

Unsafe Conditions Identification Using Social Networks in Power Plant Safety Reports

[Identifikasi Kondisi Tidak Aman Menggunakan Jejaring Sosial dalam Laporan Keselamatan Pembangkit Listrik]

Annisa`ul Mubarakah ¹⁾, Rita Ambarwati Sukmono ^{*2)}

¹⁾Program Studi Manajemen, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Manajemen, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: ritaambarwati@umsida.ac.id

Abstract. Power plants in Indonesia grapple with significant challenges in managing occupational health and safety. The huge reporting data in applications such as IZAT requires thorough analysis to find out the pattern and distribution. This research aims to facilitate the company in hazard mitigation by identifying reported unsafe conditions and building a semantic association network to understand the nature of unsafe conditions. The research method uses social network analysis, which is carried out by preprocessing data using programming to remove noise and then converting the data into a readable format. Then, semantic relationships between words were analyzed, and the data was visualized using the ForceAtlas2 algorithm. The findings revealed a different focus between the two units, where 6.597 reports from the Paiton generating unit mainly highlighted team response and accident-prone workplace conditions, while 5.840 reports from the Indramayu unit emphasized specific conditions, locations, and equipment that pose accident risks.

Keywords - Occupational Health and Safety; Social Network Analysis; Unsafe Condition

Abstrak. Pembangkit listrik di Indonesia bergulat dengan tantangan yang signifikan dalam mengelola kesehatan dan keselamatan kerja. Data pelaporan yang sangat besar pada aplikasi seperti IZAT membutuhkan analisis yang mendalam untuk mengetahui pola dan distribusinya. Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan perusahaan dalam melakukan mitigasi bahaya dengan mengidentifikasi kondisi tidak aman yang dilaporkan dan membangun jaringan asosiasi semantik untuk memahami sifat kondisi tidak aman. Metode penelitian menggunakan analisis jaringan sosial, yang dilakukan dengan melakukan preprocessing data menggunakan pemrograman untuk menghilangkan noise dan kemudian mengubah data ke dalam format yang dapat dibaca. Kemudian, hubungan semantik antara kata-kata dianalisis, dan data divisualisasikan menggunakan algoritma ForceAtlas2. Temuan ini menunjukkan adanya fokus yang berbeda antara kedua unit, di mana 6.597 laporan dari unit pembangkit Paiton terutama menyoroti respons tim dan kondisi tempat kerja yang rawan kecelakaan, sementara 5.840 laporan dari unit Indramayu menekankan pada kondisi, lokasi, dan peralatan tertentu yang menimbulkan risiko kecelakaan.

Kata Kunci - Keselamatan dan Kesehatan Kerja; Analisis Jaringan Sosial; Kondisi Tidak Aman

I. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini, kecelakaan kerja di Indonesia mendapat perhatian nasional seiring dengan tingginya angka kecelakaan kerja yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data dari internal perusahaan, PT PLN Nusantara Power memiliki risiko yang tinggi dalam bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dimana riwayat kecelakaan kerja di PT PLN Nusantara Power dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2020 dengan kerugian lebih dari 13 milyar pada kejadian terakhir kecelakaan kerja dan kebakaran di tempat kerja. Dari permasalahan kecelakaan kerja yang terjadi, Divisi Pembinaan K3 di Kantor Pusat (PLN Nusantara Power) menyusun strategi dalam upaya menciptakan *Zero Accident* untuk seluruh Unit Pembangkitan yang menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat dan nyaman bagi seluruh karyawan, agar dapat mendukung perusahaan dalam mencapai kinerja yang optimal. Berdasarkan statistik kecelakaan di PT PLN (Persero) Pembangkitan Jawa Bali dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2023, jumlah kecelakaan kerja mengalami peningkatan pada tahun 2018 dan mulai menurun pada tahun 2021. Tercatat 1 kecelakaan kerja dengan luka berat pada tahun 2016 dan tidak ada kecelakaan kerja dengan luka berat pada tahun-tahun berikutnya. Cedera adalah istilah yang mencakup berbagai macam kerusakan fisik yang dapat mempengaruhi individu dengan berbagai cara [1]. Sementara itu, kecelakaan fatalitas tercatat 1 kasus pada tahun 2016, 1 kasus pada tahun 2017, 4 kasus pada tahun 2018, 1 kasus pada tahun 2019, 2 kasus pada tahun 2020, dan tidak ada kecelakaan fatalitas pada tahun 2021 hingga 2023. Dalam industri kelistrikan, fatalitas mengacu pada terjadinya kematian yang diakibatkan oleh kecelakaan listrik [2]. Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat diartikan bahwa PLN Nusantara Power

hampir dapat memenuhi target *Zero Accident* dalam bekerja. PT PLN perlu mempertahankan dan harus terus mengembangkan agar dapat mencapai *zero accident* di perusahaan. PT PLN Nusantara Power memiliki website dan aplikasi berbasis mobile untuk memudahkan sistem patroli K3 melalui penggunaan smartphone [3]. IZAT merupakan aplikasi *Zero Accident Assistant* untuk mengoptimalkan seluruh proses bisnis K3 dengan membuat aplikasi manajemen untuk merencanakan, melaksanakan, mengendalikan, dan mengevaluasi proses K3. Selain itu, aplikasi ini juga memudahkan pelaksanaan kegiatan K3 dengan melakukan penjadwalan patroli, pengumpulan laporan temuan, dan tindak lanjut yang harus dilakukan. Pada aplikasi IZAT terdapat fitur pencarian status, pelapor dapat melaporkan kondisi berbahaya menjadi 4 jenis, yaitu positif (kondisi tidak berbahaya), *near miss*, *unsafe action*, dan *unsafe condition*.

Penelitian sebelumnya memberikan solusi untuk tindakan pencegahan terjadinya kecelakaan dengan menggunakan berbagai metode. Penelitian yang dilakukan oleh Pramod Kumar menganalisis laporan kecelakaan secara retrospektif dengan mengklasifikasikan kecelakaan berdasarkan aktivitas sistem dan kategori kesalahan manusia. Peneliti menerapkan matematika *fuzzy* untuk mengestimasi kemungkinan kesalahan manusia sebagai faktor penyebab terjadinya kecelakaan [4]. Penelitian yang dilakukan oleh XU Na mengidentifikasi faktor risiko kecelakaan kerja dengan menggunakan teknologi *Text Mining* (TM). Pendekatan yang dilakukan menjelaskan faktor risiko yang diperoleh menggambarkan penyebab penting yang berkontribusi terhadap kecelakaan kerja di China [5]. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Bilal untuk menentukan tindakan pencegahan kecelakaan kerja dengan memprediksi insiden konstruksi menggunakan *Latent Class Clustering Analysis* (LCCA) dan *Artificial Neural Networks* (ANN). Peneliti memberikan tindakan preventif yang praktis kepada perusahaan untuk menghindari terjadinya insiden sesuai dengan hasil prediksi [6]. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Botao Zhong mengusulkan pendekatan berbasis pembelajaran untuk menganalisis teks dengan laporan kecelakaan. Peneliti menggunakan metode analisis jaringan berbasis *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) untuk memberikan visualisasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan kerja [7]. Kebaruan dari penelitian ini adalah memberikan solusi pencegahan kecelakaan kerja dengan menggunakan *Social Network Analysis* untuk mengetahui sebaran laporan tindakan tidak aman dengan memanfaatkan data laporan aplikasi IZAT di unit pembangkitan Paiton dan unit pembangkitan Indramayu. Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan perusahaan dalam memutuskan tindakan pencegahan kecelakaan di tempat kerja dengan melakukan kategorisasi terhadap data laporan bahaya dan memvisualisasikannya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Seyedeh dan Adel, yang memberikan kategori berdasarkan data rasional untuk membuat potret pencegahan bahaya K3 pada kegiatan siklikal di sektor pertambangan [8]. Pencegahan bahaya menjadi penting karena Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik secara rohani maupun jasmani yang bertujuan untuk memelihara kenyamanan dan keselamatan tenaga kerja agar tercapai daya kerja, ketahanan fisik, dan derajat kesehatan yang tinggi [9].

Terbatasnya literatur terkait penggunaan *Social Network Analysis* (SNA) dalam menganalisis kondisi tidak aman menjadi celah dalam penelitian ini. Penelitian ini selanjutnya mengisi kekurangan literatur terkait penggunaan SNA dalam menganalisis kondisi tidak aman. Penelitian ini menggunakan *social network analysis* dengan memanfaatkan aplikasi pemrograman *Python*, *Wordij* dan aplikasi *Gephi* untuk mengolah data yang besar terkait laporan kondisi tidak aman di tempat kerja. Hasil dari kategorisasi dan perbandingan ini dapat menjadi acuan bagi perusahaan untuk mempermudah pencegahan dan penanganan kecelakaan kerja. Kategorisasi dalam pelaporan bertujuan untuk mengklasifikasikan kata-kata yang menggambarkan kondisi tidak aman yang terjadi. Proses klasifikasi ini dapat memudahkan karyawan dalam mengklasifikasikan kondisi tidak aman pada setiap laporan potensi bahaya. Kemudahan karyawan dapat meningkatkan kesadaran mereka akan kondisi tidak aman sehingga dapat meningkatkan mekanisme pelaporan. Dengan demikian, perusahaan dapat mengembangkan strategi untuk mengurangi risiko yang terkait dengan kondisi tidak aman tersebut. Perusahaan dapat mengidentifikasi risiko bagi pekerja dan mengurangnya dengan cara-cara seperti mengganti peralatan yang tidak dapat diandalkan dan memperbaiki lingkungan kerja yang tidak nyaman. Hal ini dapat membantu mengurangi kecelakaan di tempat kerja dan mengoptimalkan keselamatan dan kesehatan kerja [10][11]. Studi ini membandingkan kondisi tidak aman antara unit pembangkit Paiton dan Indramayu karena kedua unit tersebut memiliki produktivitas yang sama tinggi dan memiliki aktivitas pelaporan yang aktif. Selain itu, unit pembangkit Paiton dan Indramayu merupakan gabungan dari 3 unit kecil sebelumnya. Hasil dari visualisasi data akan dianalisis berdasarkan data statistik dan bentuk grafik. Visualisasi data dapat memudahkan penggunaan data, seperti dengan menggambarkan hubungan antara jenis bahan berbahaya dengan risiko kecelakaan kerja dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) [12]. Dalam kasus identifikasi bahaya, kategorisasi dan visualisasi data dapat membantu dalam mengidentifikasi hubungan antara faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kecelakaan kerja dan mengoptimalkan analisis data [13]. Penelitian ini memiliki dua tujuan, yaitu mengkategorikan hasil temuan kondisi tidak aman pada aplikasi IZAT di unit Paiton dan unit Indramayu dan mengetahui perbandingan hasil visualisasi temuan kondisi tidak aman pada aplikasi IZAT yang terjadi antara unit Paiton dan unit Indramayu.

Rumusan masalah: Mengkategorikan dan membandingkan *Social Network Analysis* (SNA) pelaporan *unsafe condition* pada unit pembangkitan Paiton dan Indramayu

Pertanyaan penelitian:

1. Bagaimana hasil dari kategorisasi laporan *unsafe condition* pada aplikasi IZAT di Unit Pembangkitan Paiton dan Indramayu?
2. Bagaimana perbandingan dari hasil visualisasi temuan *unsafe condition* pada aplikasi IZAT di Unit Pembangkitan Paiton dan Indramayu?

Kategori SDGs: Penelitian ini sesuai dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) indikator 9 yaitu membangun infrastruktur yang tangguh, mempromosikan industrialisasi yang inklusif dan berkelanjutan, serta mendorong inovasi. <https://sdgs.un.org/goals>

II. LITERATUR REVIEW

A. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Kesehatan dan keselamatan kerja mempengaruhi seluruh bagian aktivitas kerja. Meliputi orang atau subjek yang melakukan pekerjaan, material atau objek meliputi benda tempat pekerjaan itu dilakukan, alat kerja berupa mesin atau perlengkapan lain yang digunakan dalam pekerjaan, dan meliputi lingkungannya, baik manusia ataupun benda dan barang. [14]. Kesehatan dan keselamatan kerja (K3) adalah suatu usaha untuk menjaga keselamatan dan kenyamanan pekerja guna mencapai kesehatan dan kesejahteraan, ketahanan jasmani dan produktivitas kerja [15]. Dalam teori Heinrich (1931), salah satu faktor penyebab kecelakaan kerja adalah kondisi tidak aman. Kondisi tidak aman dapat didefinisikan sebagai situasi yang membahayakan diri sendiri, orang lain, atau sarana dan prasarana setempat. Sembilan puluh delapan persen kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dapat dicegah, dan pembentukan budaya keselamatan adalah kunci untuk menghilangkannya, sikap keselamatan mempengaruhi persepsi risiko keselamatan dan identifikasi bahaya [16][17].

B. Kondisi Tidak Aman (*Unsafe Condition*)

Kondisi tidak aman diartikan sebagai kondisi yang dapat merugikan dan berbahaya bagi diri sendiri, orang lain, sarana maupun prasarana setempat [18]. Kondisi tidak aman adalah kondisi dalam lingkungan kerja yang dapat menimbulkan risiko bahaya dan mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja [19]. Kondisi tidak aman meliputi pembatas yang tidak memadai, peralatan yang sudah tidak layak pakai atau rusak, kebakaran di area berbahaya, alat pelindung diri yang tidak memadai, keamanan gedung yang tidak memadai, paparan kebisingan dan radiasi, kondisi suhu yang berlebihan dan berbahaya, sistem alarm yang tidak memadai, pencahayaan atau ventilasi yang kurang, dan sifat pekerjaan yang berpotensi membahayakan [20].

C. Analisis Jaringan Sosial (*Social Network Analysis*)

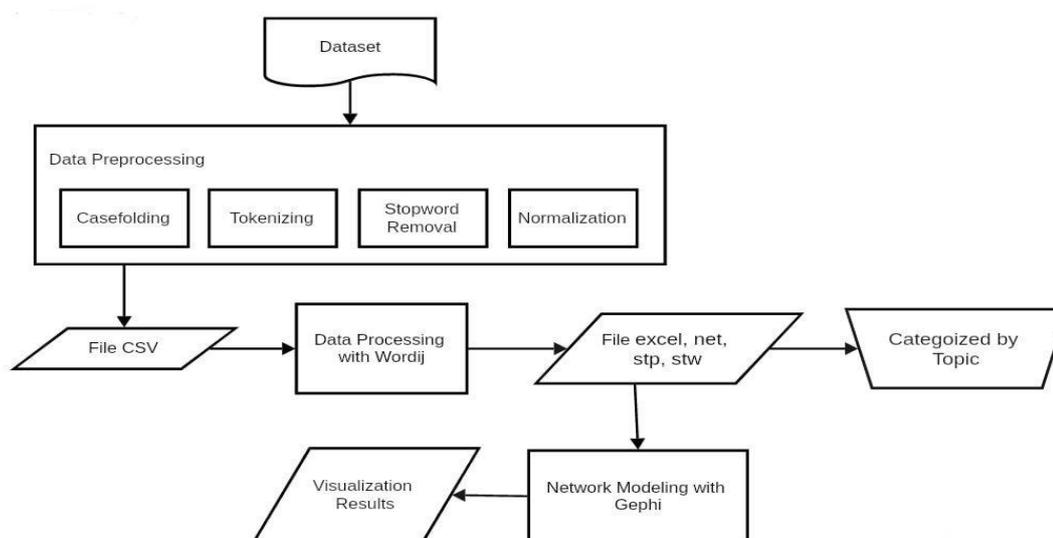
Social Network Analysis (SNA) adalah bagian dari teknik Komputasi Sosial untuk mengekstraksi informasi pada data besar, yang mempelajari hubungan manusia dengan menggunakan teori grafik. SNA memahami sosial secara visual dengan simpul-simpul dan garis-garis penghubung (*edges*) yang terhubung pada jaringan sosial [21]. Metode ini berguna untuk memberikan informasi tentang model dan struktur jaringan serta kekuatan hubungan antar aktor dalam jaringan [22]. *Social Network Analysis* (SNA) adalah bagian dari metode jejaring sosial yang memanfaatkan teori graf untuk mempelajari hubungan antar manusia untuk mengekstrak informasi dari kumpulan data yang besar. SNA menggunakan *node* dan *edge* yang terhubung dalam jaringan sosial untuk memvisualisasikan sosial [21]. *Social Network Analysis* (SNA) adalah teknik statistik dan analisis yang digunakan untuk menganalisis struktur, interaksi, dan hubungan antara individu, kelompok, atau organisasi dalam jaringan sosial. SNA menggunakan data interaksi untuk membuat grafik yang menggambarkan hubungan antar entitas dalam jaringan sosial. Dengan menggunakan metode statistik dan algoritma pemrograman, SNA dapat memahami struktur jaringan sosial dan mengidentifikasi hubungan antara entitas yang berbeda [23][10].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian deskriptif kualitatif, sebuah bagian dari penelitian kualitatif yang berfokus pada penggambaran karakteristik dari sebuah fenomena tertentu [24]. Tujuan utama dari penelitian deskriptif kualitatif adalah untuk memfasilitasi pemahaman yang menyeluruh dan bernuansa tentang fenomena yang dimaksud, yang didasarkan pada manifestasi dunia nyata. Penelitian semacam itu sangat penting dalam menafsirkan dan menggambarkan data dan keadaan sebagaimana adanya. Pendekatan ini unggul dalam memberikan deskripsi dan analisis terperinci tentang fenomena yang diteliti, yang mencakup perspektif ilmiah dan humanistik. Pendekatan ini mahir dalam menangani data dalam berbagai format non-kuantitatif, termasuk tekstual, visual, dan bentuk informasi non-numerik lainnya, sehingga menawarkan pandangan holistik tentang pokok bahasan. Sumber data peneliti adalah

data sekunder dari aplikasi IZAT yang diperoleh dari hasil wawancara dan data dokumen perusahaan. Subjek penelitian adalah seluruh pengguna IZAT yang melakukan pelaporan saat bekerja. Objek penelitian adalah data yang berisi komentar pada kolom kondisi dari pengguna aplikasi IZAT yang masuk dalam kategori kondisi tidak aman di unit pembangkit Paiton dan unit pembangkit Indramayu. Lokasi penelitian adalah aplikasi IZAT.

Ketersediaan data yang cukup banyak pada aplikasi IZAT tentunya memiliki pola sebaran laporan yang menyerupai setiap transaksi sehingga dapat dimanfaatkan dan dijadikan sebagai bahan pertimbangan melalui pemahaman ilmu data mining, sehingga dapat dimanfaatkan dan dijadikan sebagai bahan pertimbangan melalui pemahaman ilmu data mining [25]. Permasalahan dalam penelitian ini adalah pola komunikasi pelaporan melalui aplikasi IZAT terhadap respons pelapor atas temuan risiko dengan kategori kondisi tidak aman, selain itu hubungan antar aktor dari analisis graf yang terbentuk dalam struktur jaringan. Metode yang dapat digunakan adalah *Social Network Analysis* (SNA) yang merupakan bagian dari teknik *Social Computing* untuk melakukan penggalian informasi terhadap data yang tidak terstruktur dan memiliki volume yang besar. SNA berhubungan dengan analisis informasi yang tertanam dalam jaringan sosial. Informasi tersebut dapat dikategorikan menjadi dua jenis: yang pertama adalah informasi berbasis struktur, yang merepresentasikan struktur topologi jaringan, dan yang kedua berbasis konten, yang merepresentasikan fitur-fitur yang terkait dengan entitas dan hubungannya [26].



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Konsep penelitian ini diilustrasikan pada Gambar 1 untuk merancang analisis jaringan sosial. Perumusan analisis jaringan sosial menggunakan titik, simbol, dan interaksi pengguna yang diwakili oleh garis. Hal ini membutuhkan sebuah analisis yang dapat menawarkan perspektif baru tentang bagaimana orang terhubung dengan individu atau komunitas [23]. Tahap awal dalam proses penelitian adalah studi literatur mengenai fenomena yang terjadi dalam bentuk data historis melalui Aplikasi IZAT. Data tersebut kemudian diekstrak (*scrapping*) dalam bentuk excel yang meliputi cakupan tiga konten, yaitu temuan kondisi tidak aman, judul temuan dan unit pembangkit. Sebelum masuk ke tahap analisis dan visualisasi, diperlukan *pre-processing* data. Tujuan dari *pre-processing* dalam penelitian ini adalah untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan dalam bentuk teks hanya terdiri dari istilah-istilah yang memiliki relevansi untuk dianalisis. Proses ini melibatkan empat tahapan utama, yaitu *case folding*, *tokenizing*, *normalization*, dan *filtering*. Dalam implementasinya, digunakan bahasa pemrograman *Python* yang merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi dan multiguna. Banyak paradigma pemrograman seperti bahasa pemrograman prosedural, dan pemrograman berorientasi objek yang didukung dengan *Python* [27]. Setelah itu, data tersebut akan diolah dengan menggunakan aplikasi *Wordij* untuk mengubah formatnya agar sesuai dengan format yang dapat dibaca oleh sistem komputer. Data yang telah diolah akan digunakan untuk kategorisasi kata dan visualisasi, yang selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui informasi yang terkandung di dalam data tersebut. Perangkat lunak *Gephi* 0.9.2 digunakan untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan struktur jaringan properti yang terbentuk. *Gephi* adalah alat interaktif yang digunakan untuk memvisualisasikan dan memeriksa atau menilai berbagai jenis jaringan yang sederhana dan kompleks, grafik dinamis dan hirarki. Penelitian ini menyajikan hasil penelitian dan pembahasan yang merupakan hasil perbandingan perhitungan *network property* dari setiap unit pembangkit dan gambar yang menunjukkan kata-kata yang sering muncul pada subjek temuan di setiap unit pembangkit.

a. Sumber Data

Pengumpulan data berasal dari data sekunder yang diperoleh dari data perusahaan yang berisi temuan-temuan pelaporan berdasarkan topik permasalahan yang menjadi objek penelitian. Data yang diperoleh berasal dari aplikasi IZAT yang berisi temuan-temuan kondisi tidak aman. Berdasarkan hasil temuan dan pelaporan pada aplikasi IZAT, didapatkan bahwa pelaporan kondisi tidak aman merupakan kategori bahaya yang paling banyak dilaporkan di PT PLN Nusantara Power. Data yang diperoleh merupakan kondisi lingkungan kerja di Unit Pembangkitan Paiton dan Indramayu yang merupakan unit pembangkit yang memanfaatkan energi batu bara. Data yang diperoleh merupakan hasil pelaporan dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2023.

b. Preprocessing Data

Preprocessing data diperlukan untuk menghilangkan *noise* pada data, seperti singkatan dan kata-kata tidak baku yang sulit dimengerti oleh komputer [28]. Proses *preprocessing* memiliki beberapa tahapan, berikut ini adalah tahapan-tahapan *preprocessing* [29]. Proses *preprocessing* data terdiri dari empat tahap utama. Pertama, *case folding* melibatkan pengubahan semua huruf besar dalam dataset menjadi huruf kecil. Langkah ini memastikan konsistensi dalam format teks di seluruh dataset. Selanjutnya, tokenisasi memecah kalimat menjadi kata-kata individual, yang secara efektif menghilangkan *noise* dan menyederhanakan analisis lebih lanjut. Penghapusan *stopword* mengikuti, di mana kata-kata yang umum tetapi tidak penting disaring untuk fokus pada konten yang relevan, sehingga menyempurnakan kumpulan data. Terakhir, *normalization* menstandarkan struktur dokumen untuk mencegah duplikasi, menyederhanakan persiapan dan pemrosesan data untuk analisis yang lebih efisien. Bersama-sama, tahap-tahap ini meningkatkan kualitas dan kegunaan data, memfasilitasi wawasan yang bermakna dalam tugas analisis selanjutnya.

c. Pengolahan Data

Data dalam format CSV yang telah dihasilkan pada proses *preprocessing* data kemudian diolah menggunakan wordij kemudian hasilnya berupa format data seperti excel, net, stp dan stw. Wordij adalah program yang bergerak melalui teks untuk menghitung pasangan kata, berdasarkan kedekatan. Hasil dari wordij akan diklasifikasikan berdasarkan kategori yang telah ditentukan sesuai dengan masalah penelitian.

d. Kategorisasi berdasarkan Topik

Kategorisasi data dilakukan untuk mendefinisikan kebutuhan data mining dalam pengisian pelaporan potensi bahaya di IZAT. Peneliti memberikan kategori yang sesuai berdasarkan hasil pengolahan data untuk membuat tabel kategori kondisi tidak aman dalam pelaporan kegiatan di perusahaan. Pengkategorian data dilakukan dengan memasukkan setiap kata yang berasal dari format excel hasil pengolahan Wordij ke dalam kategori topik yang telah ditentukan. Peneliti mengidentifikasi lima kategori topik, yaitu *place*, *response*, *cause*, *tools*, dan *condition*. Pemilihan kelima topik tersebut berdasarkan lingkungan kerja yang ada di perusahaan. Kategori tersebut mencakup kebutuhan yang dapat digunakan untuk identifikasi bahaya. Kategorisasi data digunakan untuk mempermudah identifikasi bahaya dengan melihat berapa banyak kata yang muncul dari setiap topik.

e. Pemodelan dan Visualisasi Jaringan

Pada proses ini dilakukan pembuatan model jaringan dengan bantuan *software Gephi* untuk membuat visualisasi dari model jaringan tersebut. Visualisasi data adalah proses menampilkan data yang telah melalui proses pengolahan ke dalam bentuk visual, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih jelas dan mudah dipahami. Visualisasi data pada penelitian ini akan menghasilkan *node* dan *edge* untuk merepresentasikan aktor dan hubungannya. Untuk melihat kata kunci atau topik yang paling sering diberitakan pada aplikasi IZAT. Langkah terakhir melibatkan penerapan *Gephi* untuk membuat jejaring sosial yang berasal dari frasa *Bigram*. Hal ini dilakukan untuk menganalisis nilai struktur jaringan dan memvisualisasikan hubungan antara kata-kata yang diperoleh. Dalam *Gephi*, algoritma ForceAtlas2 digunakan untuk pengaturan, dengan berbagai warna dan ukuran yang diberikan pada setiap simpul dan tepi untuk meningkatkan kemampuan interpretasi dan kejelasan visual dari analisis jaringan. ForceAtlas2 adalah algoritma untuk mengorientasikan node secara paksa untuk menunjukkan hubungan antara setiap *node* [30].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berisi data yang membandingkan hasil temuan di Unit Pembangkit Paiton dan Unit Pembangkit Indramayu pada aplikasi IZAT terkait pelaporan kondisi tidak aman dari tahun 2020 hingga 2023. Analisis kata perlu dilakukan agar peneliti dapat memahami teks secara lebih mendalam untuk mengidentifikasi topik dengan lebih baik serta meningkatkan ketelitian dan fleksibilitas [31]

Hasil Pengumpulan Data

Data diperoleh secara langsung melalui arsip perusahaan mengenai laporan pada aplikasi IZAT yang dimiliki oleh PT PLN Nusantara Power. Data yang dikumpulkan adalah informasi laporan kondisi tidak aman pada unit pembangkit Paiton dan Indramayu. Data kondisi tidak aman yang diperoleh dari aplikasi IZAT menghasilkan jumlah data:

Tabel 1. Data Unsafe Condition

Konten	Unit Pembangkit	Tahun	Jumlah Data
Unsafe Condition	Paiton	2020-2023	6.597
	Indramayu		5.840

Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah data yang diperoleh dari aplikasi IZAT dengan kata kunci yang akan diteliti berfokus pada kondisi tidak aman. Penelitian ini mengumpulkan data dari tahun 2020 hingga 2023 dengan total 12.437 temuan yang dilaporkan dari Unit Pembangkitan Paiton dan Unit Pembangkitan Indramayu. Terdapat 6597 data temuan dari pelaporan Unit Pembangkit Paiton dan terdapat 5840 temuan dari pelaporan Unit Pembangkit Indramayu.

Hasil Preprocessing Data

Data yang telah didapatkan akan melalui tahap *preprocessing*. Proses ini digunakan untuk membersihkan data dari *noise* dan siap untuk digunakan pada proses selanjutnya, proses *preprocessing* memiliki beberapa tahapan, berikut ini adalah tahapan-tahapan dari *preprocessing*.

1. Case Folding

Case folding digunakan untuk membuat semua kata memiliki ukuran huruf yang sama karena ukuran huruf tidak selalu digunakan secara konsisten dalam laporan. Proses ini juga dapat menghilangkan tanda baca dan menghilangkan spasi yang berlebihan, sehingga huruf besar dan huruf kecil tidak terdeteksi memiliki arti yang berbeda. Gambar 2 adalah potongan kode yang digunakan untuk mengimplementasikan tahap *case folding*. Tabel 3 menampilkan hasil yang diperoleh dari proses *case folding*.

```
# ----- Case Folding -----
# make all sentence lowercase
df_olah1['Text'] = df_olah1['title'].str.lower()
```

Gambar 1. Potongan Kode untuk Case Folding

Tabel 2. Hasil Proses Case Folding

Contoh Teks Pelaporan	Case Folding
SU #1 Welding Receptacle open & chaotic wiring	su #1 welding receptacle open & chaotic wiring
DST A panel box opened and box door detached	dst a panel box opened and box door detached

2. Tokenizing

Proses *tokenizing* dilakukan untuk memisahkan rangkaian kata dalam sebuah kalimat, paragraf atau halaman menjadi token atau potongan kata tunggal. Pada proses ini memudahkan proses penghitungan keberadaan kata dalam dokumen dan penghitungan frekuensi kemunculan kata tersebut. Pada saat yang sama, *tokenizing* juga menghilangkan karakter selain huruf seperti tanda baca. Pada Gambar 3 adalah potongan kode yang digunakan untuk mengimplementasikan tahap *tokenizing*. Tabel 4 menampilkan hasil yang diperoleh dari proses *tokenizing*.

```
# ----- Tokenizing -----

def remove_tweet_special(text):
    text = str(text)
    # remove tab, new line, ans back slice
    text = text.replace('\t'," ").replace('\n'," ").replace('\u'," ").replace('\'," ")
    # remove non ASCII (emoticon, chinese word, .etc)
    text = text.encode('ascii', 'replace').decode('ascii')
    # remove mention, link, hashtag
    text = ' '.join(re.sub("([@#][A-Za-z0-9]+)(\w+:\w+\S+)", " ", text).split())
    # remove incomplete URL
    return text.replace("http://", " ").replace("https://", " ")

df_olah1['Text'] = df_olah1['Text'].apply(remove_tweet_special)

#remove number
def remove_number(text):
    return re.sub(r"\d+", "", text)
```

Gambar 2. Potongan Kode untuk Tokenizing

Tabel 3. Hasil Proses Tokenizing

Contoh Teks Pelaporan	Tokenizing
SU #1 Welding Receptacle open & chaotic wiring	welding receptacle open chaotic wiring
DST A panel box opened and box door detached	panel box opened and box door detached

3. Penghapusan *Stopword*

Proses *stopword removal* ini digunakan untuk menghilangkan kata-kata yang tidak berpengaruh dalam proses sentimen. Kata-kata dari data laporan dibandingkan dengan kata-kata yang terdapat pada *database stopwords*, hasil dari proses ini adalah menghilangkan kata-kata yang terdeteksi pada *database*. Penghapusan *stopword* menghilangkan kata-kata yang sering muncul yang tidak penting dalam dokumen. Hal ini dilakukan tanpa mengubah arti dari dokumen yang akan diproses lebih lanjut. Pada Gambar 4 merupakan potongan kode yang digunakan untuk mengimplementasikan tahap *stopword removal*. Tabel 5 menampilkan hasil yang didapatkan dari proses *stopword removal*.

```
# get stopwords English
list_stopwords = stopwords.words('english')

# ----- manually add stopword -----
# append additional stopword
list_stopwords.extend(['and', 'or', 'am'])

# ----- add stopword from txt file -----
# read txt stopword using pandas
txt_stopword = pd.read_csv("C:/Users/USER/Kamus/stopwords-en.txt", names= ["stopwords"], header = None)

# convert stopword string to list & append additional stopword
list_stopwords.extend(txt_stopword["stopwords"])

# -----

# convert list to dictionary
list_stopwords = set(list_stopwords)

#remove stopword pada list token
def stopwords_removal(words):
    return [word for word in words if word not in list_stopwords]

df_olah1["Text_tokens_WSW"] = df_olah1["Text_tokens"].apply(stopwords_removal)

print(df_olah1["Text_tokens_WSW"].head())
```

Gambar 3. Potongan Kode untuk Stopword**Tabel 4.** Hasil Proses Stopword

Contoh Teks Pelaporan	Stopword Removal
SU #1 Welding Receptacle open & chaotic wiring	“welding” “receptacle” “open” “chaotic” “wiring”
DST A panel box opened and box door detached	“panel” “box” “opened” “door” “detached”

4. Normalization

Normalization digunakan sebagai proses perubahan data ke dalam bentuk yang standar atau 'normal' agar memudahkan pengolahan data dan dapat mempercepat operasi pembacaan data. Tujuan utama dari normalisasi data adalah untuk mengurangi bahkan menghilangkan *noise* data atau pengulangan data tanpa mengubah arti dari data tersebut. Pada Gambar 5 merupakan potongan kode yang digunakan untuk mengimplementasikan tahap normalisasi. Tabel 6 menampilkan hasil yang diperoleh dari proses *normalization*.

```
# Indonesian slang | English can be added
path = "C:/Users/USER/ARTIKEL/Tools_Pendukung/Kamus/Data_slang.csv"
normalized_word = pd.read_csv(path)

normalized_word_dict = {}

for index, row in normalized_word.iterrows():
    if row[0] not in normalized_word_dict:
        normalized_word_dict[row[0]] = row[1]

def normalized_term(document):
    return [normalized_word_dict[term] if term in normalized_word_dict else term for term in document]

df_olah1['tweet_normalized'] = df_olah1['Text_tokens_WSW'].apply(normalized_term)

df_olah1['tweet_normalized'].head(10)
```

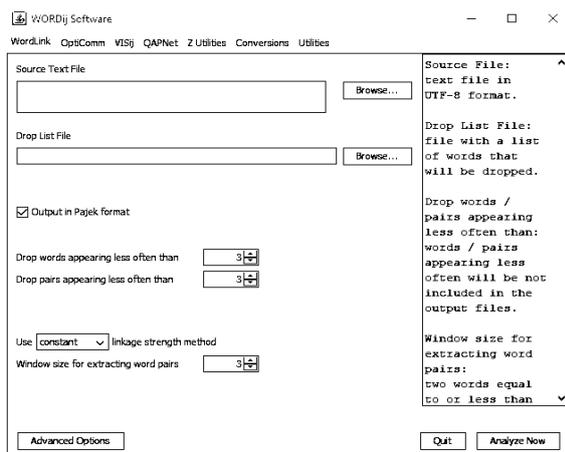
Gambar 4. Potongan Kode untuk Normalization

Tabel 5. Hasil Proses Normalization

Contoh Teks Pelaporan	Normalization
SU #1 Welding Receptacle open & chaotic wiring	“weld” “receptacle” “open” “chaotic” “wire”
DST A panel box opened and box door detached	“Panel” “box” “open” “door” “detach”

Hasil Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan dari tahap *preprocessing* kemudian diolah sehingga didapatkan grafik dari file json. Representasi graf pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Wordij*. *Wordij* merupakan sebuah sistem yang didasarkan pada model keterhubungan atau jaringan untuk merepresentasikan informasi tekstual. Unit analisis yang mendasar adalah pasangan kata, atau frasa dua kata, bukan istilah individual. *Wordij* adalah program analisis teks yang memperlakukan kata-kata sebagai simpul dan tepi yang saling berhubungan untuk analisis jaringan dan analisis statistik lainnya. Tahap pertama adalah mengganti isi teks dari hasil *preprocessing* agar semua teks tidak memiliki tanda , / ' dan memberikan jarak antar data dengan enter. Ganti tanda ',' menjadi spasi. Ganti tanda '[' dan '[' menjadi kosong. Ganti tanda ']' & ']' menjadi \n. Setelah itu, simpan file tersebut dan proses dengan *Wordij*. Data dalam format CSV kemudian dikonversi ke dalam format data seperti excel, net, stp dan stw. Berikut adalah tampilan aplikasi *Wordij* pada Gambar 6 dan hasil proses *Wordij* pada Tabel 7.



Tabel 6. Hasil Proses Wordij

Unit Pembangkit	Jumlah per Kata	Kata Unik	Rata-rata
Paiton	11.555	594	19,453
Indramayu	14.014	738	18,989

Gambar 5. Tampilan Aplikasi Wordij

Tabel 7 menampilkan jumlah total kata, jumlah kata unik, dan jumlah rata-rata semua kata per kata unik sebagai hasil dari pengolahan data menggunakan alat *Wordij*. Data tersebut akan membentuk sebuah visualisasi yang menghubungkan kata-kata dalam *dataset*, dan setiap kata disebut dengan *node* atau frasa kata. Jumlah kata adalah jumlah kata yang muncul dalam pengambilan data dari aplikasi IZAT. Kata unik adalah kata-kata yang disaring yang

berasal dari banyak kata, untuk menghindari pengulangan kata yang muncul [28]. Tabel 7 menunjukkan bahwa total 11.555 kata, termasuk 594 kata unik yang muncul, dan rata-rata 19.453 kata yang muncul oleh unit pembangkit Paiton. Sementara itu, unit pembangkit Indramayu menghasilkan total 14.014 kata, dengan 738 kata yang muncul di unit tersebut dan rata-rata 18.989 kata yang muncul. Jumlah kata yang dihasilkan oleh aplikasi IZAT terkait kondisi tidak aman lebih banyak pada unit pembangkit Indramayu dibandingkan dengan unit pembangkit Paiton.

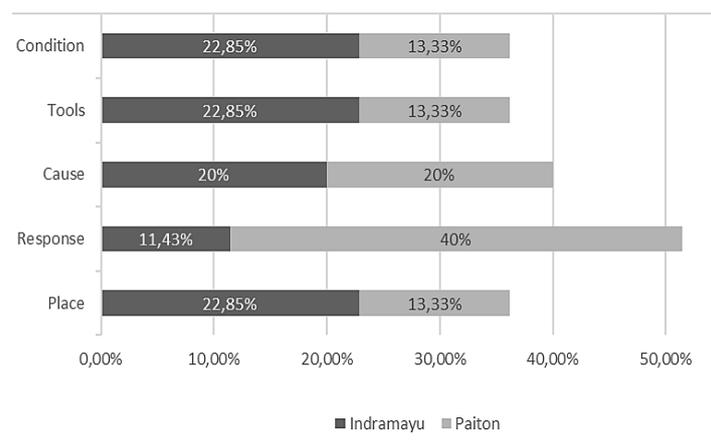
Hasil kategori Berdasarkan Topik

Hasil yang telah diproses menggunakan *wordij* menghasilkan kata dengan frekuensi jumlah kata. Frekuensi kata didapatkan dari jumlah total kemunculan kata pada kedua Unit. Dimana jumlah kata yang muncul dibagi dengan seluruh total kata. Kata-kata tersebut dipilih berdasarkan kriteria yang sama dan kemudian dikelompokkan ke dalam kategorinya masing-masing dengan menganalisa keterkaitan dan logikanya. Peneliti mengidentifikasi lima kategori topik yaitu tempat, respons, sebab, alat, dan kondisi. Kelima kategori tersebut mewakili karakteristik umum dari kalimat-kalimat pelaporan dari kedua unit.

Tabel 7. Identifikasi Kategori Kata Tematik

	Kategori 1: Tempat	Kategori 2: Respons	Kategori 3: Sebab	Kategori 4: Alat	Kategori 5: Kondisi				
Unit	1,26%	Patrol	13,15%	Water	1,34%	Lamp	2,45%	Damaged	2,61%
Room	0,98%	Patrole	2,63%	Rubbish	0,76%	Door	1,34%	Broken	1,27%
Floor	0,98%	Check	1,34%	Ash	0,46%	Lighting	0,86%	Used	1,01%
Appear	0,92%	Independent	1,23%	Stak	0,42%	Hydrant	0,85%	Leak	0,88%
CCR	0,73%	Routine	0,57%	Oil	0,28%	Cable	0,83%	Leave	0,6%
Street	0,68%	Finding	0,55%	Waste	0,18%	Box	0,77%	Dirty	0,44%
Boiler	0,67%	Cek	0,52%	Grass	0,09%	Pipe	0,61%	Close	0,32%
Place	0,64%	Care	0,23%	Gas	0,08%	Panel	0,6%	Access	0,3%
Roof	0,62%	Inspection	0,12%	Mud	0,04%	AC	0,57%	Empty	0,23%
Stairs	0,49%	Repair	0,1%	Mask	0,04%	Hose	0,52%	Open	0,2%

Berdasarkan Tabel 8, penulis menampilkan 10 kata teratas untuk setiap kategori. Hasil kategori menunjukkan seberapa sering kata-kata tersebut disebutkan dalam pelaporan kondisi tidak aman di kedua unit pembangkit. Terlihat jelas bahwa kategori 2 "respons", kategori 4 "alat" dan kategori 5 "kondisi" merupakan tiga kategori yang paling banyak menjadi perhatian dalam pelaporan di Unit Pembangkit Paiton dan Indramayu dengan fokus utama pada "patrol" (13,15%), "damaged" (2,61), "lamp" (2,45%), dan "patrole" (2,63%). Hubungan antara kategori 1 "Tempat" dan kategori 3 "Sebab" hampir sama di setiap unit pembangkit, mengindikasikan bahwa pelaporan terkait kategori tersebut memiliki tingkat temuan yang sama dalam pelaporan di kedua unit pembangkit.



Gambar 6. Distribusi Kategori Kata pada Kedua Unit Pembangkit

Gambar 7 menunjukkan perbedaan relatif dari lima kategori di dua unit pembangkit. Sumbu X pada gambar menunjukkan persentase kata berfrekuensi tinggi dalam 5 kategori di setiap unit pembangkit. Persentase yang lebih tinggi menunjukkan lebih banyak perhatian yang diberikan pada kategori tersebut. Sumbu Y mewakili lima kategori. Secara umum, hubungan kelima kategori tersebut cukup berbeda antara kedua unit pembangkit. Persentase "Respons" dan "Penyebab" lebih tinggi, sedangkan persentase "Kondisi", "Alat" dan "Tempat" relatif rendah. Kategori 2 yaitu "Respons" terlihat lebih menonjol di Unit Pembangkit Paiton (40%) dibandingkan dengan Unit Pembangkit

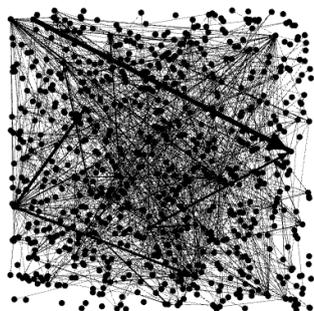
Indramayu (11,43%), yang mengindikasikan bahwa respons yang didapatkan dari laporan lebih diperhatikan di Unit Pembangkit Paiton (29). Kategori 3 "Penyebab" sebanding antara Unit Pembangkit Paiton dan Indramayu, yang mengindikasikan bahwa kedua unit pembangkit mencantumkan penyebab kondisi tidak aman. Kategori 1 "Tempat", kategori 4 "Alat" dan kategori 5 "Kondisi" tidak jauh berbeda antara Unit Pembangkit Indramayu (22,85%) dan Unit Pembangkit Paiton (13,33%), yang mungkin terkait dengan pelaporan temuan yang diterima sering menyebutkan alat, tempat, dan kondisi yang menggambarkan kondisi yang tidak aman.

Kategorisasi bahaya keselamatan dapat membantu dalam menentukan langkah-langkah keselamatan yang diperlukan untuk mengatasi setiap jenis kondisi yang tidak aman, memastikan bahwa karyawan terlindungi dari potensi bahaya. Kategori ini berkontribusi pada tujuan umum untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan mengurangi bahaya pekerjaan. Pengusaha dapat memprioritaskan risiko dan mengalokasikan sumber daya dengan lebih baik dengan mengkategorikan bahaya dengan benar, dengan fokus pada bahaya yang paling penting terlebih dahulu. Pengusaha dapat mengkomunikasikan risiko kepada manajer perekrutan dengan mengkategorikan kondisi yang tidak aman, sehingga mereka dapat memahami potensi risiko dan melakukan tindakan pencegahan yang tepat. Kategori ini memberikan tujuan keseluruhan untuk melindungi kesejahteraan pekerja dan mengurangi risiko di tempat kerja. Kategorisasi memungkinkan pemberi kerja untuk secara efektif mengkomunikasikan kepada karyawan mereka tentang risiko yang terkait dengan kondisi tidak aman tertentu, meningkatkan kesadaran dan mempromosikan budaya keselamatan di tempat kerja [32]. Informasi tersebut dapat meningkatkan kapasitas untuk memprediksi, menghindari dan menanggapi ancaman dan dampaknya [33]. Perusahaan dapat menggunakan klasifikasi ini untuk menilai keefektifan program kesehatan dan keselamatan yang ada, mengidentifikasi kesenjangan, dan terus meningkatkan strategi mereka untuk melindungi kesehatan karyawan.

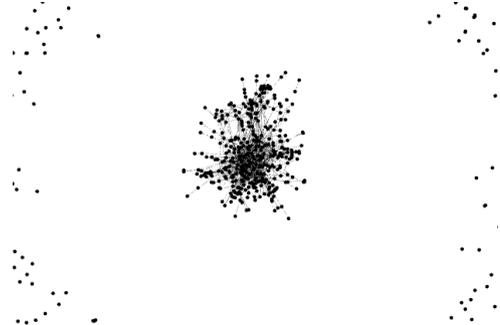
Hasil Pemodelan dan Visualisasi Jaringan

Untuk menyelidiki karakteristik struktural jaringan untuk setiap unit pembangkit, hasil awal yang diperoleh dari Wordij memerlukan pemrosesan lebih lanjut dengan menggunakan *Gephi*. Fase kritis ini akan menghasilkan tepi dan memfasilitasi visualisasi data yang canggih. Dalam investigasi ini, penerapan visualisasi data ditujukan untuk membuat *node* dan *edge*, yang secara simbolis merepresentasikan aktor dan interaksinya. *Node* dikonfigurasi sebagai bentuk geometris yang mewujudkan kata atau aktor, yang memainkan peran penting dalam representasi struktural jaringan. Sebaliknya, tepi digunakan untuk menggambarkan hubungan antara entitas-entitas ini, menawarkan artikulasi visual dari dinamika relasional dalam jaringan. Setiap *node* yang saling terkait atau terhubung disebut dengan *edge*, yang disajikan dalam bentuk graf dalam bentuk simpul dan merepresentasikan interaksi dua arah [34]. Untuk membuat hubungan semantik dari kata-kata tematik menjadi lebih intuitif, *Gephi* digunakan untuk visualisasi jaringan dalam penelitian ini.

Dalam memvisualisasikan hubungan frasa *bigram*, peneliti menggunakan algoritma *ForceAtlas2*. *ForceAtlas2* adalah algoritma untuk mengorientasikan *node* secara paksa untuk menunjukkan hubungan antara setiap node [30]. Dibandingkan dengan algoritma tata letak lainnya, *ForceAtlas2* memiliki kualitas terukur yang lebih baik [31]. *ForceAtlas2* adalah tata letak yang diarahkan oleh gaya yang mensimulasikan sistem fisik untuk membuat spasial jaringan. *Node* saling tolak-menolak seperti partikel bermuatan, sementara ujung-ujungnya menarik node lainnya, seperti pegas. Gaya-gaya ini menciptakan gerakan yang menyatu ke keadaan seimbang. Penggunaan *ForceAtlas2* menjauhkan *node* yang tidak terlalu berhubungan dengan *node* lain, sehingga lebih mudah untuk memahami hubungan antar *node*. Konfigurasi akhir ini diharapkan dapat membantu interpretasi data. Berikut ini adalah tampilan penggunaan *ForceAtlas2* untuk visualisasi.



Gambar 7. Sebelum Penggunaan ForceAtlas2



Gambar 8. Sesudah Penggunaan ForceAtlas2

Penggunaan nilai sentralitas keterkaitan yang ditunjukkan oleh ukuran font dan modularitas yang disampaikan melalui perbedaan warna akan menghasilkan visualisasi yang lebih jelas dan menarik. Pilih ukuran *font* yang sesuai dengan nilai *centrality between node*, lalu sesuaikan warnanya dengan modularitas. Pewarnaan *node* dan *edge* atau

Gambar 11 menunjukkan visualisasi jaringan kondisi tidak aman pada unit pembangkit Indramayu dari tahun 2020 hingga 2023. Visualisasi kondisi tidak aman pada Gambar 11 menghasilkan hasil visualisasi dengan 5 warna, yaitu ungu, biru, oranye, merah muda, dan hijau. Jaringan *node* dan *edge* berwarna ungu lebih mengarah pada alat dan lokasi dimana kondisi tidak aman terjadi. Jaringan *node* dan *edge* berwarna biru lebih membahas tentang penyebab dan kondisi dimana kondisi tidak aman dilaporkan. Jaringan *node* dan *edge* berwarna oranye lebih mengarah pada alat dari kondisi tidak aman. *Node* dan *edge* berwarna merah muda lebih mengarah pada penyebab dan tempat di mana kondisi tidak aman terjadi. Jaringan *node* dan *edge* berwarna hijau lebih mengarah kepada kondisi, alat, dan tempat terjadinya kondisi tidak aman. Berdasarkan analisis tersebut, hasil pelaporan lebih sering membahas mengenai kondisi, alat, dan tempat yang terdapat di tempat kerja yang dapat menyebabkan kondisi tidak aman. Simpul-simpul inti pada jaringan unit pembangkit Indramayu dapat dilihat dari besarnya skala pada gambar, seperti kata "*damaged*", "*door*", "*broken*", "*unit*" dan "*floor*". Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tidak aman yang terjadi pada unit pembangkit Indramayu dikarenakan kurangnya perhatian terhadap pemeliharaan kondisi peralatan dan perlunya pengecekan rutin pada setiap ruangan yang ada di unit tersebut.

Tabel 8. Network Properties Unit Pembangkit Paiton dan Indramayu

Network Properties	Nilai	
	Paiton	Indramayu
<i>Nodes</i>	142	155
<i>Edges</i>	305	624
<i>Average Degree</i>	1,455	2,388
<i>Average Weighted Degree</i>	10,222	15,674
<i>Network Diameter</i>	11	10
<i>Modularity</i>	0,659	0,549
<i>Average Path Length</i>	3,998	3,52

Melalui pemrosesan data, unit pembangkit dapat dibandingkan dengan membuat jaringan dengan nilai properti. Terdapat properti simpul jaringan yang menggambarkan jumlah interaksi kata kunci pada Tabel 9. Jaringan yang memiliki lebih banyak ikatan *node* menyebabkan penetrasi yang lebih jauh dan lebih cepat [35]. Terdapat 142 *node* pada unit pembangkit Paiton dan 155 *node* pada unit pembangkit Indramayu pada tahun 2020-2023. Semakin besar jumlah *node*, semakin banyak penggunaan kata yang sesuai dengan kata kunci. Properti jaringan *edge* merupakan jaringan atau garis yang menghubungkan *node* dan menggambarkan seberapa banyak diskusi antar *node* [36]. Terdapat 305 *edge* pada unit pembangkit Paiton dan 624 *edge* pada unit pembangkit Indramayu. Distribusi data akan lebih baik jika terdapat lebih banyak *edge* karena terdapat lebih banyak koneksi atau interaksi antar *node*. Selain itu, properti jaringan rata-rata adalah jumlah link yang menghubungkan *node*. Derajat rata-rata menggambarkan rasio jumlah total ikatan jaringan terhadap jumlah semua ikatan [35]. Pada jaringan unit pembangkit Paiton sebesar 1.455 sedangkan unit pembangkit Indramayu sebesar 2.388. Semakin besar rata-rata derajat, maka semakin cepat dan mudah penyebaran informasi. Dalam sebuah graf jaringan, jumlah rata-rata bobot tautan yang menghubungkan *node* ke *node* lainnya digambarkan dengan properti jaringan yang dikenal sebagai derajat tertimbang rata-rata. Rata-rata derajat tertimbang yang dihasilkan oleh jaringan unit pembangkit Paiton adalah 10.222, sedangkan unit pembangkit Indramayu menghasilkan rata-rata 15.674. Angka rata-rata derajat tertimbang yang lebih tinggi menunjukkan kecepatan rata-rata penyebaran informasi yang lebih baik [36].

Properti diameter jaringan adalah jarak maksimum atau jarak terpanjang dalam jaringan. Diameter jaringan merepresentasikan jarak yang ditempuh dalam jaringan [37]. Jaringan unit pembangkit Paiton menunjukkan diameter jaringan sebesar 11 sedangkan unit pembangkit Indramayu sebesar 10. Informasi menyebar lebih cepat dan mudah jika diameternya lebih kecil atau lebih pendek. Oleh karena itu, diameter yang kecil mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk langkah informasi. *Modularity* properti jaringan menggambarkan seberapa kuat sebuah grup dalam jaringan. Jaringan unit pembangkit Paiton menunjukkan *modularity* sebesar 0.659 sedangkan unit pembangkit Indramayu menunjukkan *modularity* sebesar 0.549. Semakin besar *modularity* pada suatu jaringan maka semakin baik, artinya kelompok-kelompok yang terbentuk pada jaringan tersebut memiliki hubungan yang solid [36]. *Average path length* adalah rata-rata jarak geodetik atau rata-rata jalur yang ditempuh oleh setiap *node* ke *node* lain. Sifat jaringan pada unit pembangkit Paiton menunjukkan rata-rata panjang lintasan sebesar 3.998 sedangkan pada unit pembangkit Indramayu menunjukkan rata-rata panjang lintasan sebesar 3.52. Peneliti berpendapat bahwa kecenderungan tematik yang dibahas oleh reporter mencerminkan kinerja K3 di masing-masing unit. Sebagai contoh, unit Paiton perlu mengkomunikasikan kepada seluruh pihak yang terlibat dalam patroli K3 untuk memberikan pengawasan lebih terhadap peralatan atau mesin yang sering mengalami kerusakan, dengan cara memonitoring jadwal perawatan agar sistem keamanan dan keselamatan kerja berjalan dengan baik. Tidak jauh berbeda di unit Indramayu, sistem K3 juga perlu adanya pengawasan yang lebih terhadap peralatan dan lokasi-lokasi yang sering terjadi kondisi tidak aman untuk mengurangi atau mencegah terjadinya kondisi tidak aman. Perlu adanya penerapan secara

menyeluruh bagaimana mengidentifikasi kondisi tidak aman yang berkaitan dengan lingkungan kerja dan peralatan yang digunakan di tempat kerja.

V. KESIMPULAN

Studi ini menemukan bahwa terdapat perbedaan isu utama di kedua unit pembangkit listrik tersebut. Laporan pekerja unit Paiton lebih mengarah pada respons K3 yang berkaitan dengan patroli dan pengecekan rutin. Hasil analisis statistik klasifikasi kata tematik menunjukkan bahwa pelaporan di unit Paiton mengarah pada respons sebesar 40%, berbeda dengan unit Indramayu yang sebesar 11,43%. Temuan ini menunjukkan bahwa tingkat pelayanan tim patroli memiliki pengaruh besar terhadap kondisi tidak aman yang terjadi di unit Paiton. Namun, pelaporan pada unit Indramayu lebih mengarah kepada kondisi, alat dan tempat yang menyebabkan kondisi tidak aman dengan perhatian sebesar 22,85%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pelaporan kondisi tidak aman pada kedua unit pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Pelaporan pada unit pembangkit Indramayu lebih difokuskan pada situasi, lokasi, dan peralatan yang dapat mengakibatkan kondisi berbahaya, pelaporan pada unit pembangkit Paiton lebih difokuskan pada respons dan keadaan yang menyebabkan kondisi tidak aman. Hal ini bertujuan agar penyebab kecelakaan kerja yang paling sering dilaporkan, seperti kondisi yang tidak aman, dapat dihindari. Penelitian ini mengindikasikan bahwa unit-unit pembangkit listrik harus meningkatkan kinerja tim Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan memperkuat keterlibatan pekerja dalam memberikan laporan yang lebih rinci dan faktual mengenai masalah-masalah di tempat kerja.

Gambaran umum pelaporan kondisi tidak aman diharapkan dapat diantisipasi dari analisis kondisi tidak aman dengan metode SNA, serta kategori dan hasil visualisasi, untuk membantu setiap unit pembangkit agar dapat memenuhi tujuan perusahaan dan menerima masukan positif dari masyarakat dengan lebih baik. Penelitian ini memiliki keterbatasan terkait data yang dianalisis karena hanya menggunakan laporan kondisi tidak aman. Pada dasarnya kondisi tidak aman hanya merupakan salah satu bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan metode *Social Network Analysis* (SNA) pada data besar sejenis seperti laporan kecelakaan lalu lintas atau laporan kinerja karyawan. Peneliti selanjutnya juga dapat menggunakan penyebab kecelakaan kerja lainnya seperti *unsafe act* atau *near miss*. Kemudian, objek penelitian terkait dapat dilakukan pada bidang lain seperti konstruksi, kesehatan, bisnis dan lain sebagainya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak, tidak akan terwujud dengan baik bagi penulis menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang mendukung selama proses pembuatan penelitian ini, terutama kepada PT PLN Nusantara Power yang telah memberikan izin untuk mengambil data yang dapat dijadikan penelitian. Juga kami mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Bisnis, Hukum dan Ilmu Sosial pada Program Studi Manajemen yang telah memberikan kesempatan serta kontribusi sehingga mempermudah dalam melakukan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] T. Horino, "Acute Kidney Injury: Definition and Epidemiology," in *Acute Kidney Injury and Regenerative Medicine*, Singapore: Springer Singapore, 2020, pp. 3–20.
- [2] B. Brenner and D. Majano, "Expanding Workplace Electrical Safety to Nonelectrical Occupations: Strategies for Reducing Fatal Electrical Injuries," *IEEE Ind. Appl. Mag.*, vol. 27, no. 6, pp. 76–81, Nov. 2021, doi: 10.1109/MIAS.2021.3065319.
- [3] D. G. Fitri, H. Tolle, and H. M. Az-zahra, "Evaluasi dan Perbaikan Antarmuka Aplikasi Mobile IZAT (Aplikasi Zero Accident Assistant) Bidang K3 PT PJB UP Gresik Menggunakan Metode Human-Centered Design," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 10, pp. 9661–9670, 2019, doi: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/6528/3134>.
- [4] P. Kumar, S. Gupta, and Y. R. Gunda, "Estimation of human error rate in underground coal mines through retrospective analysis of mining accident reports and some error reduction strategies," *Saf. Sci.*, vol. 123, p. 104555, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.ssci.2019.104555.
- [5] N. XU, L. MA, Q. Liu, L. WANG, and Y. Deng, "An improved text mining approach to extract safety risk factors from construction accident reports," *Saf. Sci.*, vol. 138, p. 105216, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105216.
- [6] B. U. Ayhan and O. B. Tokdemir, "Accident Analysis for Construction Safety Using Latent Class Clustering and Artificial Neural Networks," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 146, no. 3, p. 4019114, Mar. 2020, doi:

- 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001762.
- [7] B. Zhong, X. Pan, P. E. D. Love, L. Ding, and W. Fang, "Deep learning and network analysis: Classifying and visualizing accident narratives in construction," *Autom. Constr.*, vol. 113, p. 103089, May 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103089.
- [8] S. A. Baghaei Naeini and A. Badri, "Identification and categorization of hazards in the mining industry: A systematic review of the literature," *Int. Rev. Appl. Sci. Eng.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–19, Jan. 2024, doi: 10.1556/1848.2023.00621.
- [9] A. Hasibuan *et al.*, "Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja," in *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, 1st ed., J. Simarmata, Ed. Indonesia: Yayasan Kita Menulis, 2020, p. 204.
- [10] N. Nurrokhman, H. Dwi Purnomo, and K. Dwi Hartomo, "Utilization of Social Network Analysis (SNA) in Knowledge Sharing in College," *INTENSIF J. Ilm. Penelit. dan Penerapan Teknol. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 259–271, Aug. 2020, doi: 10.29407/intensif.v4i2.14460.
- [11] D. Kurniawan, A. Iriani, and D. Manongga, "Pemanfaatan Social Network Analysis (SNA) Untuk Menganalisis Kolaborasi Karyawan Pada Pt. Arum Mandiri Group," *J. Transform.*, vol. 17, no. 2, p. 149, Jan. 2020, doi: 10.26623/transformatika.v17i2.1646.
- [12] P. G. S. Anggraini and I. Yuadi, "Tren Publikasi Climate Change (Perubahan Iklim) Tahun 2020-2023 Pada Scopus," *JUPI (Jurnal Ilmu Perpust. dan Informasi)*, vol. 8, no. 2, p. 213, Nov. 2023, doi: 10.30829/jipi.v8i2.15917.
- [13] N. Noeraida, "Perkembangan publikasi internasional bidang pemantauan radiasi tahun 2011-2019 melalui basisdata Scopus," *Berk. Ilmu Perpust. dan Inf.*, vol. 16, no. 1, pp. 68–82, Jun. 2020, doi: 10.22146/bip.v16i1.296.
- [14] I. Irmawati, L. Kresnowati, E. Susanto, and T. I. Nurfalah, "Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Di Bagian Filing," *J. Manaj. Inf. Kesehat. Indones.*, vol. 7, no. 1, p. 38, 2019, doi: 10.33560/jmiki.v7i1.215.
- [15] N. K. Widyawati, "Pentingnya Penguasaan Konsep Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dalam Mendukung Kinerja Calon Lulusan Pendidikan Kejuruan Di Dunia Kerja," *J. BOSAPARIS Pendidik. Kesejaht. Kel.*, vol. 11, no. 3, pp. 87–93, 2021, doi: 10.23887/jjpkk.v11i3.30675.
- [16] Z. F. Olcay, S. Temur, and A. E. Sakalli, "A research on the knowledge level and safety culture of students taking occupational health and safety course," *Cypriot J. Educ. Sci.*, vol. 16, no. 1, pp. 187–200, Feb. 2021, doi: 10.18844/cjes.v16i1.5519.
- [17] D. Kashmiri, F. Taherpour, M. Namian, and E. Ghiasvand, "Role of Safety Attitude: Impact on Hazard Recognition and Safety Risk Perception," in *Construction Research Congress 2020*, Nov. 2020, vol. 007, no. 1994, pp. 583–590, doi: 10.1061/9780784482872.063.
- [18] F. C. Gondosiswanto, "Analisis Unsafe Act Dan Unsafe Condition Pada Proyek Pembangunan Gedung X," *Dimens. Utama Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 9–14, 2017, doi: 10.9744/duts.4.1.9-14.
- [19] Y. Irawanti, C. Novianus, and A. Setyawan, "Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Perilaku Pelaporan Kecelakaan Kerja pada Pekerja Bagian Produksi PT. X Tahun 2020," *J. Keselam. Kesehat. Kerja dan Lingkung.*, vol. 2, no. 1, pp. 55–63, 2021, doi: 10.25077/jk31.2.1.55-63.2021.
- [20] D. Hidayat and O. Hijuzaman, "Pengaruh Perilaku Tidak Aman (Unsafe Action) Dan Kondisi Tidak Aman (Unsafe Condition) Terhadap Kecelakaan Kerja Karyawan Di Lingkungan Pt. Freyabadi Indotama," *Tek. Ind. Sekol. Tinggi Teknol. Wastukencana Purwakarta*, vol. 4, pp. 15–24, 2014.
- [21] N. Prabowo, "Social Network Analysis for User Interaction Analysis on Social Media Regarding E-Commerce Business," *IJIIS Int. J. Informatics Inf. Syst.*, vol. 4, no. 2, pp. 95–102, Sep. 2021, doi: 10.47738/ijiis.v4i2.106.
- [22] G. Nusantara and I. Merdekawati, "Peran Pers Sebagai Aktor Gerakan Digital Tagar # SolidaritasUntukNTT di Twitter," vol. 05, 2021, doi: 10.24198/jkj.v5i1.33458.
- [23] A. J. Al-Bayati, "Impact of Construction Safety Culture and Construction Safety Climate on Safety Behavior and Safety Motivation," *Safety*, vol. 7, no. 2, p. 41, May 2021, doi: 10.3390/safety7020041.
- [24] C. T. Reis, S. G. Paiva, and P. Sousa, "The patient safety culture: a systematic review by characteristics of Hospital Survey on Patient Safety Culture dimensions," *Int. J. Qual. Heal. Care*, vol. 30, no. 9, pp. 660–677, Nov. 2018, doi: 10.1093/intqhc/mzy080.
- [25] F. N. Hasan, A. S. Aziz, and Y. Nofendri, "Utilization of Data Mining on MSMEs using FP-Growth Algorithm for Menu Recommendations," *MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 22, no. 2, pp. 261–270, Mar. 2023, doi: 10.30812/matrik.v22i2.2166.
- [26] A. Kumari, R. K. Behera, K. S. Sahoo, A. Nayyar, A. Kumar Luhach, and S. Prakash Sahoo, "Supervised link prediction using structured-based feature extraction in social network," *Concurr. Comput. Pract. Exp.*, vol. 34, no. 13, Jun. 2022, doi: 10.1002/cpe.5839.
- [27] M. Mambwe, E. M. Mwanaumo, W. D. Thwala, and C. O. Aigbavboa, "Evaluating Occupational Health and Safety Management Strategy Success Factors for Small-Scale Contractors in Zambia," *Sustainability*, vol. 13, no. 9, p. 4696, Apr. 2021, doi: 10.3390/su13094696.

- [28] E. J. Tetzlaff, K. A. Goggins, A. L. Pegoraro, S. C. Dorman, V. Pakalnis, and T. R. Eger, "Safety Culture: A Retrospective Analysis of Occupational Health and Safety Mining Reports," *Saf. Health Work*, vol. 12, no. 2, pp. 201–208, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.shaw.2020.12.001.
- [29] D. I. Af'idah, D. Dairoh, S. F. Handayani, R. W. Pratiwi, and S. I. Sari, "Sentimen Ulasan Destinasi Wisata Pulau Bali Menggunakan Bidirectional Long Short Term Memory," *MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 21, no. 3, pp. 607–618, Jul. 2022, doi: 10.30812/matrik.v21i3.1402.
- [30] D. C. U. Lieharyani and R. Ambarwati, "Visualisasi Data Tweet di Sektor Pendidikan Tinggi Pada Saat Masa Pandemi," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 116–123, Jun. 2022, doi: 10.47065/bits.v4i1.1551.
- [31] Z. Hou, F. Cui, Y. Meng, T. Lian, and C. Yu, "Opinion mining from online travel reviews: A comparative analysis of Chinese major OTAs using semantic association analysis," *Tour. Manag.*, vol. 74, no. January, pp. 276–289, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.tourman.2019.03.009.
- [32] B. Fakhruddin, J. Kirsch-Wood, D. Niyogi, L. Guoqing, V. Murray, and N. Frolova, "Harnessing risk-informed data for disaster and climate resilience," *Prog. Disaster Sci.*, vol. 16, no. September, p. 100254, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.pdisas.2022.100254.
- [33] E. Muller and R. Peres, "The effect of social networks structure on innovation performance: A review and directions for research," *Int. J. Res. Mark.*, vol. 36, no. 1, pp. 3–19, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.ijresmar.2018.05.003.
- [34] S. Azad and S. Devi, "Tracking the spread of COVID-19 in India via social networks in the early phase of the pandemic," *J. Travel Med.*, vol. 27, no. 8, pp. 1–9, Dec. 2020, doi: 10.1093/jtm/taaa130.
- [35] L. Yuliana and D. Ardhyaksa, "Analysis Of Unsafe Action And Unsafe Condition Based On Occupational Health And Safety Reporting Programs," *J. Glob. Res. Public Heal.*, vol. 4, no. 2, pp. 78–86, 2019, doi: 10.30994/jgrph.v4i2.40.
- [36] A. S. Rachma, R. Ambarwati, and M. Yani, "Comparison of Twitter Users' Perception of Content Marketing Effectiveness and Service Quality in Two Online Transportation," *Almana J. Manaj. dan Bisnis*, vol. 7, no. 1, pp. 134–146, Apr. 2023, doi: 10.36555/almana.v7i1.2132.
- [37] A. N. Navisha, R. Ambarwati, and M. Hariasih, "Twitter Social Network Interaction As Customer Engagement In Competition For E-Commerce E-Health Performance In Indonesia," *J. Manajerial*, vol. 10, no. 02, p. 303, Jun. 2023, doi: 10.30587/jurnalmanajerial.v10i02.5279.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.