

# Usulan model pemeliharaan distribusi tenaga listrik menggunakan metode TRDX untuk meningkatkan keandalan pada pelanggan industri

*(Proposed electric power distribution maintenance model using the TRDX method to increase reliability for industrial customers)*

Musthopa<sup>1#</sup>, Budi Harsanto<sup>2</sup> dan Akhmad Yunani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PT PLN (Persero) UP3 Karawang, Mahasiswa Magister Manajemen Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>Dosen Magister Manajemen Universitas Padjadjaran

<sup>3</sup>Dosen Magister Manajemen Universitas Telkom

#)Corresponding author: [blimusthopa@gmail.com](mailto:blimusthopa@gmail.com)

Received 28 July 2020, Revised 4 October 2021, Accepted 9 November 2021, Published 30 November 2021

**Abstrak.** Keandalan pasokan listrik sangat dibutuhkan oleh industri modern karena gangguan-gangguan dapat secara langsung berdampak pada tingkat produksi, biaya dan profitabilitas perusahaan. Tujuan studi ini adalah mengetahui karakteristik pemeliharaan eksisting distribusi tenaga listrik pada pelanggan industri PT. PLN (Persero) UP3 Karawang dan mengusulkan metode pemeliharaan yang tepat untuk meningkatkan performanya. Metode yang digunakan adalah studi kasus dengan data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, serta analisa dokumen yang relevan. Hasil studi menunjukkan bahwa trend gangguan penyulang selama 2017-2020 belum sesuai harapan, realisasi *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) terus mengalami peningkatan berturut-turut 3,12; 3,85; 5,47; dan 6,92 kali/pelanggan, begitupun realisasi *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) juga trendnya meningkat berturut-turut 182,97; 314,31; 1015,55; dan 612 menit/pelanggan. Tiga penyebab tertinggi gangguan adalah jointing (39%), diikuti oleh sebab dari pihak ketiga (36%) dan kerusakan kubikel (15%). Penulis mengusulkan metode TRDX untuk meningkatkan keandalan pasokan tenaga listrik pada pelanggan Industri.

**Kata Kunci:** *distribusi tenaga listrik, pemeliharaan, pelanggan industri, energi.*

**Abstract.** *Reliability of electricity supply is urgently needed by modern industry because disruptions can directly impact production levels, costs and company profitability. The purpose of this study is to determine the characteristics of the existing maintenance of electric power distribution to industrial customers of PT. PLN (Persero) UP3 Karawang and to propose appropriate maintenance methods to improve it's performance. The method used is a case study with data collected through observation, interviews, and analysis of relevant documents. The results of the study indicate that the trend of feeder disturbances during 2017-2020 has not met expectations, the realization of the Average Interruption Frequency Index (SAIFI) system continues to increase in succession 3.12; 3.85; 5.47; and 6.92 times/customer, as well as the realization of the System Average Interruption Duration Index (SAIDI) with an increasing trend, respectively, 182.97; 314.31; 1015.55; and 612 minutes/customer. The three highest causes of disturbances were jointing (39%), followed by third party causes (36%) and cubicle damage (15%). The author proposes the TRDX method to improve the reliability of electric power supply to industrial customers.*

**Keywords:** *electric power distribution, maintenance, industrial customers, energy.*

## 1 Pendahuluan

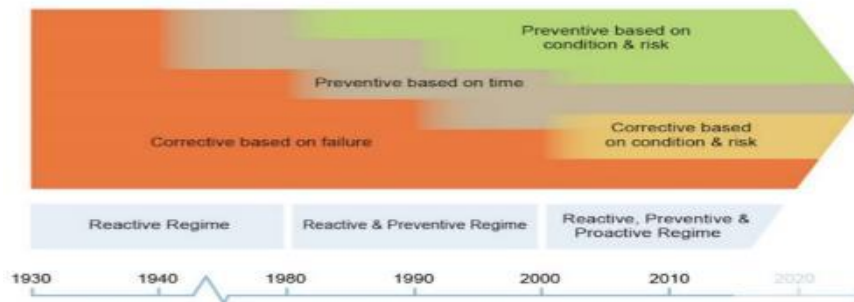
Energi listrik merupakan penggerak utama produksi pada industri modern. Mesin-mesin industri sangat bergantung pada ketersediaan energi listrik (Wang et al., 2019). Ketersediaan energi listrik menjadi keharusan dengan tingkat keandalan dan kualitas yang baik (Short, 2005). Terdapat peningkatan biaya pada pelanggan ketika terjadi gangguan listrik, seiring dengan ketergantungan pelanggan pada suplai listrik (Kjølle et al., 2008). Biaya yang timbul akibat gangguan listrik dapat

menjadi pertimbangan untuk melakukan perencanaan serta operasi sistem tenaga listrik dalam rangka mendapatkan keandalan sistem yang optimal, khususnya untuk sistem tenaga listrik yang terpusat (Akpeji et al., 2020). Salah satu sentra industri strategis di Indonesia adalah di Kabupaten Karawang Provinsi Jawa barat (Pemerintah Kabupaten Karawang, 2019). Posisi strategis Karawang sebagai pusat industri, dilihat dari ketersediaan infrastruktur jalan tol, dekat dengan pelabuhan Tanjung Priok dan dekat dengan bandar udara Soekarno-Hatta (Pemerintah Kabupaten Karawang, 2019).

Perkembangan industri di Kabupaten Karawang ini harus didukung dengan ketersediaan energi listrik dengan kapasitas yang cukup, dengan keandalan dan kualitas yang sesuai standar. Suplai distribusi tenaga listrik di Kabupaten Karawang dikelola oleh Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Karawang, Unit Induk Distribusi (UID) Jawa Barat. Keandalan pasokan tenaga listrik didefinisikan dengan kemampuan sistem tenaga listrik untuk terus-menerus dapat melayani konsumen tanpa berhenti atau tanpa padam (R. . Billinton, R., Allan, 1996). Salah satu tantangan utama perusahaan listrik adalah meningkatkan keandalan serta menurunkan biaya operasi dan pemeliharaan (Chowdhury, 2009). Ukuran keandalan pasokan tenaga listrik diukur menggunakan *System Average Interruption Index (SAIDI)*, *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*, gangguan penyulang, dan *Energy Not Supplied (ENS)* (Billinton et al., 2014), (R. . Billinton, R., Allan, 1996). Rata-rata jumlah pemadaman yang dialami setiap pelanggan dicantumkan dalam indeks SAIFI, sedangkan SAIDI merupakan indeks yang menunjukkan rata-rata lama padam perpelanggan (Sharifinia et al., 2020).

Berbagai kejadian pemadaman pada pelanggan industri mengindikasikan perlu dilakukan perbaikan pemeliharaan sistem penyaluran energi listrik di PT. PLN (Persero) UP3 Karawang. Hal tersebut mendorong penulis untuk melakukan eksplorasi terkait dengan metode pemeliharaan pada distribusi tenaga listrik termasuk melihat kondisi pemeliharaan distribusi energi listrik di PT. PLN (Persero) UP3 Karawang, khususnya pemeliharaan untuk pelanggan-pelanggan industri.

Manajemen Pemeliharaan adalah semua aktivitas manajemen yang dimaksudkan untuk objek pemeliharaan atau prioritas, strategi dan tanggung jawab, serta implementasi yang berarti di antaranya perencanaan pemeliharaan, kontrol dan pengawasan pemeliharaan, dan metode perbaikan termasuk aspek ekonomis (Meharjan, 2017). Evolusi kebijakan pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Evolusi Kebijakan Pemeliharaan  
Sumber. Meharjan, 2017

*Total Productive Maintenance (TPM)* merupakan kegiatan pemeliharaan produktif yang melibatkan semua karyawan sampai karyawan paling kecil (Nakajima, 1988). TPM merupakan pemeliharaan yang inovatif dengan mengoptimalkan efektifitas peralatan, menghilangkan kerusakan, dan pemeliharaan secara otonom (Nakajima, 1988). Beberapa definisi TPM menurut beberapa penelitian yang lain dapat diuraikan sebagai berikut:

- TPM adalah kombinasi antara kegiatan pemeliharaan preventif dan *total quality management (TQM)* untuk menciptakan budaya TQM dengan menyediakan integrasi antara pemeliharaan, teknik, dan manajemen. Untuk memastikan karyawan melindungi peralatan dan mesin bekerja dengan baik (Arslankaya & Atay, 2015).
- TPM banyak digunakan untuk meningkatkan penggunaan peralatan secara efektif dan untuk menjadi perusahaan kelas dunia dalam aspek kualitas dan biaya (Shinde & Prasad, 2018).

*Reliability-Centered Maintenance* (RCM) adalah metode pemeliharaan yang memusatkan diri pada keandalan, dan merupakan proses pengambilan keputusan yang berfokus pada kegiatan sebagai berikut (Jesus Sivonte, 2017):

- Pemeliharaan prediktif
- Pemeliharaan preventif
- Pemeliharaan detektif
- Redesain aset
- Perubahan pelatihan
- Perubahan prosedur
- Perubahan standar

Keandalan dapat ditingkatkan dengan meningkatkan 2 aspek, yaitu mengurangi durasi padam dan mengurangi gangguan. Oleh karena itu gangguan pada jaringan dapat dikurangi dengan kegiatan pemeliharaan (Moubray, 1997). RCM dikembangkan sebagai salah satu strategi menyeimbangkan antara keandalan pada sistem distribusi tenaga listrik dengan biaya pemeliharaan. Pada awalnya RCM digunakan pada industri penerbangan, kemudian diikuti oleh industri kelistrikan. Implementasi pada pembangkit listrik, sistem transmisi tenaga listrik dan sistem distribusi tenaga listrik (Endrenyi et al., 2001). RCM juga sudah diterapkan pada sistem transmisi tenaga listrik (Beehler, 1997), termasuk implementasi RCM pada saluran kabel tegangan menengah (Reder & Flaten, 2000).

Tujuan studi ini adalah mengetahui karakteristik pemeliharaan eksisting distribusi tenaga listrik khususnya pengguna industri PT. PLN (Persero) UP3 Karawang dan mengusulkan metode-metode pemeliharaan yang tepat untuk meningkatkan performanya. Pada penelitian ini kondisi eksisting pemeliharaan diuraikan, kemudian diuraikan juga metode yang saat ini digunakan di PT PLN (Persero) UP3 Karawang. Kemudian hasil dari pemeliharaan tersebut dikorelasikan dengan keandalan pada sistem distribusi tenaga listrik, khususnya pada pelanggan industri. Keandalan dilihat dari gangguan Penyulang, SAIDI, SAIFI, dan ENS. Pada penelitian ini disusulkan metode TRDX pada sistem distribusi khususnya untuk meningkatkan keandalan pada pelanggan Industri.

## 2 Metode

Penelitian ini dilakukan dengan metode analisis pada karakteristik pada pemeliharaan meliputi beberapa parameter yaitu gangguan penyulang, System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), System Average Duration Index (SAIDI), dan Energy Not Serve (ENS). Kemudian penulis melakukan kajian dan analisis terhadap penyebab gangguan pada penyulang Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) pada pelanggan industri di PT. PLN (Persero) UP3 Karawang. Selanjutnya penulis melakukan eksplorasi literature untuk mengetahui metode-metode pemeliharaan yang potensial untuk mengatasi persoalan spesifik untuk meningkatkan kinerja gangguan penyulang, memperbaiki SAIFI, SAIDI, dan ENS.

Data yang digunakan bersumber dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa gangguan penyulang, durasi gangguan, jumlah pelanggan pada gardu tembok, *availability* penyulang, *performance* penyulang, dan *quality* penyulang. Data sekunder dalam penelitian ini berupa data kawasan industri, data beban gardu induk, dan data lain yang berhubungan untuk penelitian ini.

Pengumpulan data dilakukan dengan teknik observasi di lapangan dan wawancara kepada supervisor operasi, supervisor pemeliharaan, dan supervisor teknik pada Unit layanan Pelanggan Prima Karawang, serta dilakukan analisa dokumen yang relevan. Tempat penelitian dilakukan di wilayah kerja PT. PLN (Persero) UP3 Karawang.

### Perhitungan System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

Perhitungan *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) menggunakan persamaan 1 (R. Billinton, R., Allan, 1992) sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Total}} \text{ (kali /plg./tahun)} \dots \dots \dots (1)$$

### Perhitungan System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

Perhitungan *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) menggunakan persamaan 2 (R. Billinton, R., Allan, 1992) sebagai berikut;

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Durasi Pelanggan padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Total}} \text{ (menit/plg.tahun)} \dots\dots\dots(2)$$

### Perhitungan Indeks Energy Not Serve

Perhitungan *Energy Not Supplied* (ENS) menggunakan persamaan 3 (R. Billinton, R., Allan, 1992) sebagai berikut;

$$ENS = \sum \text{Jumlah energi tak tersalur Gardu} \dots\dots\dots(3)$$

### Metode Four Disciplines of Execution (4DX)

*The 4 Disciplines of Execution (4DX)* mencakup formula yang sederhana namun telah terbukti mampu membantu baik individu maupun organisasi mencapai tujuan dan hasil yang diharapkan (McChesney, 2017). Empat disiplin yang terbukti mampu mendorong dilaksanakannya eksekusi ini mencakup:

1. *Focus on Wildly Important Goals* (Fokus pada hal yang sangat penting).
2. *Act on Lead Measure* (Bekerja pada hal-hal yang menggerakkan tujuan).
3. *Keep on Compelling Score Board* (Mencatat capaian pada papan skor).
4. *Create a Cadence of Accountability* (Menjaga akuntabilitas setiap orang dalam pencapaian target).

The 4 Disciplines of Execution (4DX) juga mengajarkan kepada semua orang untuk mampu memisahkan hal-hal yang penting dengan hal-hal yang genting yang sering kali mengganggu aktivitas sehari-hari atau biasa disebut "*Whirlwind*" (Pusaran Angin).

## 3 Hasil dan Pembahasan

Sampai dengan tahun 2020 terdapat 8 (delapan) kawasan industri di Kabupaten Karawang. Seperti terlihat pada Tabel 1, yaitu Kawasan Kujang, Kawasan KIIC, Kawasan Suryacipta, Kawasan Hab & Son, Kawasan Indotaisei, Kawasan Bintang Puspita, dan Kawasan Mitra. Kawasan Industri Karawang dikelola oleh berbagai pihak, seperti terlihat pada Tabel 1 (Pemerintah Kabupaten Karawang, 2019).

**Tabel 1** Kawasan Industri di Karawang

No	Pengelola Kawasan Industri	Luas Lahan (Ha)
1	PT Pupuk Kujang/Kawasan Industri Kujang	100
2	PT Maligi Permata Industrial/Kawasan Industrial Estate KIIC	400
3	PT Surya Cipta Swadaya/Kawasan Suryacipta	1400
4	PT Hub & Son.	350
5	PT Indotaisei Indah Development	500
6	PT Mandala Pratama Permai	302,5
7	PT Bintang Puspita Dwikarya/Kawana Bintang Puspita	400
8	PT Mitra KarawangJaa/Kawasan Industri Mitra	400

Sumber: Rencana Strategis Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Karawang tahun 2016-2024

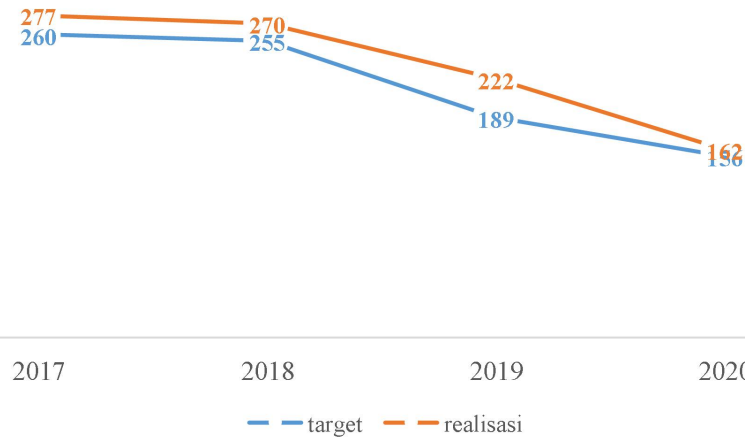
Peranan PLN UP3 Karawang untuk setiap saat dapat memastikan ketersediaan listrik yang andal dan berkualitas sangat dibutuhkan konsumen industri. Untuk ketersediaan energi, terlihat pada Tabel 2 Kapasitas Gardu Induk di PLN (Persero) UP3 Karawang.

**Tabel 2** Kapasitas Gardu Induk di PT PLN (Persero) UP3 Karawang

Gardu Induk	Trafo	Kapasitas (MVA)	Beban (A)	Beban (MVA)	Kapasitas Tersisa (MVA)
16 Gardu Induk	45 unit	2.580	36.336	1.259	1.321

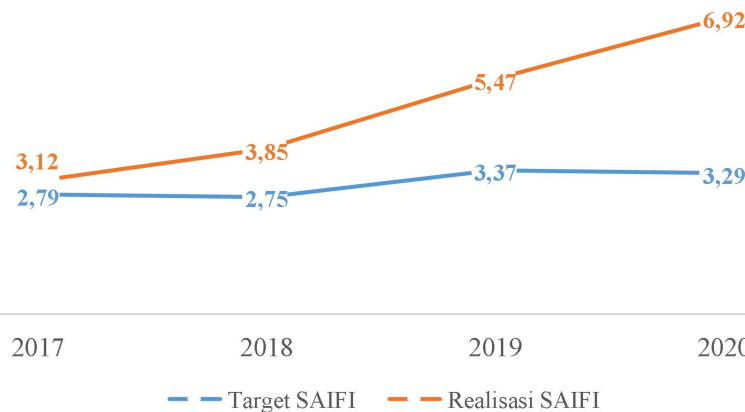
Sumber: PT PLN (Persero) UP3 Karawang

Trend gangguan penyulang di PT PLN (Persero) UP3 Karawang dapat dilihat pada Gambar 1. Seperti terlihat pada Gambar 1 trend gangguan penyulang pada empat tahun terakhir mengalami penurunan, meski demikian targetnya belum pernah tercapai (R. Billinton, R., Allan, 1996).



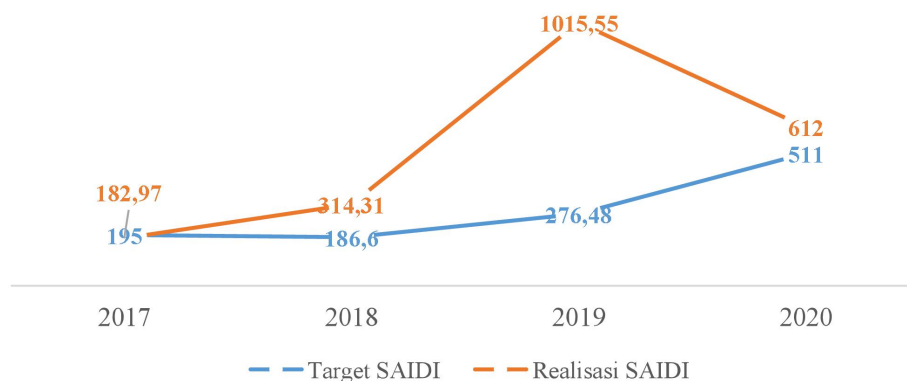
**Gambar 1** Trend Gangguan Penyulang Tahun 2017 - 2020  
Sumber: PT PLN (Persero) UP3 Karawang, 2020

Dari Gambar 2 untuk target kinerja dari tahun 2017 sampai dengan 2020 belum pernah tercapai (PT PLN (Persero) UP3 Karawang, 2020).



**Gambar 2** Grafik Realisasi SAIFI UP3 Karawang Tahun 2017 – 2020.  
Sumber. PT PLN (Persero) UP3 Karawang, 2020.

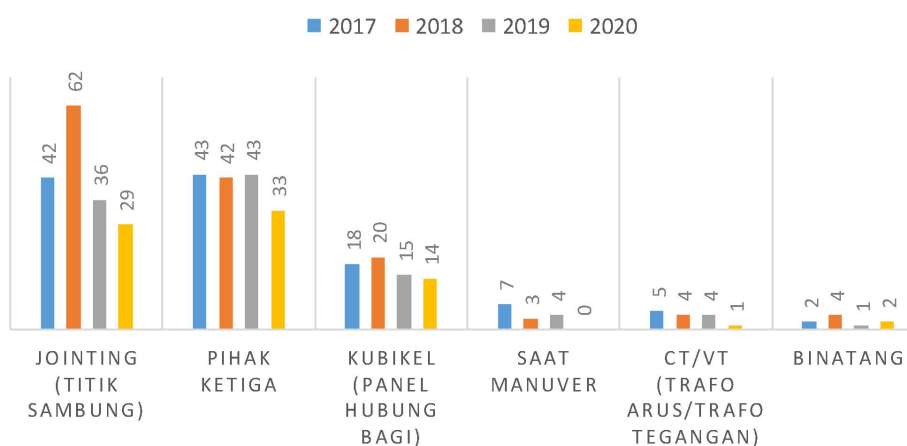
Dari Gambar 3 dapat dilihat SAIDI PT PLN (Persero) UP3 Karawang dari tahun 2017 sampai dengan 2020. Dari tahun 2017 sampai tahun 2020 belum pernah mencapai target (PT PLN (Persero) UP3 Karawang, 2020).



**Gambar 3** Perkembangan SAIDI PT PLN (Persero) UP3 Karawang Tahun 2017 - 2020.  
 Sumber: PT PLN (Persero) UP3 Karawang, 2020.

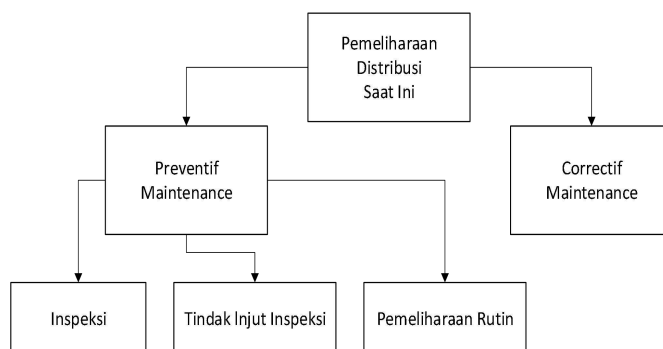
Saluran distribusi tenaga listrik terbagi kedalam Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) dan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Pada pelanggan industri umumnya menggunakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) (PLN Karawang, 2020).

Menurut PLN UP3 Karawang, berdasarkan grafik pada Gambar 4, mulai tahun 2017 sampai tahun 2019 penyebab terbesar gangguan pada SKTM adalah *jointing* (titik sambung kabel) sebesar 39%, kemudian pihak ketiga 36%, lalu akibat kerusakan kubikel (saklar hubung bagi) sebesar 15%, kerusakan CT/VT (trafo arus/trafo tegangan) sebesar 4% dan disebabkan oleh binatang sebesar 2%. Pada tahun 2020 trend penyebab gangguan pada SKTM dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4** Diagram Pareto Penyebab Gangguan Saluran Kabel Tegangan Menengah 20 KV Tahun 2017 - 2020.  
 Sumber: PT PLN (Persero) UP3 Karawang, 2020.

Pelanggan Industri di Kabupaten Karawang yang notabene dilayani oleh PT PLN (Persero) UP3 Karawang dilayani menggunakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), jaringan SKTM ini ditanam di dalam tanah dengan kedalaman 1 meter di bawah tanah. Sistem Distribusi Tenaga Listrik menggunakan SKTM ini mengalami beberapa gangguan, yang mengakibatkan terhentinya aliran daya listrik ke pelanggan industri.



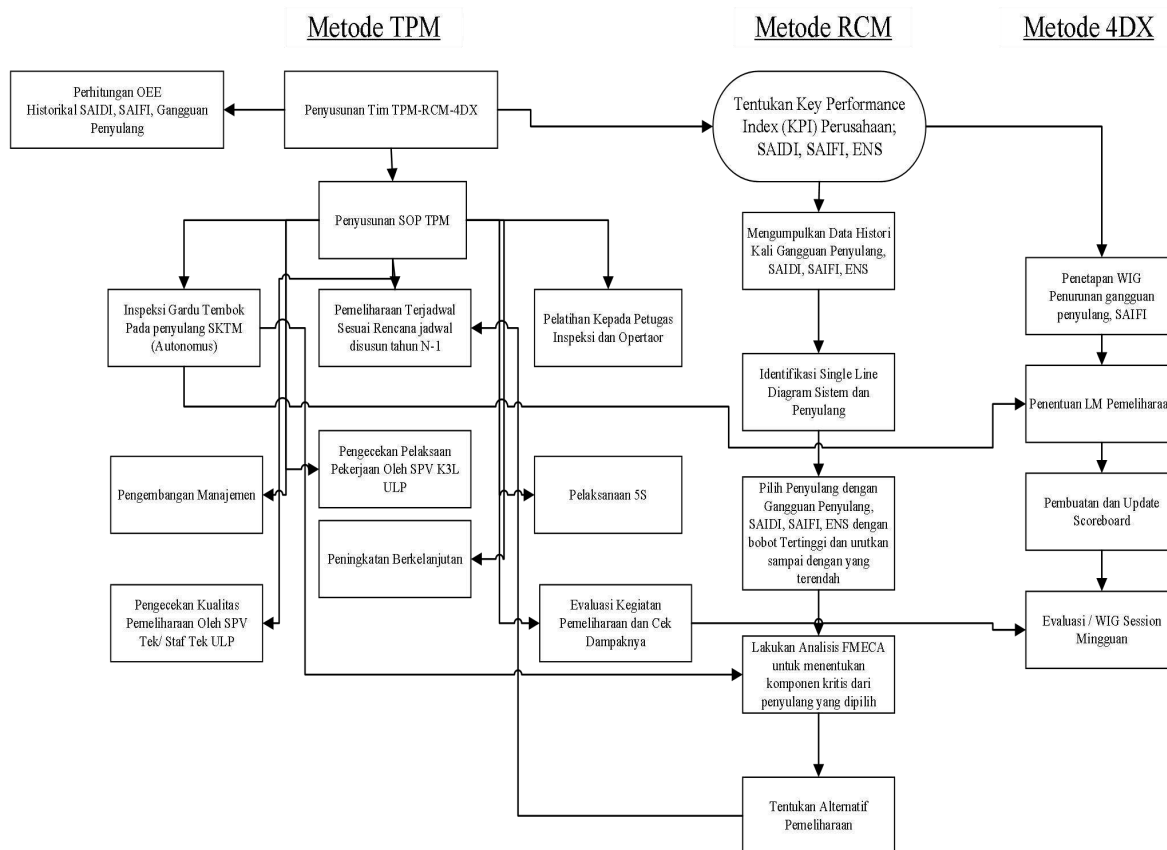
**Gambar 5** Metode Pemeliharaan PT PLN (Persero) UP3 Karawang Kondisi Sekarang. Sumber. PT PLN (Persero) UP3 Karawang, 2020.

Seperti terlihat pada Gambar 5 Pemeliharaan yang dilakukan di UP3 Karawang dapat dibagi menjadi dua (2) kegiatan yaitu, Pemeliharaan Preventif dan Pemeliharaan Korektif. Pada Pemeliharaan Preventif kegiatannya dapat dibagi menjadi tiga (3) kegiatan yaitu; kegiatan inspeksi, kegiatan tindak lanjut inspeksi, dan kegiatan pemeliharaan rutin. PT. PLN (Persero) UP3 Karawang juga sudah mulai menggunakan pendekatan *Four Discipline Execution* (4DX) dalam pemantauan kegiatan pemeliharaan pada sistem distribusi.

### Usulan Metode TRDX

Penyusunan model pemeliharaan pada penelitian ini dengan membangun metode pemeliharaan gabungan (*mix method*), selanjutnya disebut metode TRDX. Metode TRDX ini merupakan kombinasi metode *Total Productive Maintenance* (TPM) dengan metode pemeliharaan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) dan metode *Four Discipline Execution* (4DX). Pada metode TPM terdapat 5 kegiatan utama yaitu; *autonomous maintenance*, pemeliharaan terjadwal, pengecekan pelaksanaan keselamatan kesehatan kerja dan lingkungan (K3L) oleh Supervisor K3L, pengecekan kualitas pemeliharaan oleh Supervisor Teknik di Unit Layanan Pelanggan (ULP), dan berikutnya adalah kegiatan peningkatan berkelanjutan. Kemudian pada metode RCM dilakukan kegiatan analisis historical gangguan, SAIDI, SAIFI, dan ENS. Kemudian identifikasi *single line diagram*, analisis FMEA, dan pemilihan alternatif pemeliharaan. Selanjutnya adalah kegiatan 4DX yaitu penetapan WIG, pemilihan LM, *update scoreboard* dan WIG Session.

Kemudian metode pemeliharaan gabungan (*mix method*) ini diimplementasikan di PT. PLN (Persero) (UP3) Karawang. Kombinasi metode TPM, RCM, dan 4DX diharapkan dapat meningkatkan indeks keandalan pada sistem distribusi tenaga listrik PLN (Persero) UP3 Karawang. Rencana penerapan kombinasi metode TPM, RCM, dan 4DX selama 4 bulan, yaitu bulan Januari 2021 sampai dengan bulan Juni 2021, kemudian dihitung indeks keandalan dari sistem distribusi, dengan menggunakan tiga indeks. Indeks tersebut yaitu *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), dan *Energy Not Serve* (ENS). Skema kerangka pemikiran pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Usulan Metode Pemeliharaan Distribusi Menggunakan Metode TRDX.

#### 4 Kesimpulan

Simpulan yang dapat diambil dari hasil dan pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Metode pemeliharaan yang digunakan pada PT PLN (Persero) UP3 Karawang yaitu *corrective maintenance*, dan *preventif maintenance* dengan pendekatan *Four Discipline Execution (4DX)*
2. Perlu dilakukan pengujian untuk implementasi model pemeliharaan menggunakan metode TRDX pada pelanggan industri di PT. PLN (Persero) UP3 Karawang
3. Penulis menyarankan agar dilakukan pengujian metode pemeliharaan pada sistem distribusi tenaga listrik khususnya pada pelanggan industri

#### Referensi

Akpeji, K.O., Olasoji, A.O., Gaunt, C.T., Oyedokun, D.T.O., Awodele, K.O., Folly, K.A., & Member, S. (2020). Economic impact of electricity supply interruptions in South Africa. *SAIEE Africa Research Journal*, 111(June), 73-87.

Arslankaya, S., & Atay, H. (2015). Maintenance Management and Lean Manufacturing Practices in a Firm Which Produces Dairy Products. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 207, 214-224. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.090>

Beehler, M.E. (1997). Reliability centered maintenance for transmission systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 12(2), 1023-1028. <https://doi.org/10.1109/61.584432>

Billinton, R., Allan, R. (1992). Reliability evaluation of engineering systems: concepts and techniques. In *Reliability Engineering* (Vol. 5, Issue 1). New York: Springer Science & Business Media. [https://doi.org/10.1016/0143-8174\(83\)90020-3](https://doi.org/10.1016/0143-8174(83)90020-3)

Billinton, R., Allan, R. . (1996). Reliability Evaluation of Power Systems. In *Plenum Press*. New York: Plenum Press. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85571>



- Billinton, R., Karki, R., & Verma, A.K. (2014). *Reliability Modeling and Analysis of Smart Power system*.
- Chowdhury, A. A. (2009). *Power Distribution System Reliability Practical Methods and Applications*. New Jersey: John Wiley & Son, Inc.
- Endrenyi, J., Aboresheid, S., Allan, R.N., Anders, G.J., Asgarpoor, S., Billinton, R., Chowdhury, N., Dialynas, E.N., Fipper, M., Fletcher, R.H., Grigg, C., McCalley, J., Meliopoulos, S., Mielnik, T. C., Nitu, P., Rau, N., Reppen, N.D., Salvaderi, L., Schneider, A., & Singh, C. (2001). The present status of maintenance strategies and the impact of maintenance on reliability. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 16, No. 4, 638-646. <https://doi.org/10.1109/59.962408>
- Kjølle, G.H., Samdal, K., Singh, B., & Kvitastein, O.A. (2008). Customer costs related to interruptions and voltage problems: Methodology and results. *IEEE Transactions on Power Systems*, 23(3), 1030–1038. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2008.922227>
- Mehairjan, R. P. Y. (2017). Risk-Based Maintenance for Electricity Network Organizations. In *Risk-Based Maintenance for Electricity Network Organizations*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49235-3>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM*. Oregon : Productivity Press.
- Pemerintah Kabupaten Karawang. (2019). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Kabupaten karawang 2016-2021 pemerintah kabupaten karawang*, Vol. 8. Pemkab. Karawang.
- PLN Karawang, U. (2020). *STATISTIK DISTRIBUSI UP3 KRW THN 2020.pdf*. PT PLN (Persero) UP3 Karawang.
- Reder, W. & Flaten, D. (2000). Reliability centered maintenance for distribution underground systems. *Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference*, 1(c), pp. 551–556. <https://doi.org/10.1109/pess.2000.867644>
- Sharifinia, S., Rastegar, M., Allahbakhshi, M., & Fotuhi-Firuzabad, M. (2020). Inverse Reliability Evaluation in Power Distribution Systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol 35, No. 1, pp. 818–820. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2019.2952518>
- Shinde, D.D. & Prasad, R. (2018). Application of AHP for Ranking of Total Productive Maintenance Pillars. *Wireless Personal Communications*, Vol. 100, No. 2, pp. 449–462. <https://doi.org/10.1007/s11277-017-5084-4>
- Short, T.A. (2005). Distribution reliability and power quality. In *Distribution Reliability and Power Quality*. New York : EPRI Solutions, Inc. <https://doi.org/10.1201/9781420036480>
- Wang, L., Ren, Q., Ma, Y., & Wu, D. (2019). Optimal maintenance design-oriented nonprobabilistic reliability methodology for existing structures under static and dynamic mixed uncertainties. *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 68, No. 2, pp. 496–513. <https://doi.org/10.1109/TR.2018.2868773>
- McChesney, C., Covey, S., & Huling, J. (2012). *The 4 disciplines of execution: Achieving your wildly important goals*, Vol. 34, No. 10. Simon and Schust