukan di register A.

2. Operasi dua *operand*

ANL : Operasi logika dari dua buah *source operand* dan hasilnya disimpan pada *operand* pertama. ANL merupakan logika dari AND.

ORL : Operasi logika dari dua buah *source operand* dan hasilnya disimpan pada *operand* pertama. ORL merupakan logika dari OR.

XRL : Operasi Boolean dengan logika XOR.

3. Instruksi Perpindahan Data

Instruksi-instruksi aritmatika ada tiga jenis, yaitu :

2. Perpindahan data dengan tujuan umum

MOV : Operasi perpindahan data 1 bit atau 1 byte dari operang sumber ke operand tujuan.

3. Perpindahan khusus akumulator

MOVC : Operasi perpindahan data 1 byte dari program memori (*data pointer* atau *program counter*) ke register A.

MOVX : Operasi perpindahan data 1 byte dari memori (RAM) eksternal.

XCH : Operasi penukaran *byte source operand* dengan register A.

XCHD : Operasi penukaran *low order nibble* dari *source operand* dengan *low order nibble* dari register A.

4. Perpindahan objek alamat

MOV DPTR,#data : Mengambil satu byte data secara langsung sepasang register tujuan yaitu DPH dan DPL.

4. Instruksi Lompatan

Instruksi-instruksi lompatan ada dua jenis, yaitu :

1. Instruksi Lompatan Bersyarat

CJNE : Instruksi ini membandingkan isi register atau isi memori dengan data. Bila sama, menuju ke instruksi berikutnya. Bila tidak sama, menuju ke label yang ditunjuk.

DJNZ : Instruksi ini mengurangi isi register atau memori dengan satu. Bila sudah nol, menuju ke instruksi berikutnya. Bila belum nol, menuju ke label yang ditunjuk.

JB : Instruksi ini menguji suatu alamat bit. Bila isinya 1, menuju ke label yang ditunjuk. Bila isinya 0, menuju ke instruksi berikutnya.

JBC : Instruksi ini menguji suatu alamat bit. Bila isinya 1, bit tersebut akan di-*clear* dan menuju ke label yang ditunjuk. Bila isinya 0, menuju ke instruksi berikutnya.

JC : Instruksi ini menguji *carry flag*. Bila isinya 1, menuju ke label yang ditunjuk. Bila isinya 0, menuju ke instruksi berikutnya.

JNB : Instruksi ini menguji suatu alamat bit. Bila isinya 0, menuju ke label yang ditunjuk. Bila isinya 1, menuju ke instruksi berikutnya.

JNC : Instruksi ini menguji *carry flag*. Bila isinya 0, menuju ke label yang ditunjuk. Bila isinya 1, menuju ke instruksi berikutnya.

JNZ : Instruksi ini menguji akumulator. Bila isinya 0, menuju ke label yang ditunjuk. Bila isinya 1, menuju ke instruksi berikutnya.

JZ : Instruksi ini menguji akumulator. Bila isinya 1, menuju ke label yang ditunjuk. Bila isinya 0, menuju ke instruksi berikutnya.

2. Instruksi Lompatan Tidak Bersyarat

SJMP : Instruksi ini mengeksekusi label yang ditunjuk

CALL : Instruksi ini memanggil subrutin dari label yang ditunjuk

RET : Instruksi ini mengembalikan alur program ke label terakhir saat subrutin dipanggil.

RETI : Instruksi ini mengembalikan alur program dari pelayanan interupsi

NOP : Instruksi ini tidak melakukan apapun selama satu siklus.

Lampiran 5 : Program Assembly

```
#include <sfr51.inc>
    org 0
    dispCode equ p0
    dispStatus equ p1
    simID equ p2
    simStatus1 bit p3.0
    simStatus2 bit p3.1
    release1 bit p3.2
    release2 bit p3.3
    hijau bit p3.4
    merah bit p3.5
    tone bit p3.7

mulai: mov a,#0ffh
    mov dispcode,a
    mov dispStatus,a
    mov p3,#11001111b
    mov a,simID
    cjne a,#10110110b,mulai

ceka: jnb release1,ofhk ;tombol release
    sjmp ceka

ofhk: mov r3,#25

ofhk1: mov A,#10h ;kode nada sambung
    mov dispcode,a
    clr tone ;nada sambung
    setb merah ;LED kelap-kelip tanda ID1 is OK
    acall delay1
    clr merah
    acall delay1

cekt: jnb release1,mulai

id2: mov a,simID
    cjne a,#10101110b,ulang

blink1:
    setb merah
    acall delay1
    clr merah
    acall delay1
    sjmp cekb

ulang: djnz r3,ofhk1
```



```

    ajmp  sibuk2

cekb: jnb  release2,ofhk2

blink11:
    setb  merah
    acall delay1
    clr   merah
    acall delay1
    sjmp  cekb

ofhk2: clr   a                ;
    mov  dispStatus,#0f0h    ;0, status kondisi siap
    mov  dispcode,#10h      ;kode nada sambung
    clr  tone                ;masih tetap nada sambung
    setb merah              ;LED menyala tanda ID2 is OK

busytst:
    mov  r4,#5
    mov  r5,#4
    setb simStatus1
    setb simStatus2
    jnb  simStatus1,idle
    jnb  simStatus2,sibuk
    sjmp busytst

sibuk:
    mov  dispcode,#11h      ;kode nada sibuk
    mov  dispStatus,#0f1h   ;status sibuk
    setb tone                ;nada sibuk
    acall delay1
    mov  dispcode,#0ffh
    clr  tone
    acall delay1

cekaa: jnb  release1,mulai
    sjmp  sibuk

idle:
    mov  dispcode,#12h      ;kode nada tidak sibuk
    mov  dispStatus,#0f2h   ;status tidak sibuk
    setb tone                ;nada panggil
    acall delay
    clr  tone
    acall delayi

cekb2:
    jnb  release2,terima

```

```

djnz  r4,idle
sjmp  blink2
jnb   release1,mulailagi
sjmp  cekb2

```

terima:

```

acall  delay1
mov    dispcode,#0ffh
mov    dispStatus,#0f4h    ;status sedang bicara
setb   tone                ;nada berhenti
setb   hijau
setb   merah
acall  delay
ceka3: jnb  release1,mulailagi
       jnb  release2,mulailagi
       sjmp terima
       sjmp ceka3

```

mulailagi:

```

ljmp  mulai
sjmp  mulailagi

```

blink2:

```

mov    dispcode,#00h    ;kode nada blink
mov    dispStatus,#0f3h ;status tidak diangkat/direspon
setb   tone
acall  delaysi
Mov    dispcode,#0ffh
clr    tone
acall  delaysi
djnz  r5,blink2        ;nada ngeblink ketika td ada respon nada pgl
mov    dispcode,#00h
setb   tone
acall  delay

```

```

ceka4: jnb  release1,mulailagi
       ajmp ceka4
       sjmp mulailagi

```

sibuk2:

```

mov    dispcode,#00h    ;kode nada sibuk
mov    dispStatus,#0f5h ;status si pelanggan tidak menekan nomer
tujuan
setb   tone            ;nada sibuk
acall  delay1
clr    tone

```

```

        mov    dispcode,#0ffh
        acall delay1

cekad: jnb    release1,mulailagi
        sjmp   sibuk2
        sjmp   cekad

delay1: mov    r2,#3
loop:   djnz   r0,loop
        djnz   r1,loop
        djnz   r2,loop
        ret

delayi: mov    r2,#8
deli:   djnz   r0,deli
        djnz   r1,deli
        djnz   r2,deli
        ret

delay:  mov    r2,#18
loop2:  djnz   r0,loop2
        djnz   r1,loop2
        djnz   r2,loop2
        ret

delaysi:mov   r2,#1
delsi:  djnz   r0,delsi
        djnz   r1,delsi
        djnz   r2,delsi
        ret
        end

```

Lampiran 6 : Foto Rancang Bangun Pengendali Penanganan Pelanggan

