

RUMUSAN METODE DETEKSI PENCURIAN LISTRIK MEMANFAATKAN PERANGKAT WSN

A Sony [✉] S Sulistyono, I W Mustika

Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Agustus 2016
Disetujui September 2016
Dipublikasikan Oktober
2016

Keywords:
*Electricity theft; PLN
electricity; Theft detection
method; Excel simulation*

Abstrak

Mendeteksi kasus pencurian listrik di Indonesia memerlukan usaha dan biaya yang besar. PLN saat ini masih menggunakan metode lama dalam mendeteksi kasus pencurian yaitu dengan memeriksa pola tagihan listrik yang didapatkan dari pencatatan secara manual oleh petugas. Penelitian ini mengajukan suatu metode deteksi pencurian listrik dengan memanfaatkan perangkat WSN yang dipasangkan dimeteran pelanggan untuk memonitor jumlah pemakaian listrik. Logika pendeteksian adalah dengan membandingkan data konsumsi pada pelanggan dengan data jumlah listrik yang disalurkan oleh gardu penyalur pada suatu cakupan wilayah. Hasil penelitian berupa simulasi dengan bantuan perangkat lunak Excel, hasil simulasi menunjukkan keefektifan penggunaan metode yang diajukan dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Abstract

Detecting theft electricity in Indonesia require enormous amount of efforts and money. PLN until these days still using the old school method to detect this case by checking the pattern of customers electricity bills manually by the PLN employee. Purposed method in this research is to detect leak of electricity by spreading WSN devices inside each customers meteran to monitor total power consumption. Logic of the method is compare sum of power consumption in a testing area with amount of electricity flow in that area by monitor the gardu penyalur conductor. Result of this research is excel simulation, simulation outcome shows that using the purposed to decided system status is effective in the system operational with high accuracy with the actual condition.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta

ISSN 0215-9945

PENDAHULUAN

Pemakaian energi listrik merupakan parameter utama dalam penentuan biaya tagihan listrik. Hal tersebut memerlukan pengukuran yang baik dan teliti agar tidak terjadi kesalahan sehingga dapat merugikan Perusahaan Listrik Negara (PLN) maupun pelanggan (Permana *et al.* 2013). Pencurian listrik merupakan suatu kegiatan yang merugikan negara di mana PLN sebagai pihak yang menyalurkan listrik secara tidak sadar telah kehilangan komoditas utamanya tanpa ada timbal balik berupa pembayaran. Untuk mencuri listrik tidaklah sesulit yang dibayangkan oleh kebanyakan orang, hanya dengan “mencantolkan” kabel PLN pencuri bisa dengan leluasa memakai listrik, terlebih jika pencuri tersebut mengetahui metode yang digunakan PLN dalam mendeteksi pencuri akan berhati-hati dalam menentukan seberapa besar pergeseran tagihannya agar tidak terendus. Dalam Horalek & Sobeslav (2015) disajikan teknik pengukuran konsumsi energi listrik yang digunakan di rumah tangga di mana pendekatan terbaru dan solusi teknologi dianalisis dan diteliti dengan seksama berkenaan dengan aspek-aspek positif dan negatif dan berdasarkan analisis solusi baru tersebut diusahakan dapat menghilangkan kerugian yang terdeteksi dengan platform Arduino. Sari *et al.* (2010) telah mengembangkan sebuah aplikasi untuk pengembangan kebijakan penanggulangan pencurian listrik. Selanjutnya Sari *et al.* (2010) menyatakan bahwa kebijakan memberikan *reward* bagi pelapor pencurian listrik tidak begitu signifikan memberikan pengaruh pada pengurangan daya yang hilang. Pencurian listrik merupakan salah satu kendala dalam pemenuhan tenaga listrik. Kasus pencurian listrik menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi PLN karena biaya yang seharusnya terbayarkan tidak terbayarkan akibat dari banyaknya energi listrik yang terbuang secara ilegal (Fiki *et al.* 2013).

Sebenarnya sudah ada UU yang mengatur tentang pencurian listrik pada UU No.30 tahun 2009 tentang ketenaga listrik dimana tersangka kasus pencurian didakwa dengan denda maksimal 2,5 Miliar atau kurungan maksimal 5 tahun, namun banyak hal yang membatasi PLN melakukan tindakan tegas. Banyak diantara pencuri yang tidak

tahu kalau yang dilakukan adalah kasus pencurian, ada juga yang memang karena PLN tidak kunjung membangun infrastruktur di daerahnya sehingga beberapa warganya terpaksa mencuri.

PLN sebagai pihak penyedia aliran listrik sebenarnya memiliki kekuasaan dan otoritas untuk memberlakukan sistem monitoring aktif, sistem ini digunakan untuk memantau jumlah konsumsi listrik oleh para pelanggannya. Sistem monitor konsumsi listrik pelanggan adalah infrastruktur yang dibutuhkan untuk mendapatkan sistem deteksi kasus pencurian secara otomatis.

Penelitian bertema sistem pendeteksian pencurian listrik cukup menarik perhatian peneliti-peneliti di dalam negeri untuk mencari solusinya, terbukti pada beragamnya metode dalam mendeteksi kasus pencurian. Jenis metode deteksi yang sudah diteliti dapat dibagi menjadi dua menurut cakupan pengamatannya, pertama deteksi dengan cakupan per-meteran pelanggan, kedua dengan cakupan per-wilayah.

Pembahasan metode diawali dari cara deteksi paling sederhana dengan membandingkan daya terbaca alat ukur peneliti dibanding dengan nilai tertera dari meteran, saat terjadi perbedaan maka pemilik meteran dianggap sudah melakukan kecurangan. Kecurangan yang dilakukan diantaranya menahan laju piringan meteran agar total daya yang harus dibayar kecil, mengganti kapasitas MCB untuk dapat menikmati daya listrik lebih besar dari daya langgan dan yang paling merugikan adalah memotong arus listrik agar tidak terhitung oleh meteran (Fuada 2013).

Metode deteksi dengan sistem prototipe detector. Pengambilan data arus menggunakan sensor arus ACS712-05B untuk arus maksimal 5A dan ACS712-20A untuk arus maksimal 20A. Prinsip kerjanya adalah mendeteksi arus yang mengalir ke pelanggan. Apabila arus terdeteksi dari GTT lebih besar dari jumlah arus yang terdeteksi ke pelanggan maka alat ini akan menampilkan adanya pencurian serta ada alarm buzzer sebagai tanda adanya pencurian arus listrik (Kharisma 2011).

Rancangan sistem detektor dengan cara pengawasan pola konsumsi listrik. Adanya perubahan anomali (load profile), penelitian ini adalah variasi langka dalam mendeteksi kasus

pencurian, langka disini artinya tidak banyak yang melakukannya. Inti dari metode adalah mencari pola anomali yang muncul dari data pembayaran listrik pelanggan (Jokar *et al.* 2016)

Metode terakhir untuk jenis deteksi dengan cakupan per-meteran dikembangkan oleh PLN sendiri, alat ini dilengkapi sistem penghitung pemakaian KWH pelanggan. Pencurian yang terjadi di meteran dapat diidentifikasi dengan cara membandingkan pemakaian yang diukur oleh meteran pelanggan dibandingkan dengan pemakaian KWH yang diukur oleh ATA DETECTOR. Kemudian sistem dihubungkan menggunakan media komunikasi tanpa kabel, radio frekuensi dengan jarak maksimum 15 meter. Alat ini mampu mengukur error dan mendeteksi kerusakan meteran pelanggan dan dapat dijadikan pembandingan dari hasil pencatatan petugas pembacaan meter (Gede & Sukono 2006). Jenis metode selanjutnya adalah cara deteksi pencurian listrik dengan cakupan per-wilayah, metode ini tidak dapat secara spesifik mengetahui lokasi terjadinya pencurian karena yang diamati adalah satu wilayah, sehingga saat kasus pencurian terdeteksi penyelidikannya harus masuk satu per satu ke rumah.

Metode pertama adalah penelitian dengan judul "Perancangan sistem monitoring listrik ac menggunakan Power Line Carrier (PLC)", pada penelitian ini dilakukan pengecekan nilai arus dan tegangan pada tempat yang diuji, cara mendeteksinya apabila terdapat penggunaan beban yang berlebih maka diasumsikan ada kasus pencurian pada line tersebut. Sistem ini adalah awal dari metode pendeteksian listrik dengan cakupan per-wilayah (Arihutomo *et al.* 2012)

Metode selanjutnya cukup menarik yaitu dengan mengamati secara realtime pergeseran fasa arus dan tegangan pada area yang diamati, pergeseran fasa tersebut dapat dikalkulasikan

menjadi nilai-nilai yang dapat dibandingkan antara keadaan seimbang dan tidak seimbang pada trafo distribusi, penelitian ini melibatkan trafo distribusi sebagai pembandingan antara daya listrik yang dikeluarkan dan yang tercatat, namun penelitian ini masih konsep dan belum dijelaskan bagaimana teknologi untuk pengambilan data (Fuada 2013).

Penelitian pada artikel ini adalah pengembangan dari penelitian Shaulagara & Mustika (2014) yang berjudul "Rancang Bangun Jaringan Sensor Nirkabel untuk Memonitor Pemakaian Energi Listrik Pelanggan Rumah Tangga Menggunakan Arduino dan ZigBee". Penelitian tersebut sudah berhasil membuat prototipe Wattmeter yang dipasangkan pada meteran pelanggan. Wattmeter digunakan untuk mengukur konsumsi listrik secara *realtime* dengan memanfaatkan arus dan tegangan yang melewati penghantar.

METODE PENELITIAN

Teori Deteksi

Sistem deteksi bekerja dengan memonitor data data konsumsi listrik pelanggan, Ilustrasi Sistem bekerja diberikan pada Gambar 1 dan persamaannya diberikan berikut ini.

$$P_t = P_u \quad (1)$$

$$P_u = \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

$$P_i = P_p + P_r \quad (3)$$

Keterangan :

P_t = Nilai total listrik yang disalurkan

P_u = Total nilai ukur jumlahan P_i

P_i = Daya tercatat per meteran pelanggan

P_p = Daya bersih yang dikonsumsi

P_r = Rugi daya penghantar



Gambar 1. Ilustrasi sistem bekerja

Inti dari sistem deteksi adalah dengan mengirimkan data P_i yang terdiri dari P_p dan P_r , yang akan berkumpul menjadi P_u di gardu penyalur listrik, ditempat itulah logika deteksi berjalan. P_u yang sudah terkumpul lalu dibandingkan hasilnya dengan P_t yang merupakan data real jumlah listrik yang tersalur pada wilayah tersebut.

Data yang dikirimkan perpelanggan melalui perangkat WSN dimeteran adalah data P_p dan P_r , nilai P_r berfluktuasi sesuai dengan besarnya arus yang digunakan persatuan waktu, jadi dengan jumlah P_p yang sama P_r nya pasti berbeda, nilai jarak penghantar (jarak antara gardu penyalur dengan meteran pelanggan) juga mempengaruhi nilai P_r , berikut adalah persamaannya

$$P_r = I^2 R \quad (4)$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (5)$$

Keterangan :

ρ = Hambatan jenis Inti Aluminium (Std PLN)

l = Jarak penghantar (Meter)

A = Luas penampang penghantar 70 mm^2

Meteran listrik yang ada saat ini tidak menghiraukan kerugian daya P_r diatas karena nilainya yang sangat kecil, namun dalam sistem deteksi pencurian nilai sekecil apapun akan berpengaruh pada logika deteksi. Solusi untuk menyelesaikan permasalahan rugi daya adalah

dengan mengatur pengiriman data P_i untuk berisi nilai daya pakai dan rugi daya bukan hanya daya pakai saja, mekanisme yang diajukan adalah cara menghitung nilai daya pakai P_p dan rugi daya P_r untuk sekian waktu barulah untuk selang beberapa saat dikirimkan data kedua daya tersebut ke koordinator. Dengan cara ini nilai yang dikirimkan benar-benar daya yang perlukan oleh rumah tersebut baik daya pakai maupun rugi daya saat listrik melalui penghantar untuk sampai ke rumah pelanggan.

$$P_p = P_p + V.I \quad (6)$$

$$P_r = P_r + I^2.R \quad (7)$$

Data yang dikirimkan ke koordinator adalah data P_p dan P_r menggunakan persamaan (6) dan (7) di mana keduanya dipengaruhi terhadap arus, sehingga kedua persamaan tersebut dilakukan berulang-ulang per detik selama satuan waktu yang diinginkan sampai kedua nilai tersebut dikirimkan.

Metode Deteksi

Keadaan ideal $P_t = P_u$ di persamaan (1) tidak akan terjadi pada realitanya, hal ini disebabkan karena terdapat satu variabel yang tidak mungkin tepat 100% dengan keadaan aslinya, adalah jarak penghantar yang menyebabkan perbedaan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan. Kesalahan perhitungan variabel tersebut menjadikan P_u yang didapatkan sistem lebih besar ataupun lebih kecil dari nilai yang semestinya,

$$P_{u_{praktek}} \geq P_{u_{teori}} \dots \text{kesalahan positif} \quad (9)$$

$$P_{u_{praktek}} \leq P_{u_{teori}} \dots \text{kesalahan negatif} \quad (10)$$

Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa sistem deteksi dapat memanfaatkan bervariasinya nilai P_u untuk menentukan status sistem, caranya adalah dengan menjadikan P_u menjadi batas dalam logika pendeteksian untuk dibandingkan dengan P_t . Saat P_u nilainya lebih besar daripada yang semestinya sesuai persamaan (9) tentu lebih mudah untuk dijadikan batas karena nilainya yang secara teori lebih besar daripada P_t , permasalahan tersisa pada bagaimana

dengan P_u variasi negatif yang nilainya lebih kecil dari P_t .

Solusi permasalahan ini adalah dengan menambahkan suatu nilai toleransi yang membuat P_u variasi negatif nilainya selalu lebih besar daripada P_t sehingga juga dapat dijadikan batas atas dalam logika sistem deteksi, solusi ini dapat dimodelkan dengan persamaan,

$$P_u = P_{u_{praktek}} + \text{NilaiToleransi} \quad (11)$$

$$P_u \geq P_t \quad (12)$$

Nilai toleransi pada persamaan (11) didapatkan dari persentasi rugi daya pada satu siklus pengambilan data yang selengkapnya diuraikan penjelasan dibawah, sedangkan persamaan (12) merupakan metode yang digunakan sebagai dasar logika deteksi dalam menentukan status sistem

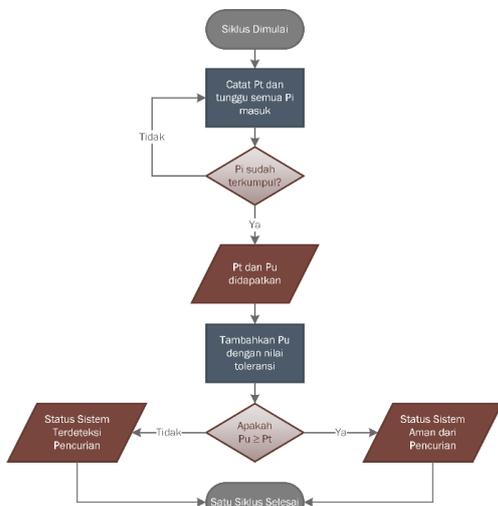
$$\text{NilaiToleransi} = P_u \cdot x \Gamma \quad (13)$$

Keterangan :

x = Besar pengali nilai toleransi

Γ = Persentasi rugi daya dalam satu siklus

Menggunakan persamaan (12) sebagai dasar logika sistem deteksi terlebih dahulu harus menambahkan nilai toleransi seperti yang tertulis pada persamaan (11). Pada persamaan tersebut nilai toleransi didapatkan pada persamaan (13) yang menggunakan besar rugi daya P_r yang dapat divariabelkan sesuai kebutuhan keakuratan sistem deteksi. Diagram alurnya diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alur metode deteksi

Memodelkan Pemukiman dalam Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan software Ms.Excel dengan menskenariokan konsumsi pelanggan listrik. Variasi yang diparameterkan diantaranya jenis daya langgan dan pola kebiasaan konsumsi listrik,

Daya Maksimal 450VA (Arus max=2A)				
pergeseran	0			
Satuan Daya WattDetik (Ws)				
Jarak	Arus	lama	Daya pakai	Rugi daya
M	I	s	Ws	Ws
120	1	600	132000	0.277714
	2	1200	528000	2.221714
	1	1800	396000	0.833143
			0	0
Jumlah		3600	1056000	3.332571

Rekap 450VA				
Jenis Pelanggan	A	B	C	Total
Jumlah pelanggan	310	305	330	945
Jumlah daya pakai	327360000	385825000	203280000	916465000
Jumlah rugi daya	3.332571429	5.56875	2.4948	11.39612143

Gambar 3. Contoh parameter simulasi pola kebiasaan konsumsi listrik pelanggan 450VA

Gambar 3 memperlihatkan salah satu dari 6 variabel maksimal daya, variasi yang digunakan dalam simulasi dimulai dari 450, 900, 1200, 2200, 3500 dan 6600. Daya maksimal memodelkan arus yang dapat dipakai dalam rumah pelanggan tersebut. Sedangkan huruf "A" disamping kanan pada Gambar 3 bagian atas menunjukkan bahwa tabel tersebut adalah skenario A untuk memodelkan pola konsumsi listrik, variasinya ada 3 yaitu A, B dan C.

REKAP DATA SKENARIO KONSUMSI LISTRIK PELANGGAN				
Daya max	Jml node	Pp	Pr	Pi
450	945	916465000	11.397	916465011.4
900	220	384120000	43.069	384120043.1
1300	6	14432000	61.908	14432061.91
2200	2	7502000	121.13	7502121.13
3500	0	0	0	0
6600	0	0	0	0
Jumlah	1173	1322519000	237.504	1322519238

Gambar 4. Rekap data per jaringan distribusi

Setelah didapatkan data untuk semua jenis variabel pada Gambar 4 maka logika deteksi pada persamaan (12) dapat dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skenario Ideal/Tanpa Salah Ukur

Skenario percobaan di mana nilai P_t dan P_u 100% sama yang mana pada realitanya keadaan

tersebut tidak mungkin terjadi, kesalahan pengukuran jarak penghantar menyebabkan nilai Pu berfluktuatif, skenario berikutnya akan menggambarkan keadaan tersebut. Hasil perhitungan skenario tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

DASHBOARD		
SISTEM INFORMASI DETEKSI PENCURIAN LISTRIK		
Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah Node	1173	unit
kapasitas trafo daya terpakai	635.45/640	KVA
Selang pengambilan data	Per Jam	
Daya listrik tersalur dalam jaringan (Pt)	367.3664549	KWH
Daya terukur oleh perangkat (Pu)	367.3664549	KWH
keterangan	AMAN	

TOLERANSI SISTEM DETEKSI		
Jenis Toleransi	nilai	satuan
Salah ukur jarak penghantar	0	Meter
toleransi sistem	0	x

Gambar 5. Tangkapan layar dashboard sistem ideal

Skenario Salah Ukur Tanpa Toleransi

Dapat dilihat dengan nilai kesalahan ukur +50m status sistem adalah “AMAN” hal ini sesuai dengan metode deteksi, begitu juga dengan kesalahan -50m status sistem berubah menjadi “BAHAYA”, untuk mengkalibrasinya butuh untuk ditambahkan nilai toleransi. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

DASHBOARD		
SISTEM INFORMASI DETEKSI PENCURIAN LISTRIK		
Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah Node	1173	unit
kapasitas trafo daya terpakai	635.45/640	KVA
Selang pengambilan data	Per Jam	
Daya listrik tersalur dalam jaringan (Pt)	367.3664549	KWH
Daya terukur oleh perangkat (Pu)	367.3664775	KWH
keterangan	AMAN	

TOLERANSI SISTEM DETEKSI		
Jenis Toleransi	nilai	satuan
Salah ukur jarak penghantar	50	Meter
toleransi sistem	0	x

Gambar 6. Percobaan salah ukur +50m tanpa toleransi

DASHBOARD		
SISTEM INFORMASI DETEKSI PENCURIAN LISTRIK		
Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah Node	1173	unit
kapasitas trafo daya terpakai	635.45/640	KVA
Selang pengambilan data	Per Jam	
Daya listrik tersalur dalam jaringan (Pt)	367.3664549	KWH
Daya terukur oleh perangkat (Pu)	367.3664322	KWH
keterangan	BAHAYA	

TOLERANSI SISTEM DETEKSI		
Jenis Toleransi	nilai	satuan
Salah ukur jarak penghantar	-50	Meter
toleransi sistem	0	x

Gambar 7. Percobaan salah ukur -50m tanpa toleransi

Skenario Salah Ukur Dengan Toleransi

DASHBOARD		
SISTEM INFORMASI DETEKSI PENCURIAN LISTRIK		
Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah Node	1173	unit
kapasitas trafo daya terpakai	635.45/640	KVA
Selang pengambilan data	Per Jam	
Daya listrik tersalur dalam jaringan (Pt)	367.3664549	KWH
Daya terukur oleh perangkat (Pu)	367.3664322	KWH
keterangan	AMAN	

TOLERANSI SISTEM DETEKSI		
Jenis Toleransi	nilai	satuan
Salah ukur jarak penghantar	-50	Meter
toleransi sistem	1	x

Gambar 8. Percobaan salah ukur -50m dengan toleransi

Gambar 8 merupakan hasil perhitungan salah ukur dengan toleransi. Setelah ditambahkan nilai toleransi maka status sistem menjadi “AMAN” dan kalibrasi selesai dilakukan, Tabel 1 merupakan hasil rekap untuk semua variasi salah ukur

Tabel 1. Rekap hasil percobaan kesalahan ukur dengan variasi toleransi

Salah Ukur	Nilai Toleransi		
	0	1	2
+100	✓	✓	✓
+50	✓	✓	✓
+10	✓	✓	✓
0	✓	✓	✓
-10	✗	✓	✓
-50	✗	✓	✓
-100	✗	✗	✓

Hasil rekap percobaan skenario dengan salah ukur tanda centang mengindikasikan sistem berhasil mengeluarkan status sesuai dengan keadaan, artinya tidak mengeluarkan alarm palsu. terlihat dari data diatas nilai kesalahan ukur -50m maka membutuhkan 1 saja nilai toleransi sedangkan -100m membutuhkan 2 nilai toleransi.

Skenario Terdapat Pencurian

Gambar 9 merupakan hasil percobaan saat terdapat kasus pencurian, pencurian daya listrik disimulasikan dengan pencurian lampu LED 4Watt yang dinyalakan terus menerus dalam satu siklus. Hasil lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2. Tanda centang pada Tabel 2 mengindikasikan bahwa status sistem masih "AMAN" walaupun terdapat penambahan nilai Pt pada simulasi akibat dari pencurian. Hal ini disebabkan karena terlalu besarnya nilai toleransi.

DASHBOARD			
SISTEM INFORMASI DETEKSI PENCURIAN LISTRIK			
Parameter	Nilai	Satuan	
Jumlah Node	1173	unit	
kapasitas trafo daya terpakai	635.45/640	KVA	
Selang pengambilan data	Per Jam		
Daya listrik tersalur dalam jaringan (Pt)	367.3694469	KWH	
Daya terukur oleh perangkat (Pu)	367.3664322	KWH	
keterangan	BAHAYA		

TOLERANSI SISTEM DETEKSI		
Jenis Toleransi	nilai	satuan
Salah ukur jarak penghantar	-50	Meter
toleransi sistem	1	x

MODUL SKENARIO PENCURIAN			
SATUAN WATTJAM			
No	Arus	Lama	Pu
1	0.0136	3600	0.002992
2	0.45	0	0
3	1	0	0
Jumlah Daya Dicuri			0.002992

Gambar 9. Percobaan salah ukur -50m dengan toleransi dan skenario pecurian

Tabel 2. Rekap hasil percobaan skenario penambahan pencurian

Salah Ukur	Nilai Toleransi		
	0	1	2
+100	☒	☒	☒
+50	×	×	✓

Salah Ukur	Nilai Toleransi		
	0	1	2
+10	×	×	✓
0	×	×	✓
-10	×	×	×
-50	×	×	×
-100	×	×	×

PENUTUP

Dari simulasi yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode deteksi yang telah dirumuskan perlu untuk dilakukan kalibrasi sebelum sistem deteksi diuji cobakan pada keadaan sebenarnya. Kalibrasi diperlukan untuk menentukan batas nilai toleransi akibat dari kesalahan pengukuran jarak penghantar, saat kalibrasi dilakukan dengan tepat maka hasil logika yang presisi untuk menentukan status sistem akan didapatkan, sebaliknya saat kalibrasi tidak tepat maka sistem dimungkinkan akan menghasilkan alarm palsu saat kesalahan ukur bernilai negatif atau sistem akan kehilangan lebih banyak daya listrik saat kesalahan ukur bernilai positif. Penelitian ini berisi metode dan teori deteksi dengan mengasumsikan perangkat WSN yang berjalan dengan lancar, penelitian lanjutan dibutuhkan pada bagaimana infrastruktur sistem didesain dan diuji atau disimulasikan.

DAFTAR PUSTAKA

Arihutomo M, Rivai M, & Suwito. 2012. Sistem Monitoring Arus Listrik Jala-Jala menggunakan Power Line Carier. *Jurnal Teknik ITS* 1(1): A150-A153.

Fiki A, Pratiwi RN, & Wachid A. 2013. Strategi PT. Perusahaan Listrik Negara dalam Pemenuhan Tenaga Listrik dan Peningatan Pelayanan pada Masyarakat di Pulau Giligenting Kabupaten Sumenep (Studi pada Pembangkit Listrik Tenaga Disel Subrayon Giligenting) *Jurnal Administrasi Publik (JAP)* Vol. 1 (6): 1229-1238

Fuada S. 2013. Sistem Keamanan Cerdas untuk Menangani Pencurian Listrik pada Smart City. *E-Indonesia Initiatives forum.*

Gede. I & Sukono. S. 2006. Pendeteksian Pencurian Listrik Secara Otomatis Dengan ATA Detector, Direktori Inovasi IX.

- http://inovasipln.co.id/data/direktori_inovasi/dir2006.pdf
- Horalek J & Sobeslav V. 2016. Measuring of Electric Energy Consumption in Households by Means of Arduino Platform. In: Sulaiman H., Othman M., Othman M., Rahim Y., Pee N. (eds) *Advanced Computer and Communication Engineering Technology. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 362. Springer, Cham pp 819-830 [DOI: 10.1007/978-3-319-24584-3_69]
- Jokar P, Arianpoo N, & Victor C. 2016. Electricity Theft In AMI Using Consumers' Consumption Pattern. *IEEE Transaction on Smart Grid* 7(1): 216 – 226
- Kharisma AD. 2011. Detektor Pencurian Arus Listrik Pada Pelanggan PLN. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektronika-Fakultas Teknik UM. [<http://karya-ilmiah.um.ac.id/index.php/TA-Elektronika/article/view/13283>]
- Permana Y, Asrizal, & Kamus Z. 2013. Pengembangan Prototipe Sistem Pengukuran KWH Meter Digital Presisi Komunikasi Dua Arah Menggunakan Short Message Service Berbasis Mikrokontroler AT89S52 dan ATMEGA16. *PILLAR OF PHYSICS* Vol. 1: 92-101. [<http://jurnal.polines.ac.id/jurnal/index.php/tele/article/view/181>]
- Sari D, Putro US, Sunitiyoso Y, Hermawan P & Utomo DS. 2010. Aplikasi Norm Game dan Locus of Control untuk Pengembangan Kebijakan Penanggulangan Pencurian Listrik. *Jurnal Manajemen Teknologi* Vol. 9 (1) : 49-63
- Shaulagara S & Mustika IW. 2014. Rancang Bangun Jaringan Sensor Nirkabel untuk Memonitor Pemakaian Energi Listrik Pelanggan Rumah Tangga Menggunakan Arduino dan Zigbee (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).