Desain Perancangan kwh meter Digital Berbasis Sistem SCADA pada Pelanggan Tegangan Menengah 20 KV di PT PLN (Persero) APJ Jember

H.R.B.Moch.Gozali
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Jember (UNEJ)
Jalan Slamet Riyadi 62 Jember.
email : rbm_gozali@yahoo.com

Abstrak—SCADA saat ini merupakan teknologi baru yang sangat handal untuk diaplikasikan sebagai tele-metering. Perencanaan KWH Meter digital berbasis SCADA pada pelanggan tegangan menengah 20 kV ini dipilih pada PLN APJ Iember, dimana KWH Meter yang banyak digunakan saat ini adalah Landis & Gyr tipe ZMC405C. Namun perangkat tersebut dirasa kurang handal seiring dengan berkembangnya teknologi saat ini.. KWH Meter ZMD405CT menawarkan fitur yang lebih modern, efektif dan efisien untuk dapat digunakan PLN pada masa datang. Perancangan SCADA pada ZMD405CT tidak menggunakan banyak kabel, sehingga efisien dalam hal biaya. Sementara itu, perangkat lunak untuk akuisisi data harus seimbang dengan perangkat KWH meter yang akan digunakan, agar akurasi pengukuran energi listrik pada sisi pelanggan dapat terjamin.

Kata kunci : ***KWH Meter Digital 4 Kawat, SCADA, ZMC405C, ZMD405CT.***

Abstract-SCADA is a very powerful new technology to be applied as a tele-metering. Planning of Digital KWH Meter based on SCADA at 20 kV medium voltage customer is selected in the PLN APJ Jember, where KWH Meters are widely used today is the Landis & Gyr ZMC405C type. But it is less reliable devices along with the development of technology today.

KWH Meter ZMD405CT offers more features for modern, effective and efficient to be used by PLN in the future. Design of SCADA in ZMD405CT not use a lot of cable, so they are efficient in terms of cost. Meanwhile, software for data acquisition must be balanced with the KWH meter to be used, for electrical energy measurement accuracy on the customer side can be assured.

Keywords : ***Digital 4 Wire KWH Meter, SCADA, ZMC405C, ZMD405CT***

I. INTRODUKSI

Saat ini, sistem distribusi tenaga listrik berbasis SCADA telah menjelma menjadi sebuah sistem yang efektif dan dapat diandalkan. Perannya sangat vital sebagai sistem pengatur dan monitoring jaringan listrik, khususnya di wilayah padat penduduk dengan konsumsi energi listrik yang besar. Di wilayah provinsi Jawa Timur, yang saat ini telah menggunakan sistem SCADA pada jaringan distribusi tenaga listriknya.

Sebagai salah satu kabupaten di Indonesia dengan lokasi Agro industri yang ramai, Jember merupakan salah satu wilayah dengan kepadatan Agro industri terbesar di Jawa Timur. Dengan banyaknya industri yang ada di Jember, maka penyediaan tenaga listrik yang andal dan kontinu dalam segala aktivitas industri, perkantoran dan masyarakat mutlak diperlukan di kabupaten ini.

Dengan adanya pelanggan agro industri, maka tingkat pembacaan KWH Meter yang akurat diperlukan supaya timbul *customer satisfaction* (kepuasan konsumen). Dengan menggunakan KWH Meter digital yang dikontrol dengan SCADA, maka PLN dapat melihat energi KWH Meter yang terpakai setiap saat di Master Control. Namun demikian, perlu adanya suatu perancangan sistem yang efektif dan efisien seiring dengan perkembangan teknologi saat ini. Hal ini bertujuan agar terdapat sinkronisasi timbal balik antara *customer satisfaction* di sisi pelanggan dan efisiensi biaya (*benefit cost*) di sisi PLN.

II. LANDASAN TEORI

A. KWH Meter

KWH meter adalah alat yang digunakan oleh pihak PLN untuk menghitung besar pemakaian daya konsumen. Alat ini sangat umum dijumpai di masyarakat. Bagian utama dari sebuah KWH meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, piringan aluminium, magnet tetap yang tugasnya menetralkan piringan aluminium dari induksi medan magnet dan gear mekanik yang mencatat jumlah perputaran piringan aluminium.

Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium. Putaran piringan tersebut akan menggerakkan counter digit sebagai tampilan jumlah KWH.

Gambar 2. mengambarkan kepada kita bagaimana medan magnet memutar piringan alumunium. Arus listrik yang melalui kumparan arus mengalir sesuai dengan perubahan arus terhadap waktu. Hal ini menimbulkan adanya medan di permukaan kawat tembaga pada *koil* kumparan arus.

Kumparan tegangan membantu mengarahkan medan magnet agar menerpa permukaan alumunium sehingga terjadi suatu gesekan antara piringan alumunium dengan medan magnet disekelilingnya. Dengan demikian maka piringan tersebut mulai berputar dan kecepatan putarnya dipengaruhi oleh besar kecilnya arus listrik yang melalui kumparan arus.

B. Transformator

Ditinjau fungsi kerjanya, transformator diklasifikasikan atas:

- Transformator tenaga/daya
- Trasnformator distribusi
- Trasnformator instrumen, dimana dibagi dua lagi atas :
  - Transformator tegangan (Voltage Transformer)
  - Transformator arus (Current Transformer)

1) Transformator Instrument

Tujuan utama penggunaan trafo ini adalah untuk memperbesar range pengukuran dengan cara memperkecil arus / tegangan rangkaian listrik sehingga dapat terjangkau oleh range alat ukur.

Dalam transformator instrument terdapat beberapa ratio :

- Ratio transformasi nominal (K_n)

$$K_n = \frac{Arus\ primer\ seharusnya\ (I_1)}{Arus\ sekunder\ seharusnya\ (I_2)}$$

$$K_n = \frac{Tegangan\ primer\ seharusnya\ (V_1)}{Tegangan\ sekunder\ seharusnya\ (V_2)} \quad (2.18)$$

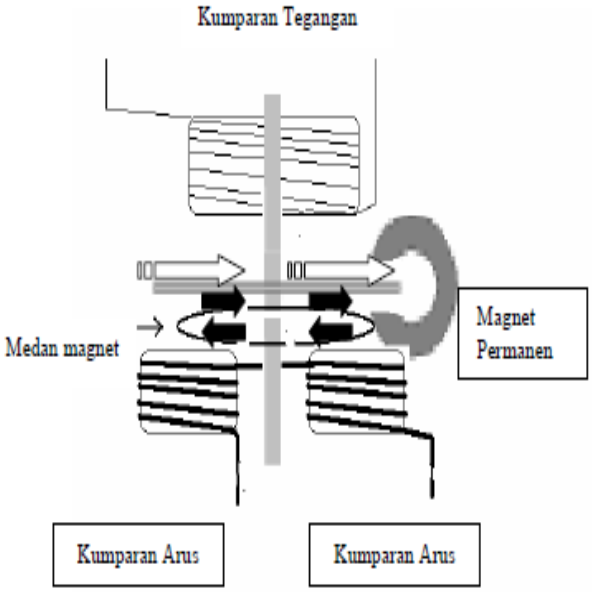
- Ratio transformasi aktual (k)

$$k = \frac{Arus\ primer\ (I_1)}{Arus\ sekunder\ yang\ ada\ (I_2)}$$

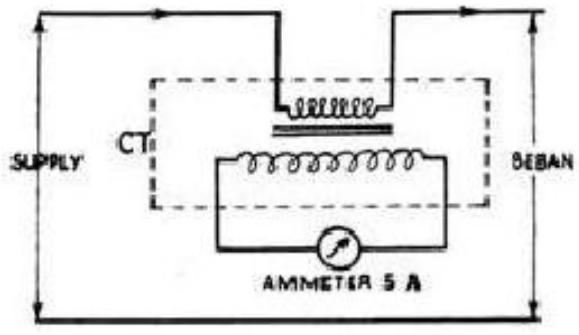
2) Transformator Arus

Dengan menggunakan trafo arus, dapat diperoleh data arus secara langsung tanpa pemutusan rangkaian pengukuran dan data arus yang diperoleh tidak perlu sama

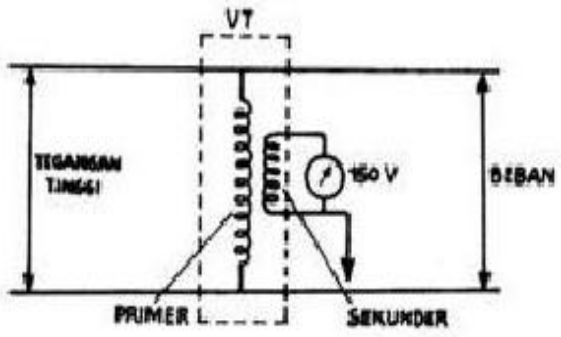
Gambar 1. KWH Meter Digital



Gambar 2. Magnet Pada KWH Meter



Gambar 3. Transformator Arus



Gambar 4. Transformator Tegangan

dengan harga arus yang sebenarnya yang diukur, cukup berdasarkan perbandingan transformasinya

3) Transformator Tegangan

Transformator tegangan atau Potential Trasnformer fungsi kerjanya sama dengan trafo arus, namun mentransformasikan harga tegangan (dari tegangan tinggi ke tegangan rendah) untuk menghindari resiko tegangan yang sangat tinggi dan untuk menghindari penggunaan alat ukur dengan dimensi dan rating tegangan yang tinggi.

C. SCADA

Sistem SCADA bertujuan untuk membantu perusahaan listrik mendapatkan sistem pengoperasian optimum sesuai dengan berbagai kenyataan kekurangan-kekurangan maupun segala kelebihan yang terdapat pada sistem tenaga listrik tersebut.

Fungsi-fungsi utama SCADA adalah sebagai berikut :

- Akuisisi data yang mana merupakan proses penerimaan data dari peralatan di lapangan.
- Konversi data, yang mana merupakan proses konversi data-data dari lapangan ke dalam format standar.
- Pemrosesan data, yang mana menganalisa data yang diterima untuk dilaporkan kepada operator.
- *Supervisory control*, yang memungkinkan operator untuk melakukan pengendalian pada peralatan-peralatan di lapangan.
- *Tagging*, yang memungkinkan operator untuk meletakkan informasi tertentu pada peralatan tertentu. Ini adalah sebagai alat bertukar informasi sesama operator atau pemakai sistem SCADA.
- Pemrosesan *alarm* dan *event*, yang menginformasikan kepada operator apabila ada perubahan di dalam sistem.
- *Post mortem review*, yang membantu menentukan akibat pada sistem jika ada gangguan besar pada jaringan.

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Surabaya Selatan, JL. Ngagel Timur 14 – 16 Surabaya.

B. Alat dan Bahan

- Satu unit komputer dengan Software Delphi 7.0.
- KWH Meter Digital 4 Kawat 3 Phase Tipe ZMC405C
- Kalkulator
- Koneksi kabel RS232/RS485

C. Metode Analisa Data

Untuk menganalisa besar faktor kali pada KWH meter masing-masing pelanggan, dibutuhkan data CT dan PT yang akan dihitung dengan persamaan berikut :

Faktor kali = Ratio CT x Ratio PT

Dengan : CT = Current transformer

PT = Potensial transformer

Potensial Trafo (PT) untuk pelanggan tegangan menengah :

$$20.000/_{100}$$

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Data KWH Meter Landis & Gyr ZMC405C

1) Kondisi Umum

- KWH ini merupakan solid state elektronik meter yang dirancang untuk memenuhi standar IEC 687 kelas 0.5 s untuk energi aktif dan standar IEC 1268 untuk energi reaktif yang digunakan sebagai meter yang dikoneksikan pada CT.
- Mempunyai kemampuan untuk melakukan *power quality analysis* dan mengukur *harmonics contents* sampai harmonisa ke 23 pada 4 kuadran daya.
- Mempunyai kemampuan untuk mendiagnosis *anti tempering* (anti pencurian listrik) dari koneksi yang salah atau illegal.
- Mempunyai kemampuan menyediakan data *real time* dan menampilkannya untuk semua phasa pada *power quality*, keadaan beban sama seperti diagnosa *anti tempering*.

2) Kondisi Operasi Listrik

- Digital Meter harus dioperasikan pada input supply dari 57,7 volt – 415 volt, 3 atau 4 *wire* dan 50 atau 60 Hz ± 5 Hz.
- Meter dapat mendeteksi tegangan jala-jala dan menampilkan tegangan phasa yang ada dan memberi *flicker* jika tegangan jala-jala yang terdeteksi berbeda dari nilai yang telah diprogram.
- Meter dapat beroperasi pada 2 atau 3 phasa *power supply input*.
- Kekuatan *insulation* paling kecil 4 kV dalam satu menit.
- Temperatur *ambient* pada saat operasi adalah -20 sampai 55 derajat

3) Meter enclosure

- Kemasan standar DIN.
- Enclosure perlindungan tingkatan : IP 52 IEC 529
- Penutup meter transparan terbuat dari *polycarbonate* tahan api.
- Berat meter keseluruhan tidak lebih dari 1,45 kg

4) Kinerja Meter Digital

- Konstanta meter : 10000 impulse/Kwh
- Tegangan input : 80 % - 115 % dari tegangan nominal
- Arus input nominal ke arus coil :5A
- *Thermal overload :* 10 A dalam 1 menit
- *Short circuit :* 20 x arus nominal input

5) LCD Display di Depan Meter

- Ukuran *layer* dari LCD 16x16 cm
- Dapat menampilkan nilai billing antara lain : KWH, KVARH, KW, KVA, ataupun MVA, MWH, MVRH

6) Port Komunikasi yang Terdapat di Depan Meter

- Optical port LED berfungsi untuk :
  - Pembacaan secara lokal atau untuk memprogram dengan menggunakan *optical interface* yang

dihubungkan para personal komputer yang mempunyai MS DOS kompatible.

- Kalibrasi dan mengecek akurasi meter.

- Port RS 232 untuk pembacaan lokal sama dengan pembacaan remote dan program lewat modem telfon.
- Kedua port diatas dapat bekerja dengan *band rate* sampai 9600 dengan *auto switch*.

7) Non-Volatile Memory (EEPROM)

Semua data billing tersimpan pada EEPROM selama tidak ada *power supply* untuk menghindari kehilangan data. Kapasitas memory ini tidak kurang dari 16 *kilobyte*.

8) Supercapacitor

Terdapat supercapacitor yang berkualitas tinggi untuk menyuplai memory RAM dan semua data yang lain sampai kurang lebih 3 jam selama tidak ada *power* AC 3 phasa. Selama keadaan tersebut tidak boleh ada data yang hilang

9) Battery Carry Over

Battery ini merupakan *Lithium* battery yang utama yang dapat mensupport jam *real time* dan *load profile*, sampai dengan 12 jam.

10) Load Profile / Data recorder

- Terdapat 15 kanal (*channel*) yang dapat digunakan untuk load profile dan data recording.
- Item-item untuk load profile dapat dipilih dan diprogram
- Panjang interval dapat diatur 1, 5, 15, 30 atau 60 menit.

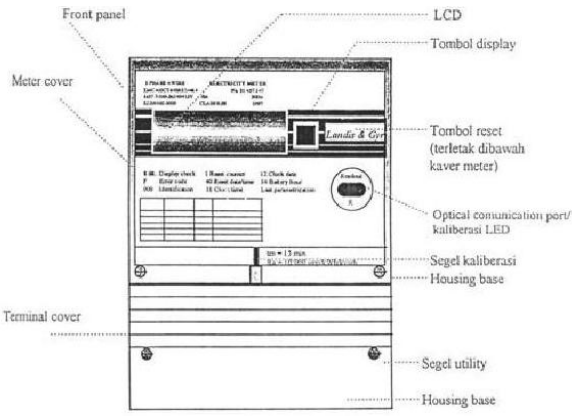
11) Diagnostics

- Diagnostics

  Nilai tegangan phasa, arus phasa, *line frequency*, *power factor* harus dapat ditampilkan di LCD, berfungsi seperti voltmeter, amperemeter, frekuensimeter serta power factor meter.
- Anti Tempering Diagnostics – Koneksi yang salah atau illegal

  Mendeteksi: Sekunder CT yang terhubung singkat, koneksi polarity yang salah, Tegangan phasa dan atau arus.
- Power Quality Diagnostics

  Mendeteksi : arah energi yang salah, beban phasa yang tidak seimbang, distorsi sudut phasa.



Gambar 5. Landis & Gyr ZMC405C

12) Real Time On Line Power Quality Analysis

- Meter dapat menyediakan informasi detail secara terus menerus untuk *power quality analysis* dengan menghasilkan diagram vektor 4 *power quadrant* yang menunjukkan aktivitas dari tiap-tiap phasa, arus dan tegangan dan juga sudut phasa.
- Meter juga dapat menyediakan nilai-nilai secara terus menerus:
  1. *Load in watt*
  2. Load in VA td (vectorial tanpa *harmonic content*)
  3. Load in VA rms (dengan *harmonic content*)
  4. *Distortion power* in VA
  5. *Reactive power* in VAR td (vectorial tanpa *harmonic content*)
  6. Power factor
  7. Distortion Power factor
  8. Ditambah item diagnostics untuk *diagnostics display* untuk amps, volt dan frequency

- Meter mampu mendeteksi *over* dan *under voltage* sesuai setting awal dan lama dalam detik dari tiap-tiap event.
- Semua informasi diatas dapat di *update* tiap detik.

13) Perangkat Lunak Pembaca dan Pemrogaman

- Software dapat digunakan pada komputer yang kompatible dengan sistem operasi minimum MS DOS versi 5 keatas.
- Software mempunyai proteksi password dan bersifat *user friendly*.
- Software remote reading kompatible dengan windows versi 3.1 dan windows 95 (minimum).
- Remote reading dapat dilakukan lewat modem telpon.

14) Setting Dari Pabrik

Seluruh meter digital ini tiba dengan program yang standar. Program standarnya adalah *demand interval* selama 15 menit. Dengan program ini, meter akan mengakumulasi data, termasuk kWh dan kW dalam kurun waktu 15 menit.

Gambar 6. Landis & Gyr ZMD405CT

15) Memprogram Meter Digital

Meter digital dapat diprogram dengan menggunakan DG1100 (Landys & Gyr Reader/*Programmer Software*) melalui kabel optical menggunakan *personal computer, MS-DOS based*

B. Data KWH Meter Landis & Gyr ZMD405CT

1) Karakteristik

- Dapat mencatat daya aktif, daya reaktif dan daya nyata serta dapat mencatat daya aktif yang di-import maupun di export.
- Data ditampilkan pada *Liquid Crystal Display* (LCD)
- Daya aktif dan daya reaktif per phasa serta nilai RMS dari tegangan dan arus dihitung oleh chip DSP (*Digital Signal Processing*)
- Ketelitian : Telah memenuhi standar IEC kelas 1 atau 0.5 S dan dengan ketelitian MID kelas B atau C untuk konsumsi daya aktif, sedangkan standar IEC kelas 1 untuk daya reaktif.
- Sistem pengukuran yang flexible melalui parameterisasi (Dapat mengubah variabel-variabel yang berbeda melalui software bawaan meter)
- Sistem pengukuran yang tepat, meskipun terjadi kesalahan koneksi saat terhubung dengan jaringan satu atau dua phase.
- Optical interface sesuai standar IEC 62056-21 untuk pembacaan data pengukuran
- Semua informasi pada meter dapat dibaca melalui media interface yangg tersedia. Informasi-informasi tersebut dapat dikomunikasikan ke PLN untuk dikontrol dari jarak jauh.
- Media interface yang tersedia antara lain : CS, RS232, RS485, Modem, dll yang dapat dimanfaatkan sebagai remote transmisi data (unit komunikasi).
- Terdapat kelengkapan power supply untuk komunikasi dengan meter jika sedang tidak terjadi proses pengukuran tegangan

C. Analisa KWH Meter Digital

1) Prinsip Kerja ZMC405C

a) Current Sensor

Diketahui bahwa tegangan masukan rangkaian memiliki range 56 – 240 V dan rangkaian resistor sebesar 1320270 Ω, maka dapat diketahui besarnya arus yang mengalir dengan rumus $I = \frac{V}{R}$

Jadi besarnya arus yang mengalir :

- Jika tegangan 58 V, $I = \frac{58}{1320270} = 44\ \mu A$
- Jika tegangan 240 V, $I = \frac{240}{1320270} = 181{,}78\ \mu A$

b) Voltage Divider

Dimisalkan tegangan masukan :

$U_n = 58$ V

Rangkaian pembagi tegangan : (4 x 330 kΩ) + 270 Ω = 1320270 Ω

Tegangan keluaran :

$$\frac{270}{1320270} x\ 58\ V = 0{,}01186\ V \approx 12\ mV$$

Jika tegangan masukan :

$U_n = 240$ V

Maka tegangan keluaran

$$U_n = \frac{270}{1320270} \times 240 = 0{,}04908\ V \approx 50mV$$

c) Analog to Digital Converter

Dari harga arus dan tegangan akan dicari harga dari :

- I^2
- U^2
- p = u . i
- q = u* . i
- tn

d) Signal Processing

Setelah menjadi harga digital, selanjutnya sinyal arus dan tegangan akan diproses lebih lanjut sehingga menghasilkan perhitungan :

- P1, P2, P3 (Daya aktif per phase) yang diperoleh dari P = U . I cos φ dengan satuan KW
- Q1, Q2, Q3 (Daya reaktif per phase) yang diperoleh dari Q = U. I sin φ dengan satuan kVAR
- UI^2, $U2^2$, $U3^2$ (kuadrat dari tegangan phase)
- $I1^2$, $I2^2$, $I3^2$ (kuadrat dari arus per phase)
- $T_{U1\text{-}U2}$ (waktu antara tegangan phase U1 dan U2)
- $T_{U1\text{-}U3}$ (waktu antara tegangan phase U1 dan U3)

Hasil perhitungan yang berupa daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) merupakan input bagi kalkulasi daya nyata. Daya nyata diperoleh dari :

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (VA)

Untuk perhitungan daya nyata total :

P = P1 + P2 + P3

Q = Q1 + Q2 + Q3

Untuk perhitungan daya nyata tiap phasa :

P = P1, P2, P3

Q = Q1, Q2, Q3

Dari hasil perhitungan daya aktif (P) dan daya reaktif (Q), dapat dilakukan perhitungan *power factor*.

$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S}$

Untuk masing-masing phase, perhitungan yang dilakukan adalah :

$\text{Cos } \varphi_1 = \frac{P_1}{S_1}$

$\text{Cos } \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2}$

$\text{Cos } \varphi_3 = \frac{P_3}{S_3}$

Untuk perhitungan *power factor* (Cos φ) total:

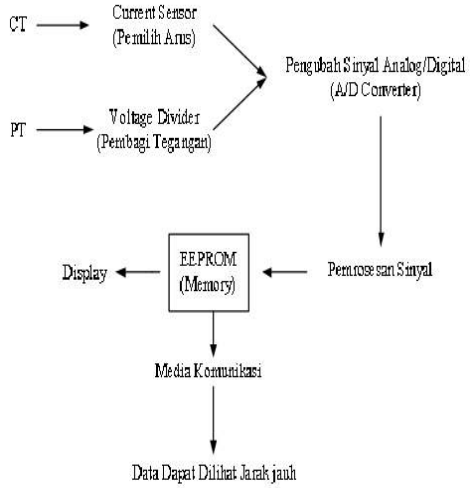
$\text{Cos } \varphi = \frac{\text{cos } \varphi 1 + \text{Cos } \varphi 2 + \text{Cos } \varphi 3}{3}$

e) EEPROM Memory

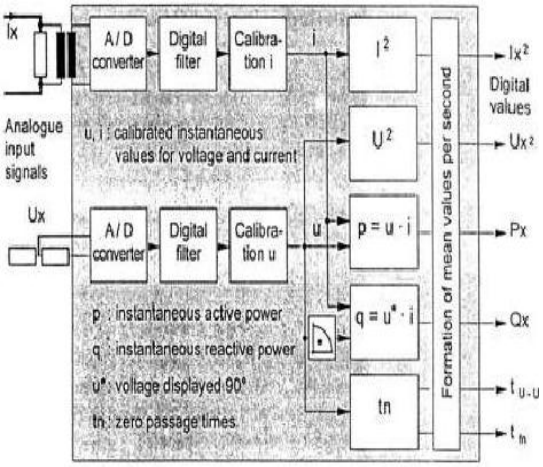
Harga-harga yang telah diukur sebelumnya dapat direkam dalam bagian-bagian sebagai berikut :

- Register energy
- Register total energy
- Register daya yang sedang mengalir (*P Running*)
- Register permintaan (*Demand register*)

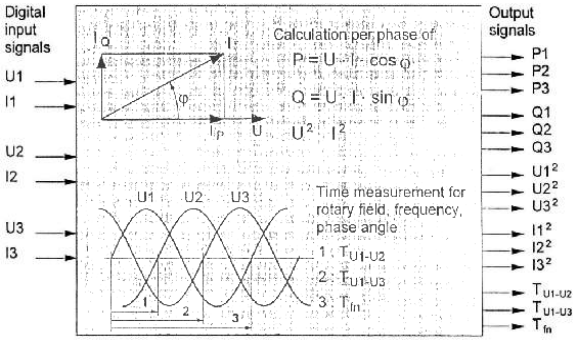
Perusahaan penyuplai energi (PLN) memiliki :



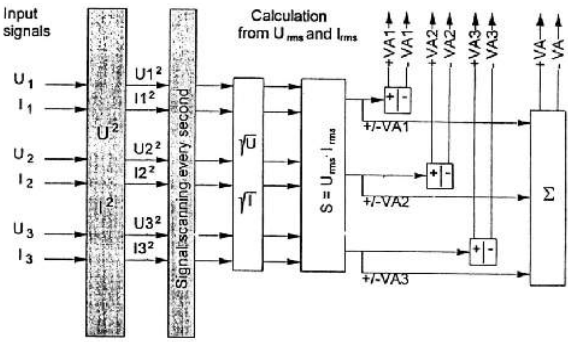
Gambar 7. Alur prinsip kerja ZMC405C berbasis SCADA



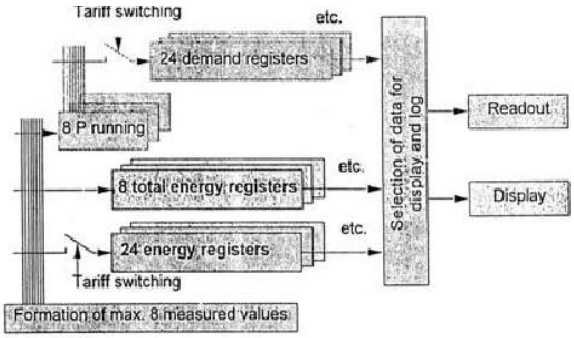
Gambar 8. Pengolahan menjadi data digital



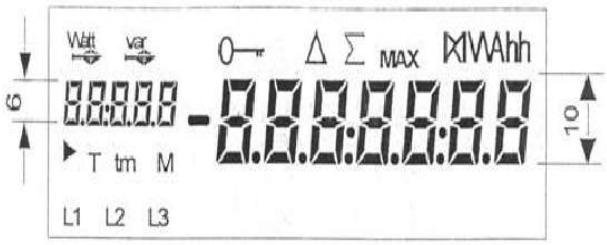
Gambar 9. Pemrosesan Sinyal



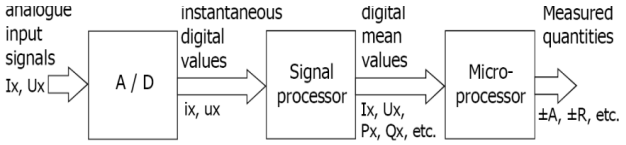
Gambar 10. Perhitungan Daya Nyata dari harga efektif U dan I



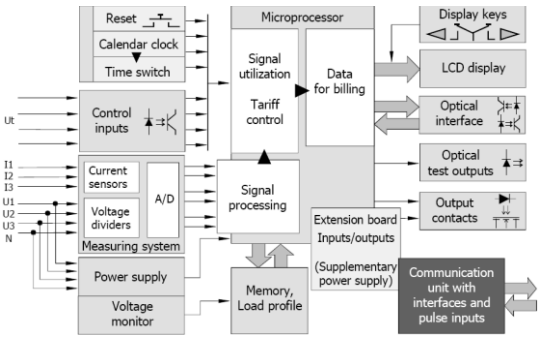
Gambar 11. Alur Penyimpanan Data EEPROM



Gambar 12. LCD Display



Gambar 13. Diagram Skematik Sistem Pengukuran



Gambar 14. Diagram Skematik ZMD405CT44.0007 S2

- 24 *energy register*
- 8 total *energy register*
- 8 register untuk *P running*
- 24 *demand register*

f) Papan Display LCD

Papan LCD ini terdiri dari beberapa bagian untuk menampilkan : arah energy, Reset data, identifikasi koneksi trafo, tampilan nilai kWh, kW, kVArh, kVAh dan nilai yang disimpan pada memori.

2) Prinsip Kerja ZMD405CT

Rangkaian input (pembagi tegangan dan sensor arus) mencatat tegangan dan arus masing-masing phasa. Lalu ADC (Analog to Digital converter) akan mengubah nilai-nilai tersebut dalam bentuk digital melalui tahapan kalibrasi ke signal processor (pengolah sinyal).

KWH Meter ini juga dapat mencatat jumlah dari tiga phase secara langsung. Juga sudut phase antara tegangan dan arus seperti sudut phase antara U1-U2 dan U1-U3. *Voltage divider* dapat menurunkan tegangan masukan U1, U2 dan U3 dari 240V sampai 58 V. Sedangkan CT (*Current trafo*) dapat menurunkan arus masukan I1, I2 dan I3 dari 10 A sampai 0A.

a) Jenis KWH Meter yang Akan Digunakan PLN

Meter dengan tipe ini merupakan :

- KWH Meter pada jaringan 3 phasa, 4 kawat (ZMD)
- Dioperasikan trafo sebagai tipe koneksinya (4)
- Standar IEC kelas 0.5 untuk daya aktif dan standar MID kelas C untuk konsumsi dayanya(05)
- Pengukuran yang dilakukan meliputi daya aktif dan reaktif (C)
- Konstruksi unit komunikasinya dapat diubah-ubah (T)
- Daya dan *demand rates* serta *internal rate* dikendalikan lewat tombol waktu (*time switch*) (44)
- Terdapat fungsi tambahan berupa *load profile* (xxx7)
- Generasi ke-2 untuk hardware dari KWH Meter jenis *Landis & Gyr* (S2)

D. *Analisa Perancangan dan Penerapan KWH Meter Berbasis SCADA di Pelanggan Tegangan Menengah*

1) Analisa Pemilihan CT Untuk Pelanggan Tegangan Menengah

Berikut ini akan dijabarkan perhitungan / analisa pemilihan CT untuk pelanggan tegangan menengah 20 kV di areal Jember dengan KWH Meter digital berbasis SCADA :

- PT. Mitra Tani

  P = 240 KVA

  V = 20 KV

  $I = \frac{P}{\sqrt{3}.\ V} = \frac{240\ KVA}{\sqrt{3}.\ 20\ kV} = 6.928\ A$

CT yang harus dipakai oleh PT. Abattoir Surya Jaya adalah 8 A, arus yang didapat dari hasil perhitungan adalah 6.928 A.

Faktor kali = ratio CT x ratio PT

$= {}^{8}/_{5} \times {}^{20.000}/_{100}$

= 320 kali

Kegunaan faktor kali yaitu jika KWH meter menunjukkan 10 KWH berarti penunjukan KWH sebenarnya adalah 10 KWH x 320 = 3200 KWH.

- PT. Jagung Krida

  P = 345 KVA

  V = 20 KV

  $I = \frac{P}{\sqrt{3}.\ V} = \frac{345\ KVA}{\sqrt{3}.\ 20\ kV} = 9.95\ A$

  CT = 10 A

  Faktor Kali = ${}^{10}/_{5} \times {}^{20.000}/_{100}$ = 400 kali

- PT. Tobacco Indonesia

  P = 345 KVA

  V = 20 KV

  $I = \frac{P}{\sqrt{3}.\ V} = \frac{345\ KVA}{\sqrt{3}.\ 20\ kV} = 9.95\ A$

  CT = 10 A

  Faktor Kali = ${}^{10}/_{5} \times {}^{20.000}/_{100}$ = 400 kali

- PT. Indomarco

  P = 555 KVA

  V = 20 KV

  $I = \frac{P}{\sqrt{3}.\ V} = \frac{555\ KVA}{\sqrt{3}.\ 20\ kV} = 16\ A$

  CT = 16 A

  Faktor Kali = ${}^{16}/_{5} \times {}^{20.000}/_{100}$ = 640 kali

- PT. Televisi Jember TV

  P = 275 KVA

  V = 20 KV

  $I = \frac{P}{\sqrt{3}.\ V} = \frac{275\ KVA}{\sqrt{3}.\ 20\ kV} = 7.9\ A$

  CT = 10 A

  Faktor Kali = ${}^{10}/_{5} \times {}^{20.000}/_{100}$ = 400 kali

- PT. P N XI Pabrik Gula

  P = 690 KVA

  V = 20 KV

  $I = \frac{P}{\sqrt{3}.\ V} = \frac{690\ KVA}{\sqrt{3}.\ 20\ kV} = 19.9\ A$

  CT = 20 A

  Faktor Kali = ${}^{20}/_{5} \times {}^{20.000}/_{100}$ = 800 kali

- PT. Plywood

  P = 555 KVA

  V = 20 KV

  $I = \frac{P}{\sqrt{3}.\ V} = \frac{555\ KVA}{\sqrt{3}.\ 20\ kV} = 16\ A$

  CT = 10 A

  Faktor Kali = ${}^{10}/_{5} \times {}^{20.000}/_{100}$ = 640 kali

- Sinar Concern S

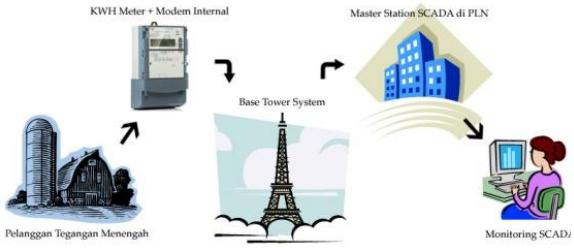
  P = 240 KVA

  V = 20 KV

  $I = \frac{P}{\sqrt{3}.\ V} = \frac{240\ KVA}{\sqrt{3}.\ 20\ kV} = 7\ A$

  CT = 8 A

Gambar 15. Skema Sistem KWH Meter Digital Berbasis SCADA



Gambar 16. Alur Monitoring Data KWH Meter dengan koneksi nirkabel.

Faktor Kali = $^{8}/_{5} \times {}^{20.000}/_{100}$ = 320 kali

2) Penerapan Sistem SCADA dengan KWH tipe ZMC405C

- Perencanaan KWH Meter berbasis SCADA bertujuan untuk mempermudah pemantauan dan pengontrolan konsumsi daya oleh pelanggan.
- Pada KWH Meter ZMC405C, Energi yang dikonsumsi dicatat oleh KWH Meter digital dan disimpan oleh EEPROM dalam bentuk data digital. Agar dapat dilihat dari jarak jauh, data digital tersebut dikirim dalam bentuk sinyal analog oleh modem yang berupa RTU.
- Media komunikasi yang digunakan dari KWH meter ke RTU bisa berupa *unshielded twisted pair cable* (UTP) *category 5e.* Sedangkan kabel fiber optic juga dapat digunakan untuk mentransmisikan data dari RTU ke master station PLN.
- Kabel UTP dipilih karena kemampuannya untuk mengirim data dengan rentang frekuensi antara 1 – 100 MHz.

3) Perangkat yang terhubung dengan sistem SCADA pada master staion

- Remote terminal unit (RTU)

  RTU berfungsi sebagai modem eksternal yang ditempatkan pada sisi pelanggan. *Remote Terminal Unit* ini berperan sebagai perangkat yang diperlukan *master staion* untuk mengakuisisi data
- Sistem perangkat lunak

  Perangkat lunak yang digunakan adalah perangkat lunak untuk keperluan supervisi dan pemantauan kinerja sistem baik terhadap perangkat keras maupun terhadap perangkat lunak lainnya. Perangkat tsb menampilkan data secara akurat dan real-time.
- Sistem perangkat keras

  Mencakup 3 fungsi utama : Akuisisi data, pemrosesan data dan Man machine interface (MMI).

4) Perancangan Sistem SCADA dengan KWH tipe ZMD405CT

KWH meter Tipe ZMD405CT merupakan *metering* pada jaringan 3 phasa, 4 kawat buatan Landis & Gyr yang dirancang khusus untuk menyempurnakan KWH Meter tipe sebelumnya. Dari segi pengukuran, KWH meter ini tidak jauh berbeda dengan tipe ZMC405C. Tetap menggunakan standar IEC kelas 0.5 untuk *metering* dayanya dan standar MID kelas C untuk konsumsi dayanya.

Namun perubahan paling fundamental ada di sisi konektivitasnya. Unit komunikasi pada ZMD405CT jauh lebih lengkap dan bersifat *user friendly.* Beberapa unit komunikasi tersebut antara lain : RS232, RS485 dan Modem internal. Jika pada KWH meter tipe sebelumnya (ZMC405C) unit komunikasinya mengandalkan RS232 ataupun RS485, maka KWH meter ini mempersilahkan pengguna untuk memilih perangkat komunikasinya sesuai keadaan pelanggan.

Diantara beberapa unit komunikasi pada ZMD405CT yang paling menguntungkan dari segi efektifitas dan efisiensi adalah modem internal. Dengan adanya modem internal, maka sistem pengukuran akan dapat dipantau secara lebih praktis karena modem internal ini dapat disisipi oleh sebuah SIM Card dengan jaringan GSM atau PSTN untuk berkomunikasi dengan master station.

Seperti diketahui, penggunaan SIM Card di Indonesia banyak dimanfaatkan pada industri telekomunikasi berbasis Handphone dan Internet. Oleh sebab itu, modem internal pada KWH meter ini dapat diisi SIM Card buatan provider komunikasi seperti : Indosat, Telkomsel, XL, 3, dll.

Atas dasar efektivitas dan efisiensi diatas, maka PLN APJ Surabaya Selatan berencana melakukan *upgrade* perangkat *metering* pada pelanggan tegangan menengah 20 kV dengan menggunakan KWH meter buatan *Landis & Gyr* tipe ZMD405CT44.0007 S2. Rencana ini mungkin akan direalisasikan oleh PLN pada kuartal kedua tahun depan.

5) Sistem SCADA menggunakan koneksi nirkabel (modem) pada ZMD405CT

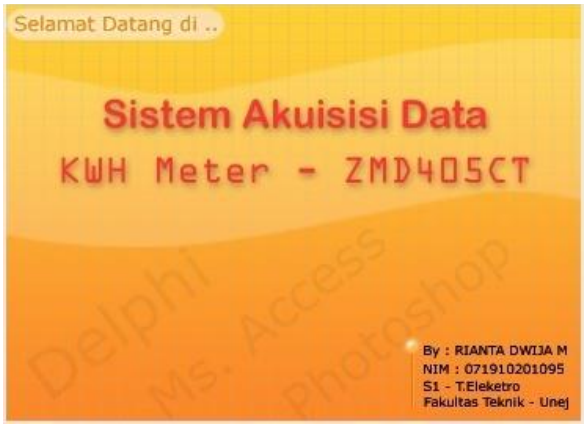
Dari sini dapat disimpulkan bahwa tiap-tiap KWH meter akan mempunyai nomor masing-masing yang dapat di *dial* dari master station PLN. Tidak seperti jaringan nirkabel umumnya, sistem ini tidak mempunyai range atau jarak tertentu untuk dapat di *dial.* PLN dapat melakukan proses akuisisi data tanpa perlu memikirkan jarak/posisi KWH tersebut dari master station. Karena selama terdapat BTS (tower) dari provider di sekitar situ, maka sejauh apapun jarak pelanggan tidak akan menjadi masalah.

6) Software Monitoring KWH Meter

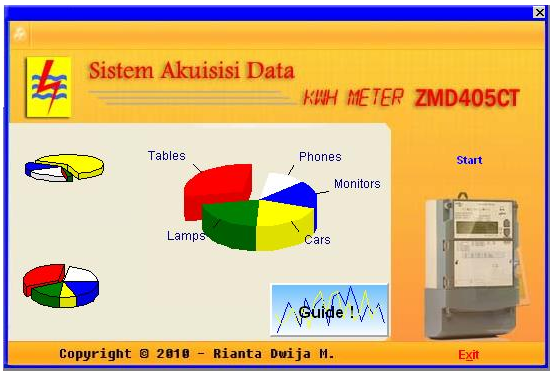
Software untuk monitoring KWH meter ZMD405CT dibuat dari bahasa *Delphi* dengan mensimulasikan setiap input dan output yang akan ditampilkan secara real time pada sisi master station PLN. Data yang tersimpan sementara pada EEPROM KWH meter akan ditampilkan melalui jalur komunikasi nirkabel oleh modem internal.

Data-data yang akan ditampilkan sesuai dengan parameter digital KWH meter, meliputi : Tegangan per phasa, Arus per phasa, Daya Aktif dan Daya Reaktif.

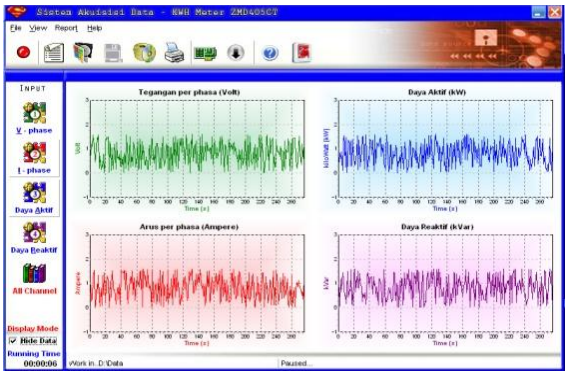
Gambar 17. Flowchart sistem akuisisi data



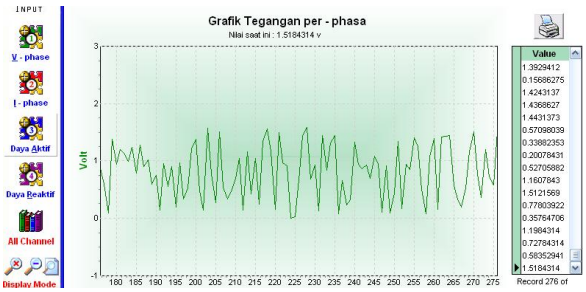
Gambar 18. Tampilan awal saat program di-*double click*



Gambar 19. Program siap dijalankan setelah validasi nomor SIM Card



Gambar 20. Tampilan program saat di-*running*



Gambar 21. Detail akuisisi data yang ditampilkan melalui grafik

Gambar 22. Pilihan menu untuk mencetak hasil akuisisi data

Operator dapat memantau performance masing-masing parameter tersebut lewat grafik yang ditampilkan secara real-time.

Sedangkan fasilitas yang terdapat pada software ini meliputi : *dialing number*, *recording data*, New Data, Open data, Save, Save As, Print, Statistik dan Input Channel. Tampilan awal saat Icon program di *double-click* akan tampak pada Gambar 18

Setelah kurang lebih lima detik, maka program awal akan terbuka dengan menyajikan sebuah form isian untuk *dialing number* yang ditujukan pada KWH meter pelanggan. Masing-masing pelanggan memiliki nomor *dial* tersendiri sesuai SIM Card yang terdapat pada modem internal KWH meter. Setelah memasukkan nomer *dial* KWH meter, maka program siap dijalankan.

Setelah menekan tombol *Start*, maka program utama akan tampil. Akan terdapat beberapa menu utama program yang terdapat di sebelah kiri atas. Klik *File* untuk menampilkan menu berupa : Record, New, Open, Save, Save As, Print dan Close. Sedangkan *View* berisi beberapa menu seperti : V-phase, I-phase, Daya Aktif, Daya Reaktif, All Channel dan Setting. *Report* hanya berisi menu Statistik Data.

Data yang terekam pada grafik merupakan data random yang hanya digunakan untuk sampling data. Proses eksekusinya menggunakan datasbase SQL, dan kemudian data tersebut di-*plot* untuk menjadi grafik secara real-time. Berikut ini merupakan listing program untuk me-*record* data :

```
  procedure
TFTChart.TWriteDataTimer(Sender:
TObject);
  begin
   ReadData;
   if        (PGraph.Visible)        or
(PAllGraph.Visible) then
    begin
     Running := True;
     QData.Close;
     with QData do
      begin
       SQL.Clear;
       SQL.Add('INSERT              INTO
''BufChartTable.db'' '+
               '
(Data_1,Data_2,Data_3,Data_4,   Tanggal,
Waktu) '+
               '                    VALUES
('''+FloatToStr(DataTime[1])+''', '+
               '
'''+FloatToStr(DataTime[2])+''', '+
               '
'''+FloatToStr(DataTime[3])+''', '+
               '
'''+FloatToStr(DataTime[4])+''', '+
               '
'''+FormatDateTime('MM/dd/yyyy',
Date)+''', '+
               '
'''+FormatDateTime('hh:mm:ss',
Time)+''')');
       ExecSQL;
       end;
     QChartTable.Refresh;
     QChartTable.Last;
     CreateGraphExecute(Sender);
    end;
  end;
```

Jika ingin melihat lebih jelas performance dari data yang akan diamati, maka klik icon menu yang terdapat input channel di sebelah kiri program. Grafik akan ditampilkan lebih detail dengan nilai (*Value*) yang terdapat di sebelah kanan grafik.

Data hasil akuisisi tersebut dapat disimpan, dibuka kembali ataupun dicetak. Penyimpanan data dapat dilakukan dengan membuat tabel pada database SQL dan menuliskan data tersebut pada tabel, sehingga data dapat dibuka kembali sewaktu-waktu.

```
  procedure
TFTChart.QSaveExecute(Sender: TObject);
  var
   FirstTable: integer;
   S: array[0..255] of Char;
  begin
  SetCurrentDir(FSettingChart.EWork.Text
);
   QSQL.DatabaseName:= GetCurrentDir;
   if Sender = BSaveAs1 then begin
    QSQL.Close;
    try
     with QSQL do begin
      SQL.Clear;
      SQL.Add('CREATE              TABLE
'''+FileSave+''' '+
              ' (Data_1 char (4), Data_2
char (4), '+
              '  Data_3 char (4), Data_4
char (4), '+
              '    Tanggal  Date,  Waktu
Time) ');
      ExecSQL;
      end;
```

Grafik dapat dicetak untuk dilakukan laporan terhadap unjuk kerja sistem KWH Meter yang sedang berjalan. Terdapat 3 pilihan menu untuk mencetak data, yaitu : mencetak data dan statistik data, mencetak data saja dan pilihan untuk hanya mencetak tampilan grafik.

Pada Borland Delphi 6.0, terdapat tool sederhana untuk membuat proses pencetakan data, yaitu dengan memanfaatkan *Quickreport*. Dengan tool tersebut, maka tampilan preview data sebelum dicetak dapat di edit dan dimanipulasi sesuai kebutuhan.

V. KESIMPULAN

1. Penggunaan modem internal pada ZMD405CT akan lebih efektif dan efisien dalam hal biaya dibanding menggunakan jalur komunikasi kabel. Namun demikian, jalur komunikasi kabel lebih handal dalam segi keamanan dibanding jalur komunikasi nirkabel.
2. KWH Meter digital yang digunakan adalah KWH meter digital 4 kawat dimana 3 kawat merupakan

masukan dari 3 CT dan 3 PT, merupakan phase (L1, L2, L3), dan kawat netral (N).

3. Perangkat KWH Meter yang saat ini digunakan PLN untuk memantau pelanggan industri dan bisnis dengan daya antara 240 KVA sampai dengan 690 KVA berbasis SCADA tipe ZMC405C.
4. Potensial transformer yang digunakan oleh pelanggan tegangan menengah yaitu : $\frac{20.000/\sqrt{3}}{100/\sqrt{3}}$
5. PLN APJ Jember menggunakan RTU sebagai modem external yang ditempatkan di sisi pelanggan pada KWH Meter ZMC405C.
6. Sistem SCADA untuk KWH Meter ZMC405C : Daya listrik yang dipakai oleh pelanggan akan dicatat pada EEPROM, lalu data tersebut di-download RTU yang berada pada sisi pelanggan. Kemudian RTU mengirim data via kabel ke RTU Branch dan setelah itu data di forward menuju master station PLN untuk dipantau.
7. Sedangkan desain SCADA untuk KWH Meter ZMD405CT menggunakan unit komunikasi berupa modem internal. Data pada EEPROM akan langsung di akuisisi oleh master station PLN melalui proses *dialing* data pada SIM Card. Data tersebut ditransmisikan secara nirkabel menggunakan BTS (Base Tower System) dan dapat dipantau secara *real-time* oleh PLN.
8. Perencanaan untuk menggunakan KWH meter tipe ZMD405CT sebagai pengganti ZMC405C berpotensi untuk menguntungkan PLN dari segi efektivitas dan efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Bonar Pandjaitan, Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik Berbasis SCADA rev.4, Jakarta : Prenhallindo 2006.

[2] Ir. M. Tabrani Machmudsyah. Seminar Kuliah Umum Manajemen Efisiensi Tenaga Listrik Ditinjau Dari Proses Pendistribusian Dan Penggunaan Oleh Beban Serta Penggunaan SCADA Sistem. Surabaya: 01 – 10 – 2008.

[3] Prof. Dr. Soedjana Sapiie & Dr. Osamu Nishino. *Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2000.

[4] Rumono B. Sunarto. Membangun sistem akuisisi data berbasis database dengan delphi. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2005.

[5] William D. Cooper. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1985.

[6] *ZMD405CT User Manual*. Landis & Gyr : 2009.