

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kereta api sebagai moda transportasi massal semakin menunjukkan keunggulan yang kompetitif dibandingkan dengan kapasitas pelayanan jalan raya yang memiliki keterbatasan (Kementerian Perhubungan, 2018). Keunggulan moda perkeretaapian tidak lepas dari perkembangan teknologi perkeretaapian sehingga semakin cepat, aman, hemat energi dan ramah lingkungan. Moda kereta api mempunyai peran dalam pembangunan transportasi berkelanjutan turut serta pada penghematan energi dan peningkatan kualitas lingkungan. Pengembangan moda transportasi kereta api diharapkan menjadi poros angkutan barang dan angkutan perkotaan sehingga mampu menjadi salah satu motor perekonomian nasional. Penyelenggaraan moda kereta api diharapkan dapat terintegrasi dengan moda transportasi lainnya agar lebih efisien dan efektif, sehingga dapat menjadi motor penggerak perekonomian nasional (Kementerian Perhubungan, 2018). Perkembangan perkeretaapian sangat diperlukan dalam kegiatan transportasi suatu negara karena transportasi sebagai tulang punggung pembangunan menentukan pertumbuhan ekonomi suatu negara dan kereta api merupakan moda transportasi yang harus dikembangkan (Dwiatmoko, 2016). Sarana prasarana kereta api dirancang untuk memindahkan orang dan atau barang dalam jumlah besar dengan aman, cepat, nyaman, teratur, tertib, dan efisien. Sehingga peran perkeretaapian bertujuan untuk menjadi *leading transportation mode* dalam membentuk kerangka lintas transportasi nasional yang mampu menjaga pergerakan orang, dan barang di seluruh wilayah Indonesia. (Pemerintah Republik Indonesia, 2009). Mempertahankan keunggulan pelayanan moda transportasi yang andal tentunya tidak terlepas dari perawatan yang baik dan berkelanjutan.

Indonesia merupakan negara kedua di Asia tepatnya, setelah India yang memiliki jaringan kereta api tertua, China dan Jepang menyusul pembangunan jalur kereta api setelah Indonesia (Dwiatmoko, 2016). Pada hari Jumat tanggal, 17 Juni 1864, Gubernur Jenderal Belanda Mr. L.A.J. Baron Sloet Van De Beele melakukan pencangkulan pertama badan jalan rel. Kereta Api di Indonesia sepanjang 26 km pada lintas Kemijen-Tanggung oleh *NV. Nederlandsch Indische Spoorweg Maatschappij (NIS)*. Jalur kereta api lintas Kemijen-Tanggung mulai dioperasikan untuk umum pada tanggal 10 Agustus 1867. NIS

melanjutkan pembangunan jalan rel lintas Semarang Tawang – Solo Balapan sepanjang 110 km pada tahun 1870. Hal ini memberikan dampak positif kepada investor dan pemerintah dalam pembangunan jaringan jalan rel di daerah lain Pulau Jawa. Berdasarkan hukum, pembangunan jalan rel di Pulau Jawa disetujui dengan berlakunya undang-undang pembangunan jalan rel oleh pemerintah Hindia Belanda pada tanggal 6 April 1875. Pembangunan jalan rel di Pulau Jawa bertumbuh pesat pada periode 1864 – 1900 menjadi 3.338 km, pada tahun 1939 panjang jalan rel kereta api di Indonesia sudah mencapai 6.811 km (Juraiddkk., 2020). Pasca kemerdekaan Republik Indonesia sampai dengan saat ini, pemerintah telah mengoperasikan jalur kereta api Lintas Pulau Jawa sepanjang 727 km (Trirahmi & Elandis, 2014). Konstruksi jalur ganda tersebut merupakan karya putra-putri Indonesia, pencapaian pembangunan jalur ganda tersebut dibutuhkan untuk meningkatkan kapasitas lintas dan meningkatkan keamanan perjalanan kereta api, dengan jalur ganda persilangan antara kereta api dapat dihilangkan, dengan demikian potensi kecelakaan kereta api dapat dihindari. Konsep jalur ganda hanya ada penyusulan kereta api kelas ekonomi oleh kereta api kelas eksekutif di jalur simpang (*sidding*) di emplasemen stasiun (PT. Kereta Api Indonesia, 2019). Fase konstruksi jalur ganda yang telah selesai selanjutnya akan masuk pada fase perawatan konstruksi jalan rel yang berkelanjutan demi mewujudkan perjalanan kereta api yang aman dan nyaman. Fase perawatan ini merupakan upaya dalam menjaga prasarana jalan rel yang dibangun dari masa ke masa, sehingga setelah selesai masa konstruksinya, agar tetap memiliki performa yang baik dan konstruksi jalan rel dapat sesuai dengan umur rencana jika dilakukan perawatan secara rutin, berkala, dan peningkatan.

Pembangunan infrastruktur prasarana perkeretaapian di Indonesia sebaiknya selaras dengan perawatan prasarana perkeretaapian. Menjaga prasarana jalan rel untuk selalu dalam kondisi berfungsi dengan prima, aman, dan nyaman. Ditunjukan dengan berjalannya sarana kereta api pada kecepatan operasi yang sudah ditentukan di dalam grafik perjalanan kereta api. Pembangunan dan peningkatan infrastruktur kereta api akan meningkatkan pelayanan transportasi, karena pelayanan transportasi perkeretaapian yang baik perlu didukung infrastruktur yang baik juga sehingga infrastruktur harus direncanakan dan dirancang sesuai dengan kebutuhan kapasitas yang akan datang (Basile, 2007). Prasarana perkeretaapian berupa jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api menjadi kewenangan pemerintah selaku regulator, sedangkan sarana

kereta api menjadi kewenangan PT. Kereta Api (Persero) sebagai operator (Pemerintah Republik Indonesia, 2007a). Amanah undang-undang menjelaskan pemerintah mempunyai kewajiban menyediakan serta merawat prasarana kereta api, mempertahankan keandalan prasarana perkeretaapian agar tetap laik operasi serta memenuhi persyaratan keselamatan yang dibuktikan melalui pemeriksaan dan pengujian.

Perencanaan perawatan sangat membutuhkan data dan informasi nyata dari lapangan terhadap kondisi prasarana, sehingga dapat ditentukan prioritas klasifikasi perawatan apa yang akan dilakukan. *Track quality index (TQI)* merupakan salah satu ukuran terjadinya kerusakan atau penurunan kelaikan dari geometri jalan rel, dan *sub structure* jalan rel. Data *track quality index* pada geometri jalan rel di perkeretaapian Indonesia digunakan sebagai dasar pekerjaan pemeliharaan dan investigasi kecelakaan (Setiawan & Rasyidi, 2016). Dalam perencanaan perawatan jalan rel sangat membutuhkan data indeks kualitas jalan rel tersebut, karena data TQI memiliki informasi tingkatan kategori kerusakan yang harus diperbaiki. Data mulai dari kategori 1 nilai standar deviasi TQI kurang dari 20 pada kondisi jalan rel yang dinyatakan nyaman dengan kecepatan operasi yang diizinkan 100-120 km/jam dan dapat dilakukan perawatan rutin. Kategori 2 memiliki nilai standar deviasi $20 \leq TQI \leq 35$, pada kondisi rel dinyatakan aman dengan kecepatan operasi 80-100 km/jam dengan tingkatan perawatan berkala. Kategori 3 nilai standar deviasi $35 \leq TQI \leq 50$, kondisi jalan rel dinyatakan sebagai waspada dengan kecepatan operasi hanya 60-80 km/jam sehingga dibutuhkan peningkatan jalan rel. Sedangkan kategori 4 nilai standar deviasi TQI lebih besar dari 50 kondisi ini dianggap berbahaya dengan kecepatan operasi 40-60 km/jam dengan pemasangan semboyan pembatasan kecepatan tetap, bersifat segera dilakukan perbaikan dan peningkatan jalan rel. Kategori 1 dan 2 perawatan dilakukan secara rutin dan berkala, pada kategori 3 perawatan dilakukan dengan peningkatan atau penggantian material sedangkan pada kategori 4 dengan kondisi berbahaya sehingga operasi kereta api dibatasi dengan pemasangan semboyan pembatas kecepatan tetap (taspat) pada kondisi ini diperlukan peningkatan dengan penggantian material baru.

Kondisi geologi dilintas utara dan lintas selatan Pulau Jawa, menjadi pertimbangan yang penting dalam perawatan prasarana jalan kereta api. Hal ini dapat dilihat dari daerah yang rawan, dan pemasangan semboyan pembatasan kecepatan (Taspat) dilintas utara, dan lintas selatan, pemasangan taspat sangat berkaitan dengan nilai kategori TQI yang

rendah. Kajian terhadap kondisi klaster geologi di lintas utara dengan jenis tanah lunak hasil dari endapan sungai, dimana daya dukung tanah menjadi problematik tersendiri, sedangkan di lintas selatan sebagai besar kondisi geologi berasal dari material letusan gunung berapi, dengan lereng perbukitan yang sangat berpotensi bermasalah pada stabilitas tanah.

Pengoperasian kereta api di Indonesia belum maksimal, hal ini dipengaruhi oleh keandalan perawatan prasarana, yang dinilai berdasarkan kategori TQI. Studi yang mendalam tentang model prediksi perawatan jalur kereta api berdasarkan data *track quality index* di Indonesia sampai dengan saat ini belum banyak dilakukan. Sehingga metode dan model probability dalam menghitung prediksi *track quality index* dalam menentukan kategori TQI untuk perawatan jalur kereta api yang berjalan selama ini perlu ditelaah lebih mendalam dan dikembangkan mengikuti kondisi aktual prasarana yang sudah terbangun dan di operasikan di Pulau Jawa pada saat ini, dengan tujuan dapat mengandalkan pengoperasian kereta api di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Penentuan perawatan jalan rel membutuhkan data *track quality index* dari kereta ukur jalan rel. Permasalahan yang muncul dari kereta ukur jalan rel tersebut adalah panjang jalan rel terukur setiap tahun belum bisa maksimal melakukan pengukuran, dikarenakan kereta ukur jalan rel hanya 1 (satu) unit di Pulau Jawa dengan seri KUJR EM-120, dan 1 (satu) unit di pulau Sumatera seri KUJR HKPW U-76501. Kereta ukur jalan rel di Pulau Jawa melakukan pengukuran secara triwulan setiap tahunnya, panjang jalan rel terukur setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 1.1. Permasalahan jalan rel yang belum terukur setiap tahunnya disebabkan keterbatasan jumlah unit KUJR, kendala utama dalam penambahan KUJR karena membutuhkan nilai investasi yang sangat besar. KUJR tidak memiliki nilai ekonomi pengembalian keuntungan kepada operator, dan pengoperasian KUJR sangat mempengaruhi kapasitas lintas jalur kereta api komersial.

Tabel 1.1 Panjang Jalan Rel Terukur di Pulau Jawa

Uraian	Panjang jalan rel (km'sp) terukur							
	2006	2007	2008	2009	2016	2017	2018	2019
Kategori 1 ($Q \leq 20$)	424,67	448,32	448,00	572,00	1.407,52	1.792,99	2.004,31	1.989,41
Kategori 2 ($20 < Q \leq 35$)	1.975,33	2.257,89	2.376,00	2.375,60	1.789,40	1.628,16	1.638,64	1.492,66
Kategori 3 ($35 < Q \leq 50$)	1.150,00	912,48	902,00	905,75	488,89	363,63	190,96	244,88
Kategori 4 ($Q > 50$)	1.125,01	1.045,39	1.044,00	927,27	121,29	84,23	76,48	42,70

Uraian	Panjang jalan rel (km'sp) terukur							
	2006	2007	2008	2009	2016	2017	2018	2019
Jumlah	4.675,01	4.664,08	4.770,00	4.780,62	3.807,10	3.869,01	3.910,39	3.769,65
Prosentase Jalur KA terukur	82,97%	82,78%	84,66%	84,85%	67,57%	68,67%	69,40%	66,90%
Prosentase Jalur KA tidak terukur	17,03%	17,22%	15,34%	15,15%	32,43%	31,33%	30,60%	33,10%

Sumber: Laporan realisasi TQI PT.KAI, 2019

Tabel 1.1 di atas menunjukkan persentase panjang jalan rel terukur dan tidak terukur pada lintas raya, cabang, dan emplasemen, setiap tahunnya pengukuran mengalami penurunan dikarenakan sarana yang sudah cukup tua dengan performa yang menurun, berdasarkan data tersebut pada tahun 2019 masih ada jalan rel yang belum terukur sebesar 33,10%. Untuk memenuhi kebutuhan data *track quality index* pada jalan rel yang tidak terukur oleh KUJR, karena KUJR hanya beroperasi 1 unit di Pulau Jawa, sehingga dibutuhkan model prediksi kategori TQI sebagai dasar melakukan perawatan prasarana jalan rel yang tidak selalu terukur oleh kereta ukur jalan rel.

1.3 Perumusan Masalah

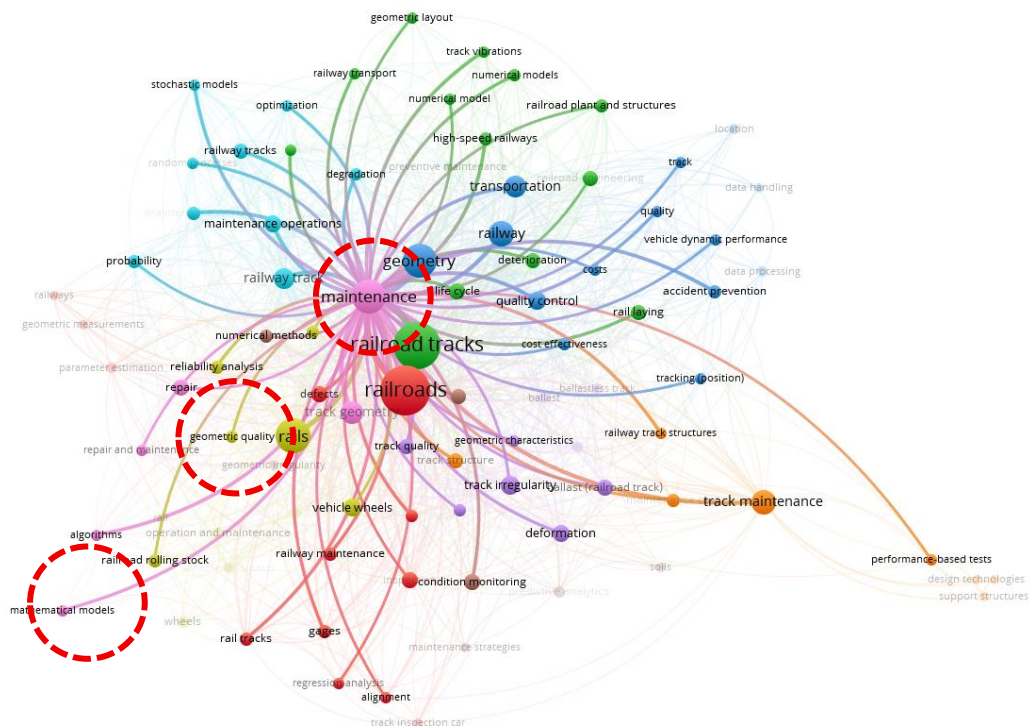
Perumusan masalah dalam penelitian dengan Judul “Model Prediksi Kategori Perawatan Prasarana Jalan Rel di Pulau Jawa” ini berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah terdiri atas berbagai pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi pengaruh geometri jalan rel terhadap prediksi kategori TQI?
2. Bagaimana menganalisis klaster geologi di Lintas Utara, dan Lintas Selatan Pulau Jawa mempengaruhi kategori *track quality index*?
3. Bagaimana membangun model probabilistik dengan teknik *machine learning* yang dapat digunakan untuk memprediksi kategori *track quality index*?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini menghasilkan model prediksi kategori TQI pada jalan rel yang terukur oleh kereta ukur jalan rel (KUJR) dan tidak terukur (ukur manual), untuk memperoleh nilai kategori TQI guna perawatan prasarana jalan rel di Pulau Jawa. Tujuan penelitian yang akan dicapai pada penelitian ini adalah:

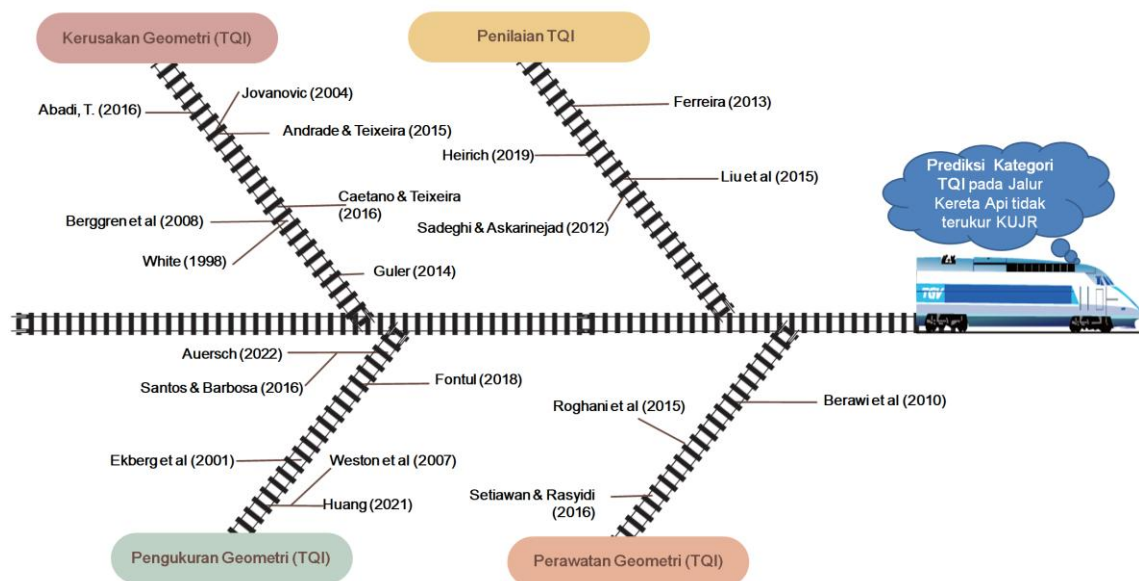
1. Mengidentifikasi dan mengukur parameter geometri jalan rel untuk memprediksi kategori TQI.
2. Menganalisis pengaruh klasterisasi geologi terhadap kategori *track quality index*.



Gambar 1.2 Penelitian Hubungan Antara Perawatan Jalan Rel, Kualitas Geometri Jalan Rel dan Model Prediksi

Sumber: *VOSviewer* (2022)

Untuk melihat prediksi kategori TQI yang akan digunakan untuk pengajuan perawatan jalan rel, ikhtisar tinjauan literatur, dan faktor-faktor yang timbul perihal permasalahan kebutuhan perawatan prasarana jalan rel seperti disajikan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 *Fishbone* diagram menunjukkan prediksi kategori perawatan jalan rel

Tabel 1.2 Meta Analisis

Penulis	Studi kasus	Parameter Geometri Indeks				Metode	Hasil
		Listring	Angkatan	Pertinggian	Lebar sepur		
Abadi dkk., (2018)	Prancis	-	-	-	-	<i>Southampton Railway Testing Facility (STRF)</i>	Mengukur kinerja batu balas dan kemiringan bahu batu balas pada jalur kereta api
Andrade, (2008)	Erupa: France, Spain, Germany, Italy	-	-	-	-	<i>Life-cycle Cost (LCC)</i>	Dasar mengambil kebijakan perawatan dan evaluasi pembaruan batu balas dan rel yang optimal dari perspektif biaya
Andrade & Teixeira, (2011)	Potugal	-	-	-	-	<i>Simulasi Monte Carlo</i>	Simulasi penilaian siklus pemeliharaan jalur kereta api
Andrade & Teixeira, (2015)	Lisbon-Oporto, Portugal	√	√	√	√	<i>Hierarchical Bayesian Models (HBM)</i>	Model degradasi geometri jalan kereta api
Auersch, (2022)	Jerman	-	-	-	-	<i>Frequency-Wavenumber Domain Methods</i>	Mengukur induksi penyimpangan getaran tanah yang mempengaruhi geometri jalan kereta api
Aulia & Parikesit, (2017)	Yogyakarta, Indonesia	√	√	√	√	<i>AHP</i>	Prioritas perawatan jalan kereta api per koridor
Barbosa, (2016)	Sao Paulo, Brazil	√	√	√	√	<i>Algoritma Navigasi Inersia (INS)</i>	Sistem pengukuran inersia untuk menentukan kualitas jalan rel yang berkeselamatan
Berawi dkk., (2010)	Potugal	√	√	√	√	<i>Regresi Linier</i>	Strategi Pemeliharaan geometri jalan rel yang berbiaya hemat
Berggren dkk., (2008)	Italy	√	√	√	√	<i>Life-cycle Cost (LCC)</i>	Model prediksi keausan roda kereta api untuk meminimalkan biaya perawatan
L. F. Caetano & Teixeira, (2016)	Potugal	√	√	√	√	<i>Multiobjective Genetic Algorithm (MOGA)</i>	Model degradasi geometri jalan kereta api yang mempertimbangkan keakuratan prediksi dalam mengambil keputusan pemeliharaan
(Dindar dkk., 2019)	America	√	√	√	√	<i>Hierarchical Bayesian Models (HBM)</i>	Memodelkan operasi kereta api yang berkeselamatan, dengan pemetaan GIS pada daerah anjlokkan wesel dan perlintasan

Penulis	Studi kasus	Parameter Geometri Indeks				Metode	Hasil
		Listring	Angkatan	Pertingian	Lebar sepur		
Ekberg dkk., (2022)	Swedia	-	-	-	-	<i>Multi Body Dinamic</i>	Model prediksi untuk mengoptimalkan konfigurasi kereta/jalan rel terhadap kinerja fatiq roda kereta api.
Faiz & Singh, (2009)	Inggris	√	√	√	√	<i>GIS - Regresi Linier</i>	Manajemen prioritas perawatan berkala yang efektif dan efisien untuk menekan biaya operasi dan waktu pemberhentian kereta api.
Ferreira, (2013)	Paris - Brussels	-	-	-	-	<i>Regresi Linier</i>	Model Numerik konfigurasi geometri jalan rel terhadap beban dan getaran yang diterima jalan rel dengan matras sub batu balas
Fontul dkk., (2018)	Potugal	√	√	√	√	<i>GPR Analysis - Matlab</i>	Pengukuran indek kualitas jalan rel pada struktur badan jalan rel menggunakan GPR
Guler, (2014)	Turki	√	√	√	√	<i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	Model kerusakan geometri pada faktor beban dinamis, sub structure, material dan lingkungan
Heirich, (2019)	Jerman	√	√	√	√	<i>Bayesian Estimation</i>	Sensor penilaian geometri jalan rel dan pemetaan posisi kereta
Huang, (2021)	China	-	-	-	-	<i>Piecewise linear</i>	Model prediksi penurunan badan jalan berdasarkan pengukuran geometri jalan rel, untuk menentukan perbaikan sub structure
Jovanovic, (2004)	Belanda	√	√	√	√	<i>Life-cycle Cost (LCC), Track Maintenance Management System (TMMS)</i>	Model penurunan kualitas jalan rel, terhadap biaya perawatan atau penggantian
Libor dkk., (2017)	Turki	-	-	-	-	<i>Uji Dinamis</i>	Pengukuran jalur transisi antara jalan rel dengan batu balas dan tanpa batu balas (<i>slab track</i>) pada mulut terowongan
Liu dkk., (2015)	Beijing	√	√	√	√	Membandingkan metode penghitungan TQI berbagai negara	Statistik penilaian pemeliharaan geometri jalan rel
Lutfi, (2011)	Indonesia	√	√	√	√	<i>Value Enginnering (VE)</i>	Model VE untuk efisiensi biaya perawatan jalan rel

Penulis	Studi kasus	Parameter Geometri Indeks				Metode	Hasil
		Listring	Angkatan	Pertinggian	Lebar sepur		
Marschnig dkk., (2021)	Austria	√	√	√	√	<i>CoMPAcT-algorithm</i>	Strategi manajemen aset dengan mengurangi pekerjaan pemecokan, akan mengurangi umur layan dan tuntutan penggantian material jalan rel
Milosevic, (2021)	Swedia	√	√	√	√	<i>Multi Body Simulation (MBS)</i>	Model untuk mengukur akselerasi bantalan pada persilangan di wesel
Roghani dkk., (2015)	Alberta, Kanada	√	√	√	√	<i>Hazard chart</i>	Pengukuran kinerja perawatan jalan kereta api
Sadeghi & Askarinejad, (2012)	Iran	√	√	√	√	<i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	Penilaian kondisi kualitas jalur kereta api dalam mengambil keputusan tentang pemeliharaan dan strategi perbaikan
Santos & Barbosa, (2016)	Brazil	-	-	-	-	Model Matematis	Model untuk mengetahui penyimpangan geometri dari dinamika bogie kereta api
Sadeghi dkk., (2021)	Swedia	-	-	-	-	Studi literatur	Model dukungan keputusan pemeliharaan jalan kereta api, perencanaan dan penjadwalan
Setio dkk., (2009)	Jawa Barat	-	-	-	-	<i>Realibility Centered Maintenance (RCM)</i>	Sistem informasi manajemen perawatan infrastruktur jalan rel kereta api
Setiawan & Rasyidi, (2016)	Indonesia	√	√	√	√	Studi literatur TQI	Ada perbedaan penghitungan nilai kualitas jalan rel dari rumus TQI beberapa negara
Tsang, (1998)	Hongkong	-	-	-	-	SWOT Analisis	Kinerja Pemeliharaan
Wantana dkk., (2021)	Jawa Timur	√	√	√	√	Regresi linier	Penurunan resiko terjadi kecelakaan
Weston dkk., (2007)	Inggris	-	-	-	-	Statistik deskriptif	Penyimpangan geometri dari bogie ke roda pada gelombang dinamis <i>bogie</i> pada sistem suspensi primer
White, (1998)	Virginia	√	√	√	√	<i>Linier regression</i>	Dampak beban roda vertikal, terhadap kekakuan subgrade, mempengaruhi kerusakan geometri jalan rel
Zoeteman, (2001)	Belanda	-	-	-	-	<i>Life-cycle Cost (LCC)</i>	sistem dukungan keputusan biaya perawatan, keandalan, dan ketersediaan anggaran perawatan per tahun
Yudariansyah dkk., (2025)	Indonesia	√	√	√	√	<i>Regresi Logit Multinomial</i>	Prediksi kategori TQI pada cluster jembatan, wesel, perlintasan, lengkung, lurus, dan gelogi

Mengacu beberapa hasil penelitian yang berhubungan dengan model kategori perawatan prasarana jalan rel seperti pada Tabel 1.2 meta analisis di atas dapat dilihat untuk penelitian dalam kurun waktu 1998-2021 diperoleh informasi bahwa penelitian pada kualitas jalan rel, terutama prediksi nilai *track quality index* masih tergolong sangat sedikit. Penelitian perawatan terdahulu dari meta analisis telah dilakukan pada perawatan berkeselamatan, pembiayaan perawatan, kebijakan perawatan dan perawatan geometri. Fase operasi dan pemeliharaan jalur kereta api telah dilakukan penelitian yang menghasilkan konsep perawatan geometri berkelanjutan. Antaranya berhubungan dengan keausan jalan rel pada gesekan roda kereta api yang dilakukan oleh (Berggren dkk., 2008) yang memodelkan keausan jalan rel akibat gesekan roda kereta api untuk meminimalkan biaya pemeliharaan, (L. F. Caetano & Teixeira, 2016) mengembangkan *model degradasi geometric* jalan rel yang mempertimbangkan keakuratan prediksi dalam mendukung keputusan pemeliharaan, (Fontul, 2018) melakukan pengukuran indek kualitas jalan rel pada struktur badan jalan rel dengan menggunakan *ground penetrating radar*, (Huang, 2021) memodelkan prediksi penurunan badan jalan rel berdasarkan pengukuran geometri jalan rel untuk menentukan perbaikan sub struktur badan jalan rel, (Sadeghi & Askarinejad, 2012) mengembangkan penilaian kondisi jalan rel dengan jaringan saraf tiruan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pemeliharaan dan strategi perbaikan jalan rel, (Setiawan & Rasyidi, 2016) mengembangkan studi perbandingan penghitungan nilai kualitas jalan rel dari rumus *track quality index* dari beberapa negara.

Penelitian-penelitian tersebut memperlihatkan penilaian kualitas jalan rel menjadi tolak ukur dalam mengambil keputusan pemeliharaan jalan rel, baik dari pemeliharaan struktur jalan dan rel maupun geometri jalan rel. Belum ditemukan adanya model untuk memprediksi kebutuhan pengukuran kategori TQI tanpa KUJR, sehingga kondisi ini menjadi gap dalam perkembangan penelitian yang telah ada. Oleh sebab itu, hal tersebut menjadi landasan kebaruan (*novelty*) dari penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini akan memodelkan prediksi untuk memperoleh kategori *track quality index* pada jalur kereta api yang tidak terukur oleh kereta ukur jalan rel di Pulau Jawa.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa model/formula dalam penghitungan kategori TQI untuk perawatan prasarana jalan rel guna memperoleh

prioritas penanganan perawatan prasarana jalan kereta api, yang diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Pemerintah / regulator, sebagai bahan masukan dalam pengambilan keputusan hubungannya dengan perencanaan pembangunan, perawatan prasarana dan peningkatan kapasitas jalur kereta api.
2. Bagi PT. Kereta Api selaku operator, memberikan masukan peluang besaran waktu perawatan prasarana jalur kereta api sesuai kondisi aktual lapangan dalam melakukan perencanaan dan pelaksanaan pengoperasian kereta api.
3. Bagi akademisi dan ilmu pengetahuan, sebagai bahan literatur dalam penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan khususnya bidang perkeretaapian yaitu mengenai perawatan prasarana kereta api di Indonesia.
4. Bagi pengguna, keandalan infrastruktur dengan sistem perawatan prasarana yang terencana diharapkan dapat meningkatkan pelayanan kereta api kepada pengguna.

1.7 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan merupakan model prediksi kategori TQI berbasis data parameter geometri jalan rel pada jalur kereta api yang tidak terukur oleh kereta ukur jalan rel seri EM120, dengan validasi data hasil ukur TQI manual meliputi pengukuran pertinggian, angkatan, listringan dan lebar sepur, dengan *device* atau *cluster* perlintasan, wesel, jembatan, lurus dan lengkung. Penelitian dilakukan pada jalur ganda, jalur tunggal, dan kondisi geologi di Lintas Utara dan Lintas Selatan Pulau Jawa.

1.8 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, identifikasi masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang hasil studi literatur yang berupa dasar-dasar kerangka teoritik, dan konsep yang berkaitan dalam penelitian. Dalam tinjauan pustaka ini akan menguraikan hasil penelitian terdahulu untuk mendukung dan memperkuat latar belakang dalam penelitian ini. Bab ini juga membahas dasar pembentukan model logistik multinomial pada probabilitas prediksi kategori TQI yang akan digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian memuat strategi pendekatan, cara, metode, dan tahapan yang digunakan untuk menjawab permasalahan penelitian serta mencapai tujuan penelitian. Bagian ini terdiri dari lokasi penelitian, waktu penelitian, pendekatan penelitian, variabel penelitian, dan teknik pengumpulan data.

BAB IV PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data berisikan tentang pengambilan data di lapangan baik data sekunder dan data primer yang diolah untuk menjawab tujuan penelitian. Pengolahan data KUJR dalam penelitian ini berupa data TQI pada jaringan jalan kereta api di Pulau Jawa, 80% data digunakan untuk pelatihan, dan 20% data uji yang diambil dari data tahun 2019 - 2022. Data ukur manual di ambil sebagai sampel di Lintas Utara Pulau Jawa pada petak jalan rel antara stasiun Semarang Tawang – stasiun Alastua, di Lintas Selatan Pulau Jawa pada petak jalan rel antara stasiun Linggapura – stasiun Bumiayu, dan lintas pencabangan antara Lintas Utara dan Lintas Selatan Pulau Jawa di jalur kereta api antara stasiun Solo Balapan – stasiun Kadipiro berdasarkan data tahun 2023.

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan pembahasan memuat tentang analisis data, analisis variabel, pembentukan model prediksi kategori TQI dari data hasil kereta ukur jalan rel, dan hasil ukur manual, serta validasi dan kalibrasi model pada jalur kereta api Lintas Utara dan Selatan Pulau Jawa.

BAB VI SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN

Simpulan, implikasi, dan saran menjelaskan tentang simpulan hasil penelitian, penerapan penelitian terhadap teori, praktik, kebijakan, dan saran penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA