

**SISTEM KENDALI DAN MONITORING
BEBAN-BEBAN LISTRIK RUMAH BERBASIS
*POWER LINE COMUNICATION (PLC)***

Tesis S-2

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-2

Program Magister Teknik Elektro



Diajukan oleh
Teguh Yuwono
MTE11080049

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2014**

TESIS
SISTEM KENDALI DAN MONITORING
BEBAN-BEBAN LISTRIK RUMAH BERBASIS
POWER LINE COMUNICATION (PLC)

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Teguh Yuwono

MTE11080049

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

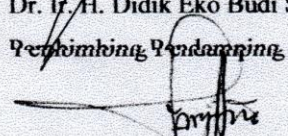
Pada tanggal 03 Oktober 2014

Susunan Dewan Penguji

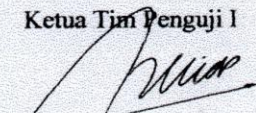
Pembimbing Utama


Dr. Ir. H. Didik Eko Budi Santoso, MT.

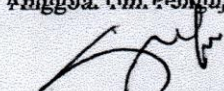
Pembimbing Pendamping


Agus Suprajitno, ST., MT.

Ketua Tim Penguji I


Dr. Hj. Sri Artini Dwi P., M.Si.

Anggota Tim Penguji II


Ir. H. Sukarno Budi Utomo, MT.

Anggota Tim Penguji III

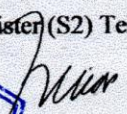

Sustanul Arifin, ST., MT.

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Tanggal 03 Oktober 2014

Ka. Prodi Magister (S2) Teknik Elektro




Dr. Hj. Sri Artini Dwi P., M.Si.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 03 Oktober 2014

Penulis

Teguh Yuwono

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul Sistem Kendali Dan Monitoring Beban-Beban Listrik Rumah Berbais *Power Line Comunication* (PLC).

Penulisan tesis ini dapat selesai tidak lepas dari adanya dukungan dan dorongan oleh banyak pihak terkait yang telah membantu dengan tulus ikhlas, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan banyak terima kasih, terutama kepada :

1. Ibu Dr. H. Sri Artini Dwi Puji, Msi., selaku Ketua Dekan Program Studi Magister Teknik Elektro Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang, yang telah memberikan arahan dan motivasi serta bimbingan yang sangat bermanfaat dalam penulisan tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. H Muhammad Haddin, MT., selaku koordinator tesis, yang telah memberikan semangat dan dorongan moral hingga terselesainya tesis ini dari awal hingga akhir.
3. Bapak Dr. Ir. H. Didik Eko Budi Santoso, MT., selaku pembimbing Utama, yang telah banyak memberikan saran dan masukan demi kelengkapan penulisan dan isi dari tesis ini.
4. Bapak Agus Suprayitno ST.MT., selaku Dosen Pembimbing Pendamping, yang telah memberikan arahan dan bimbingan yang sangat bermanfaat dalam penulisan tesis ini.
5. Bapak/Ibu Dosen di Program Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memeberikan banyak ilmu selama kuliah.
6. Istri tercinta, Siti Istiqomah dan putri pertama, Ulfah Khairunnisa, atas ketulusan kasih sayang dan kesabaran yang menjadikan semangat selama ini.
7. Rekan-rekan di Program Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

8. Segenap karyawan Administrasi dan perpustakaan yang telah memberikan bantuan, perhatian dan kemudahan selama menjalani kuliah dan penulisan tesis ini.
9. Pihak-pihak lain yang ikut serta memberikan bantuan dan dorongan baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis membuka seluas-luasnya kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan tesis ini nantinya.

Akhir kata, permohonan maaf penulis ucapkan apabila dalam penulisan tesis ini masih ada kekurangan dan semoga dapat memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Semarang, 03 September 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAKSI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Keaslian Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Power Line Communication	7
2.2 Modulasi dan Demodulasi (MODEM)	8
2.2.1 Modulasi Digital FSK	8
2.2.2 Demodulasi Digital FSK	9
2.3 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>) dan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	9
2.4 Komunikasi Data	10
2.5 Daya Listrik	10
2.6 Tarif Daya Listrik	10
2.7 Rumus-Rumus Dalam Ekonomi Teknik	12

2.7.1 <i>Present Worth</i> (P)	12
2.7.2 <i>Annual Worth</i> (A)	13
2.7.3 <i>Future Worth</i> (F)	14
2.7.4 <i>Present Value</i> (P).....	14
2.7.5 Analisa Rasio Manfaat Biaya <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	15
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Rancangan Unit Sistem Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	16
3.1.1 Beban-Beban Peralatan Listrik Dan Elektronika	17
3.1.2 Power Suplay	18
3.1.3 Sensor-Sensor Beban	18
3.1.4 <i>Integrated Circuit</i> (IC) LM1893.....	19
3.1.5 Mikrokontroler	21
3.1.6 TRIAC BT136 dan MC301	21
3.1.7 Unit Komputer (PC)	22
3.1.8 Rancangan Perangkat Unit Komunikasi Data	22
3.2 Rancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	23
3.2.1 Perangkat Lunak AVR Untuk Mikrokontroler	23
3.2.2 Perangkat Lunak (<i>Software</i>) Delphi7 Untuk PC	24
3.3 Rancangan Keseluruhan Perangkat Unit PLC.....	25
3.4 Obyek Dan Metode Penelitian Sistem	28
3.4.1 Tempat Penelitian Fungsi Sistem	28
3.4.2 Ujicoba Waktu Fungsi Sistem	29
3.4.3 Pengujian Terhadap Jarak Antara MODEM M1 Dan M2	29
3.4.4 Metode Proses Sistem Pengiriman Dan Penerimaan Data.....	30
3.5 Rancangan Perhitungan Investasi Produk	32
3.5.1 Nilai Investasi Produk	32
3.5.2 Biaya Estimasi Produk (BEP) Berdasarkan Nilai Ekonomi Teknik	33
3.6. Perhitungan Biaya Pemakaian Daya Listrik.....	35
3.6.1 Estimasi Biaya Pemakaian Listrik Setiap Bulan Sebelum Menggunakan Produk	35

3.6.2 Estimasi Biaya Pemakaian Listrik Setiap Bulan Setelah Menggunakan Produk	38
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	41
4.1 Hasil Rancangan Perangkat Keras Unit Sistem PLC	41
4.1.1 Hasil Rancangan Unit <i>Power Suplay</i> (PS)	41
4.1.2 Hasil Rancangan Sensor-Sensor Beban Listrik	42
4.1.3 Pengujian Dan Analisa <i>Integrated Circuit</i> (IC) LM1893... ..	42
4.1.4 Pengujian Dan Analisa Hasil Unit Mikrokontroller	43
4.1.5 Pengujian Dan Hasil Rancangan Perangkat Unit Komunikasi Data	43
4.1.6 Pengujian Komunikasi Mikrokontroler Dengan PC Melalui RS232	44
4.1.7 Hasil Rancangan Perangkat Lunak Delphi7 Untuk PC	45
4.2 Pengujian Keseluruhan Sistem Kendali Dan Monitoring	46
4.2.1 Pengujian Sensor Arus	54
4.2.2 Pengujian Fungsi Modulator	54
4.2.3 Pengujian Tegangan, Arus, Daya Untuk Tampilan Delphi7. ..	56
4.3 Perhitungan Nilai Ekonomi Biaya Penghematan Setelah Menggunakan Fungsi Produk PLC	56
4.3.1 Estimasi Biaya Berdasarkan Nilai Uang <i>Annual Worth</i> (A) ..	57
4.3.2 Estimasi Biaya Berdasarkan Nilai Uang <i>Future Worth</i> (F).. ..	57
4.3.3 Estimasi Biaya Berdasarkan Nilai Uang <i>Present Worth</i> (A) ..	57
4.3.4 Estimasi Biaya Berdasarkan Nilai Uang <i>Present Value</i> (PV) ..	57
4.4 Estimasi Biaya Nilai PV(<i>benefit</i>) Penghematan Biaya	58
4.5 Hasil Analisa Rasio Manfaat Biaya (<i>Benefit Cost Ratio</i>).....	58
BAB V PENUTUP	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran-saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel 3.4.3	Cara pengujian respon terhadap jarak M1 dan M2	30
Tabel 3.4.4	Data karakter dan frekuensi untuk beban ON	31
Tabel 3.4.5	Data karakter dan frekuensi untuk beban OFF	32
Tabel 3.5.1	Daftar rincian biaya peralatan unit PLC	33
Tabel 3.5.2	Data biaya estimasi investasi produk berdasarkan nilai ekonomi teknik	35
Tabel 3.6.1	Daftar nilai faktor daya beban-beban Listrik	36
Tabel 3.6.2	Data estimasi jumlah pemakaian daya listrik setiap hari sebelum penggunaan produk PLC	36
Tabel 3.6.3	Simulasi hasil perhitungan biaya penggunaan listrik sebelum menggunakan produk PLC	37
Tabel 3.6.4	Data estimasi jumlah pemakaian daya listrik setiap hari setelah penggunaan produk PLC	38
Tabel 3.6.5	Simulasi hasil perhitungan biaya penggunaan Listrik Setelah Menggunakan Sistem Produk PLC	39
Tabel 3.6.6	Perbandingan hasil estimasi perhitungan biaya listrik setiap bulan Sebelum dan setelah menggunakan Produk PLC.....	40
Tabel 4.2.2	Data hasil pengukuran respon berdasarkan jarak M1 dan M2...	55
Tabel 4.2.3	Data karakter dan frekuensi untuk beban ON	55
Tabel 4.3.1	Data perhitungan hasil nilai penghematan biaya listrik dari PLC	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram blok secara keseluruhan meliputi devais transmitter dan devais receiver yang terhubung dengan jala-jala listrik	8
Gambar 3.1	Beban-beban listrik dalam rumah tangga.....	17
Gambar 3.2	Rancangan rangkaian Unit sistem PS	18
Gambar 3.3	Rangkaian layout PCB dan fisik ACS712	19
Gambar 3.4	Bentuk fisik IC LM1893 dan keterangan PIN IC	20
Gambar 3.5	Rangkaian komponen elektronika sebagai MODEM PLC	20
Gambar 3.6	Rancangan layout PCB.....	20
Gambar 3.7	Bentuk Fisik Dan PIN IC Mikrokontroler ATMEGA8L.....	21
Gambar 3.8	Rangkaian Komponen Pendukung Mikrokontroler ATMEGA8L	21
Gambar 3.9	TRIAC BT136 dan Relay MOC3011	22
Gambar 3.10	Rangkaian TRIAC BT136 Dan Relay MOC3011	22
Gambar 3.11	Rangkaian RS232 (unit RS232 to USB)	23
Gambar 3.12	Rancangan blok diagram proses unit mikrokontroller	23
Gambar 3.13	Rancangan tampilan software dan bentuk source code bahasa program Code Vision AVR2.05.3	24
Gambar 3.14	Rancangan proses unit master MODEM ke PC	25
Gambar 3.15	Rancangan tampilan software Delphi 7	25
Gambar 3.16	Diagram alir proses kerja keseluruhan peralatan PLC	26
Gambar 3.17	Blok diagram proses dan prinsip kerja keseluruhan sistem PLC	27
Gambar 3.18	Denah rumah dan instalasi listrik tempat penelitian	28
Gambar 3.19	Pengujian terhadap Jarak MODEM M1 dan M2	29
Gambar 4.1	Unit sistem PS untuk PLC.....	41
Gambar 4.2	Hasil rancangan rangkaian PCB Unit I/O Beban-Beban Listrik	42
Gambar 4.3	<i>Source code</i> program untuk seting baudrate di	

mikrokontroler	43
Gambar 4.4 Unit MODEM primary M1 ke RS232.....	44
Gambar 4.5 Hasil unit sistem primary MODEM PLC	44
Gambar 4.6 Source code mikrokontroler dengan PC melalui RS232	45
Gambar 4.7 Hasil Rancangan Tampilan Sistem PLC	45
Gambar 4.8 Bentuk data karakter sinyal pada kondisi sistem PLC belum bekerja	46
Gambar 4.9 Aplikasi <i>software</i> dalam keadaan Modem M1 dan M2 Terkoneksi	48
Gambar 4.10 Bentuk karakter sinyal setelah Modem M1 dan M2 terkoneksi	48
Gambar 4.11 Tampilan software beban 1 sebagai input dalam keadaan ON`	49
Gambar 4.12 Bentuk karakter sinyal setelah beban 1 dalam keadaan ON ...	45
Gambar 4.13 Respon LED untuk Beban 1 unit Mikrokontroller	46
Gambar 4.14 Tampilan software beban 2 sebagai input dalam keadaan ON	51
Gambar 4.1.5 Bentuk karakter berupa sinyal setelah beban 2 dalam keadaan ON	52
Gambar 4.1.6 Respon LED untuk beban 2 unit Mikrokontroller	52
Gambar 4.1.8 Bentuk karakter sinyal setelah beban 3 keadaan ON	53
Gambar 4.19 Respon LED untuk beban 3 unit mikrokontroler	54
Gambar 4.20 Tampilan untuk display Arus, Tegangan dan Daya	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peraturan Menteri SDM tentang TDL 2014	62
Lampiran 2 Data sheet Toko Amerika	63
Lampiran 3 Data Repelita	64
Lampiran 4 Lembar Listing Program AVR Codevision	65
Lampiran 5 Lembar Listing Program Delphi 7	74
Lampiran 6 Gambar instalasi Produk PLC Pada Beban-beban Listrik.....	81

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Cos ϕ	=	Faktor daya
Ω	=	Ohm (satuan nilai hambatan)
μF	=	mikro Farad
Volt (V)	=	Satuan tegangan listrik
Ampere (I)	=	Satuan arus listrik
Watt (P)	=	Satuan daya listrik
MODEM	=	Modulasi dan Demodulasi
Nilai BCR	=	<i>Benefit Cost Ratio</i>
Nilai PV	=	<i>Present Value</i>
Nilai A	=	<i>Annual Worth</i>
Nilai P	=	<i>Present Worth</i>
Nilai F	=	<i>Future Worth</i>
PLC	=	<i>Power Line Communication</i>
IC	=	<i>Integrated Circuit</i>
TDL	=	Tarif Dasar Listrik
BB	=	Biaya Beban
BA	=	Biaya Abodemen
Rp	=	Biaya pembayaran listrik tiap bulan
Bb	=	Biaya listrik sebelum penggunaan produk PLC
Ba	=	Biaya listrik sesudah penggunaan produk PLC
<i>Benefit</i>	=	Manfaat
<i>Cost</i>	=	Biaya
M1	=	Modem 1
M2	=	Modem 2
<i>Hardware</i>	=	Perangkat keras
<i>Software</i>	=	Perangkat lunak
LED	=	Light Emiting Diode

- TRIAC = Triode AC berfungsi sebagai relay ke beban-beban listrik AC
- MOC = Magnetic Optocoupler berfungsi sebagai driver sinyal pemicu ke TRIAC
- Unit *Master* = Unit peralatan utama berisi data-data informasi sebagai pengirim data *forward*
- Unit *Slave* = Unit peralatan pendukung berupa driver sebagai penerima dan pengirim data *replay*
- Data *forward* = Data informasi yang dikirimkan dari unit *master* ke unit *slave*
- Data *replay* = Data informasi yang diterima dari unit *slave* kembali ke unit *master*

ABSTRAKSI

Pemakaian beban-beban listrik dalam rumah tinggal akan menjadi lebih efektif dan efisien apabila terdapat suatu otomatisasi sistem kendali dan monitoring yang mengaturnya, sehingga penghematan listrik dapat terjadi pada semua peralatan listrik dan elektronika yang berpengaruh terhadap biaya pembayaran listrik setiap bulan serta umur pakai peralatan menjadi lebih panjang.

Dalam Tesis ini diterapkan sebuah metode rancangan sistem perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) dengan memanfaatkan Teknologi Power Line Communication (PLC). Rancangan produk peralatan PLC. Rancangan nilai ekonomis produk terhadap penghematan biaya listrik setiap bulan.

Produk unit PLC sebagai kendali dan monitoring beban-beban listrik rumah tinggal berbasis PLC yang berpengaruh terhadap penghematan biaya listrik setiap bulan sebesar 37%. Nilai manfaat Benefit Cost Ratio (BCR) sebesar 1,1 atau ($BCR > 1$).

Kata kunci : Penghematan, Rancangan Sistem, Produk PLC, Benefit Cost Ratio (BCR).

ABSTRACT

The use of electrical loads in the residence would be more effective and efficient if there is an automation control and monitoring systems that govern them, thus saving electricity can occur on all electrical and electronic equipment that affect the cost of electricity payments every month and lifespan of equipment becomes more long.

In this thesis implemented a hardware system design method hardware and software by using Power Line Communication Technology (PLC). The design of PLC equipment products. The design of the economic value of the product to the electricity cost savings each month.

Product units PLC as the control and monitoring of electrical loads PLC-based residential affecting the electricity cost savings every month by 37%. Value of the benefit Benefit Cost Ratio (BCR) of 1.1 or (BCR > 1).

Keywords: Savings, System Design, Products PLC, Benefit Cost Ratio (BCR).