R E L E
(Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro
Vol. 6, No. 1, Juli 2023, ISSN 2622 – 7002

OPTIMALISASI SISTEM NOTIFIKASI KEGAGALAN KWH METER GARDU INDUK UNTUK MENUNJANG KETRSEDIAAN DATA TRANSAKSI TENAGA LISTRIK DI PT. PLN (PERSERO) UP2B BALI

I Wayan Sukadana[1], Putu Astika Gunantara[2], I Wayan Sugara Yasa[3], I Made Asna[4]
[1,2,4] Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Nasional Denpasar
[3] Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Pendidikan Nasional Denpasar

Jl. Bedugul No.39, Sidakarya, Denpasar, Bali 80224
e-mail: sukadana@undiknas.ac.id

Abstrak— Optimalisasi Sistem Notifikasi Kegagalan Kwh Metr Gardu Induk merupakan sistem yang dibuat sebagai pelengkap dari aplikasi *web-based System Automatic Meter Reading* (AMR) PLN UIP2B JAMALI. Dimana semua kWh Meter Gardu Induk yang dikelola oleh PLN UIP2B JAMALI sudah terkoneksi ke aplikasi AMR menggunakan jaringan LAN/WAN. Namun aplikasi AMR ini masih belum dapat memberikan notifikasi pesan langsung kepada petugas pelaksana jika pada kWh meter terjadi gangguan putus link komunikasi ataupun kehilangan suplai tegangan 110V DC yang menyebabkan koneksi kWh meter terputus ke *System* AMR. Berdasarkan hasil studi literatur dan opservasi pada kWh meter trafo 1 di Gardu Induk Kapal yang berlokasi di Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung-Bali, diperlukan alat dan bahan berupa sensor *link* komunikasi, sensor tegangan 110V DC dan aplikasi Telegram *Messenger* serta memanfaatkan jaringan LAN/WAN dan internet yang sudah tersedia. Notifikasi yang terkirim berupa pesan melalui aplikasi Telegram *Messenger* di *smartphone*. Diharapkan dengan adanya Sistem Notifikasi Kegagalan Kwh Meter Gardu Induk sebagai *early warning* kepada petugas, dapat menghindari kerugian perusahaan secara finansial akibat terlambat diketahuinya kWh meter yang mengalami gangguan *link* komunikasi dan hilang suplai 110V DC. Dengan demikian, diharapkan pula terhindar dari penalti perhitungan kinerja unit akibat kWh meter yang tidak terhubung ke *System* AMR UIP2B JAMALI.

Kata kunci : Notifikasi, kWh meter, *System* AMR

Abstract— *The Optimization Of The Failure Notification System Of Substation Kwh Meter is a system created as a complement to the PLN UIP2B JAMALI Automatic Meter Reading System (AMR) web-based application. Where all the kWh meters at the substation managed by PLN UIP2B JAMALI have been connected to the AMR application using a LAN/WAN communication network. However, the AMR application is still unable to provide direct message notification to implementing officers if the kWh meter is interrupted by a broken communication link or a loss of 110V DC supply voltage which causes the kWh meter connection to be lost to the AMR system. Based on the results of a literature study and observations on kWh meter transformer 1 at Kapal Substation located in Mengwi District, Badung Regency-Bali, the tools and materials needed are communication link sensors, 110V DC voltage sensors and the Telegram Messenger application as well as utilizing LAN/WAN and internet networks that are already available. The notification of message sent via Telegram Messenger application on a smartphone. It is hoped that with the Optimization Of The Failure Notification System Of Substation Kwh Meter as an early warning to officers, it can avoid financial losses to the company due to the late detection of a kWh meter that experienced a communication link failure and lost 110V DC supply. Thus, it is also hoped that the unit performance calculation penalty will be avoided due to the kWh meter not being connected to the UIP2B JAMALI AMR system.*

Keywords : *Notification, kWh meter, AMR system*

I. PENDAHULUAN

Sistem Transaksi Tenaga Listrik adalah suatu sistem dimana terjadi proses transaksi tenaga listrik antara beberapa pihak, diantaranya pihak pembangkitan, penyaluran, distribusi dan konsumen. Proses transaksi dimulai dari pembacaan atau pengambilan data hasil pengukuran besaran transaksi (seperti data kWh maupun kVARh), perhitungan setelmen transaksi dan penerbitan jumlah tagihan transaksi (pada sisi konsumen dikenal dengan istilah rekening).

Untuk pengukuran besaran transaksi tenaga listrik antara pihak Pembangkit, Transmisi, dan Distribusi

Copyright© 2020 RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro. This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ISSN 2622 – 7002 (online), Hal 9-16, DOI: https://doi.org/ 10.30596/rele.v6i1.15455

menggunakan alat kWh meter elektronik dengan lokasi titik ukur transaksi berada di Gardu Induk.

PT PLN (Persero) UIP2B JAMALI saat ini mengelola aplikasi web *System* AMR dimana seluruh kWh meter transaksi Gardu Induk di wilayah Jawa, Madura dan Bali wajib menggunakan komunikasi TCP/IP agar dapat terhubung dengan aplikasi tersebut.

Gambar 1. *System* AMR *login page*

Namun aplikasi web ini, belum memiliki kemampuan untuk memberikan notifikasi pesan langsung kepada petugas pelaksana perbaikan jika terdapat kWh meter yang mengalami gangguan koneksi ke web *System* AMR, yang diantaranya disebabkan oleh putusnya *link* komunikasi ataupun karena hilang suplai tegangan 110V DC pada kWh meter (suplai tegangan 110V DC digunakan untuk menyalakan kWh meter).

Gangguan koneksi kWh meter tersebut bisa terjadi di waktu kapan saja dengan berbagai macam penyebabnya. Gangguan putus *link* komunikasi bisa disebabkan antara lain karena rusak/putus kabel LAN, kerusakan perangkat *switch/hub*, atau bahkan kerusakan internal kWh meter. Begitu pula untuk gangguan hilang suplai tegangan 110V DC diantaranya disebabkan karena terjadi MCB *power supply* kWh meter *trip* ataupun juga karena kerusakan internal dari kWh meter yang bisa menyebabkan kWh meter mati dan tidak merekam data pemakaian energi listrik sehingga berpotensi merugikan secara proses bisnis transaksi tenaga listrik.

Saat ini jika terdapat kWh meter yang tidak terkoneksi dengan AMR, petugas pelaksana sering terlambat mengetahui dan baru bisa mengetahuinya dengan melakukan manual refresh di aplikasi web *System* AMR. Manual *refresh* dilakukan untuk memperbarui kondisi terakhir antara kWh meter dengan web *System* AMR. Jika gangguan koneksi tersebut terjadi di hari libur, maka kemungkinan akan lebih terlambat lagi diketahui karena petugas pelaksana bidang transaksi tenaga listrik berdinas secara reguler (waktu dinas hari Senin hingga Jumat, pukul 08.00-16.30).

Oleh karena itu, diperlukan suatu cara jika terjadi gangguan koneksi kWh meter terhadap AMR bisa segera diketahui petugas tanpa harus membuka aplikasi web *System* AMR terlebih dahulu. Dengan demikian proses penanganan gangguan dapat secepatnya dilakukan, mengingat pentingnya kWh meter dalam proses bisnis transaksi tenaga listrik, serta karena adanya penalti perhitungan kinerja unit jika terdapat kWh meter yang tidak terhubung dengan *System* AMR.

II. STUDI PUSTAKA

A. *Kilo Watt Hour* (kWh) Meter

Kilo Watt Hour (kWh) Meter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur (menghitung) pemakaian energi listrik [1]. Teknologi awal pada kWh meter adalah menggunakan sistem elektromekanik yang bekerja berdasarkan adanya induksi arus dan tegangan yang menyebabkan berputarnya piringan *(disc)* pada kWh meter, dimana kecepatan putaran piringan berbanding lurus dengan besarnya energi yang digunakan dan besarnya energi yang digunakan tergantung dari besarnya arus/beban yang digunakan.

Jenis kWh meter meter elektronik merupakan pengembangan dari kWh meter elektromekanik yang secara prinsip kerjanya tidak lagi menggunakan asas induksi dan juga tidak terdapat komponen yang bergerak/berputar. Komponen yang digunakan pada kWh meter elektronik bersifat statis atau tetap, karena menggunakan komponen elektronik [2].

Di wilayah Jawa dan Bali, kWh meter elektronik di Gardu Induk memerlukan *input power supply* untuk menyalakan kWh meter tersebut agar dapat beroperasi. Umumnya paling banyak menggunakan tegangan 110V DC namun ada beberapa kWh meter yang menggunakan tegangan 220V AC untuk menyalakannya.

B. *Mikrokontroler Arduino Uno*

Arduino merupakan sebuah *minimum system* mikrokontroler yang bersifat *open source*. Didalam rangkaian *board* Arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATMega 328 yang merupakan produk dari Atmel. Arduino juga mempunyai bahasa pemrogramanya yang berupa bahasa C. Selain itu dalam arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB dan bisa juga difungsikan sebagai *port* komunikasi serial, sehingga memudahkan ketika memprogram mikrokontroler Arduino [3].

C. *Router Mikrotik*

Mikrotik adalah suatu perusahaan yang berkantor di pusat negara Latvia, dan dibentuk oleh John Trully serta Arnis Riekstins. Perusahaan ini lebih berfokus pada pembuatan switch jaringan, router, dan peralatan nirkabel lainnya. Mikrotik merupakan sistem operasi yang berbasis perangkat lunak *(software)* yang dipergunakan untuk menjadikan komputer sebagai *router* sebuah jaringan. Mikrotik juga menggunakan

Copyright© 2020 RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro. This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

sistem operasi berbasis Linux dan menjadi dasar *network router* [4].

D. Aplikasi Telegram Messenger

Telegram *Messenger* adalah sebuah aplikasi layanan pengirim pesan instan *multiplatform* berbasis *cloud* yang bersifat gratis dan nirlaba. Klien Telegram tersedia untuk perangkat telepon seluler dan sistem perangkat komputer. Para pengguna dapat mengirim pesan dan bertukar foto, video, stiker, audio, dan tipe berkas [5].

Aplikasi Telegram memiliki fitur yang disebut Bot. Telegram Bot ini merupakan sebuah singkatan dari robot, yang mempunyai arti sebagai mesin yang dapat menanggapi suatu kondisi atau sebuah pesan dari *user* secara otomatis.

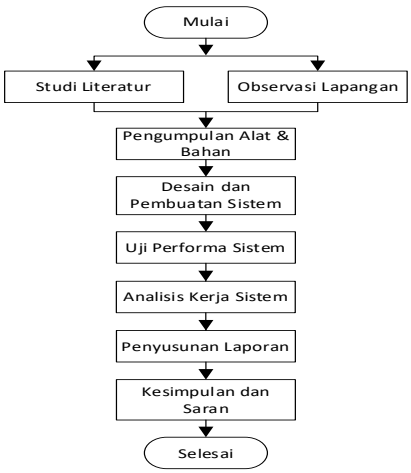
III. METODE

A. Lokasi Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di kantor PT PLN (Persero) UP2B Bali serta di Gardu Induk Kapal (ke dua instansi beralamat di Jl. Raya Abian Base, Kelurahan Kapal, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung – Bali) dengan objek yang diangkat adalah optimalisasi sistem notifikasi kegagalan kWh meter Gardu Induk untuk menunjang ketersediaan data transaksi tenaga listrik di PT PLN (Persero) UP2B Bali.

B. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan seperti tertera pada diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram Alir (Flowchart) Tahapan Penelitian

C. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan penulis dalam penelitian ini, dilakukan dengan dua metode:

1. Metode Studi Literatur

Dilakukan untuk mengumpulkan referensi dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Kegiatan studi literatur meliputi penelusuran *text book*, jurnal, diktat, internet dan sebagainya yang berhubungan dengan notifikasi kegagalan kWh meter Gardu Induk dan sistem AMR *(Automatic Meter Reading)*.

2. Metode Observasi

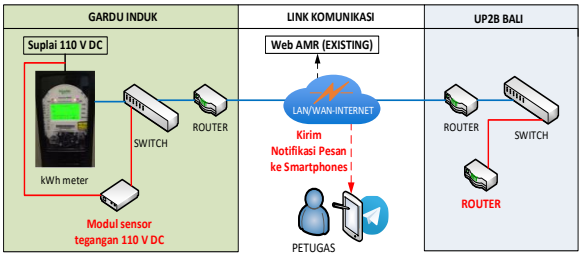
Melakukan pengamatan dan pemahaman pada pada aplikasi AMR di PT PLN (Persero) UP2B Bali serta pada kWh meter yang ada di Gardu Induk, dalam hal ini menggunakan contoh observasi kWh meter di Gardu Induk Kapal.

D. Alat dan Bahan

Setelah mendapatkan pemahaman dari studi literatur dan observasi, maka diperlukan beberapa alat dan bahan untuk membuat sistem notifikasi yang mampu mendeteksi jika terjadi gangguan putus *link* komunikasi dan gangguan hilang suplai tegangan 110V DC pada kWh meter Gardu Induk. Alat yang diperlukan berupa *hardware* dan *software* yaitu sensor link komunikasi, sensor tegangan 110V DC, aplikasi Telegram *Messenger* serta jaringan komunikasi (LAN, WAN dan internet).

E. Desain Sistem

Pada proses perancangan sensor diperlukan pemrograman pada mikrokontroler, seting router dan seting aplikasi Telegram *Messenger* serta merangkai beberapa komponen elektronika. Sehingga, sistem yang dibuat mampu untuk mendeteksi putus *link* komunikasi dan hilang suplai tegangan 110V DC pada kWh meter Gardu Induk sesuai dengan yang diharapkan.



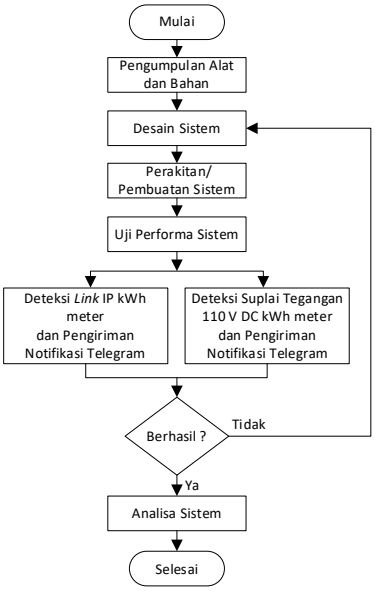
Gambar 3. Desain Sistem Notifikasi Kegagalan kWh Meter Gardu Induk

F. Uji Performa Sistem

Setelah sistem selesai dibuat, maka dilakukan uji performa dalam mendeteksi putus *link* komunikasi dan hilang suplai tegangan 110V DC pada kWh meter. Kemudian, respon hasil uji ini dicatat dan dianalisa.

Copyright© 2020 RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro. This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ISSN 2622 – 7002 (online), Hal 9-16, DOI: https://doi.org/ 10.30596/rele.v6i1.15455



Gambar 4. Diagram Alir (Flowchart) Uji Performa Sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk membuat Sistem Notifikasi Kegagalan kWh Meter Gardu Induk dilakukan dalam beberapa tahapan/proses, dimulai dari proses konfigurasi aplikasi Telegram *Messenger*, proses pembuatan sensor *link* komunikasi serta pembuatan sensor tegangan. Selanjutnya dilakukan perangkaian agar perangkat-perangkat sensor dan aplikasi Telegram tersebut menjadi satu kesatuan sistem. Pengujian performa dilakukan setelah semua proses pembuatan sistem selesai dilakukan.

A. *Proses Konfigurasi Aplikasi Telegram Messenger*

Fitur Bot pada Telegram digunakan untuk mengirimkan pesan notifikasi ke *smartphone* petugas. Berikut langkah-langkah konfigurasi Bot Telegram:

1. Pembuatan Bot dilakukan menggunakan @BotFather. Tap tombol "Mulai" atau kirim perintah *"/start"* (tanpa tanda kutip) ke @BotFather sehingga akan muncul daftar perintah yang digunakan ke Bot tersebut.
2. Kirimkan perintah *"/newbot"* (tanpa tanda kutip), maka akan muncul respon dari @BotFather.
3. Buat dan kirimkan nama *(username)* Bot yang akan digunakan. Penulis menggunakan *username* AMRlinkNotif. Jika pembuatan Bot berhasil, maka akan muncul balasan yang memuat token untuk mengakses API *(Application Programming Interface)* Bot yang sudah dibuat.
4. Masukkan Bot yang telah dibuat ke dalam grup *chat* sebagai wadah pengiriman notifikasi kegagalan kWh meter Gardu Induk.

Gambar 5. Grup Notifikasi

5. Agar dapat mengirimkan notifikasi, perlu mengetahui kode *chat-id* Bot yang sudah dibuat dengan mengakses API Bot di *browser* menggunakan format alamat: *https://api.telegram.org/bot(MASUKKAN_TOKEN_BOT)/getUpdates*
   Kemudian cari nama grup, kode *chat-id* grup di awali dengan tanda "-".
6. Selesai

B. *Proses Pembuatan Sensor Link Komunikasi*

Sensor *link* digunakan untuk mendeteksi kondisi putus atau tersambungnya *(up/down)* suatu IP *(Internet Protocol)* peralatan terhadap jaringan komunikasi (LAN/WAN). Perangkat yang penulis gunakan sebagai sensor *link* komunikasi adalah Mikrotik Routerboard RB450G. Lakukan setelan konfigurasi pada *router* sebagai berikut:

1. Melakukan *basic config* mikrotik menggunakan aplikasi Winbox pada menu *Interfaces*, IP Adderses, DNS *(Domain Name System)*, *Firewall* menyesuaikan dengan jaringan komunikasi (LAN) yang akan dihubungkan.
2. Membuat *script* yang digunakan sebagai perintah untuk mengirimkan kondisi *link* komunikasi dari perangkat yang dipantau pada menu *System*, kemudian pilih submenu *Scripts*. Kode *scripts* yang dibuat adalah untuk kondisi saat *link* tersambung *(Link Up)* dan saat link terputus *(Link Down)* yang disertai dengan memasukkan kode token dan *chat-id* Bot. Dibuat juga *Name* untuk tiap *scripts* tersebut.
3. Daftarkan IP dari perangkat yang akan dimonitor pada menu *Tools* submenu *Netwatch* kemudian pilih tab *Host*. Selanjutnya pada tab *Up* dan *Down* masukkan *Name* dari *script* yang sudah dibuat pada langkah no.2 di atas.
4. Ulangi langkah no.2 dan no.3 sampai semua IP kWh meter yang ingin dimonitor sudah terdaftar.
5. Selesai.

Copyright© 2020 RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro. This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

C. *Proses Pembuatan Sensor Tegangan*

Sensor tegangan digunakan untuk mendeteksi hilangnya tegangan 110V DC yang berfungsi sebagai *power supply* pada kWh meter di Gardu Induk. Pembuatan sensor tegangan dilakukan sebagai berikut:

1. Membuat rangkaian pembagi tegangan yang akan difungsikan untuk *telememonitoring* tegangan 110V DC. Rangkaian dibuat menggunakan komponen resistor: R1=220 kΩ dan R2=6,8 kΩ

   Dari rangkaian tersebut didapat nilai tegangan output [6]:

$$V_{out} = V_{in}\ x\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

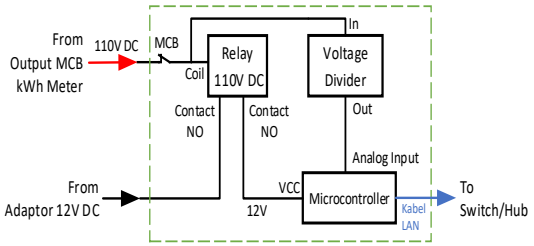
$$= 110\ x\left(\frac{6{,}8}{220+6{,}8}\right) = 3{,}29V\ DC$$

   Dengan kemampuan penerimaan maksimum *pin* analog mikrokontroler arduino sebesar 5V DC, maka nilai tegangan *input* maksimum yang boleh diukur oleh rangkaian pembagi tegangan tersebut adalah:

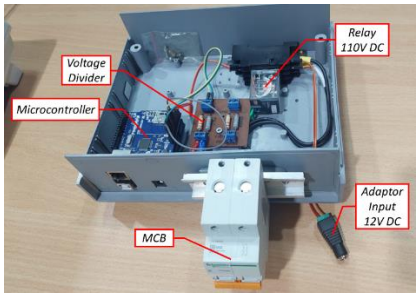
$$V_{in\ max.} = \frac{V_{out}}{\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)} = \frac{5}{\left(\frac{6{,}8}{220 + 6{,}8}\right)}$$

$$= 166{,}76 \approx 166V\ DC$$

2. Merangkai unit mikrokontroler (arduino *board*) dengan *ethernet shield*, kemudian dilakukan pemrograman.
3. Merakit dan menghubungkan antara komponen mikrokontroler, rangkaian pembagi tegangan, *relay* 110V, MCB 2P dalam satu kotak *(box).*



Gambar 6. Rangkaian Sensor Tegangan

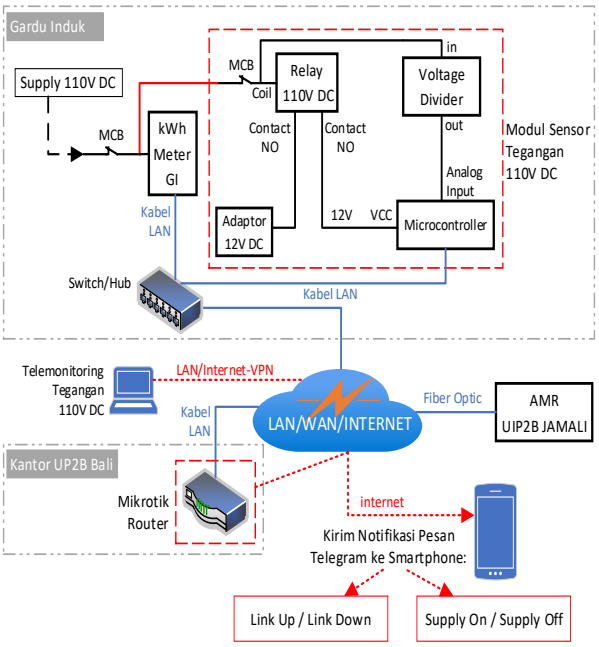


Gambar 7. Box Sensor Tegangan

4. Membuat *script* untuk *Supply On* dan *Supply Off* serta mendaftarkan IP perangkat sensor tegangan pada Mikrotik (sensor *link* komunikasi).
5. Selesai

D. *Rangkaian Sistem*

Setelah proses di atas selesai dilakukan, agar sistem dapat diimplementasikan harus dirangkai seperti pada gambar rangkaian berikut:



Gambar 8. Rangkaian Sistem

Mikrotik Router RB450G yang digunakan sebagai sensor *link* komunikasi dipasangkan di kantor UP2B Bali agar memudahkan sensor untuk memantau semua *link* kWh meter Gardu Induk.

Sistem ini juga memiliki fitur *telemonitoring* tegangan suplai 110V DC kWh meter yang bisa diakses melalui web *browser* menggunakan jaringan LAN ataupun menggunakan internet dengan VPN *(Virtual Private Network).*

E. *Hasil Uji Kecepatan Respon Sistem*

Untuk menguji respon kecepatan pengiriman notifikasi terhadap gangguan *link* komunikasi. Pengujian dilakukan melalui simulasi kejadian putus *link* komunikasi dengan cara melepas koneksi port RJ45 di kWh meter. Hasil uji tertera pada tabel berikut:

Copyright© 2020 RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro. This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ISSN 2622 – 7002 (online), Hal 9-16, DOI: https://doi.org/ 10.30596/rele.v6i1.15455

Tabel 1. Kecepatan Pengiriman Notifikasi Kondisi *Link* Komunikasi

Uji ke-	Waktu Respon (detik)	
	Link Down	*Link Up*
1	10	10
2	10	10
3	11	11
4	10	10
5	10	10
Rata-rata:	**10,2**	**10,2**

Dari tabel pengujian di atas, dengan melakukan sebanyak lima kali percobaan didapatkan nilai rata-rata kecepatan pengiriman notifikasi jika terjadi *Link Down* adalah setelah 10,2 detik dari kejadian. Begitupula jika kondisi *link* sudah normal *(Link Up)* notifikasi terkirim pada 10,2 detik setelah kejadian.

Gambar 9. Notifikasi Kondisi Link Komunikasi

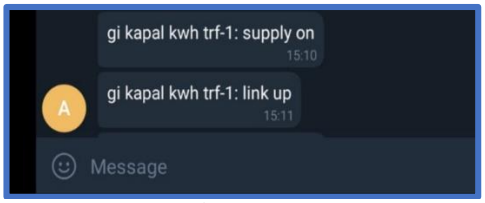
Selanjutnya dilakukan uji respon kecepatan pengiriman notifikasi jika terjadi hilang tegangan suplai pada kWh meter dengan cara mematikan MCB suplai 110V DC kWh meter. Berikut hasil uji respon hilang suplai tegangan:

Tabel 2. Kecepatan Pengiriman Notifikasi Kondisi Suplai 110V DC

Uji ke-	Waktu Respon (detik)			
	Supply Off	*Link Down*	*Supply On*	*Link Up*
1	10	10	20	42
2	11	11	21	43
3	10	10	20	42
Rata-rata:	**10,3**	**10,3**	**20,3**	**42,3**

Saat terjadi hilang suplai tegangan 110V DC, maka terdapat dua notifikasi yang terkirim yaitu *Supply Off* dan *Link Down*. Hal tersebut dikarenakan perangkat kWh meter dalam kondisi mati (tidak menyala) sehingga kondisi *link* kWh meter juga terputus. Dari tabel pengujian didapatkan kecepatan rata-rata pengiriman notifikasi setelah 10,3 detik dari kejadian hilang tegangan. Jika kondisi suplai sudah normal kembali, notifikasi *Supply On* rata-rata terkirim setelah 20,3 detik dan notifikasi *Link Up* rata-rata terkirim setelah 42,3 detik. Pengiriman notifikasi *Supply On* dan *Link Up* menjadi lebih lama disebabkan karena kWh meter dalam proses *starting up* sehingga memerlukan waktu lebih untuk dapat terhubung kembali dengan jaringan komunikasi.

Gambar 10 Notifikasi Suplai 110V DC Off



Gambar 11. Notifikasi Suplai 110V DC On

F. Hasil Uji Telemonitoring Tegangan Suplai

Pada pengujian ini menggunakan simulasi dari perangkat Megger Sverker 780 sebagai *power supply* yang mampu menghasilkan tegangan 20V DC sampai 220V DC. Pengujian pengukuran tegangan dilakukan pada *range* 90V DC hinggga 120V DC. Berikut tabel hasil *telemonitoring* tegangan suplai yang terukur:

Tabel 3. *Hasil Telemonitoring Tegangan Suplai*

No.	TEGANGAN DC (Volt)							% *Error*
	Megger Sverker 780	Multimeter Fluke 179	Telemonitoring		Selisih Pengukuran			
			V1	V2	V1-Multimeter	V2-Multimeter	Selisih Terbesar	
1	120,0	120,0	**119,86**	**120,19**	0,14	0,19	V2	0,2
2	115,0	115,0	**115,66**	**115**	0,66	0,00	V1	0,6
3	110,0	110,0	**110,34**	**109,99**	0,34	0,01	V1	0,3
4	105,0	105,0	**105,33**	**104,99**	0,33	0,01	V1	0,3
5	100,0	100,0	**100,21**	**99,88**	0,21	0,12	V1	0,2
6	95,0	95,0	**94,89**	**95,14**	0,11	0,14	V2	0,1
7	90,0	90,0	**90,23**	**90,06**	0,23	0,06	V1	0,3
							Rata-rata *Error*:	**0,3**

Dari tabel di atas, untuk hasil pengukuran telemonitoring terdapat dua hasil pengukuran V1 dan V2. Oleh karena itu untuk mencari persentase *erorr* per tahap pengukuran digunakan nilai yang memiliki selisih terbesar terhadap nilai multimeter. Nilai persentase *error* pada pengukuran tahap pertama adalah sebagai berikut [7]:

$$\%\ Error = \left|\frac{Nilai\ Ukur - Nilai\ Pembanding}{Nilai\ Pembanding}\right| x\ 100\%$$

$$= \left|\frac{120{,}19-120}{120}\right| x\ 100\% = 0{,}2\%$$

Copyright© 2020 RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro. This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan pula pada pengukuran tahap ke dua hingga ke tujuh. Kemudian secara keseluruhan didapat rata-rata *error* pengukuran sebesar 0,3%. Sehingga menurut Sri Waluyanti et al., 2008, maka hasil pengukuran *telemonitoring* dapat digolongkan pada kelas pengukuran 0,5 [8].

G. Manfaat Penerapan Sistem

1. Mencegah Potensi Kerugian Finansial

Jika terdapat kejadian hilang suplai yang disebabkan karena MCB 110V DC *trip* pada kWh meter Trafo-1 di GI Kapal dimana hilang suplai terjadi pada saat hari libur kerja sabtu dan minggu mulai tanggal 6 Maret 2021 pkl. 08.00 dan baru diketahui pada tanggal 8 Maret 2021 pkl. 08.00, maka perkiraan pemakaian energi listrik yang tidak tercatat pada kWh meter sesuai nilai *Load Profile* sebesar 511.588,65 kWh.

Tabel 4. Load Profile Trafo-1 GI Kapal

Date/Time	kWh del int
03/06/21 8:00	4810.026855
03/06/21 8:30	5142.012207
03/06/21 9:00	5380.428711
03/06/21 9:30	5638.586426
03/06/21 10:00	5755.880371
03/06/21 10:30	5856.227539
03/06/21 11:00	5869.606445
03/06/21 11:30	5871.961426
03/06/21 12:00	5946.34375
03/06/21 12:30	5758.249023
03/06/21 13:00	5654.710449
03/06/21 13:30	5795.249512
03/06/21 14:00	5955.259766
03/06/21 14:30	5918.621094
03/06/21 15:00	5814.108398
03/06/21 15:30	5659.046387
03/06/21 16:00	5534.416992
03/06/21 16:30	5485.433594
03/06/21 17:00	5403.05127
03/06/21 17:30	5320.984863
03/06/21 18:00	5429.556641
03/06/21 18:30	5485.063477
03/06/21 19:00	5767.235352
03/06/21 19:30	5948.54541
03/06/21 20:00	5902.166016
03/06/21 20:30	5906.75293
03/06/21 21:00	5853.094727
03/06/21 21:30	5770.382813
03/06/21 22:00	5670.780762
03/06/21 22:30	5468.103516
03/06/21 23:00	5332.510254
03/06/21 23:30	5101.99707
03/07/21 0:00	4978.541992
03/07/21 0:30	4823.57666
03/07/21 1:00	4682.319824
03/07/21 1:30	4606.633301
03/07/21 2:00	4521.233887
03/07/21 2:30	4428.724121
03/07/21 3:00	4368.052734
03/07/21 3:30	4318.010254
03/07/21 4:00	4253.017578
03/07/21 4:30	4212.290039
03/07/21 5:00	4194.782715
03/07/21 5:30	4200.765137
03/07/21 6:00	4251.701172
03/07/21 6:30	4272.792969
03/07/21 7:00	4370.299316
03/07/21 7:30	4481.006836
03/07/21 8:00	4644.86084
03/07/21 8:30	4876.501465
03/07/21 9:00	5092.506836
03/07/21 9:30	5327.741699
03/07/21 10:00	5396.294434
03/07/21 10:30	5505.255859
03/07/21 11:00	5569.181641
03/07/21 11:30	5589.922363
03/07/21 12:00	5632.115723
03/07/21 12:30	5537.057129
03/07/21 13:00	5567.3125
03/07/21 13:30	5611.951172
03/07/21 14:00	5682.182617
03/07/21 14:30	5706.473633
03/07/21 15:00	5603.958984
03/07/21 15:30	5531.478027
03/07/21 16:00	5447.460449
03/07/21 16:30	5398.546875
03/07/21 17:00	5366.676758
03/07/21 17:30	5324.293457
03/07/21 18:00	5378.495117
03/07/21 18:30	5511.095215
03/07/21 19:00	5998.797852
03/07/21 19:30	6276.027832
03/07/21 20:00	6303.885254
03/07/21 20:30	6262.509766
03/07/21 21:00	6297.105957
03/07/21 21:30	6254.78418
03/07/21 22:00	6134.020996
03/07/21 22:30	6015.341309
03/07/21 23:00	5749.88916
03/07/21 23:30	5533.630859
03/08/21 0:00	5342.79248
03/08/21 0:30	5163.618164
03/08/21 1:00	4979.621094
03/08/21 1:30	4877.654785
03/08/21 2:00	4732.089844
03/08/21 2:30	4646.85791
03/08/21 3:00	4551.340332
03/08/21 3:30	4507.556152
03/08/21 4:00	4451.576172
03/08/21 4:30	4406.555664
03/08/21 5:00	4405.510742
03/08/21 5:30	4415.1875
03/08/21 6:00	4520.479004
03/08/21 6:30	4622.256836
03/08/21 7:00	4772.60498
03/08/21 7:30	4887.191406
03/08/21 8:00	5008.260742
Jumlah kWh :	511,588.65

Sesuai dengan ketentuan harga dasar transfer penjualan tenaga listrik *(Power Sales Agreement/PSA)* ke pihak Distribusi yang ditetapkan Direksi PLN pada bulan Maret 2021, dimana harga dikelompokkan berdasarkan LWBP1, LWBP2 dan WBP maka didapatkan total harga pemakaian energi listrik yang berpotensi hilang adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 5. Perhitungan Potensi Harga kWh yang Hilang

	kWh	Rp/kWh	Harga
LWBP1	152.041,96	Rp 336	Rp 51.086.098,56
LWBP2	264.204,44	Rp 504	Rp 133.159.037,76
WBP	95.342,25	Rp 1.008	Rp 96.104.988,00
Total kWh:	511.588,65	**Total Harga:**	**Rp 280.350.124,32**

Keterangan:

LWBP1 (Luar Waktu Beban Puncak 1) dimulai dari pukul 22.00.01-06.00.00
LWBP2 (Luar Waktu Beban Puncak 2) dimulai dari pukul 06.00.01-18.00.00
WBP (Waktu Beban Puncak) dimulai pukul 18.00.01-22.00.00

Jika saat itu sistem notifikasi sudah berjalan dan notifikasi diterima oleh petugas yang kemudian setelah melakukan verifikasi terhadap notifikasi yang diterimanya memutuskan untuk segera melakukan perbaikan secara *on-site*, maka biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan sebagai kompensasi bekerja di hari libur adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan Biaya Kompensasi Bekerja di Hari Libur

Petugas	Jumlah Petugas	Jumlah Hari	Kompensasi/ Hari	Total Kompensasi
Pengawas Pekerjaan	1	1	Rp250.000	Rp250.000
Pengawas K3	1	1	Rp250.000	Rp250.000
Pelaksana Pekerjaan	1	1	Rp250.000	Rp250.000
			Total Biaya:	**Rp750.000**

Peraturan perusahaan yang tertuang dalam keputusan *General Manager* (GM) UIP2B JAMALI telah memberikan kompensasi kepada petugas yang bekerja di hari libur. Biaya kompensasi dihitung per hari serta untuk kondisi dan bidang tertentu saja. Biaya kompensasi sudah termasuk biaya transportasi pulang-pergi petugas dari rumah menuju kantor.

Dari tabel 6 di atas dapat dijelaskan bahwa saat melaksanakan pekerjaan di Gardu Induk memerlukan minimal 3 orang petugas yang terdiri dari 1 orang Pengawas Pekerjaan, 1 orang Pengawas K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) serta 1 orang Pelaksana Pekerjaan. Dengan prediksi pelaksanaan penanganan gangguan hanya 1 hari, maka biaya kompensasi yang dikeluarkan perusahaan adalah sebesar Rp 750.000,- (Tujuh Ratus Lima Puluh Ribu Rupiah). Biaya tersebut mengabaikan biaya penggunaan kendaraan dinas dari kantor ke Gardu Induk Kapal karena lokasinya bersebelahan dengan kantor, serta untuk operasional kendaraan dinas sudah masuk ke dalam kontrak tersendiri.

Jadi dengan menerapkan sistem notifikasi kegagalan kWh meter Gardu Induk yang memantau secara *real time* dan memberikan *early warning notification* kepada petugas, maka petugas mengetahui lebih dini adanya gangguan pada kWh meter dan proses penanganan gangguan dapat segera dilakukan. Sehingga dapat menghindari ataupun meminimalisir kerugian finansial perusahaan seperti yang tertera pada tabel 4 dan 5.

Copyright© 2020 RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro. This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ISSN 2622 – 7002 (online), Hal 9-16, DOI: https://doi.org/ 10.30596/rele.v6i1.15455

2. Menjaga Kinerja Ketersediaan Data Transaksi Tenaga Listrik

Perangkat kWh meter, *link* komunikasi dan *server* AMR adalah perangkat yang memegang peranan penting sebagai penyedia data transaksi tenaga listrik. Kewenangan dan tanggung jawab unit UP2B Bali adalah pada perangkat kWh meter dan *link* komunikasi, sehingga unit wajib menjaga perangkat tersebut selalu siap untuk menyediakan data transaksi tenaga listrik.

Perhitungan kinerja unit UP2B Bali ditentukan salah satunya dari data transaksi tenaga listrik yang berhasil terkirim ke *System* AMR. Jika perangkat kWh meter mengalami gangguan sehingga menyebabkan kegagalan pengiriman data transaksi ke *System* AMR, maka akan berpengaruh pada penilaian kinerja unit.

Dengan penerapan Sistem Notifikasi Kegagalan kWh Meter Gardu Induk yang mampu memantau secara *real time* dan memberikan *early warning notification* kepada petugas jika terjadi gangguan *link* komunikasi atau gangguan hilang suplai tegangan 110V DC pada kWh meter Gardu Induk, maka petugas dapat segera melakukan tindakan penanganan gangguan. Sehingga data transaksi tenaga listrik masih dapat terkirim ke *System* AMR dan juga dapat menjaga nilai kinerja unit UP2B Bali tetap baik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat diambil kesimpulan bahwa rancangan sistem notifikasi *real time* jika terjadi gangguan *link* komunikasi dan hilang suplai tegangan 110V DC pada kWh meter di Gardu Induk adalah menggunakan sensor tegangan 110V DC, sensor *link* komunikasi dan aplikasi Telegram *Messenger*.

Hasil unjuk kerja kecepatan pengiriman notifikasi *Link Down* dan *Link Up* rata-rata selama 10,2 detik setelah kejadian. Lalu notifikasi *Supply Off-Link Down* rata-rata selama 10,3 detik setelah kejadian. Dan jika kondisi suplai sudah normal kembali kecepatan pengiriman rata-rata 20,3 detik untuk *Supply On* dan rata-rata selama 42,3 detik untuk *Link Up*.

Kemudian, untuk menjaga kinerja operasional kWh meter Gardu Induk adalah selalu memantau kondisi kWh meter agar tetap *online* dengan *System* AMR, juga menambahkan sistem notifikasi kegagalan kWh meter Gardu Induk sebagai *early warning* kepada petugas jika terdapat kWh meter yang *offline* ke *System* AMR, serta segera melakukan tindakan perbaikan jika terjadi gangguan pada kWh meter Gardu Induk.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I Wayan Sukadana, Dhimas Prayoga, and I Wayan Suriana, "Sistem Monitoring dan Audit Energi Listrik Berbasis Internet Of Things (IOT)," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 7, no. 2, 2021, Accessed: Sep. 22, 2022. [Online]. Available: http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/article/view/112081/105342

[2] PLN Corporate University, "Materi Diklat Meter Transaksi Tenaga Listrik." PLN Corporate University, Jakarta, 2020.

[3] andikapurnama012, "MICRO1311852 ARTIKEL ARDUINO," Sep. 15, 2015. https://micro1311852.wordpress.com/2015/09/09/artikel-arduino-2/ (accessed Aug. 08, 2022).

[4] Muhammad Robith Adani, "Mikrotik Beserta Jenis dan Fungsinya Secara Lengkap," Jan. 12, 2021. https://www.sekawanmedia.co.id/blog/mikrotik-adalah/ (accessed Jul. 29, 2022).

[5] Amelia Riskita, "6 Manfaat Telegram Untuk Bisnis, Bisa Gunakan Chatbot!," May 23, 2022. https://store.sirclo.com/blog/manfaat-telegram-untuk-bisnis/amp/ (accessed Sep. 08, 2022).

[6] Anggara Trisna Nugraha S.T M.T, "Rumus dan Rangkaian Pembagi Tegangan (Voltage Divider)," *Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*, Sep. 24, 2019. https://lecturer.ppns.ac.id/anggaratnugraha/2019/09/24/rumus-dan-rangkaian-pembagi-tegangan-voltage-divider/ (accessed Aug. 08, 2022).

[7] Nur Arifin, Rakhmad Syafutra Lubis, and Mansur Gapy, "Rancang Bangun Prototype Power Meter 1 Fasa Berbasis Mikrokontroller Atmega328P," *Jurnal Online Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala*, vol. 9, no. No.1, 2019, Accessed: Oct. 24, 2022. [Online]. Available: https://jurnal.unsyiah.ac.id/kitektro/article/viewFile/12865/9972

[8] Sri Waluyanti, Djoko Santoso, Slamet, and Umi Rochayati, *ALAT UKUR DAN TEKNIK PENGUKURAN JILID 1 Untuk SMK*, 1st ed., vol. 1. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan - Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah - Departemen Pendidikan Nasional, 2008. Accessed: Oct. 27, 2022. [Online]. Available: http://staffnew.uny.ac.id/upload/131635621/pendidikan/alatukurdanteknikpengukuranjilid1kelas10sriwaluyanti2008.pdf

Copyright© 2020 RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro. This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).