

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keselamatan kerja merupakan aspek penting yang mendukung pencegahan kecelakaan kerja dan kelancaran operasional dalam sektor industri. Namun, dalam penerapan di lingkungan kerja masih kurang karena kecelakaan kerja di Indonesia menunjukkan peningkatan yang mengkhawatirkan. Berdasarkan data dari BPJS Ketenagakerjaan dalam lima tahun terakhir, terlihat adanya peningkatan jumlah klaim untuk perlindungan kecelakaan kerja. Pada tahun 2019, tercatat sebanyak 182.835 kasus kecelakaan kerja. Angka ini terus meningkat pada tahun-tahun berikutnya, dengan 221.740 kasus di tahun 2020 dan 234.370 kasus pada tahun 2021. Tren kenaikan ini berlanjut pada tahun 2022, di mana jumlah kasus mencapai 297.725. Bahkan, sepanjang periode Januari hingga November, kasus kecelakaan kerja telah mencapai angka 360.635. Kendati demikian keselamatan kerja menjadi faktor utama untuk mengurangi risiko angka kecelakaan kerja.

Peningkatan ini menunjukkan adanya celah dalam penerapan keselamatan kerja, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD) sebagai salah satu upaya mencegah kecelakaan kerja. Tidak menggunakan APD seperti, helm dan rompi merupakan pelanggaran terhadap aturan keselamatan kerja yang dimana berpotensi menyebabkan korban jiwa dan kerugian materi yang cukup besar, baik bagi pekerja maupun perusahaan (Asgaruddin, 2023). Selain itu akan berdampak pada menurunnya produktivitas dari pekerja, yang nantinya akan mengganggu pada operasional perusahaan (Keselamatan dkk., 2023). Data pelanggaran APD yang didapat sering kali memiliki pola-pola yang sulit diidentifikasi secara rinci karena data yang tersedia kurang terstruktur dan belum dianalisis secara mendalam. Padahal, identifikasi pola pelanggaran sangat penting untuk mendukung sistem preventif yang efektif.

Pengamatan awal yang dilakukan di lingkungan PT Pelindo Marine Service menunjukkan bahwa pelanggaran penggunaan APD terjadi secara berulang di hampir semua area operasional. Setiap lokasi mencatatkan insiden pelanggaran, yang meskipun bervariasi dalam intensitas, menunjukkan adanya pola ketidakpatuhan yang konsisten. Hal ini menandakan bahwa permasalahan tidak hanya terjadi secara individu, melainkan telah menjadi fenomena kolektif yang memerlukan pendekatan analitis untuk memahami pola dan tingkat risikonya.

Sistem preventif dalam keselamatan kerja membutuhkan pemahaman mendalam tentang pola pelanggaran APD untuk mempermudah tim Keselamatan Kesehatan Kerja (K3) dalam mengantisipasi risiko kecelakaan. Dengan mengetahui pola cluster pelanggaran, tim K3 dapat memprediksi area atau waktu tertentu dengan risiko pelanggaran tinggi sehingga langkah pencegahan dapat dilakukan lebih dini. Tanpa adanya analisis pola yang akurat, tindakan pencegahan sering kali

bersifat reaktif, yaitu hanya dilakukan setelah terjadi pelanggaran atau kecelakaan. Hal ini menempatkan perusahaan pada posisi yang rentan terhadap risiko kecelakaan kerja yang berulang. Salah satu metode analisis yang cocok dan tepat yaitu analisis klaster.

Analisis klaster merupakan metode analisis statistika, dimana berguna untuk mengelompokkan beberapa objek berdasarkan kedekatan karakteristiknya (Setiawan & Zahra, 2023). Banyak penelitian yang menerapkan analisis klaster ini, penelitian terkait pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan sektor non migas, didapatkan hasil jumlah klaster 2 pada sektor pertanian dan 3 pada sektor industri (Putri dkk., 2024). Penelitian lain menggunakan metode *K-Means* (Alfiah dkk., 2021), (Miranda dkk., 2024). Analisis klaster dapat diaplikasikan pada data berbasis deret waktu, Pada penelitian ini menggabungkan analisis klaster dengan unsur deret waktu, biasanya dikenal dengan *time series clustering*. Penggunaan metode *time series clustering* dapat memberikan informasi yang lebih beragam dibandingkan menggunakan analisis clustering pada umumnya (cross section) (Putri dkk., 2024). Penelitian sebelumnya terkait *time series clustering* (Putu Widya Adnyani & Robinson Sihombing, 2021). Data yang digunakan pada *time series clustering* yaitu data yang mencatat dalam urutan waktu tertentu, seperti setiap hari, minggu atau bulan. Hal yang membedakan dengan analisis klaster lainnya yaitu penggunaan metode perhitungan jarak. Salah satu metode perhitungan jarak yang digunakan dalam *time series clustering* adalah *dynamic time series* (DTW). Metode ini adalah salah satu metode pendekatan jarak yang sangat cocok dan tepat untuk data berbasis *time series clustering*. Penelitian terkait clustering menggunakan pendekatan DTW pada indeks pembangunan manusia jenis kelamin perempuan (Sirodj dkk., 2023).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini perlu dilakukan untuk menganalisis pola pelanggaran penggunaan alat pelindung diri (APD) di lingkungan kerja dengan mempertimbangkan pola *series* waktu pelanggaran. Metode yang digunakan adalah klaster dengan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW). Pengelompokan dilakukan menggunakan algoritma *complete linkage* yang mampu menghasilkan klaster lebih rapat dibandingkan *single linkage* (Setiawan & Zahra, 2023), sehingga diharapkan menghasilkan pengelompokan yang akurat sesuai karakteristik data. Penelitian ini juga mengembangkan sistem visualisasi analitik APD berbasis web untuk memvisualisasikan hasil analisis, menggunakan data dari 6 kamera CCTV di area galangan PT Pelindo Marine Service, sebuah perusahaan sektor jasa maritim yang bertanggung jawab atas operasional dan keselamatan pelabuhan. Website pada sistem ini dirancang untuk menampilkan pola pelanggaran penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) secara detail dan terstruktur. Melalui proses unggah data dalam format CSV, sistem akan melakukan validasi data, kemudian menjalankan analisis klaster menggunakan metode *Dynamic Time Warping* (DTW) untuk mengelompokkan pola pelanggaran

berdasarkan kemiripan deret waktu. Hasil analisis ini divisualisasikan melalui website analitik yang menampilkan grafik klaster, statistik pelanggaran per area, dan riwayat harian pelanggaran. Dengan tampilan yang informatif dan mudah dipahami, website ini mendukung pihak Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta Sumber Daya Manusia (SDM) dalam memantau kondisi lapangan, mengelola data pelanggaran, serta mengambil tindakan preventif secara lebih tepat. Sistem ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efektivitas pengawasan keselamatan kerja, tetapi juga menjadi acuan dalam pengembangan sistem monitoring serupa di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menerapkan metode *time series clustering* pada kasus pelanggaran penggunaan alat pelindung diri (APD) di lingkungan kerja?
2. Bagaimana mengevaluasi efektivitas penggunaan pendekatan *Dynamic Time Warping* (DTW) dalam mengidentifikasi pola pelanggaran APD berdasarkan data dari 9 daerah pengawasan CCTV PT Pelindo Marine Service?
3. Bagaimana mengimplementasikan hasil analisis pola pelanggaran APD ke dalam platform website visualisasi analitik secara efektif?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan metode *time series clustering* dengan pendekatan *Dynamic Time Warping* (DTW) pada kasus pelanggaran penggunaan alat pelindung diri (APD) di PT Pelindo Marine Service.
2. Mengevaluasi efektivitas pendekatan *Dynamic Time Warping* (DTW) dalam mengidentifikasi dan mengelompokkan pola pelanggaran APD berdasarkan waktu dan periode tertentu.
3. Mengimplementasikan hasil model analisis kedalam website untuk memvisualisasikan data secara efektif, sehingga memudahkan pihak terkait dalam pengawasan dan pengambilan tindakan yang tepat.

1.4 Batasan dan Asumsi Penelitian

Batasan dari penelitian ini adalah :

1. Pada penelitian ini menggunakan data pelanggaran penggunaan alat pelindung diri (APD) yang tercatat oleh sistem pendeteksian pelanggaran penggunaan APD yang berintegrasi pada CCTV di PT Pelindo Marine Service, yaitu data pelanggaran dengan rentang waktu 2 bulan yaitu Februari dan Maret.

2. Penelitian ini hanya menganalisis pelanggaran terhadap penggunaan dua jenis APD yaitu helm dan rompi.
3. Penelitian ini menggunakan data yang sudah tersedia di PT Pelindo Marine Service berupa data pelanggaran APD pada 6 daerah pengawasan CCTV.

Asumsi dari penelitian sebagai berikut :

1. Asumsi data yang digunakan adalah data pelanggaran yang tercatat secara akurat sesuai lapangan, yang mana didapat dari sistem pendeteksian pelanggaran penggunaan APD yang berintegrasi dengan CCTV di Pelindo Marine Service.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi analitis untuk meningkatkan pengawasan dan pengambilan keputusan terhadap pelanggaran penggunaan alat pelindung diri (APD) berupa pengelompokkan pola pelanggaran berdasarkan waktu dan lokasi tertentu.
2. Menyediakan informasi kepada pihak terkait seperti divisi Sumber Daya Manusia (SDM), Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) tentang pola pelanggaran APD, sehingga membantu melakukan tindakan berupa pencegahan dan pemberian sanksi yang tepat.
3. Memberikan contoh penerapan bagaimana teknologi berupa data analitik dalam meningkatkan keselamatan kerja pada studi kasus di sektor maritim, agar dapat menjadi acuan kepada perusahaan lain pada bidang serupa.
4. Menjadi referensi bagi peneliti lain terkait metode *time series clustering* dengan DTW.