



Analisis Penguatan Jaringan Distribusi dalam Penyelenggaraan *Event* Internasional di Wilayah Kerja ULP Manahan-Surakarta

Mufid Arianto^{1,2*}, R. Rizal Isnanto¹, Abdul Syakur¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

²Institut Teknologi PLN, Menara PLN, Jl. Lkr. Luar Barat Lantai 2, RT.1/RW.1, Duri Kosambi, Kecamatan Cengkareng, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11750

*Corresponding author: mufid.arianto@gmail.com

(Received: September 30, 2024; Accepted: October 30, 2024)

Abstract

Analysis of Strengthening Distribution Network in Organizing International Events in the Manahan-Surakarta ULP Work Area. Electrical reliability is a must for PLN to fulfill for the convenience of its consumers in accordance with the service level agreement set by the Government. In addition to VIP, VVIP and important customers who require special attention, there are also national and international events such as the FIFA World Cup U-17 in Indonesia which require a very good level of reliability. During the event, all PLN officers were alerted to ensure the electricity supply to the main venue with good quality. The main venues that require extra security are the Jakarta International Stadium, Si Jalak Harupat Stadium, Manahan Stadium and Gelora Bung Tomo Stadium. All main venues have undergone assessment and strengthening of the electrical network. In this discussion, the author will focus on one main venue located in the Manahan Customer Service Unit (ULP) work area, namely the Manahan Solo Stadium. During the event, flickering is not tolerated and the generator set (*genset*) is ensured to be on cold standby. The potential for distribution disruptions needs to be considered, such as internal causes (failure of protection relays, jointing and terminating disturbances of medium voltage cable lines) and external causes (extreme weather and work of other parties). To improve the reliability of the distribution network, reinforcements such as reconfiguration of the medium voltage (TM) network, addition of backup supplies and assessment of equipment and installations owned by customers are carried out. By strengthening the distribution network, SAIDI is obtained by 316.8 minutes/customer to 172.8 minutes/customer, SAIFI by 3.26 times/customer to 2.2 times/customer and the reliability of the distribution network is obtained to be a service supply without blinking supplied through the PLN electricity network.

Keywords: Voltage Dip, SAIDI, SAIFI

Abstrak

Keandalan kelistrikan adalah hal yang wajib dipenuhi oleh PLN bagi kenyamanan konsumennya sesuai dengan *service level agreement* yang sudah ditetapkan oleh Pemerintah. Selain pelanggan VIP, VVIP dan pelanggan penting yang memerlukan perhatian khusus, ada juga *event* dengan skala nasional dan internasional seperti *FIFA World Cup U-17* di Indonesia yang memerlukan tingkat keandalan yang sangat baik. Pada penyelenggaraan *event* tersebut seluruh petugas PLN disiagakan untuk memastikan pasokan listrik ke lokasi *venue* utama dengan kualitas baik. *Venue* utama yang memerlukan pengamanan ekstra adalah Jakarta International Stadium, Stadion Si Jalak Harupat, Stadion Manahan dan Stadion Gelora Bung Tomo. Seluruh *venue* utama telah dilakukan *assessment* dan penguatan jaringan kelistrikan. Pada pembahasan ini penulis akan fokus pada satu *venue* utama yang berada di wilayah kerja Unit Layanan Pelanggan (ULP) Manahan yaitu di Stadion Manahan Solo. Saat penyelenggaraan tidak ditolerir terjadinya

kedip dan dipastikan *generator set* (genset) dalam keadaan *stanby* dingin. Potensi gangguan distribusi perlu menjadi perhatian seperti penyebab internal (kegagalan relay proteksi, gangguan *jointing* dan *terminating* saluran kabel tegangan menengah) dan penyebab eksternal (cuaca ekstrim dan pekerjaan pihak lain). Untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi maka dilakukan penguatan seperti rekonfigurasi jaringan tegangan menengah (TM), penambahan *backup* suplai dan *assessment* peralatan dan instalasi milik langganan. Dengan penguatan jaringan distribusi diperoleh SAIDI sebesar 316,8 menit/pelanggan menjadi 172,8 menit/pelanggan, SAIFI sebesar 3,26 kali/pelanggan menjadi 2,2 kali/pelanggan dan diperoleh keandalan jaringan distribusi menjadi suplai layanan tanpa kedip disuplai melalui jaringan kelistrikan PLN.

Kata kunci: *Kedip Tegangan, SAIDI, SAIFI*

How to Cite This Article: Arianto, M., Isnanto, R. R. & Syakur, A. (2024). Analisis Penguatan Jaringan Distribusi dalam Penyelenggaraan Event Internasional di Wilayah Kerja ULP Manahan-Surakarta. *JPII*, 2(4), 271-278. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24573>

PENDAHULUAN

Pada tahun 2023, Indonesia diamankan untuk melaksanakan kejuaraan bertaraf internasional yaitu *FIFA World Cup U-17*. Tempat pelaksanaan kegiatan kejuaraan *FIFA World Cup U-17* di 4 kota yaitu Jakarta, Bandung, Surabaya dan Solo. Untuk mendukung pelaksanaan kegiatan tersebut, maka PLN berusaha memberikan layanan tanpa kedip untuk seluruh kegiatan, mulai dari *venue* utama sampai ke tempat latihan, hotel menginap dan tempat-tempat yang dianggap penting yang mungkin menjadi kunjungan para wisatawan yang akan berkunjung ke Indonesia.

Sebagai perusahaan listrik satu-satunya di Indonesia dan ditunjuk oleh pemerintah bertanggung jawab dalam penyediaan listrik, maka PLN melakukan berbagai upaya untuk menjamin penyediaan listrik yang andal. PLN berkomitmen memberikan layanan listrik melalui sistem jaringan PLN yang andal dengan disuplai dari beberapa sub-sistem, beberapa penyulang diperkuat oleh *backup power* mulai dari *uninterruptible power supply* (UPS) dan *genset* yang *standby* dingin. Selain itu PLN memiliki komitmen memberikan layanan tanpa kedip dan *green* dengan tidak ada genset yang beroperasi selama pertandingan dan sepenuhnya disuplai oleh jaringan listrik PLN.

Pada studi kasus ini, penulis membatasi hanya pada *venue* Stadion Manahan Solo mulai dari sistem jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV sampai ke instalasi milik langganan (IML). Kondisi eksisting akan dianalisa terlebih dahulu untuk melihat *leveling* dan kriteria keandalan pada *venue* dan langkah apa saja yang akan dilakukan untuk melakukan penguatan serta analisa dan evaluasi masing-masing *venue* sampai ke titik-titik rawan dalam pertandingan *FIFA World Cup U-17* di stadion Manahan Solo.

Evaluasi Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik telah diatur dalam Edaran Direksi Perusahaan Umum Listrik Negara Nomor 031.E/471/DIR/1993 tanggal 1 September 1993 (PT PLN (Persero, 2014)). Pada peraturan ini belum mendukung proses analisis dan evaluasi yang spesifik dan akurat, sehingga proses

peningkatan keandalan sistem distribusi menjadi kurang efektif dan efisien. Sehubungan dengan hal tersebut dan sebagai tindak lanjut Keputusan Direksi PT PLN (Persero) Nomor 074. K/DIR/2008 tentang Pedoman Pengelolaan Aset Distribusi tanggal 29 Februari 2008, maka perlu penyempurnaan atas ketentuan Keandalan Sistem Distribusi dengan menyusun Ketentuan Analisis dan Evaluasi Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik serta perhitungan SAIDI-SAIFI dengan Edaran Direksi PT PLN (Persero).

Indikator keandalan sistem distribusi yang digunakan mencakup *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) dan *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI). Formulasi dari indikator SAIDI dan SAIFI tersebut diuraikan di bawah ini.

SAIDI merupakan indikator durasi rata-rata lama padam pasokan listrik yang bersifat permanen (>5 menit) yang dirasakan oleh pelanggan pada satu unit pelayanan tertentu selama satu periode waktu tertentu, yang dihitung dalam satuan menit/pelanggan. Untuk keperluan monitoring kinerja, satuan periode waktu perhitungan dapat dilakukan setiap bulan, triwulan, semester dan tahunan. Formula SAIDI dapat dituliskan sebagai berikut.

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{N_{total}} \quad (1)$$

di mana U_i adalah lama gangguan ke- i , N_i adalah jumlah pelanggan yang mengalami gangguan ke- i dan N_{total} total jumlah pelanggan yang dilayani.

SAIFI merupakan indikator frekuensi padam pasokan listrik yang bersifat permanen (>5 menit) yang dirasakan oleh pelanggan pada satu unit pelayanan tertentu selama satu periode waktu tertentu, yang dihitung dalam satuan kali/pelanggan. Untuk keperluan monitoring kinerja, satuan periode waktu perhitungan dapat dilakukan setiap bulan, triwulan, semester dan tahunan. Formula SAIFI dapat dituliskan sebagai berikut.

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_{total}} \quad (2)$$

di mana N_i adalah jumlah pelanggan yang mengalami gangguan ke- i dan N_{total} adalah total jumlah pelanggan yang dilayani.

Untuk pemetaan pelanggan *very very important person (VVIP)/very important person (VIP)* dan acara yang di-backup pada matriks keandalan dibagi menjadi 4 kriteria berdasarkan ketersediaan jaringan dan pasokan subsistem yang berbeda disetiap wilayah PLN (PT PLN (Persero), 2022).

Tabel 1. Leveling kegiatan VVIP/VIP

Kegiatan/Events	Level Kehadiran	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4
Event Internasional (IMF, G20, ASEAN leader, BDF, dll)	Skala Kepala Negara	Bandara, Tempat Acara/Ballroom/Ruang Meeting	Tempat Menginap Kepala Negara	Tempat Menginap Delegasi/Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
ASEAN leader, BDF, dll)	Setingkat Menteri dibuka dan ditutup RI 1 atau RI 2	Tempat Acara/Ballroom/Ruang Meeting	Bandara, Tempat Menginap RI atau RI 2	Tempat Menginap Delegasi/Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
ASEAN leader, BDF, dll)	Setingkat Menteri dibuka dan ditutup menteri	Tempat Acara/Ballroom/Ruang Meeting	Bandara, Tempat Menginap RI atau RI 2	Tempat Menginap Delegasi/Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
Event Nasional (Munas Partai, Lokakarya, Seminar, Peresmian dll)	Dihadiri RI 1 atau RI 2	Bandara, Tempat Acara/Ballroom/Ruang Meeting	Tempat Menginap Delegasi/Menteri	Tempat Menginap Delegasi/Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
ASEAN leader, BDF, dll)	Dihadiri Pejabat setingkat Menteri	Bandara, Tempat Acara/Ballroom/Ruang Meeting	Tempat Menginap/Kunjungan RI 1/RI 2	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
ASEAN leader, BDF, dll)	Dihadiri Kepala Daerah	Tempat Acara/Ballroom/Ruang Meeting	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
Kunjungan Kerja RI 1 dan RI 2	Dihadiri RI 1 atau RI 2	Bandara, Tempat Menginap/Kunjungan RI 1 dan RI 2	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
Kunjungan Kerja Menteri	Dihadiri Pejabat setingkat Menteri	-	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
Hari Raya Agama	Dihadiri oleh RI 1 dan RI 2	Bandara, Tempat ibadah/ Tempat Kunjungan RI 1 dan RI 2	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
ASEAN leader, BDF, dll)	Dihadiri Pejabat setingkat Menteri	-	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
ASEAN leader, BDF, dll)	Dihadiri Kepala Daerah	Tempat Acara/Ballroom/Ruang Meeting	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
ASEAN leader, BDF, dll)	Tempat Ibadah Besar	Tempat Acara/Ballroom/Ruang Meeting	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Menginap/Kunjungan Kerja Menteri	Tempat Wisata/Kunjungan Wisata
Kegiatan Skala Daerah					Tempat Acara/Kegiatan
Kegiatan Instansi Pemerintah					Tempat Acara/Kegiatan

Pada masing-masing kriteria dibagi menjadi opsi A dan opsi B seperti Tabel 2 yang dianggap mewakili kelistrikan di Indonesia. Dalam pemilihan opsi akan sangat bergantung pada kesiapan sistem mulai dari pembangkit, operasi sistem, transmisi dan gardu induk yang akan menyuplai lokasi atau *venue* acara. Opsi A digunakan ketika dukungan sistem memungkinkan, sedangkan opsi B digunakan ketika lokasi yang akan dijaga keandalannya adalah lokasi baru di mana dukungan sistem tidak memungkinkan atau jaringan permanen PLN belum ada.

Tabel 2. Leveling pengamanan pasokan kelistrikan

Uraian	Bobot	Kriteria Pengamanan							
		Kriteria 1		Kriteria 2		Kriteria 3		Kriteria 4	
		A	B	A	B	A	B	A	B
Suplai Utama	Express Feeder	5	√		√				
	Spindel	3					√		
	SUTM/SKUTM	1						√	
	Genset (kapasitas 2x prediksi beban)	5		√		√		√	√
Suplai Cadangan	Express Feeder	5	√						
	Spindel	3			√				
	SUTM/SKUTM	1					√	√	
	Tidak Ada Cadangan (Radial)	0							
Suplai Gardu Induk	Genset (kapasitas 2x prediksi beban)	5		√		√		√	
	Gardu Induk / SS Berbeda	5	√						
	Gardu Induk Sama Trafo Berbeda	3			√		√		
	Gardu Induk Sama Trafo Sama	1							√
Suplai Tegangan Menengah (TM)	Assesment Penyulang melibatkan pusertif	5	√						
	Assesment Penyulang Tier 1 dan Tier 2	3			√		√		
	Assesment Penyulang Tier 1	1							√
	Assesment Genset	3		√		√		√	
	Tindak Lanjut Perbaikan Mayor 100%	5	√	√					
	Tindak Lanjut Perbaikan Mayor 75-99 %	3			√	√			
	Tindak Lanjut Perbaikan Mayor 50-74 %	2					√	√	
	Tindak Lanjut Perbaikan Mayor < 50 %	1							√
Gardu Distribusi TM	Control Supply Utama dan Cadangan	5	√						
	ACO TM + Remote	3			√		√		
	LBS Fasilitas Remote	1							√
	LBS Manual	5			√		√		
	ACO TR < 1s	1			√		√		
	Assesment Gardu melibatkan pusertif	5	√						
	Assesment Gardu Tier 1 dan Tier 2	3			√		√		
	Assesment Gardu Tier 1	1							√
	Tindak Lanjut Perbaikan Mayor 100%	5	√						
	Tindak Lanjut Perbaikan Mayor 75-99 %	3			√				
	Tindak Lanjut Perbaikan Mayor 50-74 %	2					√		
	Tindak Lanjut Perbaikan Mayor < 50 %	1							√

Setelah Unit Induk atau Unit Pelaksana memperoleh informasi penyelenggaraan kegiatan VVIP maka setiap unit di Divisi Operasi Distribusi Jawa Madura dan Bali harus melakukan beberapa langkah *assessment* untuk menentukan *event* VVIP tersebut masuk pada kriteria dan *leveling* sesuai matriks yang sudah ditentukan.

Dalam rangka mendukung implementasi *Enterprise Asset Management (EAM)*, konsep *lifecycle* aset yang dimulai dari desain, konstruksi, operasi dan pemeliharaan, penggantian dan penghapusan, mulai digunakan. Tahapan *lifecycle* aset yang menjadi perhatian edaran ini adalah tahapan operasi dan pemeliharaan. Hasil analisis dan evaluasi pada tahapan ini akan digunakan sebagai umpan balik dalam rangka memperbaiki kinerja dan masa manfaat aset tersebut.

Metode analisis dan evaluasi yang digunakan adalah konsep *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* dan *Failure Mode and Effects and Criticality Analysis (FMECA)* untuk menganalisis penyebab utama gangguan distribusi.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lokasi Penyelenggaraan FIFA U-17 di salah satu lokasi yaitu Stadion Manahan Solo di Surakarta dan berkolaborasi dengan PLN Unit Induk Distribusi (UID) Jawa Tengah dan DIY, khususnya di Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Surakarta sebagai penanggung jawab keandalan kelistrikan penyelenggaraan pertandingan dengan unit terkecil di Unit Layanan Pelanggan (ULP) Manahan.

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dengan menggunakan metode pengumpulan data baik melalui observasi partisipasi dengan metode *deep interview* kepada tenaga ahli dari PLN Pusat dan perwakilan dari pihak *Event Organizer* FIFA U-17, *historical* data perusahaan dan studi pustaka yang dilakukan di PT PLN (Persero) UID Jawa Tengah dan DIY khususnya di UP3 Surakarta. Data-data tersebut dikumpulkan dari data teknis lapangan pelanggan Stadion Manahan Solo dan karakteristik jaringan distribusi suplai ke Stadion Manahan Solo.

Jenis Data pendukung

Data yang dibutuhkan adalah data internal dari PT PLN (Persero) atau PLN yang merupakan data terkait laporan gangguan di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Surakarta dari tahun 2022 dan 2023 antara lain berisikan data-data:

- Laporan berdasarkan jenis gangguan.
- Laporan berdasarkan penyebab gangguan.
- Laporan data utilisasi peralatan pendukung.
- Laporan hasil *assessment* instalasi IML.

Tahapan ANALISIS

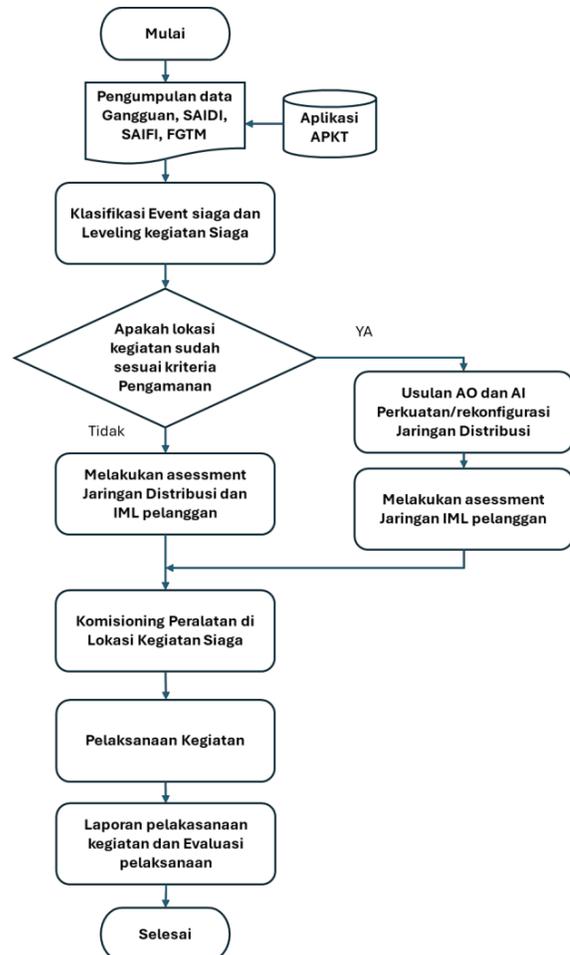
Pada penelitian ini, tahapan analisis data yang dilakukan adalah:

- Mengumpulkan data kondisi suplai kelistrikan ke lokasi Stadion Manahan Solo yaitu data SAIDI, SAIFI, frekuensi gangguan jaringan tegangan menengah.
- Klasifikasi dan menentukan *leveling* kegiatan siaga.
- Menghitung kebutuhan penguatan atau rekonfigurasi serta peralatan *backup* suplai untuk stadion, khususnya di masing-masing titik lokasi.

- Menghitung perbaikan data SAIDI, SAIFI dan Frekuensi Gangguan Jaringan Tegangan Menengah.
- Evaluasi hasil kegiatan pelaksanaan siaga.

Bagan Alur Penelitian

Bagan alur penelitian ini disusun untuk mengetahui proses penelitian yang dilakukan. Bagan alur yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian sebagaimana disampaikan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Bagan alur penelitian

Penelitian dimulai dengan pengumpulan data gangguan, termasuk SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), dan FGTM, yang didukung oleh penggunaan aplikasi APKT. Data yang terkumpul kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan *event* siaga dan menentukan level kegiatan siaga yang diperlukan. Setelah itu, dilakukan pengecekan untuk memastikan apakah lokasi kegiatan sudah memenuhi kriteria pengamanan. Jika lokasi sudah sesuai dengan kriteria pengamanan, akan diusulkan AO dan AI untuk perkuatan atau rekonfigurasi jaringan distribusi, dan

dilanjutkan dengan *assessment* jaringan IML (Indikator Mutu Layanan) pelanggan. Jika lokasi tidak memenuhi kriteria pengamanan, maka dilakukan *assessment* jaringan distribusi dan IML pelanggan terlebih dahulu.

Setelah *assessment* selesai, dilakukan komisioning peralatan di lokasi kegiatan siaga untuk memastikan peralatan berfungsi dengan baik. Proses dilanjutkan dengan pelaksanaan kegiatan di lapangan sesuai dengan hasil *assessment* dan persiapan yang telah dilakukan. Setelah kegiatan selesai, laporan pelaksanaan kegiatan dibuat, dan evaluasi dilakukan untuk menilai keberhasilan serta area yang perlu perbaikan. Proses ini berakhir setelah laporan dan evaluasi selesai dilakukan, memastikan langkah-langkah pengamanan yang efektif dalam jaringan distribusi listrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Awal Venue Manahan Solo

Sebagai salah satu *venue* utama, Stadion Manahan Solo memiliki daya kontrak langganan sebesar 555 kVA dengan memiliki *backup power* genset 1x650 kW. Stadion Manahan Solo disuplai oleh sub-sistem Pedan 1-2 dan terkoneksi pada sistem Jawa-Bali. Untuk suplai dari tegangan menengah 20 kV disuplai utama oleh penyulang Jajar-10 trafo 1 daya 60 MVA gardu induk Jajar dengan sub-sistem Pedan 1-2, sedangkan suplai cadangan 1 disuplai oleh penyulang Mangkunegaran trafo II daya 60 MVA gardu induk Jajar sub-sistem Pedan 1-2, sedangkan suplai cadangan 2 disuplai oleh penyulang Jajar 02 trafo 1 daya 60 MVA gardu induk Jajar dengan sub-sistem Pedan 1-2. Secara umum dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 3. Data *venue* dan suplai stadion

Penyulang	Venue Stadion Manahan Solo	Keterangan
1. Suplai utama: Penyulang Jajar 10	Gedung Zona Barat	Ruang transit VVIP, <i>control room</i> , <i>lobby</i> utama, tribun barat lantai 1-5, panel media
2. Suplai Cadangan 2: Penyulang Mangkunegaran 3	Tribun A	Lampu untuk tribun utama
3. Suplai Cadangan 3: Penyulang Jajar 02	Tribun B	Lampu untuk tribun <i>opposite</i>
4. Genset Pelanggan 1x650 kW	Tower A, B, zona utara, timur, barat dan selatan Media <i>broadcaster</i>	Lampu FOP sisi utara, selatan, timur dan barat Kebutuhan media center

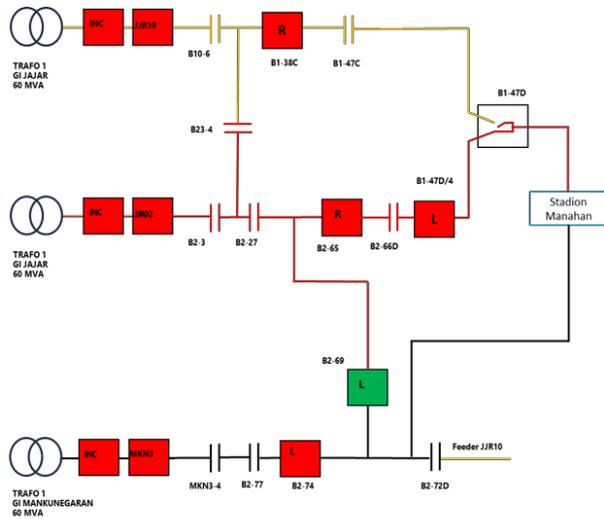
(BTP dan BDP)

Selanjutnya dari data yang diperoleh untuk SAIDI di UP3 Surakarta sebesar 316,8 menit/pelanggan dan SAIFI sebesar 3,26 kali/pelanggan. Kemudian untuk memperoleh detail SAIDI per penyulang yang mensuplai stadion perkecil lingkup menjadi unit terkecil yaitu ULP Manahan dan diperoleh data SAIDI sebesar 314,4 menit/pelanggan dan SAIFI sebesar 3,06 kali/pelanggan. Untuk detail sampai dengan dimasing-masing penyulang sebagai berikut:

Tabel 4. Data SAIDI dan SAIFI sebelum penguatan s.d. Oktober 2022

Keterangan	s.d. Oktober 2022	
	SAIDI (mnt/plg)	SAIFI (kali/plg)
UP3 Surakarta	316,80	3,26
ULP Manahan	314,40	3,06
Penyulang Jajar 10	3,29	0,26
Penyulang	6,77	0,49
Mangkunegaran 03		
Penyulang Jajar 02	7,37	0,53

Secara umum pola operasi Stadion Manahan yaitu suplai utama penyulang JJR 02 dari GI Jajar Trafo I, penyulang cadangan MKN 03 dari GI Mangkunegaran Trafo I. Pada saat suplai utama (JJR 02) gangguan, maka suplai penyulang dipindah ke penyulang cadangan (MKN 03) melalui *Automatic Change Over Switch (ACOS)* Tegangan Menengah (TM) dengan waktu operasi 0,3 detik. Apabila suplai penyulang utama dan cadangan terjadi gangguan, maka genset Stadion Manahan akan mem-*backup* Stadion Manahan dengan kapasitas 1x650 kVA dan semua akan di-*backup* oleh genset milik Stadion Manahan. Dengan kondisi tersebut, maka sesuai dengan buku panduan pedoman pengamanan pelanggan VVIP dari Divisi Operasi Distribusi Jawa, Madura dan Bali maka kondisi ini belum memenuhi kriteria pengamanan pasokan listrik, maka diperlukan penguatan sistem *backup power* untuk suplai ke lokasi-lokasi tersebut. Berikut skema suplai eksisting yang digunakan selama pertandingan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.

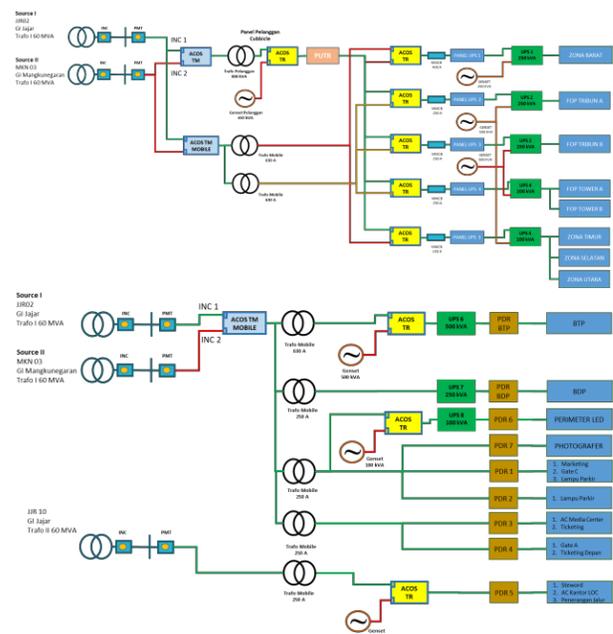


Gambar 2. Single line diagram sebelum penguatan

Beberapa hal yang menyebabkan belum terpenuhinya kriteria keandalan adalah pelanggan masih merasakan padam beberapa detik karena belum tersedianya sistem *backup power* saat terjadi gangguan jaringan distribusi karena pelanggan akan merasakan padam sesaat saat perpindahan baik oleh ACOS TM ataupun beberapa detik saat berpindah dari PLN ke genset pelanggan. Selanjutnya dibutuhkan kriteria pengamanan lapis 4 yaitu *venue* disuplai dari 2 sumber penyulang PLN dari dua Gardu Induk berbeda dengan *automatic backup* UPS PLN/Pelanggan, selanjutnya terdapat *backup* genset pelanggan atau *backup* genset PLN (*optional*) dengan personil *on site*.

Penguatan Sistem Backup Power

Dari hasil *assessment* jaringan distribusi maka beberapa *backup power* perlu dipasang untuk penguatan sistem *backup power* untuk antisipasi kedip akibat gangguan baik dari internal maupun eksternal PLN. Untuk penguatan kelistrikan maka skema rencana kelistrikan dari hasil *assessment* dengan membuat mitigasi risiko gangguan di peralatan TM dan TR eksisting dengan dilakukan penambahan peralatan TM (ACOS TM *Mobile*), Gardu *Mobile* 3x630 kVA, Gardu *Mobile* 3x250 kVA, Gardu Distribusi 1x250 kVA dan 6 ACOS TR untuk membuat jalur suplai terpisah dengan jalur eksisting (jalur operasi), UPS 2x250 kVA, UPS 2x200 kVA, Genset PLN 2x500 kVA & 2x250kVA. Dapat dilihat setelah penguatan sistem *backup power* diperoleh *single line* diagram pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Single line setelah penguatan

Suplai utama penyulang JJR 02 dari Gardu Induk Jajar Trafo I, suplai cadangan 1 penyulang MKN 03 dari Gardu Induk Mangkunegaran Trafo I. Suplai cadangan 2 Penyulang JJR 10/ GI Jajar Trafo I. Suplai cadangan 3 Genset PLN 3x500 kVA, 1x350 kVA, 1x250 kVA, 1x100 kVA Suplai cadangan 4 genset pelanggan 1x650 kVA. Pengamanan UPS terdiri atas:

1. UPS 1 milik PLN 250 kVA untuk load 1 Zona Barat.
2. UPS 2 milik PLN 250 kVA untuk load 2 Tribun A.
3. UPS 3 milik PLN 250 kVA untuk load 3 Tribun B.
4. UPS 4 milik PLN 200 kVA untuk load 4 Tower A & B.
5. UPS 5 milik PLN 100 kVA untuk load 5 Zona timur, selatan dan utara.
6. UPS 6 milik PLN 500 kVA untuk load 6 BTP.
7. UPS 7 milik PLN 250 kVA untuk load 7 BDP.
8. UPS 8 milik PLN 200 kVA untuk load 8 PDR 6..

Apabila terjadi gangguan suplai utama/cadangan tetap aman tanpa kedip. Pada saat suplai utama penyulang JJR 02 gangguan, maka suplai penyulang dipindah ke penyulang cadangan MKN 03 melalui ACOS TM dengan waktu operasi 0,3 detik. Jika JJR 02 dan MKN 03 terjadi gangguan, maka suplai berpindah ke JJR 10 melalui *load break switch (LBS) 3way* dalam waktu 1 detik. Apabila suplai penyulang utama dan cadangan terjadi gangguan, maka cadangan genset PLN 3x500 kVA, 1x350 kVA, 1x250 kVA dan 1x100 kVA *standby* panas akan beroperasi berbeban dalam waktu 1 detik.

Apabila cadangan genset PLN 1 dengan daya 350 kVA terjadi gangguan, maka genset pelanggan dengan

daya 650 kVA akan dioperasikan. Apabila cadangan genset PLN 2 dengan daya 500 kVA terjadi gangguan, maka genset pelanggan dengan daya 650 kVA akan dioperasikan secara *manual* kemudian genset pelanggan dinyalakan. Apabila cadangan genset PLN 3 dengan daya 500 kVA terjadi gangguan, maka genset pelanggan dengan daya 650 kVA akan dioperasikan. Apabila trafo *mobile* suplai beban BTP gangguan, maka genset PLN dengan daya 500 kVA *standby* panas akan beroperasi berbeban dalam waktu 1 detik.

Apabila trafo *mobile* suplai beban parameter LED gangguan, maka genset PLN dengan daya 100 kVA *standby* panas akan beroperasi berbeban dalam waktu 1 detik. Apabila trafo *mobile* suplai beban *steward*, AC kantor *local organizing committee (LOC)* dan penerangan jalur gangguan, maka genset PLN dengan daya 250 kVA *standby* panas akan beroperasi berbeban dalam waktu 1 detik. Selanjutnya dilakukan *assessment* pada beberapa titik di stadion Manahan seperti:

- a. Pemeriksaan panel instalasi perimeter 1 pada tanggal 12 November 2023 dengan hasil antara lain: kondisi panel aman, instalasi panel hasil baik. Kapasitas pembatas beban dengan hasil sesuai kapasitas.
- b. Pemeriksaan panel 2 perimeter dan panel fotografi dalam stadion pada tanggal 12 November 2023 dengan hasil antara lain kondisi panel dengan hasil baik, instalasi panel dengan hasil aman, kapasitas pembatas beban dengan hasil kapasitas sesuai.
- c. Pemeriksaan panel BTP lantai 1 dalam stadion pada tanggal 12 November 2023 dengan hasil antara lain instalasi panel dengan kondisi baik, kapasitas pembatas beban dengan hasil kapasitas sesuai.
- d. Pemeriksaan panel ruangan VIP pada tanggal 12 November 2023 dengan hasil antara lain dengan kondisi panel baik, instalasi panel kondisi aman, kapasitas pembatas beban sesuai dengan kapasitas.
- e. Pemeriksaan tindaklanjut kabel kulkas yang tidak sesuai standar pada tanggal 12 November 2023 dengan hasil antara lain kondisi panel dalam kondisi baik, instalasi panel kondisi baik, kapasitas pembatas beban sesuai kapasitas. Ada beberapa catatan yaitu perlu dilakukan pemindahan jalur instalasi.

Hasil Penguatan Kelistrikan

Sehubungan dengan suplai lokasi acara dari Gardu Induk Jajar dan Gardu Induk Mangkunegaran, kondisi eksisting masih dalam satu sub-sistem yang sama, maka dengan dilakukan penguatan diperoleh suplai dari dua sub-sistem yang berbeda. Peningkatan keandalan suplai, nantinya sub-sistem yang akan menjadi suplai trafo Mangkunegaran adalah sub-sistem Ungaran 1-2, sedangkan untuk trafo Jajar akan disuplai oleh sub-sistem

Pedan 1-2 yang kemudian diatur dengan melepas kopel pada *bay* Mangkunegaran dan Jajar.

Dengan dilakukan penguatan kelistrikan di penyulang yang akan menyuplai Stadion Manahan diperoleh perbaikan nilai SAIDI dan SAIFI di masing-masing lokasi mulai dari UP3, ULP dan sampai ke penyulang antara tahun 2022 dan tahun 2023 seperti tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 5. Data SAIDI dan SAIFI setelah penguatan

Keterangan	s.d. Oktober 2023		s.d. Oktober 2022	
	SAIDI (mnt/plg)	SAIFI (kali/plg)	SAIDI (mnt/plg)	SAIFI (kali/plg)
UP3 Surakarta	172,8	2,2	316,8	3,26
ULP Manahan	129,6	1,47	314,4	3,06
Penyulang Jajar 10	1,98	0,15	3,29	0,26
Penyulang Mangkunegaran 03	3,50	0,35	6,77	0,49
Penyulang Jajar 02	2,95	0,28	7,37	0,53

Pelaksanaan dan Evaluasi Kegiatan

Saat pelaksanaan pertandingan di Stadion Manahan pada pertandingan pertama berjalan dengan baik walaupun terdapat beberapa kendala dan menjadi *lesson learned* seperti kurangnya koordinasi antara PIC di *stand sponsorship* dengan para *engineer* kelistrikan sehingga berdampak pada terjadi korsleting listrik di salah satu *stand* akibat penambahan beban listrik yang tidak terkendali. Kondisi cuaca hujan ekstrim yang berdampak pada tergenangnya sisi lapangan yang terdapat banyak stopkontak dan belum dimodifikasi tahan genangan air.

Secara umum PT PLN (Persero) berhasil memasok listrik yang andal tanpa kedip (*zero down time*) dalam pertandingan Final *FIFA World Cup U-17* di Stadion Manahan Solo, pada hari Sabtu tanggal 2 Desember 2023. Selama berlangsungnya pertandingan final tim nasional Jerman *versus* Prancis itu, PLN berhasil menjaga pasokan listrik dengan baik tanpa ada permasalahan yang berarti.

Direktur Distribusi PLN, Bapak Adi Priyanto merinci bahwa pengamanan tiga lapis disiapkan adalah dari suplai utama PLN, *uninterruptible power supply (UPS)* dan genset. PLN menerapkan *defence scheme*. Keandalan operasi sistem PLN tetap terjaga berkat pengaturan pola operasi pembangkitan dan penyaluran serta pengaturan proteksi yang memprioritaskan *venue* untuk tetap menyala bila terjadi gangguan.

Beberapa *lesson learned* selama pelaksanaan yaitu saat pertandingan partai pertama memasuki menit ke 67 atau tepatnya pukul 17.36 WIB terdapat kejadian pelanggaran di kotak penalti yang mengharuskan wasit lapangan untuk melakukan *check TV VAR (Video Assistant Referee)*. Pada saat dilakukan pengecekan terdapat isu *loss power* sehingga wasit lapangan dan wasit

VAR room tidak bisa melakukan komunikasi dengan *handsfree*. Setelah dilakukan identifikasi terkait *loss power* tersebut ditemukan *Mini Circuit Breaker (MCB) trip* pada titik penerangan selatan yang terhubung dengan jalur suplai daya ke arah monitor VAR. Dari hasil identifikasi MCB *trip* tersebut dikarenakan adanya penambahan beban berupa kulkas pendingin tanpa sepengetahuan pihak PLN sehingga menyebabkan *trip overload* melewati *rating* pembatas arus.

PLN UID Jateng DIY melakukan koordinasi bersama LOC FIFA dalam rangka mitigasi risiko terhadap penambahan beban dan gangguan pada sisi instalasi milik langganan (IML) dengan beberapa poin pembahasan antara lain sebagai berikut:

- a. Untuk mengantisipasi serta percepatan *recovery* apabila terjadi gangguan pada sisi IML di *venue* Stadion Manahan, LOC akan membantu adanya penambahan tim pendampingan khusus petugas PLN sebanyak 15 personel yang akan *standby* di titik-titik krusial dan mendampingi petugas LOC pada titik-titik kritis seperti sub MDP dan SDP sebanyak 11 orang posisi *standby* di dalam stadion, *parimeter*, *broadcast* dan *ticketing*, sebanyak 4 orang posisi *mobile* di dalam stadion, komunikasi antar petugas dan posko menggunakan komunikasi radio.
- b. Agar mempermudah komunikasi antara LOC FIFA dengan petugas piket PLN maka pihak PLN akan menyediakan perangkat radio komunikasi dengan jalur komunikasi khusus yang bisa digunakan untuk koordinasi secara *realtime* saat *live event*.
- c. Selanjutnya LOC akan menginformasikan kepada PLN apabila ada perubahan instalasi, penambahan beban serta kejadian khusus baik melalui media komunikasi radio secara langsung maupun melalui *WhatsApp Group*.

KESIMPULAN

Melalui penguatan jaringan distribusi sebagai upaya PLN mendukung kelistrikan dalam penyelenggaraan *event* internasional *FIFA World Cup U-17* di Indonesia dapat diperoleh kesimpulan:

1. Angka SAIDI mendapat perbaikan di UP3 Surakarta yaitu dari 316,8 menit/pelanggan menjadi 172,8 menit/pelanggan, sedangkan di ULP Manahan mengalami perbaikan dari 314,4 menit/pelanggan menjadi 129,6 menit/pelanggan.
2. Angka SAIFI mendapat perbaikan di UP3 Surakarta yaitu dari 3,26 kali/pelanggan menjadi 2,2 kali/pelanggan sedangkan di ULP Manahan mengalami perbaikan dari 3,06 kali/pelanggan menjadi 1,47 kali/pelanggan.
3. Melalui penguatan jaringan distribusi diperoleh dari hasil simulasi di lapangan dan penyelenggaraan *FIFA World Cup U-17* bahwa

tidak dirasakan kedip oleh pelanggan pada *venue* utama selama penyelenggaraan pertandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- K. d. A. W. Surya Nur Hidayat. 2018. Analisis Perbandingan Nilai SAIDI (System Average Interruption Durration Index) Dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) PLN APJ Purwokerto Tahun 2014, 2015 dan 2016 dengan Standar SPLN 1985. *Transient, Vol. 7, No. 1, Maret 2018, ISSN: 2302-9927*, 9, pp. 1-5.
- M. d. B. Divisi Operasi Distribusi Jawa. 2022. *Buku Panduan Event Siaga VIP, VVIP di Divisi Operasi Distribusi Jawa Madura dan Bali*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- M. R. B. Kencana. "Pembukaan Piala Dunia U-17 Sukses, PLN Pastikan Layanan Tetap Andal sampai Akhir," *tersedia di* <https://www.liputan6.com/bisnis/read/5450765/pembukaan-piala-dunia-u-17-sukses-pln-pastikan-layanan-tetap-andal-sampai-akhir?page=3> diakses pada 15 Mei 2024, 2023.
- PT PLN (Persero). 2010. *Buku 1 Kriteria Desain Enjineriing Kontruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 2010. *Buku 4 Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 2011. *Buku Panduan Form Rekapitulasi Laporan Frekuensi Gangguan JTM*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 2014. *Edaran Direksi PT PLN (Persero) Nomor 0004/E/DIR/2024 Ketentuan Analisis dan Evaluasi Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik serta Perhitungan SAIDI dan SAIFI*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 2022. *Panduan Pengembangan Sistem Distribusi menjadi Kawasan Zero Down Time Pola 1*. Jakarta: PT PLN (Persero) Kantor Pusat.
- PT PLN (Persero). 2023. *Panduang Pengembangan Sistem Distribusi Menjadi Kawasan Zero Down Tlme Pola 2 dan 3*. Jakarta: PT PLN (Persero) Kantor Pusat.
- PT PLN (Persero). 2023. *Pembukaan FIFA World Cup U17 Sukses dan Meriah, Listrik PLN Jadi Andalan*. Jakarta.