

Analisis Bad Measurement RTU Dengan Menggunakan State Estimasi

Muh. Rais

Fakultas Teknik dan Informatika
Universitas Patria Artha
muh.raisazisnawawi@gmail.com

Abstrak - Penelitian ini bertujuan menganalisis hasil pengukuran *Remote Terminal Unit* (RTU), dan Mendeteksi *bad measurement* pada bus. Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) Wilayah SULSEL pada Area Pengatur dan Pembagi Beban (AP2B). Data yang digunakan sebagai bahan analisis adalah data impedansi saluran, dan data hasil pengukuran RTU yang terdiri dari data bus, tegangan, injeksi MVAR dan data beban system Kelistrikan SULSELTRABAR. Berdasarkan hasil analisis state estimasi, terjadi bad measurement yang terjadi pada bus akan menyebabkan berkurangnya tingkat keandalan sistem. Kesalahan ukur atau bad measurement dapat disebabkan oleh putusya komunikasi dari GI ke control center atau tidak terkalibrasinya alat ukur yang ada di gardu induk. Sehingga terjadi kesalahan informasi pada control center.

Keywords: Sistem Monitoring, *Remote Terminal Unit*, State Estimasi

I. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan teknologi, dimana ketergantungan terhadap tenaga listrik semakin tinggi sedangkan dipihak lain tersedianya sumber daya alam yang semakin menipis, maka penelitian dan pengembangan baru dalam bidang kelistrikan, elektronika, telekomunikasi dan aplikasi komputer dalam sistem kelistrikan sudah semakin banyak dilaksanakan. Perkembangan dan kemajuan dalam bidang kelistrikan dan elektronika, cukup pesat. Salah satu diantaranya adalah dalam bidang pengelolaan sistem tenaga listrik mulai dari pembangkitan, transmisi, distribusi, pelayanan pelanggan hingga monitoring, yang utamanya ditujukan untuk memperoleh pengelolaan sistem yang aman, dengan mutu yang baik, tetapi dengan biaya yang efisien.

Sistem pengaturan tersebut berkembang mulai dari sistem pengaturan konvensional dimana setiap sub sistem seperti gardu induk memerlukan operator, kemudian dengan sistem pengaturan berbasis komputer agar sistem konvensional tersebut dapat dipantau dan diawasi secara terpusat dari jarak jauh, dan yang terakhir adalah sistem pengaturan yang

terintegrasi dimana sub sistem tidak memerlukan operator lagi yang berarti fungsi operator di ambil alih sepenuhnya oleh operator *control center*.

Salah satu fungsi pemantauan adalah untuk menganalisa *security* suatu sistem tenaga listrik yaitu dengan cara memantau besaran aliran daya dan tegangan-tegangan pada setiap bus. Dengan sederhana besaran-besaran pengukuran tersebut dapat dengan mudah dibandingkan dengan batas kemampuan dari elemen sistem tenaga listrik, dimana hasilnya dapat digunakan untuk mengantisipasi tindakan –tindakan yang perlu dilakukan sebelum gangguan-gangguan berkembang menjadi serius.

Namun dalam sistem pemantauan terdapat masalah terutama mengenai akurasi sistem pengukuran (*transducer*), kesalahan-kesalahan pengukuran sering terbaca secara alamiah pada rangkaian-rangkaian pengukuran maupun kesalahan-kesalahan yang terikut karena masalah komunikasi data.

Kesalahan-kesalahan yang lain yang mungkin timbul adalah hilangnya data-data pengukuran yang disebabkan putusya hubungan komunikasi antara *control center* dengan *remote terminal unit* yang menyebabkan hanya sebagian dari jaringan yang dapat dipantau oleh operator.

II. TEORI DASAR

Remote Terminal Unit adalah salah satu dari suatu sistem pengendalian tenaga listrik yang merupakan perangkat elektronik yang dapat diklasifikasikan sebagai perangkat cerdas. Biasanya ditempatkan di gardu-gardu induk maupun pusat pembangkit sebagai peralatan yang diperlukan oleh *control center* untuk mengakuisisi data-data rangkaian proses, untuk melakukan *remote control*, teleindikasi dan telemetering [1].

Pada prinsipnya RTU mempunyai fungsi-fungsi dasar sebagai berikut:

1. Mengakuisisi data-data analog maupun sinyal-sinyal indikasi.
2. Melakukan control buka/tutup kontak, naik/turun setting atau fungsi-fungsi set point lainnya.

3. Meneruskan hasil-hasil pengukuran (daya aktif, daya reaktif, frekuensi, arus, tegangan) dan sebagainya ke pusat pengendalian.
4. Melakukan komunikasi dengan pusat pengendalian.

Karena merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem pengendalian, maka RTU ini harus memiliki tingkat keandalan dan ketepatan (akurasi) yang tinggi, yang tidak boleh terpengaruh oleh gangguan-gangguan, misalnya noise, guncangan tegangan catu, dan sebagainya.

Fungsi-fungsi *remote terminal unit* antara lain:

- a. Sebagai perangkat pemroses sinyal, RTU dirancang untuk melakukan proses-proses sebagai perangkat pemroses pengiriman data ke pusat pengendalian sistem seperti:
 - Perubahan status peralatan gardu
 - Perubahan besaran-besaran analog
 - Perubahan besaran signal
 - Pembacaan harga-harga pulsa akumulator
 - Pembacaan besaran-besaran analog
- b. Memproses data-data perintah yang datang dari satu, dua atau tiga *control center*, mengirim data-data jawaban / hasil pengukuran / pemantauan ke pusat pengendali yang sesuai dengan yang telah ditetapkan.

Berdasarkan konfigurasinya maka suatu RTU pada dasarnya dapat menangani atau memproses fungsi-fungsi sebagai berikut:

- a. Akuisisi data *logic* (pensinyalan jarak jauh)
- b. Akuisisi data analog (pengukuran jarak jauh)
- c. Restitusi data *logic* (pengendalian jarak jauh)
- d. Akuisisi sinyal jarak jauh
- e. Pengaturan *set point*, *tap charger* (untuk *setting* transformator), pengaturan perputaran generator dan sebagainya.

RTU S900 digunakan di GI-GI dengan I/O yang lebih banyak. RTU S900 ini mempunyai beberapa kelebihan antara lain :

- RTU S900 selain bisa dipakai sebagai RTU simple atau satelit juga bisa di pakai sebagai RTU Concentrator.
- Kapasitas dan kemampuan RTU S900 lebih besar
- Mempunyai beberapa protocol sehingga memungkinkan apabila akan terjadi penggantian Master Station
- Bisa lebih menghemat line data apabila RTU S900 di jadikan RTU *Concentrator*

RTU S900 tersusun dari card-card yang memiliki fungsinya masing-masing. Card-card yang menyusun RTU terdiri dari :

- CPU 900 (Processing Unit)
- SAU 900 (Serial Asynchronous Unit)
- DAU 900 (Digital Acquisition Unit)
- DOU 900 (Digital Output Unit)
- ACU 900 (Analog to Digital Converter Unit)
- AAU 900 (Analog Acquisition Unit)
- PCU 900 (Power Converter Unit)

- Rack 900 (VME rack with Connected via Rear Panel connector)

Modul ini berfungsi sebagai pusat pengolah data dan sekaligus sebagai penyimpan Program dan Data, modul ini dilengkapi dengan :

- EEPROM 256 Kbytes
- Lampu led indikasi 9 buah
- Mikroprosesor 68020
- Secondary RAM 2/4 Mbytes
- Dua connector CCITT V24 (untuk loading data dan indikasi apabila loading sukses)
- Rangkaian Timer
- Rangkaian Calendar
- 1 buah *battery memory Lithium*
- Rangkaian *Watch Dog*
- VME interface

Modul ini juga sebagai pusat *down loading* program maupun data dengan bantuan komputer atau laptop dan memakai program *Procomm Plus*

Modul ini berfungsi sebagai *diffuser (interface)* antara RTU S900 ke Modem MD 50 untuk komunikasi dengan *Control Center*, modul ini dilengkapi dengan :

- 1 led untuk indikasi
- 4 buah conector CCITT V24 (untuk komunikasi dengan kecepatan 50 s/d 9600 Bauds)
- VME Interface
- 2 Komunikasi Kontrol (ACIA)

Modul ini berfungsi sebagai telesignal dan setiap modul mempunyai kapasitas 48 terminal masukan dan tiap-tiap masukan bertegangan +48 Vdc. Modul ini dalam pemakaiannya di mulai dari address 0, 1, 2 dan seterusnya.

Untuk pemasangan modul ini bisa dibedakan menjadi dua yaitu untuk :

- Telesignal single/double
- Telesignal TAP Changer (graycode)

Untuk satu buah modul DAU 900 tidak boleh di campur dengan sinyal double dan single. Jadi setiap satu Modul harus di pakai untuk sinyal single saja atau sinyal double saja. Setiap masukan TS ini tidak dapat dihubungkan langsung ke peralatan Gardu Induk, karena Modul ini memakai tegangan 48 Vdc, sehingga untuk penyambungan ke peralatan Gardu Induk harus dipasang relay bantu.

Modul DAU 900 dilengkapi dengan :

- 1 led indikasi
- 48 opto coupler yang mempunyai tahanan isolasi 2,8 kV
- Interface circuit 24,48 dan 125 Vdc
- VME Interface
- DIN Connector to Plant

Modul DOU 900 (Digital Output Unit)

Modul ini berfungsi memberikan / melanjutkan perintah open/close suatu peralatan Gardu Induk. Perintah open / close peralatan GI dapat juga diperoleh dari Control Center maupun secara lokal dari RTU S900. Modul ini memiliki alamat I/O

sebanyak 32 dan dalam pemasangan di mulai dari Address 0, 1, 2 dan seterusnya. Modul ini dilengkapi dengan :

- 1 led indikasi
- 32 relay dengan tahanan isolasi sampai 2,8 kV dan kekuatan kontak 2A-250 Vrms
- 1 Watch Dog
- VME Interface
- DIN Connector to plant

Modul ACU 900 (Analog to Digital Converter Unit)

Modul ini berfungsi sebagai pengubah Informasi Analog yang datang dari modul *Analog Acquisition Unit* (AAU 900) menjadi Informasi Digital, kemudian diproses oleh CPU lalu dikirim ke Control Center.

Karakteristik Modul ACU 900 :

- Mempunyai 3 macam fungsi kerja yaitu :
 1. Menentukan skala Pengukuran
 2. Mengkonversi skala pengukuran
 3. Mengoreksi hasil konversi
- Mempunyai ketelitian skala 0,1 %
- Modul ini memakai power tegangan + 5 Vdc – 26 mA dan + 12 Vdc – 30 mA

Modul AAU 900 (Analog Acquisition Unit)

Modul ini berfungsi untuk *Telemetering* (TM) , dan setiap modul mempunyai kapasitas 24 masukan pengukuran yang berbentuk arus searah maupun tegangan yang didapat dari Transducer untuk di konversi melalui Modul ACU 900. Hal ini dikerjakan setelah ada permintaan dari komputer *Control Center*. Pengukuran yang diterima dari Transducer ini disimpan pada *condensator*, *discharge* dari *condensator* menjadi *input* salah satu dari 24 *Opto Coupler* yang tersedia di modul itu kemudian di teruskan ke Modul ACU 900.

Modul ini mempunyai batasan *input range* sebagai berikut:

± 5 mA, ± 10 mA, ± 20 mA, +4 ~ +20 mA
 $\pm 1,25$ V, $\pm 2,5$ V dan ± 5 V

Modul AAU 900 dalam pemasangannya di mulai dari Address 0,1,2 dst. Cara penyettingan untuk *address* bisa di lakukan di Modul tersebut.

Modul PCU 900 (Power Converter Unit)

Modul ini berfungsi sebagai distribusi tegangan untuk pemakaian seluruh modul pada RTU S900. Karakteristik modul ini sebagai berikut:

- Tegangan input 48 Vdc
- Range tegangan 42 Vdc sampai dengan 52 Vdc (-15% s/d +20%)
- Power output (+5V/12A & +12V/1,5A)

Rangkaian proses terdiri dari instalasi/*wiring*, terminal, relay bantu dan *transducer* yang berfungsi untuk mengirim indikasi, kontrol, alarm-alarm dan pengukuran dari suatu Gardu induk/Pembangkit. Secanggih apapun sistem SCADA yang dipasang tidak akan ada artinya jika terjadi salah penyambungan/merangkai proses ke sistem Gardu Induk/Pembangkit. Untuk itu diperlukan pemahaman

dalam memasang rangkaian proses ini. Secara umum rangkaian proses terdiri dari:

Control Panel

Pada lemari *control panel* inilah instalasi dan terminasi sistem SCADA paling banyak dipasang, karena pada dasarnya sistem SCADA itu memindahkan fungsi *control panel* ke *control center* (pusat pengaturan) secara *real time*. Indikasi, *remote control* dan *telemetering* dipasang pada lemari ini.

Relay Panel

Pada lemari *relay* ini dipasang peralatan-peralatan proteksi, memasang instalasi dan terminasi untuk signal-signal alarm.

Transducer Board

Transducer merupakan suatu konverter yang berfungsi sebagai pengubah bentuk besaran energi yang satu ke besaran energi lain. Dalam *telemetering* untuk sistem SCADA, transducer digunakan untuk mengubah besaran listrik dari CT dan PT menjadi besaran miliampere. Fisik transducer ini cukup besar maka untuk memudahkan instalasi dan pemeliharaan maka ditempatkan pada satu lemari yaitu transducer board.

Komponen transducer yang dipakai di APD Makassar berasal dari vendor ENERDIS dengan produknya yang bernama TRIAD. TRIAD yang digunakan, mempunyai 2 tipe, yaitu: T32 (3 input, 2 output pengukuran) dan T33 (3 input, 3 output pengukuran). Masing – masing transducer disupply dengan tegangan 48 Vdc

Supervisory Interface Cubicle (SIC)

SIC ini merupakan terminal yang berfungsi sebagai pintu (gate) signal keluar dan masuk antara rangkaian proses dengan remote terminal unit (RTU). Pada SIC ini dilakukan pengelompokan sinyal-sinyal, penamaan *bay-bay* yang terdapat di suatu gardu induk/pembangkit. Ke sisi luar dihubungkan dengan rangkaian terminasi relay bantu dan transducer. Ke sisi dalam dilakukan pengalamatan/*addressing* ke *card-card* digital input (DI), analog input (AI), digital output (DO) dan analog output (AO).

SIC ini pada umumnya menggunakan *disconnected terminal* (terminal dimana kedua sisinya dapat dipisahkan) sehingga memudahkan dalam pemeliharaan.

Misalnya :

- memeriksa abnormalitas telesignalling, remote control dan telemetering.
- melakukan simulasi telesignalling, remote control dan telemetering.

III. METODE PENELITIAN

Telemetering adalah pengukuran besaran-besaran daya MW/MX/A/KV/HZ yang dibutuhkan sistem SCADA untuk dikirim ke *control center* sebagai bahan pengaturan sistem tenaga listrik. Untuk mengubah besaran-besaran daya yang bertegangan tinggi (CT/PT sekunder) menjadi output berarus lemah maka digunakan *transducer*.

Dalam prosedur peluang maksimum, peluang yang akan diperoleh dari hasil pengukuran tergantung dari besarnya kesalahan acak yang terdapat pada perangkat pengukuran sebagaimana untuk menentukan parameter – parameter yang belum diketahui. Akan terlihat bahwa *estimator* peluang maksimum ternyata memerlukan *probability density function*(PDF) *error* acak pengukuran. Metode estimasi lain juga dapat digunakan dengan *estimator least square* yang tidak memerlukan PDF *error* pengukuran. Namun bila dianggap bahwa *probability density function error* pengukuran mengikuti distribusi normal, maka sebenarnya kedua cara tersebut akan memberikan formula estimasi yang sama. Hasilnya akan merupakan *least square* atau lebih dikenal dengan metode estimasi dengan *weighted least square* meskipun dikembangkan dengan menggunakan kriteria peluang paling besar.

Misalnya z^{ukur} adalah nilai besaran pengukuran yang diterima dari perangkat pengukuran dan z^{benar} adalah harga sebenarnya dari besaran yang diukur. Dengan menganggap η adalah kesalahan pengukuran, maka:

$$z^{ukur} = z^{benar} + \eta \dots \dots \dots (1)$$

Besar kesalahan acak η merupakan model ketidak pastian untuk pengukuran di atas. Bila kesalahan pengukuran tidak menyimpang, maka *probability density function* dapat dinyatakan dengan:

$$PDF(\eta) = \frac{1}{\sigma^2 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\eta^2}{2\sigma^2}\right) \dots \dots \dots (2)$$

δ adalah standar deviasi dan δ^2 disebut *variance* dari jumlah acak.

PDF (η) menggambarkan perilaku η

Standar deviasi δ dapat digunakan sebagai dasar untuk membuat model kesalahan acak pengukuran – pengukuran. Bila besar δ besar, pengukuran relative kurang teliti, sebaliknya bila harga δ kecil, terlihat adanya pancaran kesalahan kecil dari perangkat pengukuran, dengan demikian dapat kita lihat tidak ada suatu sistem pengukuran yang sempurna. Distribusi normal umumnya digunakan sebagai model kesalahan pengukuran karena distribusi ini member hasil terhadap banyak faktor yang berkontribusi terhadap semua kesalahan.

Konsep estimasi dengan metode peluang maksimum digambarkan dengan menggunakan rangkaian sederhana seperti gambar 6. Besar sumber tegangan x^{benar} ingin dicari dengan menggunakan amperemeter yang mempunyai kesalahan standar deviasi yang diketahui. Pembacaan meter adalah z_1^{ukur} yang besarnya sama dengan z_1^{benar} yaitu besar arus sebenarnya yang mengalir pada rangkaian tersebut, dan 1 *error* yang terdapat pada meter tersebut.

$$z_1^{ukur} = z_1^{benar} + \eta_1 \dots \dots \dots (3)$$

Karena harga rata – rata η_1 sama dengan nol, maka z_1^{ukur} akan sama dengan z_1^{benar} . Dengan demikian *probability density function* untuk z_1^{ukur} adalah:

$$PDF(z_1^{ukur}) = \frac{1}{\sigma^2 \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(z_1^{ukur} - z_1^{benar})^2}{2\sigma_1^2}\right) \dots \dots (4)$$

a. **Formula Matriks**

Bila fungsi $f_i(x_1, x_2, \dots, x_{N_s})$ merupakan fungsi linier maka persamaan (17) di atas akan mempunyai solusi yang dapat didekati dengan cara sebagai berikut, misalnya $f_i(x_1, x_2, \dots, x_{N_s})$ ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$f_i(x_1, x_2, \dots, x_3) = f_i(x) = h_{i1}x_1 + h_{i2}x_2 + \dots + H_{iN_s}x_s \dots \dots \dots (27)$$

Dalam bentuk vector dapat dituliskan :

$$f(x) = \begin{bmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \\ \dots \\ f_{N_m}(x) \end{bmatrix} = [H]_x \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

$[H]$ = Matriks $N_m \times N_s$ yang mengandung koefisien fungsi – fungsi linier $f_i(x)$

N_m = Jumlah titik pengukuran

N_s = Jumlah parameter yang akan ditentukan

IV. HASIL PEMBAHASAN

1. **Data Penelitian yang Diperoleh**

Data-data yang diperoleh dari Area Penyaluran dan Pengatur Beban (AP2B) sistem Sulawesi Selatan berupa data bus, data *line* dan hasil pengukuran dengan menggunakan *Remote Terminal Unit* (RTU), yang terdiri dari data beban, Daya Aktif (MW) dan daya reaktif (MVAR). Penelitian ini membutuhkan data aliran daya tanggal 13 Februari 2011 sebagai data yang akan dijadikan bahan acuan penelitian sistem monitoring.

Tabel 4.3 Data Impedansi Saluran

No. Sal.	Saluran		Nama Saluran		R (pu)	X (pu)	½ B (pu)
	dari	ke	dari	Ke			
1	1	2	Bakaru	Polmas	0.02627	0.09440	0.00743
2	1	4	Bakaru	Pinrang	0.03076	0.11023	0.01012
3	2	3	Polmas	Majene	0.02630	0.09451	0.00744
4	2	5	Polmas	Parepare	0.03663	0.13159	0.01819
5	4	5	Pinrang	Parepare	0.01388	0.04974	0.00670
6	5	7	Parepare	Barru	0.02314	0.08290	0.01116
7	5	8	Parepare	Pangkep	0.04732	0.16958	0.02283
8	6	5	Suppa	Parepare	0.00393	0.01413	0.00111
9	7	8	Barru	Pangkep	0.02419	0.08667	0.01167
10	8	9	Pangkep	Bosowa	0.01090	0.03919	0.00493

Analisis Sistem Monitoring Remote Terminal Menggunakan State Estimasi

11	8	10	Pangkep	Tello	0.02382	0.08535	0.01149
12	8	25	Pangkep	Pangkep70	0.00000	0.13164	0.00000
13	9	10	Bosowa	Tello	0.01683	0.06049	0.00761
14	10	11	Tello	Tello lama	0.00363	0.01300	0.00175
15	10	12	Tello	Panakukang	0.00236	0.00848	0.00067
16	10	13	Tello	S.minasa	0.00192	0.01318	0.00249
17	10	30	Tello	Tello 70	0.00000	0.20794	0.00000
18	10	34	Tello	Tello 30A	0.00000	0.55350	0.00000
19	11	32	Tello lama	T. Lama 70	0.00000	0.41587	0.00000
20	13	14	S.minasa	Tj. Bunga	0.00354	0.02128	0.00271
21	15	13	Tallasa	S.minasa	0.00485	0.03324	0.00627
22	16	17	Sidrap	Makale	0.03137	0.18876	0.02406
23	16	5	Sidrap	Parepare	0.01002	0.03599	0.00283
24	17	18	Makale	Palopo	0.01959	0.07039	0.00554
25	19	16	Soppeng	Sidrap	0.02821	0.10138	0.00964
26	19	21	Soppeng	Bone	0.02289	0.08153	0.00804
27	20	19	Sengkang	Soppeng	0.01053	0.06335	0.00807
28	21	23	Bone	Bulukumba	0.07195	0.25851	0.02035
29	21	22	Bone	Sinjai	0.04064	0.14603	0.01149
30	22	23	Sinjai	Bulukumba	0.03131	0.11249	0.00885
31	23	24	Bulukumba	Jeneponto	0.02431	0.08733	0.00687
32	24	15	Jeneponto	Tallasa	0.03333	0.11974	0.00942
33	25	26	Pangkep70	Tonasa 3	0.01638	0.03006	0.00009
34	25	27	Pangkep70	Maros	0.08188	0.15032	0.00045
35	25	28	Pangkep70	Mandai	0.18159	0.33335	0.00100
36	27	28	Maros	Mandai	0.13631	0.25024	0.00075
37	28	29	Mandai	Daya	0.03420	0.06278	0.00019
38	30	28	Tello 70	Mandai	0.05828	0.10699	0.00032
39	30	29	Tello 70	Daya	0.02408	0.04421	0.00013
40	31	30	Barangloe	Tello 70	0.06069	0.11141	0.00034
41	32	33	T. Lama 70	Bontoala	0.02023	0.03714	0.00011
42	34	36	Tello 30A	Barawaja	0.12292	0.17508	0.00002
43	35	30	Tello 30B	Tello 70	0.00000	0.55350	0.00000
44	3	37	Majene	Mamuju	0.01002	0.01002	0.00283

Sumber: AP2B PT. PLN (Persero) Wilayah SULSELTRABAR

suatu saluran transmisi akan mempunyai resistansi dan induksi seri, yang bersama-sama membentuk impedansi seri dari kawat-kawat penghantar, serta konduktansi dan kapasitansi shunt dari dielektrikum yang terdapat di antara penghantar-penghantar, yang bersama-sama membentuk admitansi shunt dari saluran.

Nilai konstanta-konstanta primer pada tabel 4.3 konstan dalam arti tidak berubah

dengan tegangan dan arus, tetapi sampai batas-batas tertentu dipengaruhi oleh frekuensi.

a. Pengukuran Dengan Menggunakan Remote Terminal Unit

Tabel 4.4 berikut merupakan hasil pengukuran daya aktif (MW) dan daya reaktif (MVAR) saluran dengan menggunakan RTU.

Tabel 4.4 hasil pengukuran daya aktif dan daya reaktif saluran dengan *Remote Terminal Unit* (RTU)

dari	ke	nama bus saluran	mva limit	hasil pengukuran (mw)	ampere	mvar	kha
1	2	bakaru- polmas	90	43.885	214	-7.425	600
1	4	bakaru – pinrang	90	0.891	243	0.891	600
2	3	polmas- majene	180	6.204	53	-5.94	600
2	5	polmas - parepare	90	51.28	117	-4.95	600
4	5	pinrang - parepare	90	50.422	178	-8.184	600
5	7	parepare – barru	90	52.171	310	5.247	600
6	5	suppa – parepare	180	24.848	124	7.623	600

Analisis Sistem Monitoring Remote Terminal Menggunakan State Estimasi

7	8	barru – pangkep	90	64.248	294	154.136	600
8	9	pangkep - bosowa	90	42.667	241	2.673	600
8	10	pangkep – tello	180	62.466	227	-5.445	600
9	10	bosowa – tello	90	25.244	164	-3.465	600
10	11	tello - tallo lama	180	23.957	130	0.198	600
10	12	tello - panakukang	180	21.973	95	6.47	600
10	13	tello - s.minasa	180	3.135	50	7.775	800
13	14	s.minasa - tj. bunga	480	-18.603	85	-7.626	800
16	17	sidrap – makale	180	20.195	78	-0.66	800
16	5	sidrap – parepare	180	5.148	56	-5.148	600
19	16	soppeng – sidrap	180	43.12	165	4.7	600
19	21	soppeng – bone	180	56.53	218	8.9	600
20	19	sengkang - soppeng	240	33.004	390	-4.807	800
21	23	bone - bulukumba	90	18.667	170	-1.65	600
21	22	bone – sinjai	90	21.053	191	0.726	600
23	24	bulukumba - jeneponto	180	0	143	0	600
25	26	pangkep70 - tonasa 3	56	7.316	63	5.495	400
25	27	pangkep70 - maros	28	14.845	278	4.888	400
25	28	pangkep70 - mandai	56	10.193	26	3.281	400
27	28	maros – mandai	28	6.998	29	2.12	400
28	29	mandai – daya	28	0.273	138	0.395	400
30	28	tello 70 – mandai	28	13.47	112	-0.54	400
30	29	tello 70 - daya	28	0.273	315	0.334	400
31	30	barangloe - tello 70	28	-0.023	93	0.159	400
32	33	t. lama 70 - bontoala	56	47.041	171	-93.216	400

Sumber: AP2B PT. PLN (Persero) Wilayah SULSELTRABAR

Data pada tabel diambil berdasarkan hasil pengukuran *Remote Terminal Unit* (RTU) pada setiap saluran yang terdapat pada GI.

Saluran yang dapat dimonitoring dengan menggunakan RTU adalah sebanyak 29 saluran dari 44 saluran yang ada dalam sistem.

Tabel 4.5 Hasil pengukuran Aliran daya dengan menggunakan RTU

Nama Bus	Tipe Bus	Tegangan (KV)	Beban		Pembangkitan		Injeksi Q (MVAR)
			P (MW)	Q (mvar)	P (MW)	Q (mvar)	
Bakaru	Slack Bus	152.3	5.136	1.437	62.1	-4.8	0
Polmas	Beban	154.99	5.328	1.861	0	0	0
Majene	Pembangkit	155.6	4.765	1.439	0	0	0
Pinrang	Pembangkit	149.989	5.552	1.936	0.6	0	0
Parepare	Beban	148.896	-4.497	-0.079	0	0	0
Suppa	Pembangkit	148.896	15.32	0	51.8	16.5	0
Barru	Beban	147.99	1.243	0.692	0	0	0
Pangkep	Beban	144.78	15.787	5.385	0	0	0
Bosowa	Beban	147.2	18.76	0	0	0	0
Tello	Pembangkit	145	44.12	18.2	138	81.2	0

Tello lama	Beban	147.89	24	19.271	0	0	0
Panakukan	Beban	142.67	42.751	6.49	0	0	0
S.Minasa	Beban	148.33	11.021	2.639	0	0	0
Tjg. Bunga	Beban	145.89	15.161	-0.044	0	0	0
Soppeng	Beban	154.893	3.371	6.727	0	0	0
Sengkang	Pembangkit	151.45	14.773	5.296	219	71.23	0
Bone	Beban	148.513	18.637	5.86	0	0	0
Maros	Beban	68.073	-0.025	0.016	0	0	0
Mandai	Beban	69.292	32.866	25.91	0	0	0
Daya	Pembangkit	69.616	-22.667	-1.32	0	0	0
Barangloe	Beban	69.574	0.158	-6.142	0	0	0
Bontoala	Pembangkit	69.602	41.23	15.57	13	9.334	0

Aliran daya mencakup perhitungan aliran dan tegangan sistem pada terminal tertentu atau bus tertentu. Representasi fasa tunggal selalu dilakukan karena sistem dianggap seimbang. Didalam studi aliran daya bus-bus dibagi dalam 3 macam, yaitu :

1. *Slack Bus* atau *swing bus* merupakan bus referensi
2. *Voltage controlled bus* atau bus generator/Pembangkit
3. *Load bus* atau bus beban

Pada tiap-tiap bus terdapat 4 besaran, yaitu :

1. Daya riil atau daya nyata P (MW)
2. Daya reaktif Q (MVAR)
3. Harga skalar tegangan

Data-data inilah yang akan digunakan sebagai bahan informasi untuk mengesitimasi nilai tegangan dan sudut fasa dengan menggunakan WLS.

Hal ini merupakan satu indikasi terjadinya *bad measurement* pada bus 27 dan 29. *Bad measurement* bisa terjadi pada sistem karena kesalahan informasi yang masuk ke *master station* yang disebabkan oleh kesalahan pada alat ukur yang tidak dikalibrasi atau terputusnya system komunikasi ke *master station*.

Bad Measurement yang terjadi pada bus akan menyebabkan tingkat keamanan system Kelistrikan berkurang. Sistem monitoring yang kurang handal akan mempengaruhi analisa kontingensi dan tidakkan kurektif yang diterapkan pada suatu system kelistrikan.

Selain kelebihan yang dimiliki oleh *Remote Terminal Unit* (RTU), seperti yang dibahas pada BAB II, berdasarkan hasil penelitian ada beberapa kekurangan yang dimiliki oleh sistem monitoring PT. PLN (Persero) dengan menggunakan RTU, antara lain:

- a. Sistem *Wiring* yang sangat rumit
Pengembangan *remote station* dengan cara konvensional menggunakan *Remote Terminal Unit* (RTU) membutuhkan SDM yang memadai dan waktu pengerjaan yang lama karena harus dilakukan *wiring point to point*.

- b. Adanya beberapa Gardu Induk yang tidak terhubung dengan *master station* dan beberapa yang lain tidak memiliki *remote station* sehingga hasil pengukuran di GI tersebut tidak dapat dikomunikasikan ke *control center* melalui sistem SCADA.
- c. RTU di GI Bulukumba dan GI Takalar dalam kondisi tidak baik.

Berdasarkan kekurangan di atas, PT. PLN (Persero) Wilayah SULSELTRABAR sedang melakukan pengembangan sistem monitoring berbasis *software* yang dikenal dengan nama *SCADA Gateway*.



Gambar 1. *Wiring System* dengan menggunakan sistem konvensional

Pengembangan sistem *SCADA Gateway* memberikan keuntungan diantaranya :

- Terdapat backup data di masing-masing GI, sehingga jika putus komunikasi atau gangguan di *Control Center*, data-data masih dapat diperoleh di masing-masing GI.
- Operator Lokal di GI dapat mengoperasikan GI terkait melalui lokal HMI.
- Dengan *SCADA Gateway*, yang memiliki sumber yang sama dengan yang terkirim ke *Control Center*, kesalahan data yang terkirim ke Pusat Kontrol dapat diminimalkan, karena operator GI dapat membandingkan data di komputer lokal dengan data yang di *control panel* setiap saat bila dideteksi ada kesalahan data.

- GI yang belum terhubung ke *Control Center* tetap dapat dioperasikan melalui komputer lokal, sehingga data historikal GI sudah tersedia di komputer GI terkait.
- Sistem wiring sederhana, karena tidak dibutuhkan lagi wiring *point to point* dari *control panel* ke kubikel interface sisi RTU, tapi wiring langsung dilakukan di panel kontrol ke IED atau Distributed I/O, lalu output dihubungkan ke SCADA Gateway.
- *Metering* dengan IED meter lebih efektif dan dipantau dari lokal/pusat kontrol.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan yaitu Bad measurement yang terjadi pada bus akan menyebabkan berkurangnya tingkat keandalan sistem. Kesalahan ukur atau *bad measurement* dapat disebabkan oleh putusnya komunikasi dari GI ke *control center* atau tidak terkalibrasinya alat ukur yang ada di gardu induk. Sehingga terjadi kesalahan informasi pada *control center*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bonar Pandjaitan, 1999. Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik Berbasis SCADA, Prenhallindo, Jakarta.
- [2] Arief Basuki, Timbar Imam Priadi, Anita Puspita Sari, 2010. SCADA GATEWAY, Solusi Cerdas untuk Pengembangan Substation Automation: PT. PLN (Persero) Wilayah SULSEL, SULTRA, dan SULBAR, AP2B Sistem SULSEL, Makassar
- [3] Wood, Allen J., B. F. Wollenberg, 1996. *Power Generation, Operation, and Control*. New York: John Wiley & Sons, Inc
- [4] Ali Abur, Antonio Gomez Exposito, Power System State Estimation: Theory and Implementation (Power Engineering, 24), Marcel Decker, New York,
- [5] James R Schott, 1997. *Matrix Analysis for Statistics*, New York: John Wiley & Sons, Inc
- [6] Cobus Strauss, 2003. *Practical Electrical Network Automation and Communication Systems*, Newnes Elsevier; Oxford.
- [7] Jim Iverson, 2007. Digital control technology enhances power system reliability and performance www.cumminspower.com. Diakses tanggal 28 Januari 2010
- [8] J.B.A London Jr, George L. R de Brito and N.G Bretas, 2003. *Method for Meter and RTU Placement for State Estimation Purposes. Proceedings of the IEEE Bologna Power Tech Conference: Bologna, Italia*
- [9] Marek Zima, *Operation, monitoring and control Technology of Power System*, www.eeh.ee.ethz.ch/uploads/tx_ethstudies. Diakses tanggal 28 Januari 2010
- [10] R. Neela, R. Ashokkumar, 2010. *A Robust Decoupled WLAV State Estimation For Power Systems: International Journal of Engineering Science and Technology*.
- [11] Rakesh Babba, 2010. Detecting False Data Injection Attacks Against DC State Estimation: University of Illinois Urbana
- [12] Reynaldo Fransisco Nuqui, 2001. *State Estimation and Voltage Security Monitoring Using Synchronized Phasor Measurements: Blacksburg, Virginia*.
- [13] Stuart A Boyer, 2004. *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. Edisi 3, ISA- The Instrumentation, Systems and Automation Society ; University of Virginia*
- [14] Trosten Cegrell, 1986. *Power System Control Technology*, Prentice/Hall Company.
- [15] T. Kerdchuen, W. Ongsakul, 2006. *Measurement and RTU Placement for State Estimation by Loop Decomposition: Issue and Prospects for GMS*

