

ABSTRAK

Transformasi industri 4.0 dicirikan dengan penggunaan teknologi pemrosesan data pada waktu nyata untuk mendiagnosis gangguan potensial dalam produksi. Perusahaan sulit bertahan dalam persaingan jika tidak mampu beradaptasi dengan perubahan era industri, termasuk dalam industri transportasi. Industri penerbangan menjadi penting bagi NKRI yang memiliki wilayah kepulauan. Aktivitas penerbangan tersusun atas jadwal yang berimplikasi dan membentuk sistem kompleks sehingga rapuh terhadap gangguan. Gangguan pada bandara memicu dampak pembatalan yang meluas. Popularitas industri 4.0 berdampak pada perubahan karakteristik data, menjadi data berskala besar. Namun, di Indonesia, keberadaan data penerbangan berjumlah besar belum diolah dengan baik. Padahal, data mampu memberikan pengetahuan yang penting digunakan dalam mendukung strategi dasar kemenhub, yaitu pengembangan penerbangan dan infrastruktur pendukung untuk meningkatkan konektivitas antar daerah di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan struktur dan tingkat ketahanan jaringan penerbangan yang dibentuk oleh rute terjadwal dalam menghadapi berbagai gangguan. Temuan dalam penelitian dapat digunakan sebagai pengetahuan dasar dalam membentuk perencanaan sistem penerbangan nasional yang terpadu, handal, dan terarah. Teknik *data mining* digunakan untuk mengolah data berskala besar sehingga menemukan pola tersembunyi untuk mengambil keputusan yang gagal ditemukan melalui analisis tradisional dan teknik statistik

Analisis jaringan modern, yang merupakan pengembangan dari teknik *graph based data mining*, digunakan untuk memberikan pengetahuan tentang struktur dan tingkat ketahanan jaringan penerbangan secara keseluruhan saat menghadapi berbagai gangguan. Teknik ini dimulai dari pemahaman bisnis, pemahaman data, persiapan data, pemodelan data, evaluasi, dan penempatan. Gangguan dimodelkan melalui perkolasi pada jaringan. Evaluasi ketahanan jaringan dalam menghadapi gangguan diukur melalui variabel ketahanan jaringan dengan sub variabel *giant connected component* dan *survived link*.

Jaringan rute penerbangan domestik di Indonesia merupakan jaringan yang memiliki arah, memiliki bobot, berjenis *scale-free*, dan masih berpeluang besar untuk dikembangkan. Urutan kepentingan bandara berbeda – beda berdasarkan pengukuran sentralitas. Berdasarkan proporsi keterhubungan bandara dan proporsi penerbangan terjadwal yang terlaksana ketika menghadapi gangguan, jaringan rute penerbangan memiliki ketahanan yang lebih besar ketika menghadapi gangguan acak dibandingkan serangan terencana berdasarkan seluruh pengukuran sentralitas.

Berdasarkan temuan, pembuatan jadwal dan rute diantara bandara *spoke* mampu menurunkan ketergantungan operasional pada bandara *hub*, yang merupakan titik rentan. Hal tersebut mampu meminimalisir risiko pembatalan penerbangan masal. Selain itu, pengembangan bandara *hub* menjadi dua lokasi yang berbeda (*multi-hub*) mampu memperlambat penyebaran gangguan. Pada akhirnya, perhatian keamanan yang lebih besar penting untuk diberikan bagi bandara *hub* untuk mencegah kerugian baik ekonomi dan sosial bagi berbagai pihak.

Kata Kunci: Ketahanan Jaringan; Jaringan Rute Penerbangan; Gangguan Operasional; Perkolasi pada Jaringan