

# **Optimalisasi Fungsi Power Meter Sebagai Sistem Monitoring Dan Early Warning System - Peringatan Dini Pada Titik Kerawanan Di Sistem Kelistrikan Untuk Mencegah Gangguan Dan Meningkatkan Awareness Operator Sistem**

**Jajang Robi**

PLN UP2B DKI Jakarta dan Banten 1

Email: *jajangrobi@pln.co.id*

## **ABSTRACT**

*This paper is a breakthrough effort that is realized in a concrete way into a platform system, which aims to monitor vulnerable points in the electricity system, especially in the regulation of the UP2B DKI Jakarta and Banten electricity systems. Where the monitoring system that existed before was still carried out conventionally, namely by monitoring the parameters displayed on the monitor screen in the Dispatcher room. Some of the constraints and weaknesses in the conventional system vulnerability monitoring system can have an impact on system reliability and Dispatcher credibility or even PLN's resilience both systemically and corporately. Considering that there are many zero down time points in the Jakarta Raya electricity system that will be affected, if there is a disturbance at a point of vulnerability, a technology platform is needed that can become a monitoring system, which is an auto-reminder and early warning system, which can also increase awareness. , so that it can help Dispatchers, management, stakeholders and related parties in monitoring system vulnerability points in real time. Furthermore, it can prevent disturbances at vulnerable points in the system or widespread blackouts caused by loads exceeding their safe operating limits.*

## **ABSTRAK**

*Karya tulis ini merupakan upaya terobosan yang diwujudkan secara nyata ke dalam suatu sistem platform, yang bertujuan untuk mengawasi titik-titik kerawanan di sistem kelistrikan, khususnya dalam pengaturan sistem kelistrikan UP2B DKI Jakarta dan Banten. Dimana sistem monitoring yang ada sebelumnya, masih dilakukan secara konvensional, yaitu dengan mengawasi parameter-parameter yang ditampilkan pada layar monitor di ruang Dispatcher. Beberapa kendala dan kelemahan pada sistem monitoring kerawanan sistem yang masih konvensional tersebut, dapat berdampak pada kehandalan sistem dan kredibilitas Dispatcher atau bahkan resilience PLN secara sistem maupun korporat. Mengingat, banyaknya titik zero down time di sistem kelistrikan Jakarta Raya yang akan terdampak, jika terjadi gangguan pada suatu titik kerawanan, maka diperlukan suatu platform teknologi yang dapat menjadi suatu sistem monitoring, yang sifatnya auto-reminder dan early warning system, pun dapat meningkatkan awareness, sehingga bisa membantu Dispatcher, manajemen, stakeholder dan pihak terkait dalam mengawasi titik kerawanan sistem secara real time. Lebih jauh lagi, dapat mencegah terjadinya gangguan pada titik-titik kerawanan dalam sistem atau pemadaman yang meluas yang diakibatkan pembebanan melebihi batasan aman operasinya.*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam pengaturan operasi sistem, ada 3 jenis batasan operasi, yaitu batasan thermal, stabilitas dan transient (Handout Diktat Digsilent, 2019). Namun, batasan thermal merupakan kendala yang paling banyak ditemukan dalam pengaturan operasi sistem, dan menjadikannya sebagai suatu titik kerawanan dalam sistem. Misalnya bottleneck pada peralatan tegangan tinggi di gardu induk, drop tegangan, atau peralatan yang gangguan dan tidak siap operasi yang berlangsung dalam jangka waktu lama, yang dapat mengurangi kehandalan dan berpotensi untuk trip jika batasan thermalnya lewat.(Medpower-2012\_revealing-Stability-Limitations\_hillberg).

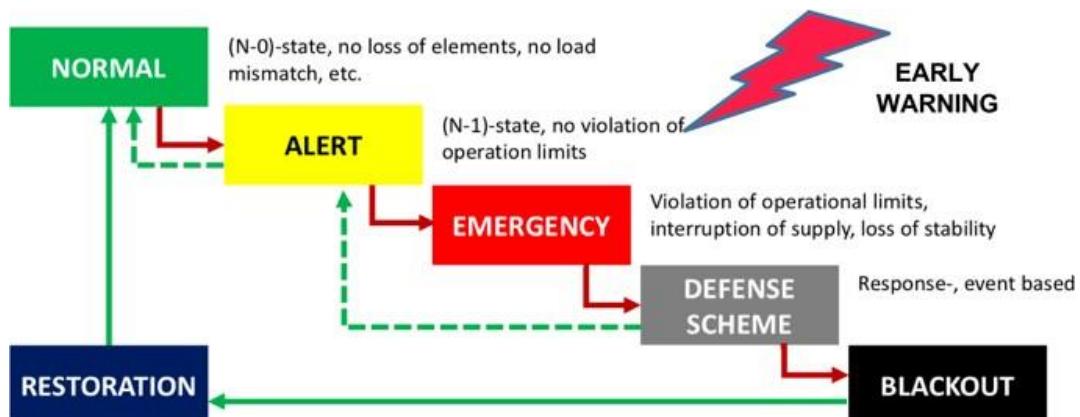
Contoh lain titik kerawanan misalnya: fenomena derating atau turunnya kemampuan pada peralatan sistem penyaluran yang dapat terjadi kapanpun. Kendala ini dapat terjadi, karena adanya anomali yang timbul, misalnya: hotspot, penurunan nilai isolasi, bocornya minyak SKTT, atau bahkan dikarenakan adanya instalasi penyaluran yang dilakukan pemeliharaan atau perbaikan, baik dalam waktu yang sementara, maupun cukup lama, sehingga dapat mengurangi kehandalan sistem kelistrikan.

Jika terjadi hotspot atau anomali yang tiba-tiba muncul, lalu mengakibatkan pembatasan pada kemampuan instalasi penyaluran (derating), maka akan mengakibatkan lebih banyak lagi titik kerawanan yang dimonitor oleh operator real time (Dispatcher), sehingga berpotensi mengurangi tingkat fokus Dispatcher dalam mengatur sistem.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu tools berupa platform yang sifatnya preventif dan menjadi auto-reminder sekaligus early warning system untuk kerawanan di sistem bagi Dispatcher maupun manajemen PLN UP2B JAKBAN yang disertai dengan solusi dan mitigasinya.

### 1.1. Paradigma Operasi Sistem

Dalam paradigma operasi sistem kelistrikan, kondisi sistem dapat berubah dari kondisi normal menjadi darurat atau yang terburuk yaitu blackout (Large Scale Disturbance: Can it be Prevented, Reza, 2019.) Diharapkan, saat status kondisi sistem masih alert, Dispatcher dapat mengambil tindakan pengaturan pencegahan untuk meminimalisir anomali (early warning), sehingga instalasi tersebut tidak harus trip atau terjadi anomali yang lebih serius, maupun gangguan meluas. (Aturan Jaringan 2020 et al., n.d.)

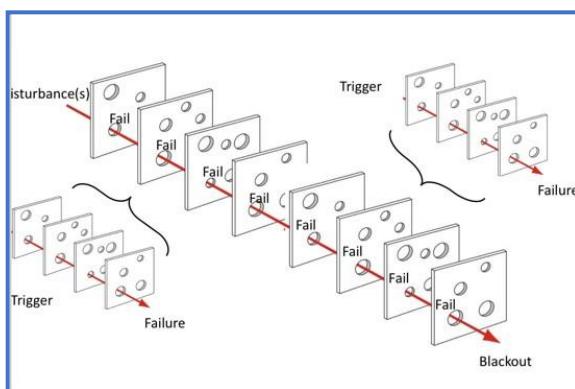


Gambar 1. Paradigma Operasi Sistem Kelistrikan

Platform ini juga dapat menjadi acuan data untuk data pengukuran pembebanan pada instalasi penyaluran, maupun pada konsumen KTT, baik pengukuran yang terendah maupun tertinggi yang pernah dicapai (historical data) untuk keperluan evaluasi dan analisa. Secara aplikasi, sangat mudah diterapkan, karena nilai setting batasan remindernya (threshold) dapat diatur di titik-titik tertentu, sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan atau menyesuaikan dengan kondisi kerawanan yang terjadi di sistem (selektivitas).

## 1.2. Kontigensi Titik Kerawanan

Proses mitigasi kerawanan merupakan tindakan yang dilakukan UIP2B JAMALI dalam batas wewenangnya untuk meminimalkan dampak kerawanan terhadap sistem. Untuk mencegah terjadinya resiko yang lebih besar terhadap kehandalan dan penyaluran tenaga listrik, maka dalam platform tersebut, disertakan langkah-langkah mitigasi terhadap permasalahan dan dengan usulan atau solusi penyelesaian dari kerawanan tersebut, baik dengan jangka waktu pendek, menengah dan panjang.



**Gambar 2.** Ilustrasi Kontingensi Operasi Sistem Kelistrikan

Baik solusi yang sudah tertuang dalam RUPTL, maupun berupa usulan baru sesuai prioritasnya untuk setiap permasalahan kerawanan di Sistem kelistrikan. Diharapkan, pihak-pihak terkait yang mempunyai kewenangan, untuk dapat segera menindaklanjuti demi peningkatan pelayanan PLN kepada konsumen dan kinerja PLN secara menyeluruh.(Large Scale Disturbance: Can it be Prevented, Reza, 2019.)

## 2. Latar Belakang dan Teori

### 2.1. Definisi Kerawanan

Berdasarkan dari berbagai studi literatur, definisi kerawanan dalam sistem kelistrikan antara lain:

- A. *Kerawanan adalah* suatu karakteristik sistem yang terdiri dari faktor kerentanan dan kemampuan dalam mengatasi gangguan. Saat faktor kerentanan merupakan karakteristik internal dari sistem, maka risiko dapat didefinisikan sebagai kombinasi dari probabilitas dan konsekuensi dari suatu kejadian yang tidak diinginkan atau gangguan. Kerentanan dapat mempengaruhi baik probabilitas maupun konsekuensinya, dan merupakan bagian dari komponen risiko (Vadlamudi et al., 2014).
- B. *Secara umum, Kerawanan merupakan* gambaran bagaimana suatu sistem menghadapi gangguan namun tetap dapat menjalankan dan mempertahankan fungsinya saat adanya ancaman yang mengarah ke peristiwa yang tidak diinginkan(*unwanted situation*) terhadap

- sistem, (Gerd H. Kjølle, Oddbjørn Gjerde, SINTEF, 2015).
- C. Suatu Sistem kelistrikan dapat *dikatakan sebagai titik kerawanan* jika sistem tersebut gagal untuk melakukan tugas sesuai dengan fungsinya, kapasitasnya yang menurun secara signifikan atau sistem tersebut terkendala dalam proses pemulihan sesuai dengan kondisi normalnya. (Kjølle et al., n.d., p. 13)
  - D. *Kerawanan sistem* adalah suatu infrastruktur yang terkena ancaman pada tingkatan yang berbeda. Ancaman dapat dianggap sebagai pendekatan untuk semua bahaya dan didefinisikan sebagai: Setiap indikasi, keadaan, atau peristiwa yang berpotensi mengganggu atau menghancurkan sistem, atau elemen apa pun di dalamnya. Definisi ini mencakup semua kemungkinan sumber ancaman, yaitu bahaya alam, teknis/operasional, kesalahan manusia, serta tindakan yang dimaksudkan seperti teror dan sabotase. Ancaman sifatnya berevolusi di sisi luar sistem. (Hofmann et al., 2013.)
  - E. *Kerawanan* adalah suatu gambaran dari kurangnya kemampuan sistem atau berkurangnya kemampuan untuk menahan situasi yang tidak diinginkan, membatasi konsekuensi, dan untuk memulihkan dan menstabilkan setelah terjadinya situasi gangguan (Doorman et al., 2004, p. 13)

Berdasarkan buku kerawanan sistem JAMALI 2021, sistem kelistrikan Jakarta dan Banten memiliki titik kerawanan yang paling banyak dibandingkan dengan UP2B lainnya, yaitu total sebanyak 36 titik dari 11 Subsistem (Kerawanan Jawa Bali Update Agust 2021, Sub Bidang AnEv., p. viii). Hal ini berarti UP2B JAKBAN, khususnya Dispatcher memiliki tugas yang lebih berat dalam hal mengawasi titik-titik yang dianggap rawan atau krusial, sedangkan penugasan rutin yang ada sudah cukup banyak.

## 2.2. Identifikasi Masalah

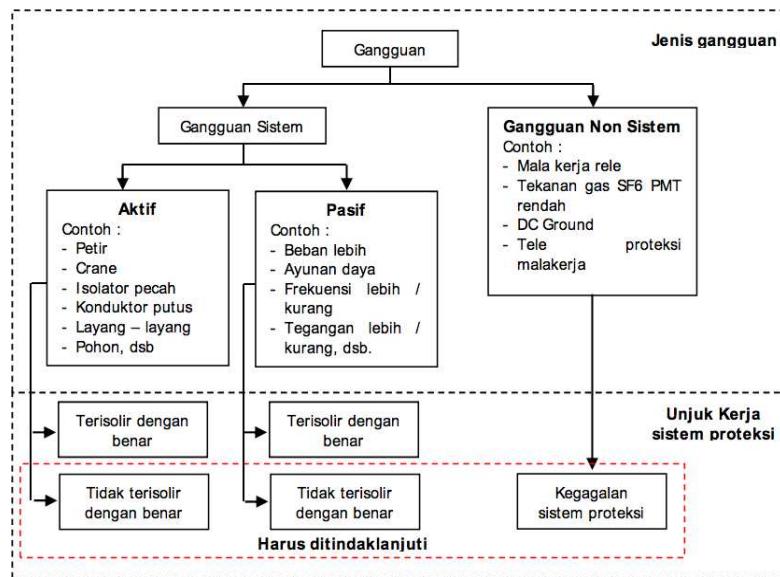
Dalam instalasi penyaluran, nilai batasan kemampuan pada instalasi penyaluran dideklarasikan melalui TSA (*Transmission Service Agreement*) dan dilaporkan secara rutin setiap bulannya oleh UPT (Unit Pelayanan Transmisi). Namun, munculnya anomali dapat mengakibatkan turunnya kemampuan yang sudah tertuang di TSA. Jenis gangguan pun beragam, secara umum dibagi menjadi 2 jenis (Buku Pedoman Proteksi, PLN):

### A. Gangguan sistem

Gangguan yang terjadi di sistem tenaga listrik (sisi primer) seperti pada generator, transformator, SUTT, SKTT dan lain sebagainya. Gangguan sistem dapat dikelompokkan sebagai gangguan temporer dan gangguan permanen, ada yang sifatnya **controllable dalam pengendalian O&M** bisa timbul karena hal-hal yang *temporary* / sementara, misalnya pohon yang terlalu dekat dengan konduktor SUTT, atau hotspot pada instalasi peralatan GI. Lalu **uncontrollable (diluar pengendalian O&M)**, untuk yang *uncontrollable*, misalnya kejadian trip atau fenomena *breakdown* peralatan di suatu instalasi penyaluran adalah suatu hal yang tentunya sudah diluar kendalinya operator real time (dispatcher), bahkan oleh manajemen sekalipun. Namun, untuk anomali yang sifatnya **controllable**, anomali jenis ini umumnya dapat dilakukan perbaikan dengan segera agar mencegah terjadinya gangguan yang meluas atau lebih parah lagi. Selama instalasi peralatan dengan kategori anomali **controllable** tersebut sedang dalam periode perbaikan, kehandalan sistem diharapkan bisa tetap terjaga dan ditingkatkan dengan adanya platform ini.

## B. Gangguan non sistem

Gangguan (sisi sekunder) yang mengakibatkan PMT terbuka tidak selalu disebabkan oleh terjadinya gangguan pada sistem, PMT terbuka atau trip dapat dikarenakan relé yang bekerja sendiri atau kabel kontrol yang terluka atau oleh sebab interferensi dan lain sebagainya. Jenis gangguan non-sistem antara lain: kerusakan komponen relai, kabel kontrol terhubung singkat, interferensi / induksi pada kabel kontrol.



Gambar 2. Jenis Gangguan Sistem

## 2.3. Power Meter

Mengacu pada SPLN S5.001-1 Tahun 2020, bahwa pengertian telemetering adalah transmisi nilai variabel yang diukur dengan menggunakan teknik telekomunikasi. Pada umumnya sistem SCADA melakukan taping terminasi CT/VT dari peralatan Meter di Panel Kontrol Gardu Induk, untuk rangkaian arus akan diseri sedangkan rangkaian tegangan akan diparalel. Selanjutnya masuk ke sensor atau alat ukur SCADA, semisal Tranducer, Power meter ataupun TMU (Tranducerless Measurement Unit) – BCU, untuk dilakukan konversi dari besaran listrik menjadi data digital melalui digital signal processing.

Akurasi Telemetering SCADA sangat dipengaruhi oleh kelas akurasi (*Accuracy Class*) alat ukur yang dipakai baik dari alat ukur sisi primer CT/VT (*Current/Voltage Transformer*) maupun alat ukur sisi sekunder Trancuder/Power Meter, disamping juga kemampuan Remote Station (RTU/Gateway) dan Master Station SCADA dalam melakukan olah data digital signal processing (Analog to Digital Converter).



Gambar 3. Power Meter (Acuvim II) Kelas Akurasi 0,2

Adapun batasan toleransi akurasi telemetering di dalam Juklak Kinerja 2021 yakni maksimal 0,5% dari penunjukan SCADA dibandingkan dengan Gardu Induk (Relay Proteksi, KWH Meter Transaksi. Accuracy Class CT/VT yang biasa dipakai untuk metering adalah 0,2 namun masih terdapat peralatan CT/VT sebagai material transmisi utama (MTU) yang terpasang dijaringan menggunakan class 0,5. Sedangkan alat ukur metering SCADA di awal dibangunnya SCADA pada era tahun 1980 yakni menggunakan Tranducer dengan kelas akurasi 0,5. Sehingga kelas akurasi pengukuran alat ukur SCADA, berada di range 0,7 - 1%. Hal ini dapat dipahami bahwa akurasi data pengukuran yang dihasilkan memiliki toleransi error measurement sebesar 0,7 - 1% terhadap nilai primer besaran listrik yang diukurnya. Tentu saja toleransi 0,7 - 1% ini melebihi batasan toleransi metering yang diperbolehkan oleh Juklak Kinerja yakni 0,5%.

Selain keterbatasan kemampuan hasil akurasi telemetering, Tranducer juga memiliki keterbatasan output data metering yang dihasilkan, hanya bisa mengakomodir 1 (satu) atau 2 (dua) besaran yakni Power Aktif (P) atau Power Reaktif (Q) saja. Berbeda dengan Power Meter yang bisa menghasilkan output data lebih detail dan kompleks. Sehingga kendala-kendala tersebut yang melatarbelakangi kenapa sistem alat ukur SCADA yang sudah ada sebelumnya perlu dilakukan penggantian dengan menggunakan Power Meter.

## 2.4. Modbus

Modbus adalah protokol komunikasi serial yang dipublikasikan oleh Modicon pada tahun 1979 untuk diaplikasikan ke dalam programmable logic controllers (PLCs). Modbus sudah menjadi standar protokol yang umum digunakan untuk menghubungkan peralatan elektronik industri. Modbus digunakan untuk komunikasi antar banyak perangkat dalam satu jaringan, misalnya dalam sebuah sistem yang melakukan pengukuran suhu dan kelembapan dan mengirimkan hasilnya ke sebuah komputer. Modbus sering digunakan untuk menghubungkan komputer pemantau dengan remote terminal unit (RTU) pada sistem supervisory control and data acquisition (SCADA).

Beberapa jenis Modbus, antara lain:

- **Modbus RTU** - Digunakan pada komunikasi serial. Format RTU dilengkapi dengan mekanisme cyclic redundancy error (CRC) untuk memastikan keandalan data. Modbus RTU merupakan implementasi protokol Modbus yang paling umum digunakan. Setiap frame data dipisahkan dengan periode idle (silent).
- **Modbus ASCII** - Digunakan pada komunikasi serial dengan memanfaatkan karakter ASCII. Format ASCII menggunakan mekanisme longitudinal redundancy check (LRC). Setiap frame data Modbus ASCII diawali dengan titik dua (":") dan baris baru yang mengikuti (CR/LF).
- **Modbus TCP/IP atau Modbus TCP** - Merupakan varian Modbus yang digunakan pada jaringan TCP/IP.

## 2.5. Grafana

Grafana adalah perangkat analisis dan visualisasi metrik berbasis *open source*. Grafana paling sering digunakan untuk memvisualisasikan data deret waktu untuk infrastruktur dan analisis aplikasi. Namun Grafana tidak hanya sebatas hal itu saja, kerap kali servis digunakan untuk visualisasi sensor industri, pengimplementasian Internet of Thing (IoT), pengamatan cuaca dan pengontrolan proses yang sedang berjalan. Ada berbagai macam opsi penataan dan pemformatan yang diekspos setiap panel untuk memungkinkan pembuatan desain yang sempurna. Terdapat lima jenis panel dalam Grafana, yaitu grafik, singlestat, dashlist, tabel danteks.

## 2.6. Zabbix

Zabbix adalah salah satu software open source yang dapat digunakan untuk memonitor jaringan, dan status dari berbagai network services, servers dan network hardware lainnya. Dengan zabbix, user dapat mudah mengetahui status server, kondisi jaringan dan mendapatkan notifikasi jika terjadi gangguan, zabbix juga sudah mendukung polling dan trapping.

## 2.7. Telegram

Telegram adalah sebuah aplikasi layanan pengirim pesan instan multiplatform berbasis awan yang bersifat gratis dan nirlaba. Klien Telegram tersedia untuk perangkat telepon seluler (Android, iOS, Windows Phone, Ubuntu Touch) dan sistem perangkat komputer (Windows, OS X, Linux). Para pengguna dapat mengirim pesan dan bertukar foto, video, stiker, audio, dan tipe berkas lainnya. Telegram juga menyediakan pengiriman pesan enkripsi ujung-ke-ujung opsional.

Telegram meluncurkan platform bagi pengembang pihak ketiga untuk membuat bot. Bot adalah akun Telegram yang dioperasikan oleh program. Mereka dapat menanggapi pesan atau sebutan, dapat diundang ke dalam kelompok dan dapat diintegrasikan ke dalam program lain.

## 2.8. Pengambilan Target Kerja

Sumber data yang menjadi target kerja platform sistem monitoring kerawanan, antara lain berasal dari:(Inovasi UP2B JKB, 2022)

- A. Buku kerawanan sistem dan subsistem Jawa, Madura dan Bali yang diterbitkan secara tahunan oleh sub-Bidang Rencana dan Evaluasi Kantor Induk UIP2B JAMALI. Diketahui bahwa UP2B Jakarta dan Banten memiliki 36 titik kerawanan, meskipun tidak semua titik yang dianggap rawan ini harus diawasi secara terus menerus. Sehingga, diperlukan pemilihan secara prioritas, terkait instalasi mana saja yang dianggap sebagai titik kerawanan dan dapat dijadikan target kerja platform ini.
- B. Informasi anomali *controllable* yang muncul dalam kondisi real time. Kondisi seperti ini sifatnya hanya sewaktu-waktu saja (*occasionally*). Oleh karena itu, saat Dispatcher mendapatkan informasi bahwa adanya anomali yang muncul dari pihak pemilik aset transmisi penyaluran, diharapkan *sense of awareness* dari Dispatcher bisa lebih ditingkatkan dan dapat memitigasi sekaligus memiliki gambaran pemulihan gangguan, jika anomali *controllable* yang muncul tersebut berubah menjadi gangguan.
- C. Informasi pekerjaan atau pemeliharaan yang memerlukan kondisi padam di suatu instalasi penyaluran dengan jangka waktu yang cukup lama. Kondisi seperti ini seringkali terjadi, dimana saat suatu ruas penghantar atau trafo IBT tidak beroperasi, maka akan berakibat turunnya kehandalan di subsistem tersebut. Apalagi jika pada ruas tersebut terdapat beban-beban konsumen yang premium, VIP, VVIP, *zero down time*, yang menjadikannya semakin krusial.
- D. Ruas-ruas penghantar atau trafo yang memiliki skema target OGS (*Over Generation Shedding*). Pada umumnya, penyebab dipasangnya skema OGS pada suatu ruas penghantar, yaitu dikarenakan adanya keterbatasan outlet transmisi dalam menyalurkan daya yang dihasilkan suatu kompleks pembangkitan, seperti pada SUTT Priok Timur Baru bay Plumpang.

- E. Konsumen KTT, yang secara statistik bebannya seringkali hampir menyentuh atau bahkan melebihi daya terkontraknya. Jika terjadi pemadaman pada konsumen KTT, maka ada 3 hal dampak negatif yang terjadi, yaitu kredibilitas dispatcher, kerugian PLN akibat hilangnya potensi penjualan energi dan citra PLN di mata pelanggan.

### 3. METODE

#### 3.1. Root Cause Problem Analysis

Cara monitoring pada titik-titik kerawanan di sistem kelistrikan saat ini masih dilakukan secara konvensional (pencatatan & dimonitor secara manual). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu platform yang sifatnya preventif dan menjadi auto-reminder bagi operator sistem, maupun manajemen PLN UP2B JAKBAN. Sehingga dengan sistem monitoring berbasis aplikasi messenger ini, sistem monitoring dapat menjadi lebih efektif, efisien dan mengarah ke era industri 4.0 (IoT). Monitoring pada titik kerawanan pada operasi sistem dan kesiapan peralatan pada sistem penyaluran memiliki peranan yang penting dalam operasi sistem, sehingga perlu diawasi dengan intensif secara real time oleh Dispatcher. Adapun kekurangan dalam monitoring kerawanan di sistem yang masih dilakukan secara konvensional, yaitu:

- A. Data laporan yang invalid karena kesalahan pengetikan ataupencatatan yang masih manual (*typo*).
- B. Telatnya informasi kerawanan sistem yang berdampak pada terlambatnya pengambilan keputusan, karena laporan yang telat dikirim.
- C. Berkurangnya kehandalan sistem, karena melebihi batasan aman operasi pada titik kerawanan, akibat kurang fokus (*human error*).
- D. Terbatasnya jumlah layar monitor yang tersedia di ruang Dispatcher untuk mengawasi titik kerawanan di sistem, selain itu seringkali layar monitor rusak dengan penggantian atau perbaikan yang cukup lama (tidak dapat dipastikan).
- E. Kendala yang seringkali muncul pada tampilan layar di sistem UISpectrum, misalnya; UI hang atau freezed, SCADA OOP atau invalid, gagal login.
- F. Menambah beban kerja dan berpotensi terbengkalainya penugasan rutin Dispatcher yang sudah cukup banyak.
- G. Berdampak negatif ke kesehatan mata Dispatcher, karena harus intens menatap layar monitor.



**Gambar 4.** Root Cause Problem Solving monitoring kerawanan sistem

Dari penjabaran permasalahan di atas, melalui metode *Root Cause Problem Solving* (RCPS), didapatkan beberapa kriteria atau pilihan penyelesaian masalah, diantaranya:



Gambar 5. Matriks Prioritas

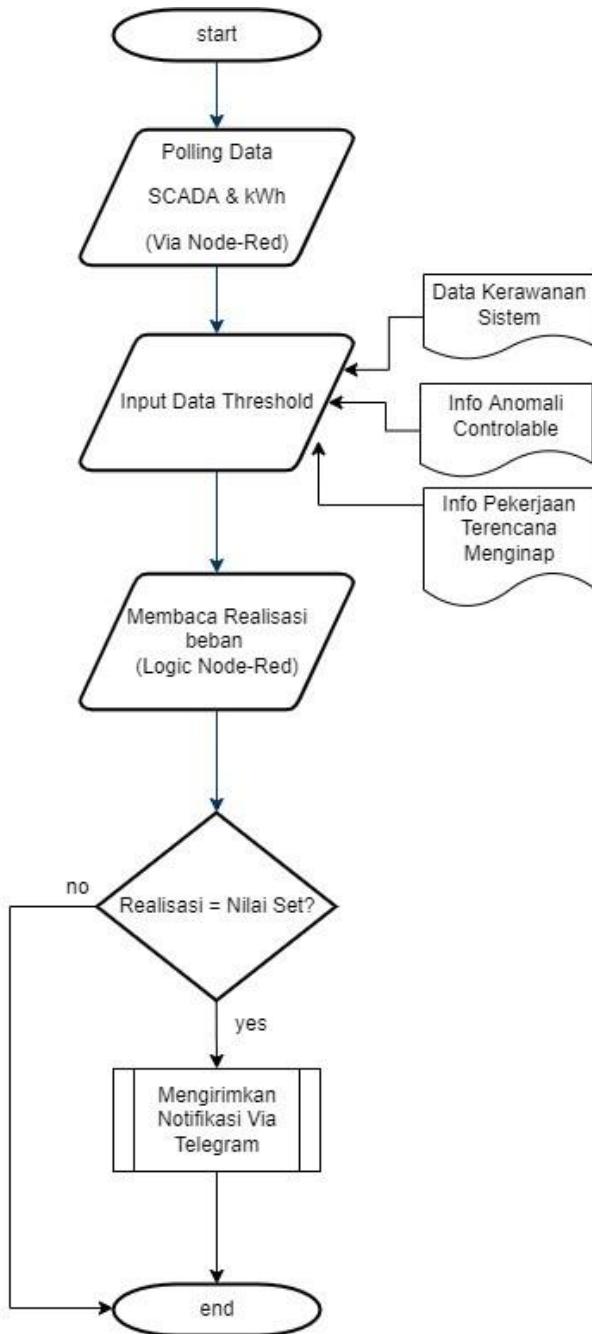
Dari hasil metode matriks prioritas, diketahui bahwa dengan banyaknya titik kerawanan yang harus diawasi oleh Dispatcher, bukan berarti harus diiringi juga dengan penambahan jumlah layar monitor yang khusus untuk mengawasi setiap titik kerawanan yang ada di sistem kelistrikan. Akan tetapi, dengan dampak yang cukup signifikan dan tingkat pelaksanaan yang sangat mudah dalam mengawasi titik kerawanan, diperoleh solusi yaitu dengan menggunakan platform ini.

Jika dibandingkan dengan cara konvensional dalam mengawasi kerawanan sistem yang masih dianggap statis, namun dengan platform ini, merupakan metode yang cukup dinamis, karena informasi kerawanan sistem yang dihasilkan hanya akan muncul, jika memang sudah hampir menyentuh batasan yang diizinkan. Sehingga, Dispatcher tidak selalu harus terus menerus mengamati layar monitor dan bisa tetap fokus untuk mengerjakan penugasan rutin lainnya. Dengan karakteristiknya yang dinamis, platform ini dapat mempermudah tugas dispatcher, sekaligus menjadi indikator kesehatan bagi instalasi penyaluran yang dianggap rawan dalam sistem kelistrikan.

### 3.2. Focus Grup Discussion (FGD)

Dilaksanakan oleh internal divisi Operasi Sistem dengan bidang lain yang terkait di unit kerja PLN UP2B Jakarta dan Banten, dalam bentuk program diskusi 4DX mingguan terkait penentuan dan mitigasi pada titik-titik kerawanan di sistem kelistrikan Jakarta raya dan Banten.

### 3.3. Alur Kerja Platform

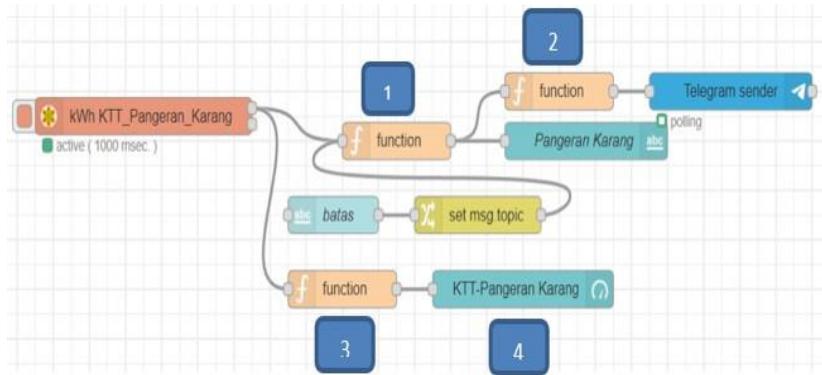


**Gambar 6.** Flowchart Prinsip Kerja Penerapan Platform Monitoring Kerawanan

Pada Gambar 6 diatas, sumber titik pengukuran telemetering diambil dari KWh meter dengan fitur Power Meter (Carrau et al., 2018), lalu logic yang dimaksud yaitu di dalam blok “Function”, dimana Function 1 ini berfungsi untuk mengambil data yang sudah difilter lalu dipantau nilai metering-nya, yaitu “Arus Rata-Rata (Iavg)”. Pada Function 2, berfungsi untuk memproses “Threshold” yang sudah disepakati oleh bidang Rencana dan Evaluasi (RENEV) UP2B DKI Jakarta dan Banten. Jika nilai I-avg sudah menyentuh nilai threshold, maka secara otomatis nilai tersebut akan disebarluaskan (broadcast) melalui sosial media berupa “Telegram” atau “WhatsApp” yang dibentuk ke dalam suatu grup khusus, dimana anggota di dalam grup tersebut merupakan pihak-pihak yang terkait, antara lain:

Platform sistem monitoring kerawanan ini menggunakan aplikasi tambahan yang “*Open Source*” yaitu “Node-Red”, dimana *engineer* dapat dengan mudah memahami alur proses pembuatan *logic* untuk kebutuhan platform *early warning system* di PLN UP2B DKI Jakarta dan Banten.

Dibawah ini akan diberikan contoh *logic* alur proses dalam memonitor sistem kerawanan di sisi pelanggan premium PLN KTT Pangener Karang, yaitu sebagai berikut:



**Gambar 7.** Bentuk logic Platform di Aplikasi Node-Red

Telemetering diambil dari KWh meter dengan bantuan perangkat tambahan yang sudah terpasang, yaitu Power Meter, lalu *logic* yang dimaksud yaitu di dalam blok “**Function**”, dimana **Function 1** ini berfungsi untuk mengambil data yang sudah difilter lalu dipantau nilai metering-nya, yaitu “Arus Rata-Rata (Iavg)”. Pada **Function 2**, berfungsi untuk memproses “*Threshold*” yang sudah disepakati oleh bidang Rencana dan Evaluasi (RENEV) UP2B DKI Jakarta dan Banten. Jika nilai I-avg sudah menyentuh nilai *threshold*, maka secara otomatis nilai tersebut akan disebarluaskan (*broadcast*) melalui sosial media berupa “Telegram” atau “WhatsApp” yang dibentuk ke dalam suatu grup khusus, dimana anggota di dalam grup tersebut merupakan pihak-pihak yang terkait, antara lain:

1. Manajemen internal UIP2B JAMALI atau UP2B Jakban.
2. Manajemen dari pemilik aset transmisi setingkat manajer dasar dan menengah (MULTG & MUPT).
3. *Engineer* dari bidang fasilitas operasi (Fas-Op).
4. Dispatcher, dengan nomor HP *official* yang selalu *standby* di ruang Dispatcher.

Informasi yang dihasilkan oleh platform ini, yaitu titik kerawanan mana saja pada sistem yang telah hampir mencapai batasan aman dan maksimal operasinya, selain itu juga memberikan mitigasi dan solusi ke *user* (Dispatcher dan manajemen) agar dapat segera mengambil tindakan *preventive*, sehingga tidak terjadi gangguan atau pemadaman yang meluas.

**Function 3** hampir sama fungsinya dengan **Function 1**, namun fungsi utama **Function 3** adalah untuk kebutuhan tampilan *dashboard* platform. Sedangkan analog output 4 merupakan fitur yang bisa dimanfaatkan untuk mengatur tampilan analog yang akan ditampilkan pada platform, seperti: rentang nilai yang ingin ditampilkan, konfigurasi *dynamic coloring*, pemberian *title tagging* untuk tampilan platform.

## 4. HASIL DAN STUDI KASUS

### 4.1. Studi Kasus

Berdasarkan data statistik gangguan tahun 2021-2022, gangguan yang pernah terjadi pada sistem kelistrikan di UP2B Jakarta dan Banten yang termasuk ke dalam anomali controllable, antara lain:

#### A. Gangguan OGS SUTT Priok Timur-Plumpang

Gangguan yang terjadi pada tanggal 28 Januari 2021, saat sistem proteksi pada ruas SUTT Priok Timur Baru-Plumpang bekerja, lalu mengaktifkan rele OGS, sehingga mentripkan target OGS pada ruas tersebut), yaitu Steam Turbine PLTGU Priok #3.0. Setelah dilakukan investigasi, diketahui bahwa ada suatu fenomena ketidaseimbangan pembebanan pada ruas SUTT Priok Timur Baru- Plumpang, dimana pada fase R bebannya lebih tinggi 150 ampere dibandingkan dengan fase S dan T, sehingga nilai arus pada fase R lebih dulu mencapai setting sesuai dengan skema OGnya, yaitu 2.750 A, lalu men-trigger rele OGS bekerja untuk mentripkan PLTGU Priok #3.0.

Pola operasi pembangkitan PLTGU Priok Blok 1 sampai dengan Blok 4 beroperasi dengan total daya yang dihasilkan sekitar 2.350 MW. Dari kejadian gangguan ini, lesson learned yang bisa diambil yaitu, pentingnya sense of awareness dari Dispatcher saat suatu kompleks pembangkitan dioperasikan dengan maksimal, namun di sisi lain memiliki keterbatasan pada kemampuan outlet transmisi dalam menyalurkan dayanya. Selain itu, juga diperlukannya suatu sistem monitoring otomatis yang dapat membantu Dispatcher mengawasi titik-titik kerawanan di sistem ketenagalistrikan. Gangguan dengan jenis “Non-System Fault” seperti ini tentunya dapat dihindari, dicegah ataupun diminimalisir, jika pada saat itu ada suatu peringatan dini yang dapat memberikan informasi pada saat kondisi beban SUTT Priok Timur Baru-Plumpang **hampir mencapai batas aman maksimal operasinya**. Sehingga, diharapkan Dispatcher sebagai operator real time, manajemen dan *stakeholder* terkait, bisa segera mengambil upaya pencegahan dan tindaklanjut. Dalam hal ini, yaitu dengan menurunkan pembebanan pembangkit PLTGU Priok hingga pembebanan outlet SUTT Priok Timur Baru-Plumpang sesuai dengan batasan aman operasinya.

#### B. Gangguan KTT Pangeran Karang Bay PT. Voda Steel

Studi kasus selanjutnya, yaitu gangguan yang terjadi di sisi Konsumen Tegangan Tinggi (KTT), dimana pada tanggal 12 Desember 2021, sistem proteksi Over Load Rele (OLR) pada GI Pangerang Karang bekerja, lalu mentripkan Trafo ke arah KTT PT. Voda Steel dengan beban 75 MW. Setelah dilakukan investigasi lanjutan, ditemukan fakta bahwa konsumsi listrik PT. Voda Steel sudah melebihi dari kontrak yang terpasang, yaitu 65 MW. Akibat tripnya konsumen PLN dengan kategori KTT ini, PLN kehilangan potensi penjualan dengan ENS sebesar 47,5 MWh atau senilai Rp 32.447.250.

#### C. Gangguan KTT PUCAM Bay PT. Nikomas

Contoh gangguan serupa yang terjadi pada KTT, terulang kembali pada 21 Maret 2022, dimana di GI Puncak Ardi Mulya (PUCAM) arah bay PT. Nikomas trip dikarenakan pemakaian listrik yang melebihi daya terkontraknya, yang seharusnya tidak boleh lebih dari 55 MVA atau setara sekitar 44 MW, namun saat itu bebannya mencapai 46 MW. Seperti gangguan pada KTT sebelumnya, skema proteksi yang bekerja yaitu *Over Load Rele* (OLR) atau dikenal juga dengan istilah rele thermal. Tripnya KTT ini mengakibatkan kerugian bagi PLN, karena adanya energi yang tidak tersalurkan (ENS) sebesar 33,36 MWh atau sekitar Rp 22.841.280.

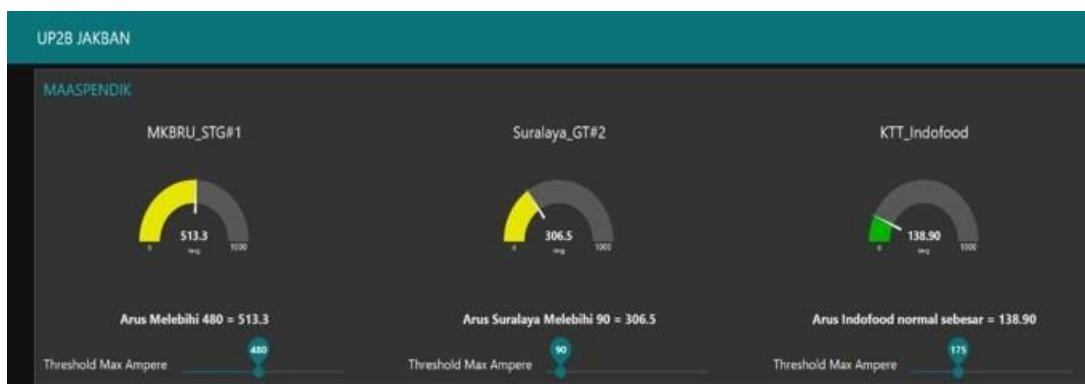
Selain dampak kehandalan bagi sistem, gangguan *non-system fault* seperti ini juga memiliki dampak sosial, yaitu kredibilitas Dispatcher atau UIP2B JAMALI secara umumnya sebagai pengatur operasi sistem, juga tentunya citra PLN di mata konsumennya, meskipun pemakaian yang melebihi daya terkontrak seharusnya bukan merupakan kesalahan PLN sepenuhnya. Namun gangguan tersebut seyogyanya bisa dihindari, apabila ada informasi yang mengingatkan Dispatcher atau pihak terkait bahwa ada konsumen KTT yang hampir menyentuh batasan maksimal daya terkontraknya. Sehingga Dispatcher bisa segera koordinasi dengan pihak KTT untuk segera menurunkan pemakaian listriknya agar tidak sampai trip dan merugikan kedua belah pihak (PLN dan konsumen).

#### D. Monitoring SKTT Durikosambi-Kembangan

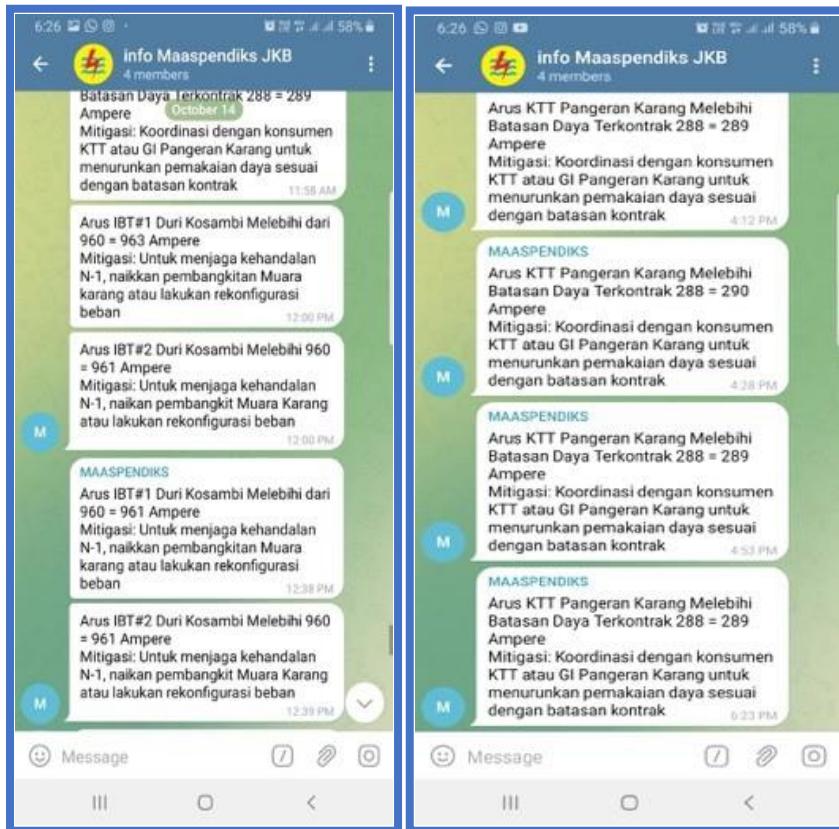
Informasi kerawanan di sistem juga akan sangat bermanfaat saat adanya pekerjaan yang memerlukan padam di suatu instalasi penyaluran dan dengan jangka waktu yang cukup lama. Hal ini artinya, akan berdampak pada kehandalan suatu outlet transmisi dalam kemampuan menyalurkan dayanya. Sebagai contoh yaitu pada tanggal 26 hingga 29 Januari 2022, ruas SKTT Durikosambi- Kembangan #1 keluar dalam rangka investigasi penurunan tekanan minyak SKTT. SKTT Durikosambi-Kembangan sebagai penghubung antara IBT Gandul 1 dan 3 dengan IBT Durikosambi 1 dan 2 yang awalnya beroperasi 2 sirkit menjadi hanya 1 penghubung, yaitu sirkit #2, hal ini artinya berdampak pada menurunnya kehandalan di subsitem IBT 1,3 GNDUL-IBT 1,2 DKSBI-MKRNG. Karena jika saat sirkit #1 dikerjakan, lalu trip sirkit #2 maka IBT Gandul 1 dan 3 dengan IBT Durikosambi 1 dan 2 akan terpisah.

#### 4.2. Hasil dan Analisa Implementasi

Berikut merupakan gambaran output hasil dari platform sistem monitoring kerawanan, dimana di dalam pesannya terdapat informasi untuk titik-titik kerawanan yang sudah dijadikan sebagai target kerja dan hampir mencapai batasan maksimum operasinya atau setting thresholdnya. Pesan akan dikirim melalui aplikasi messenger berupa WhatsApp dan telegram. Sebelum asset atau peralatan sistem kelistrikan tersebut trip karena melebihi batasan operasinya, platform ini memberikan peringatan kepada operator sistem agar segera mengambil tindakan untuk menghindari terjadinya gangguan yang meluas



Gambar 8. Dashboard platform monitoring ttik kerawanan



**Gambar 9.** Isi pesan pada platform monitoring titik kerawanan

**Tabel 1.** Data gangguan non sistem 2021-2022

NO	GANGGUAN	TANGGAL	DAMPAK	KETERANGAN
1	OGS SUTT PRTBR-PLPNG	28/01/21	ST #3.0 PRIOK TRIP	dikarenakan adanya unbalanced current pada pembebangan SUTT
2	KTT P.KARANG Trip	12/12/21	ENS: 47,5 MWh	OLR bekerja, estimasi PLN rugi Rp. 32.447.250
3	KTT PUCAM Bay NKMAS Trip	21/03/22	ENS: 33,36 MWh	OLR, proteksi OCR tidak bekerja, estimasi PLN rugi Rp. 22.841.280
4	SKTT DKSBI-KMBGN	29/01/22	SALAH INPUT NILAI	sedang keluar 1 sirkit

Sejak Mei 2022, platform ini telah terimplementasi pada beberapa titik kerawanan yang dianggap sebagai pilot project, dengan hasil sebagai berikut:

1. Adanya pesan notifikasi atau pemberitahuan bahwa beban KTT Pangiran Karang hampir menyentuh batasan kontraknya, sehingga konsumen dapat menurunkan pembebanannya sesuai dengan batasan aman kontraknya, sehingga tidak pernah terjadi gangguan seperti pada tanggal 12 Desember 2021 (tabel 1).
2. Adanya pesan notifikasi atau pemberitahuan bahwa beban Transformator IBT #1 dan IBT #2 Durikosambi hampir menyentuh batasan kontingensinya, sehingga operator sistem dapat mengambil tindakan dengan cara menaikkan pembebangan pembangkit Muarakarang atau rekonfigurasi di jaringan.

## 5. DISKUSI

Beragamnya jenis kerawanan pada sistem kelistrikan, maka diperlukannya suatu indikator yang standar di PLN, sehingga dapat menjadi acuan dalam menentukan titik kerawanan. Umumnya, asumsi dasar yang digunakan dalam studi penentuan titik kerawanan yaitu berdasarkan data pembebanan suatu instalasi penyaluran yang hampir mencapai batasan thermalnya. Kontras berbeda dengan kondisi aktual di lapangan, dimana ada beberapa faktor yang belum dianggap sebagai kedalam situasi kerawanan, namun sebenarnya termasuk titik kerawanan, misalnya adanya fenomena ketidakseimbangan beban, baik di penghantar transmisi maupun di transformator (IBT). Lebih lanjut lagi, diperlukannya studi yang lebih komprehensif untuk instalasi penyaluran mana saja yang dapat mengakibatkan kerawanan jika kondisinya sedang tidak operasi atau gangguan.

## 6. KESIMPULAN

Dalam studi ini, kami mengembangkan sebuah platform yang belum tersedia di PLN dan secara prinsip kerja sangat sederhana, namun membawa dampak yang signifikan untuk meningkatkan awareness dalam pengaturan sistem. Dimana sebuah platform yang dapat membantu proses identifikasi titik kerawanan pada sistem kelistrikan, sekaligus mencegah terjadinya gangguan non sistem yang berdampak pada resilien sistem dan citra PLN pada khususnya. Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan bahwa implementasi platform ini terbukti mampu:

1. Meningkatkan kehandalan pada titik-titik kerawanan di sistem kelistrikan DKI Jakarta dan Banten.
2. Mencegah gangguan non sistem akibat beban yang melebihi batasan maksimal dari kapasitas suatu peralatan pada sistem kelistrikan.
3. Mencegah gangguan non sistem akibat beban yang melebihi batasan maksimal dari kontraknya pada konsumen KTT.
4. Mendukung program digitalisasi Monitoring Gardu Induk melalui Dashboard Monitoring kerawanan yang berbasis web dan platform Early Warrning System terkait kondisi pembebanan pada peralatan Transmisi yang dianggap sebagai titik kerawanan melalui aplikasi telegram dan WhatsApp.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Doktor Ova Kurniawan di Institut Teknologi PLN untuk diskusi dan komentar yang konstruktif. Penulis juga ingin berterima kasih kepada seluruh staf kantor Divisi Operasi Sistem PLN UP2B DKI Jakarta Dan Banten atas wawasan berharga dalam pengoperasian sistem kelistrikan Jakarta Raya. Studi ini dilakukan sebagai bagian dari ajang kompetisi Inovasi tahun 2022. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Komite inovasi untuk mendukung penulisan makalah: “Monitoring, Alerting, Awareness System-Peringatan Dini Untuk Kerawanan Subsistem (MAASPENDIKS)” dan kebutuhan peralatan yang didanai oleh PLN.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ali, M., Robi, J., Pln, P. T., Jakarta, J. U., & Banten, D. (n.d.). *Penerapan Sistem AI (Artificial Intelligence) Dalam Sistem Monitoring Dan Identifikasi Automatis Titik Kerawanan Di Sistem Kelistrikan Jakarta dan Banten*.
- [2] Buku Pedoman Pemeliharaan PROTEKSI DAN KONTROL PENGHANTAR, & Direksi, K. (n.d.). *DOKUMEN PT PLN (PERSERO)*.
- [3] Carratu, M., Ferro, M., Pietrosanto, A., & Paciello, V. (2018). Smart Power Meter for the IoT. *Proceedings - IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2018*,

- 514–519. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2018.8472018>
- [4] Doorman, G., Kjølle, G., Uhlen, K., Huse, S., & Flatabø, N. (2004). *Vulnerability of the Nordic Power System*.
- [5] Hofmann, M., Kjølle, G. H., & Gjerde, O. (n.d.). *SINTEF Energy Research Electric Power Systems 2013-07-25 Vulnerability indicators for electric power grids*. Retrieved October 25, 2022, from <https://www.sintef.no/en/publications/publication/1058346/>
- [6] kerawanan Jawa bali update agust 2021.(2021). *Sub Bidang Analisa Dan Evaluasi Operasi Sistem*.
- [7] *Kestabilan Transient (Sudut Rotor)*. (n.d.). [www.pln.co.id](http://www.pln.co.id)
- [8] Kjølle, G. H., & Gjerde, O. (n.d.). *VulnerabilityAnalysis related to Extraordinary Events in Power Systems*.
- [9] Kjølle, G. H., Gjerde, O., & Hofmann, M. (n.d.). *SINTEF Energy Research Electric Power Systems TR A7278-Unrestricted Report Vulnerability and security in a changing power system Executive summary Author(s)*.
- [10] *medpower-2012\_revealing-stability-limitations\_hillberg*. (n.d.).
- [11] Aturan Jaringan Grid Code 2020, Menteri, P., Dan, E., & Daya Mineral, S. (n.d.). MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA,
- [12] Reza, M. (2019). *Large Scale Disturbance: Can it be Prevented?, HLN 2019 Workshop*
- [13] Vadlamudi, V. V., Karki, R., Kjølle, G. H., & Sand, K. (2014). Reliability-centric studies in smart grids: Adequacy and vulnerability considerations. In *Reliability Modeling and Analysis of Smart Power Systems* (pp. 1–15). Springer India. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-1798-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-81-322-1798-5_1)
- [14] <https://www.raspberrypi.org/documentation/linux>
- [15] /usage/cron.md. Diakses pada 03-02-2023.
- [16] .Kjølle, G., I.B. Utne, and O. Gjerde, Risk analysis of critical infrastructures emphasizing electricity supply and interdependencies. *Reliability Engineering & System Safety*, 2012. 105: p. 80-89.
- [17] SQL server tutorial, 2019, Introduction to the SQL Server MAX() function Tersedia pada : <https://www.sqlservertutorial.net/sql-server-aggregate-functions/sql-server-max/> , diakses pada 03-02-2023.
- [18] Suzune, B., 2015, Pengertian Monitoring dan Evaluasi. Tersedia pada : <https://hafidzf.wordpress.com/2009/06/16/>, diakses pada Agustus 2017.
- [19] PT PLN (Persero) No. 0520-3.K/DIR/2014, 2014,
- [20] Buku Pedoman Pemeliharaan Master Station SCADA, Jakarta.
- [21] .Kjølle, G. and R.H. Kyte, Major storms – main causes, consequences and crisis management, in CIRED, CIRED, Editor. 2013: Stockholm.
- [22] PT PLN (Persero) P3BJB, 2015, As Built Drawing RCC Cigereleg, Jakarta.
- [23] 21. PT. PLN (Persero) 2008, SPLN S3.001:2008,
- [24] “Peralatan SCADA Sistem Tenaga Listrik,” Jakarta.
- [25] Kjølle, G., I.B. Utne, and O. Gjerde, Risk analysis of critical infrastructures emphasizing electricity supply and interdependencies. *Reliability Engineering & System Safety*, 2012. 105: p. 80-89.
- [26] Johansson, E., et al. Extraordinary events - understanding sequence, causes and remedies. in ESREL 2010. 2010. Rhodes.
- [27] Kjølle, G., O. Gjerde, and A. Nybø, A framework for handling high impact low probability

- (HILP) events,in CIRED Workshop. 2010: Lyon.
- [28] International Risk Governance Council (IRGC), Managing and reducing social vulnerabilities from coupled critical infrastructures. 2007.
- [29] Gjerde, O., et al., Indicators to monitor and manage electricity distribution system vulnerability, in CIRED. 2011: Frankfurt.