G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan
Vol. 8, No. 3, Juli 2024, hlmn. 1595-1604
E-ISSN: 2623-064X | P-ISSN: 2580-8737

Asesmen Risiko Gangguan Saluran Kabel Tegangan Menengah 20 kV Menggunakan Metode *Bow Tie* pada PT X

Syaiful Azhari Siregar[1]✉, Suparno[2]

[1, 2] Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 28-05-2024
Direvisi : 04-06-2024
Diterima : 07-06-2024

ABSTRAK

Sebagai salah satu Unit Pelaksana pada PT PLN (Persero) yang beroperasi pada proses bisnis distribusi dan pelayanan pelanggan, keandalan jaringan distribusi menjadi salah satu hal yang harus diperhatikan oleh PT X. Pada penelitian ini, dilakukan 3 tahapan asesmen terhadap risiko gangguan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 20 kV pada PT X. Pada tahap pertama sebuah diagram *bow tie* yang terdiri dari 10 penyebab dan 4 dampak risiko, serta 18 aktivitas pengendalian risiko dibentuk. Pada tahap kedua, dilakukan penentuan tingkat risiko terjadinya gangguan SKTM, yang diawali dengan penentuan tingkat kemungkinan, tingkat dampak, dan pengukuran efektivitas pengendalian risiko. Hasil perhitungan selanjutnya dipetakan ke dalam matriks risiko, yang menunjukkan bahwa risiko gangguan SKTM berada pada kategori "Tinggi". Pada tahap terakhir, dilakukan perankingan efektivitas pengendalian risiko yang ada untuk menentukan prioritas aktivitas pengendalian yang perlu ditindaklanjuti. Terdapat 7 aktivitas yang harus segera ditindaklanjuti karena implementasinya belum efektif.

Kata Kunci:

Asesmen risiko; Evaluasi pengendalian risiko; Matriks risiko; Metode *Bow Tie*; Saluran kabel tegangan menengah.

ABSTRACT

As one of the operational units of PT PLN (Persero) operated in the distribution and customer service processes, the reliability of the distribution network is a critical concern for PT X. This study conducts a three-stage assessment of the risks associated with disturbances in the 20 kV medium voltage cable network at PT X. In the first stage, a bow-tie diagram comprising 10 threats, 4 consequences, and 18 risk control activities, is developed. In the second stage, the risk level is determined, beginning with assessing likelihood, impact level, and risk control effectiveness. By mapping these results on the risk matrix, it was concluded that the risk level was in the "High" category. In the final stage, the effectiveness of risk controls is ranked to determine the priority for improving risk control activities. 7 activities are identified as requiring immediate attention due to their current ineffective implementation.

Keywords **:**

Bow Tie Method, Medium Voltage Cable Network, Risk Assessment, Risk Control Evaluation, Risk Matrix.

Corresponding Author **:**
Syaiful Azhari Siregar
Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Kampus ITS Keputih, Sukolilo, Surabayaa 60111, Jawa Timur
Email: siregar.syaiful@pln.co.id

This is an open access article under the CC BY license

PENDAHULUAN

Asesmen risiko merupakan serangkaian proses yang sistematis dimulai dari kegiatan identifikasi risiko yang mempengaruhi sasaran organisasi, analisis risiko, sampai dengan evaluasi risiko (Vorst et al., 2018). Tujuan utama asesmen risiko adalah untuk menentukan Tingkat risiko dan prioritas Tindakan untuk mitigasi dan menghilangkan risiko yang dihadapi (Spacenic et al., 2022).

Dalam melakukan asesmen risiko, terdapat banyak metode yang dapat digunakan. Salah satu metode yang cukup popular adalah metode *bow tie.* Metode *bow tie* digunakan untuk menggambarkan suatu kejadian risiko secara lengkap mulai dari penyebab dan Upaya untuk mencegah terjadinya risiko, sampai dengan dampak terjadinya risiko serta Upaya untuk mengurangi dampak tersebut (Slatnick et al., 2022). Metode *bow tie* telah banyak digunakan pada berbagai bidang penelitian baik sebagai metode Tunggal seperti analisis risiko siber (Sheehan et al., 2021) dan penilaian risiko korosi pada jalur pipa migas (Berrouane et al., 2021), maupun dikombinasikan dengan metode lainnya seperti kombinasi penggunaan metode *HAZOP*, *bow tie*, serta jaringan bayes dalam identifikasi peralatan kritis pada proses di sektor Petrokimia (Pirbalouti et al., 2023).

Distribusi tenaga listrik adalah proses untuk menyalurkan tenaga listrik dari jaringan transmisi tegangan tinggi ke titik pemakaian pelanggan melalui seperangkat komponen jaringan distribusi mulai dari kubikel 20 kV di Gardu Induk (GI), Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV, trafo distribusi, Jaringan Tegangan Rendah (JTR), sampai dengan Alat Pembatas dan Pengukur (APP). Berdasarkan definisi tersebut, keandalan menjadi salah satu indikator kinerja operasional yang harus dikelola oleh sebuah perusahaan kelistrikan untuk memenuhi kebutuhan pelanggannya (Aldhubaib et al., 2023). Jaringan distribusi yang andal memiliki karakteristik dapat mensuplai energi tanpa adanya padam yang dirasakan pelanggan (Musthopa et al, 2023). Indikator kinerja keandalan jaringan distribusi yang paling banyak digunakan adalah SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), yang mencakup 2 (dua) variabel yang menjadi perhatian, yaitu berapa kali serta berapa lama pemadaman yang dirasakan pengguna (Short, 2004).

PT X merupakan salah satu Unit Pelaksana pada PT PLN (Persero) yang melaksanakan proses bisnis distribusi tenaga listrik dan pelayanan pelanggan. Berdasarkan data realisasi tahun 2023, realisasi SAIDI dan SAIFI secara rata-rata disumbangkan oleh komponen JTM sebesar 74,1% untuk SAIDI dan 72,5% untuk SAIFI. PT X mengoperasikan JTM sepanjang 1.329,89 kms, Dimana sebanyak 98,96% nya merupakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) yang dipasang di bawah tanah. Sehingga risiko terjadinya gangguan SKTM harus dapat dikelola dengan baik. Pada penelitian ini, penulis mengusulkan penggunaan metode *bow tie* dalam melakukan asesmen terhadap risiko terjadinya gangguan SKTM. Output penelitian berupa tingkat risiko terjadinya gangguan SKTM serta rekomendasi aktivitas pengendalian risiko yang perlu diperbaiki pelaksanaannya.

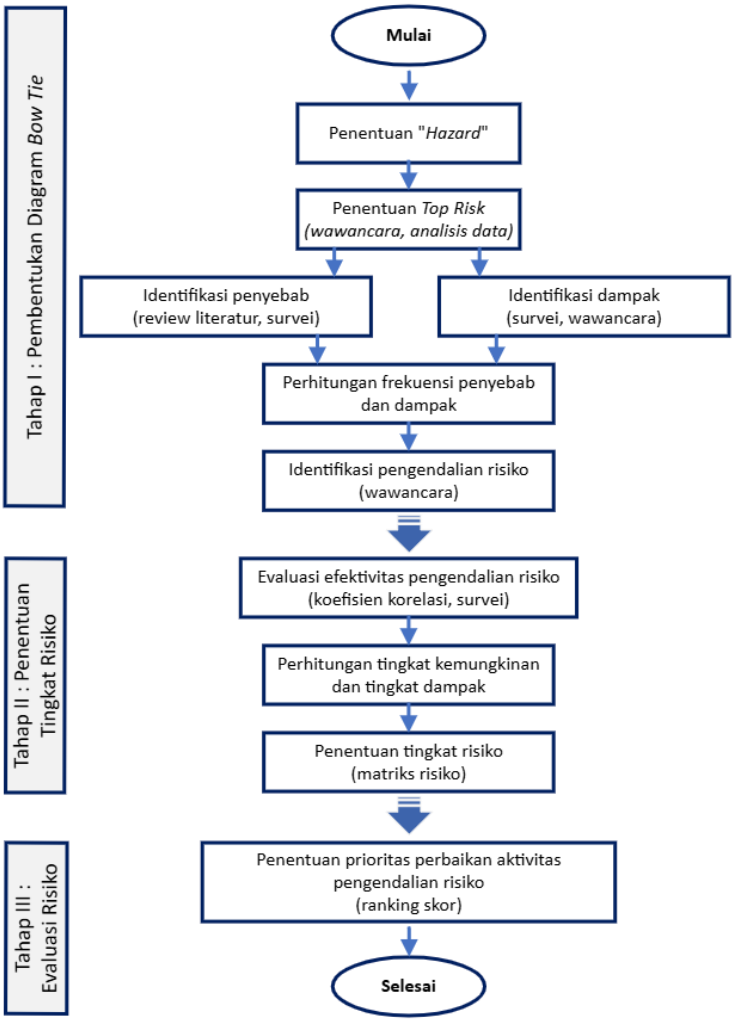
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan tujuan memberikan penjelasan secara sistematis tentang bagaimana proses asesmen risiko gangguan SKTM 20 kV menggunakan pendekatan *bow tie*. Tahapan penelitian seperti disajikan pada Gambar 1.

Pembentukan Diagram *Bow Tie*

Diagram *bow tie* dibentuk dengan terlebih dahulu menentukan *hazard* dan *top risk. Hazard* merupakan segala kejadian yang memiliki dampak negatif terhadap berbagai aspek kehidupan (Yoe, 2019). Berdasarkan definisi ini, *hazard* pada penelitian ini didefinisikan sebagai "peristiwa terputusnya aliran listrik ke pelanggan". Sedangkan *top risk* yang ditentukan melalui wawancara kepada Asisten Manajer Jaringan (Asman Jar) serta analisis data seperti yang disajikan pada Bagian Pendahuluan didefinisikan sebagai "terjadinya gangguan pada SKTM 20 kV".

Faktor penyebab risiko diidentifikasi melalui penyusunan daftar potensi penyebab (*threats*) dari literatur yang ada dan pelaksanaan survei. Potensi dampak (*consequences*) juga diidentifikasi melalui 2 langkah yaitu pelaksanaan survei dan wawancara kepada Asman Jar untuk mengkonfirmasi temuan survei. Survei identifikasi penyebab dan dampak dilakukan secara bersamaan dengan target responden adalah *supervisor* serta *senior officer* pada Bagian Jaringan dan Perencanaan, menggunakan 2 tipe pertanyaan untuk identifikasi penyebab (pertanyaan tertutup untuk memvalidasi apakah penyebab yang diidentifikasi pada studi literatur pernah atau berpotensi terjadi pada PT X, dan pertanyaan terbuka untuk mengidentifikasi potensi penyebab lainnya yang belum diidentifikasi dari studi literatur), dan 1 tipe pertanyaan untuk identifikasi dampak (pertanyaan terbuka untuk mendapatkan potensi dampak risiko).



Gambar 1. Diagram *Flowchart* Penelitian

Selanjutnya frekuensi setiap penyebab dan dampak risiko yang muncul pada tahun 2023 dihitung dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$t_i = \frac{g_i}{\sum g} \quad (1)$$

t_i menunjukkan frekuensi kejadian penyebab ke-i, dan g_i menunjukkan total gangguan yang disebabkan oleh penyebab ke-i

$$c_j = \frac{g_j}{\sum g} \quad (2)$$

c_j menunjukkan frekuensi kejadian dampak ke-j, dan g_j menunjukkan total gangguan yang menyebabkan munculnya dampak ke-j.

Perlu dicatat bahwa, dampak terjadinya gangguan SKTM dapat terdiri dari beberapa kategori, sehingga untuk memastikan bahwa total frekuensi kejadian dampak risiko tetap bernilai 1, maka untuk setiap kategori dampak yang teridentifikasi diberi bobot yang sama (w_j). Sehingga frekuensi kejadian dampak terbobot (w_{cj}) diformulasikan sebagai berikut:

$$wc_j = w_j \times c_j \quad (3)$$

Identifikasi aktivitas pengendalian risiko (*barriers*) dilakukan melalui wawancara kepada Asman Jar dengan berfokus pada penyebab dan dampak risiko yang muncul pada tahun 2023.

Penentuan Tingkat Risiko

Penentuan tingkat risiko diawali dengan penilaian efektivitas pelaksanaan aktivitas pengendalian risiko yang dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

- Bila data tersedia, dilakukan perhitungan koefisien korelasi (r) antara variabel independen x (pengendalian risiko) dengan variabel dependen y (jumlah gangguan) menggunakan formula korelasi *Pearson Product Moment* sebagai berikut (Groebner et al., 2011):

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (4)$$

  Nilai korelasi yang diharapkan adalah negative ($r < 0$) yang menunjukkan bahwa semakin besar realisasi pengendalian risiko seharusnya realisasi gangguan semakin kecil.
- Bila data tidak tersedia, dilakukan survei menggunakan 5 skala penilaian dimulai dari 1-tidak efektif, 2-kurang efektif, 3-efektif sebagian, 4-efektif, sampai 5-sangat efektif. Target responden merupakan personil yang terkait dengan kegiatan operasi dan pemeliharaan jaringan distribusi. Nilai efektivitas yang digunakan adalah berdasarkan modus penilaian dari tiap responden.
- Melakukan konversi nilai koefisien korelasi dan penilaian survei menjadi skor efektivitas $b_{i,k}$ (skor efektivitas pengendalian risiko ke-k untuk penyebab ke-i) dan $b_{j,k}$ (skor efektivitas pengendalian risiko ke-k untuk dampak ke-j), sesuai dengan tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Konversi Koefisien Korelasi dan Penilaian Survei Menjadi Skor Efektivitas

Koefisien Korelasi*		Modus Penilaian Survei	Skor $b_{i,k}$ / $b_{j,k}$**
Nilai r	Interpretasi		
r = -1	Sempurna	5-Sangat efektif	0,1
-1 < r < -0,7	Kuat	4-Efektif	0,25
-0,7 ≤ r < -0,4	Moderat	3-Efektif sebagian	0,5
-0,4 ≤ r < 0	Lemah	2-Kurang efektif	0,75
r ≥ 0	Nihil	1-Tidak efektif	1

*Diadopsi dan dialih bahasakan (Akoglu, 2018)
** Sumber : Pedoman implementasi manajemen risiko perusahaan

Nilai kemungkinan (P : *likelihood*) dan nilai dampak (S : *severity*) selanjutnya dihitung sebagai berikut:

$$P = \sum t_i^* \quad (5)$$

t_i^* menunjukkan frekuensi kejadian penyebab ke-i sesudah memasukkan pengaruh pelaksanaan pengendalian risiko, yang diformulasikan sebagai berikut:

$$t_i^* = t_i \times b_i \quad (6)$$

b_i merupakan skor efektivitas semua pengendalian risiko pada penyebab ke-i, yang didapatkan dari hasil perkalian semua b_{ik}.

$$S = \sum c_j^* \quad (7)$$

c_j^* menunjukkan frekuensi kejadian dampak ke-j sesudah memasukkan pengaruh pelaksanaan pengendalian risiko, yang diformulasikan sebagai berikut:

$$c_j^* = wc_j \times b_j \quad (8)$$

b_j merupakan skor efektivitas semua pengendalian risiko pada dampak ke-j, yang didapatkan dari hasil perkalian semua b_{jk}.

Tingkat risiko ditentukan dengan menggunakan matriks risiko dengan terlebih dahulu melakukan mengkonversi nilai kemungkinan (*P*) dan dampak (*S*) sesuai dengan panduan pada tabel 2.

Evaluasi Risiko

Evaluasi risiko dilakukan dengan menentukan prioritas perbaikan aktivitas pengendalian risiko. Prioritas tersebut ditentukan berdasarkan nilai tertinggi b_k, dimana b_k adalah rata-rata skor efektivitas untuk pengendalian risiko ke-*k*.

Tabel 2. Kriteria Kemungkinan dan Kriteria Dampak

Nilai P / S	Kriteria Kemungkinan	Kriteria Dampak
0 – 0,2	Sangat kecil	Tidak signifikan
> 0,2 – 0,4	Kecil	Minor
> 0,4 – 0,6	Medium	Medium
> 0,6 – 0,8	Besar	Signifikan
> 0,8 - 1	Sangat besar	Sangat signifikan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Penyebab (*Threats*)

Studi literatur yang dilakukan pada 9 referensi baik berupa buku teks maupun jurnal penelitian menghasilkan 25 faktor penyebab risiko. Selanjutnya melalui pelaksanaan survei yang melibatkan 8 orang responden (5 orang *supervisor* dan 3 orang *senior officer*), didapatkan 24 potensi penyebab risiko yang terdiri dari 14 penyebab merupakan validasi melalui pertanyaan tertutup dan 10 penyebab yang diperoleh melalui pertanyaan terbuka. Potensi penyebab gangguan SKTM seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Identifikasi Potensi Penyebab Risiko

Proses Identifikasi	Hasil
Studi literatur	▪ **9 Sumber referensi**: 1. (Short, 2024), 2. (Brown, 2009), 3. (Garcez & Almeida, 2014), 4. (Bompard et al., 2013), 5. (Liu et al., 2022), 6. (Blanco & Macias, 2020), 7. (Kafle, 2022), 8. (Okorie & Abdu, 2015), 9. (Yang & Teh, 2023). ▪ **25 Faktor penyebab yang teridentifikasi (No. Reff)**: T1. Kualitas material yang buruk (5), T2. Proses manufaktur yang buruk (2, 5, 7, 8), T3. Kerusakan dalam pengiriman (2), T4. Pemasangan yang tidak sempurna (2, 3), T5. Penuaan alami (3, 5, 7, 8), T6. Kesalahan operasi (2, 4, 6, 7, 9), T7. *Overload* (1, 2, 3, 6, 9), T8. *Load shedding* (7), T9. Cacat pada komponen kabel (1), T10. Cacat pada sambungan (1, 3, 4, 9), T11. Cacat pada terminasi (1, 3, 4, 9), T12. Kegagalan isolasi (1, 6, 7), T13. Korosi elektrolitik (3), T14. *False tripping* (2), T15. Gangguan kubikel pelanggan (6), T16. Kegagalan proteksi (9), T17. Kesalahan dalam pemeliharaan (4), T18. Bencana alam (2, 3, 4, 7, 9), T19. Sambaran petir (1, 4, 6, 7, 8), T20. Sentuhan binatang (1, 4, 6, 7, 8), T21. Genangan air pada saluran kabel (3), T22. Penyumbatan saluran air dan penutup (3), T23. Penggunaan ruang bawah tanah bersama utilitas lain (3, 4), T24. Terkena galian (1, 6, 7), T25. Vandalisme (3, 4, 6, 7, 8, 9).
Pertanyaan tertutup survei	**14 potensi penyebab dari studi literatur**: T4, T5, T4, T5, T6, T7, T10, T11, T12, T15, T17, T18, T20, T21, T24, dan T25.
Pertanyaan terbuka survei	**Tambahan 10 potensi penyebab**: T26. Gangguan pada trafo distribusi, T27. Gangguan pada kubikel, T28. *Flashover*, T29. *Partial discharge*, T30. Kebakaran, T31. Kesalahan penormalan menggunakan Unit Kabel Bergerak (UKB), T32. *Loss contact*, T33. *Sympatetic trip*, T34. Korosi, T35. Tekanan suhu dan mekanis.

Identifikasi Dampak (*Consequences*)

Identifikasi dampak risiko dilakukan melalui pelaksanaan survei bersamaan dengan survei identifikasi penyebab risiko, dilanjutkan dengan wawancara kepada Asman Jar untuk memvalidasi hasil survei. Kedua proses ini menghasilkan 5 potensi dampak yang meliputi: *Energi*

Not Served – ENS (C1), komplain pelanggan (C2), tuntutan ganti rugi dari pelanggan (C3), jumlah pelanggan padam melebihi target (C4), dan durasi padam melebihi target (C5).

Perhitungan Frekuensi Penyebab dan Dampak

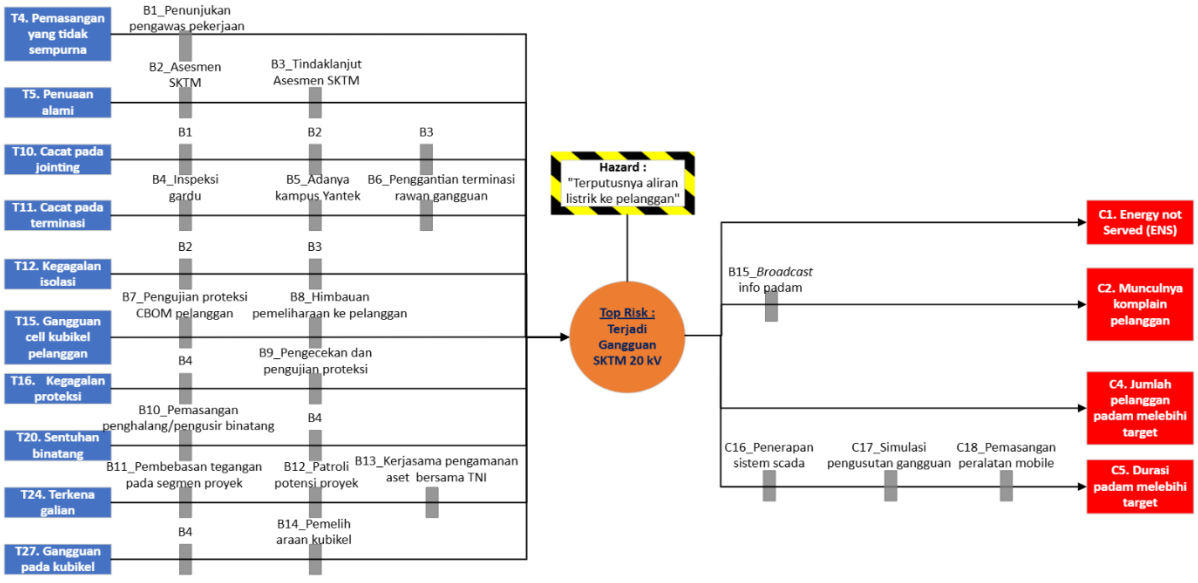
Frekuensi penyebab dan dampak dihitung dengan melakukan analisis terhadap data gangguan yang terjadi pada tahun 2023. Jumlah gangguan SKTM pada tahun 2023 sebanyak 105 kali yang menunjukkan terdapat 10 penyebab dan 4 dampak yang muncul. Dari 10 penyebab yang muncul, 9 penyebab sudah sudah terdaftar 24 penyebab yang tervalidasi pada survei, dan 1 penyebab (T16) yang diidentifikasi pada studi literatur namun belum tervalidasi pada saat survei. Untuk setiap dampak diberikan bobot yang sama yaitu sebesar 0,25 yang akan digunakan dalam perhitungan frekuensi terbobot (w_{cj}). Perhitungan frekuensi penyebab dan dampak tahun 2023 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Frekuensi Penyebab dan Frekuensi Dampak

Penyebab Risiko			Dampak Risiko			
Penyebab	**Kali Muncul**	**Frekuensi (t_i)**	**Dampak**	**Kali Muncul**	**Frekuensi (c_j)**	**Frekuensi Terbobot (wc_j)**
T4	5	0,048	C1	105	1	0,250
T5	37	0,352	C2	98	0,933	0,233
T10	9	0,086	C4	58	0,552	0,138
T11	4	0,038	C5	70	0,667	0,167
T12	2	0,019				
T15	5	0,048				
T16	4	0,038				
T20	3	0,029				
T24	31	0,295				
T27	5	0,048				
Total Gangguan Tahun 2023 : 105 kali						

Identifikasi Aktivitas Pengendalian Risiko

Identifikasi aktivitas pengendalian risiko dilakukan melalui kegiatan wawancara kepada Asman Jar dengan berfokus pada upaya penanganan penyebab dan dampak risiko yang muncul pada tahun 2023. Melalui wawancara ini disimpulkan terdapat 18 aktivitas pengendalian risiko yang telah dilakukan yang terdiri dari 14 aktivitas bersifat preventif (*preventive barriers*) dan 4 aktivitas bersifat mitigatif (*mitigative barriers*). Berdasarkan hasil ini, diagram *bow tie* risiko gangguan SKTM tahun 2023 dapat digambarkan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram *Bow Tie* Risiko Gangguan SKTM

Evaluasi Pengendalian Risiko

Seperti telah disebutkan sebelumnya, efektivitas pengendalian risiko dilakukan dengan pendekatan koefisien korelasi dan penilaian melalui survei. Berdasarkan evaluasi ketersedian data, pendekatan koefisien korelasi diterapkan pada penilaian 9 aktivitas, dan 9 aktivitas lainnya dievaluasi melalui pelaksanaan survei yang diikuti oleh 42 orang responden. Hasil penilaian efektivitas pengendalian risiko disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Skor Efektivitas Pengendalian Risiko

Pendekatan Korelasi					Penilaian Survei			
Penyebab / Dampak	Barrier	Korelasi (r)*	Interpret.	Skor $b_{i,k}$ / $b_{j,k}$	Penyebab / Dampak	Barrier	Modus Penilaian	Skor $b_{i,k}$ / $b_{j,k}$
T5	B2	0,226	Nihil	1	T4	B1	3	0,5
	B3	0,029	Nihil	1	T10	B1	3	0,5
T10	B2	0,579	Nihil	1	T11	B5	2	0,75
	B3	-0,413	Moderat	0,5	T15	B8	3	0,5
T11	B4	-0,084	Lemah	0,75	T20	B10	4	0,25
	B6	0,067	Nihil	1	T24	B11	3	0,5
T12	B2	0,235	Nihil	1		B13	3	0,5
	B3	-0,208	Lemah	0,75	C2	B15	2	0,75
T15	B7	0,284	Nihil	1	C5	B16	3	0,5
T16	B4	-0,021	Lemah	0,75		B18	1	1
	B9	0,391	Nihil	1				
T20	B4	-0,353	Lemah	0,75				
T24	B12	-0,35	Lemah	0,75				
T27	B4	0,572	Nihil	1				
	B14	0,276	Nihil	1				
C5	B17	0,680	Nihil	1				

Penentuan Kriteria Kemungkinan dan Kriteria Dampak

Kriteria kemungkinan dan kriteria dampak ditentukan dengan mengacu pada Tabel 2, dengan terlebih dahulu menghitung nilai kemungkinan (P) dan nilai dampak (S). Penentuan kriteria kemungkinan dan kriteria dampak disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Penentuan Kriteria Kemungkinan dan Kriteria Dampak

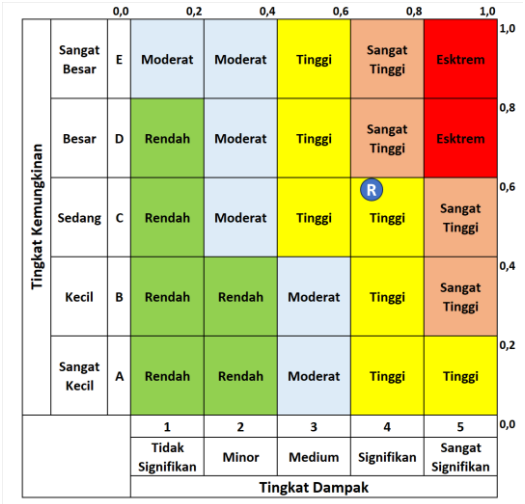
Nilai Kemungkinan					Nilai Dampak				
Penyebab	t_i	Barrier Terkait	b_i*	(t_i^*)	Dampak	wc_j	Barrier Terkait	b_j*	(c_j^*)
T4	0,048	B1	0,500	0,024	C1	0,250	-	1	0,250
T5	0,352	B2, B3	1,000	0,352	C2	0,233	B15	0,750	0,175
T10	0,086	B1, B2, B3	0,250	0,021	C4	0,138	-	1	0,138
T11	0,038	B4, B5, B6	0,563	0,021	C5	0,167	B16, B17, B18	0,500	0,083
T12	0,019	B2, B3	0,750	0,014					
T15	0,048	B7, B8	0,500	0,024					
T16	0,038	B4, B9	0,750	0,029					
T20	0,029	B4, B10	0,188	0,005					
T24	0,295	B11, B12, B13	0,188	0,055					
T27	0,048	B4, B14	1,000	0,048					
Nilai Kemungkinan (P)				0,594	Nilai Dampak (S)				0,646
Kriteria Kemungkinan			**Medium**		**Kriteria Dampak**			**Signifikan**	

* Nilai b_i/b_j merupakan hasil perkalian semua skor efektivitas *barrier* terkait; contoh untuk T10 : b_{T10} adalah perkalian dari skor efektivitas B1 terhadap T10 ($b_{T10,1}$), skor efektivitas B2 terhadap T10 ($b_{T10,2}$), skor efektivitas B3 terhadap T10 ($b_{T10,3}$); sehingga : b_{T10} = 0,5 x 1 x 0,5 = 0,25

Penentuan Tingkat Risiko

Setelah kriteria kemungkinan dan kriteria dampak ditentukan, selanjutnya dilakukan penentuan tingkat risiko dengan memetakan risiko ke dalam matriks risiko yang dimiliki perusahaan. Posisi risiko gangguan SKTM pada matriks risiko seperti ditunjukkan pada Gambar

3. Dapat dilihat berdasarkan gambar tersebut, risiko gangguan SKTM 20 kV jatuh pada kategori "Tinggi".



Gambar 3. Penentuan Tingkat Risiko Berdasarkan Matriks Risiko

Evaluasi Risiko

Hasil analisis risiko yang telah dilakukan menunjukkan bahwa risiko gangguan SKTM berada pada kategori "Tinggi". Hasil ini memberikan implikasi kepada PT X untuk segera mengambil langkah untuk mengurangi tingkat risiko tersebut, antara lain dengan merumuskan aktivitas pengendalian risiko yang baru, memperbaiki pelaksanaan pengendalian risiko eksisting, maupun kombinasi dari keduanya. Pada penelitian ini, penulis hanya merekomendasikan prioritas perbaikan pengendalian risiko yang ada melalui proses perankingan skor rata-rata efektivitas tiap aktivitas. Aktivitas yang menjadi prioritas adalah aktivitas yang memiliki skor efektivitas rata-rata tertinggi. Urutan prioritas perbaikan pengendalian risiko eksisting disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Urutan Prioritas Perbaikan Pengendalian Risiko Eksisting

Urutan Prioritas	Aktivitas Pengendalian	Metode Asesmen	Skor Rata-rata
1	B2	Koefisien korelasi	1,00
	B6	Koefisien korelasi	1,00
	B7	Koefisien korelasi	1,00
	B9	Koefisien korelasi	1,00
	B14	Koefisien korelasi	1,00
	B17	Koefisien korelasi	1,00
	B18	Survei	1,00
2	B4	Koefisien korelasi	0,81
3	B3	Koefisien korelasi	0,75
	B5	Survei	0,75
	B12	Koefisien korelasi	0,75
	B15	Survei	0,75
4	B1	Survei	0,50
	B8	Survei	0,50
	B11	Survei	0,50
	B13	Survei	0,50
	B16	Survei	0,50
5	B10	Survei	0,25
Skor Rata-rata			**0,753**

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Metode *bow tie* merupakan suatu metode yang efektif dan komprehensif untuk melakukan asesmen risiko, karena menggambarkan secara utuh tentang penyebab, dampak, serta pengendalian risiko yang dimiliki suatu organisasi. Diagram *bow tie* risiko gangguan SKTM 20 kV yang dibentuk berisi 10 penyebab risiko, 4 dampak risiko, serta 18 aktivitas pengendalian risiko eksisting. Asesmen yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tingkat risiko terjadinya gangguan SKTM 20 kV pada PT X berada pada kategori "Tinggi", dengan nilai kemungkinan sebesar 0,594, nilai dampak sebesar 0,646, dan nilai efektivitas rata-rata pengendalian risiko sebesar 0,753, serta terdapat 7 aktivitas pengendalian risiko yang perlu segera ditindaklanjuti dengan perbaikan pelaksanaannya. Penyebab risiko yang paling dominan adalah T5 (penuaan alami) dengan nilai frekuensi akhir sebesar 0,352 (59,3% dari total nilai kemungkinan risiko), sedangkan dampak yang paling dominan adalah C1 (*ENS*) dengan nilai frekuensi akhir sebesar 0,25 (38,7% dari total nilai dampak risiko).

Saran

PT X disarankan untuk mengevaluasi secara kontinu peristiwa gangguan SKTM serta pelaksanaan pengendalian risiko yang dijalankan, sehingga peluang perbaikan keandalan jaringan dapat diketahui dan dieksekusi lebih dini. Pola asesmen risiko ini juga dapat diterapkan pada proses bisnis lainnya di PT X, seperti proses pelayanan pelanggan, peningkatan efisiensi jaringan distribusi dan proses kerja lainnya. Hasil penelitian ini dapat lebih diperkaya pada penelitian selanjutnya dengan memasukkan parameter dinamis sistem operasi jaringan, serta evaluasi lanjutan penggunaan koefisien korelasi untuk melihat efektivitas pelaksanaan pengendalian risiko.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, khususnya kepada seluruh jajaran PT X yang sudah mendukung baik dalam penyediaan data maupun waktu yang dialokasikan untuk berdiskusi atau melakukan wawancara.

REFERENSI

Akoglu, Haldun. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18, 91-93. https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001

Aldhubaib, Hani A., Mohamed Hassan Ahmed, & Magdy M.A. Salama. (2023) A weather-based power distribution system reliability assessment. *Alexandria Engineering Journal*, 78. https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.07.033

Berrouane, Mohammed Taleb, Faisal Khan, & Kelly Hawboldt. (2021). Corrosion Risk Assessment Using Adaptive Bow tie (ABT) Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 214. https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107731

Bompard, Ettore, Tao Huang, Yingjun Wu, & Mihai Cremenescu. (2013). Classification and trend analysis of threats origins to the security of power systems. *Electrical Power and Energy Systems*, 50, 50-64. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.02.008

Brown, Richard E. (2009). *Electric Power Distribution Reliability*, Second Edition. Florida: CRC Press.

Clavijo-Blanco, J.A., & J.A. Rosendo-Macias. (2020). Failure rates in distribution networks: Estimation methodology and application. *Electric Power Systems Research*, 185. https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106398

Garcez, Thalles Vitelli, & Adiel Teixeira de Almeida (2014). A risk measurement tool for an underground electricity distribution system considering the consequences and uncertainties of manhole events. *Reliability Engineering and System Safety*, 124, 68-80. http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2013.11.007

Groebner, David F., Patrick W. Shannon, Phillip C. Fry, & Kent D. Smith. (2011). *Business Statistics: A Decision-Making Approach*, Eight Edition. New Jersey: Prentice Hall.

Kafle, Prakash, Manila Bhandari, & Lalit B. Rana. (2022). Reliability Analysis Techniques in Distribution System: A Comprehensive Review. *I.J. Engineering and Manufacturing*, 2, 11-24. https://doi.org/10.5815/ijem.2022.02.02

Liu, Yongli, Haowen Xiong, & Henglin Xiao. (2022). Detecting XLPE cable insulation damage based on distributed optical fiber temperature sensing. *Optical Fiber Technology*, 68. https://doi.org/10.1016/j.yofte.2021.102806

Musthopa, Budi Harsanto, & Akhmad Yunani. (2023). Electric Power Distribution Maintenance Model for Industrial Customers: Total Productive Maintenance (TPM), Reliability-Centered Maintenance (RCM), and Four-Discipline Execution (4DX) Approach. *Energy Reports*, 10, 3186-3196. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.09.129

Okorie, P.U., & A.I. Abdu. (2015). Reliability Evaluation of Power Distribution Network System in Kano Metropolis of Nigeria. *International Journal of Electrical and Electronic Science*, 2, 1-5. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/283256559_Reliability_Evaluation_of_Power_Distribution_Network_System_in_Kano_Metropolis_of_Nigeria

Pirbalouti, R. Ghasemi, Behrouz Behnam, & Mohammadreza Karimi Dehkordi. (2023). A Risk-based Approach to Identify Safety-Critical Equipment in Process Industries. *Result in Engineering*, 20. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101448

PLN, PT. (2021). *Pedoman Umum Manajemen Risiko Terintegrasi*. Jakarta.

Sheehan, Barry, Finbarr Murphy, Arash N. Kia, & Ronan Kiely. (2021). A Quantitative Bow tie Cyber Risk Classification and Assessment Framework. *Journal of Risk Research*, 24(12), 1619-1638. https://doi.org/10.1080/13669877.2021.1900337

Short, Tom. (2004). *Electric Power Distribution Handbook*. Florida: CRC Press.

Slatnick, Sam, D. Angevine, J. Cranefield, C. Maddox, M. Overstake, L. Palmer, & A. Younan. (2022). Bow ties Use for High-Consequence Marine Risks of Offshore Structures. *Process Safety and Environmental Protection*, 165, 396-407. https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.07.026

Spacenic, Zeljko, Dragana Makajic-Nikolic, & Sladjana Benkovic. (2022). Integrated FTA-Risk Matrix Model for Risk Analysis of A Mini Hydropower Plant's Project Finance. *Energy for Sustainable Development*, 70, 511-523. https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.08.024

Vorst, Charles R., D. S. Priyarsono, & Arif Budiman. (2018). *Manajemen Risiko Berbasis SNI ISO 31000*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Yang, Li, &Jiashen The. (2023). Review on vulnerability analysis of power distribution network. *Electric Power Systems Research*, 224. https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109741