

ANALISIS KOMPREHENSIF KONDISI REL JALUR KERETA MRT JAKARTA FASE 1 LEBAK BULUS-BUNDARAN HI

Sudarwati ¹⁾, Dede Irfan ²⁾

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik & Perencanaan Universitas Jayabaya
Jakarta Indonesia 13710

Korespondensi: deirfed@gmail.com

Abstrak

Rel merupakan komponen penting dalam operasional kereta api yang harus dipelihara dan dijaga agar tetap dalam kondisi operasional untuk memastikan keselamatan, keamanan, dan keberlanjutan operasi kereta api. Studi ini melakukan analisis komprehensif terhadap kondisi rel dengan mengintegrasikan dan menggabungkan empat variabel penilaian utama: Track Quality Index (TQI), Kerutan Rel, Keausan Rel, dan Kondisi Rel. Setiap variabel diberi persentase tertentu berdasarkan tingkat keparahan dan implikasi dari kategori inspeksi yang dilakukan. Persentase masing-masing adalah sebagai berikut: TQI sebesar 30%, Kerutan Rel sebesar 20%, Keausan Rel sebesar 30%, dan hasil inspeksi Kondisi Rel sebesar 20% (Total Persentase: 100%). Data tersebut diperoleh dari MRT Jakarta Fase 1 Lebak Bulus - Fatmawati Jalur Atas & Jalur Bawah, melalui pengukuran lapangan dengan menggunakan alat khusus untuk setiap variabel inspeksi. Data tersebut dianalisis untuk menghasilkan skor kumulatif yang mewakili keseluruhan kondisi rel secara komprehensif. Skor/persentase yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengambilan keputusan terkait pemeliharaan dan perbaikan rel. Temuan menunjukkan bahwa metode penilaian kumulatif memberikan gambaran yang lebih komprehensif dibandingkan dengan evaluasi variabel individual. Metode kompilasi nilai variabel inspeksi, agregasi, dan analisis menjadi satu kumpulan data yang komprehensif diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap perbaikan manajemen infrastruktur perkeretaapian.

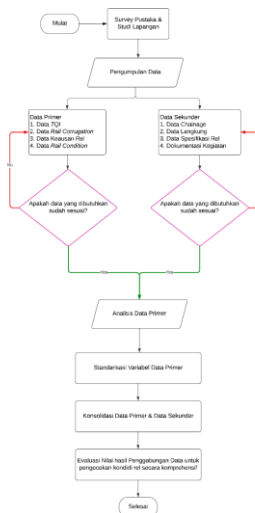
Keywords: Analisis Komprehensif, Skor Penilaian Kondisi Rel, Indeks Kualitas Rel, Keausan Rel, Kerut Rel, Kondisi Rel, Pengujian Non-Destruktif (NDT).

Pendahuluan

Seiring meningkatnya kebutuhan mobilitas di perkotaan, sistem MRT menghadapi tantangan menjaga kondisi rel tetap optimal guna menjamin kelancaran dan keamanan perjalanan. Penilaian struktur rel yang akurat, seperti TQI, keausan rel, rail corrugation, dan pengecekan dengan metode NDT, menjadi penting untuk menghindari kerusakan fatal, menghemat biaya, serta meningkatkan keselamatan dan kenyamanan. TQI (Track Quality Index) adalah parameter utama untuk menilai kondisi rel, mencakup kualitas permukaan, kestabilan, dan geometri rel (Wantana, 2020). Keausan rel terjadi akibat kontak langsung roda kereta, mempengaruhi umur dan kualitas perjalanan, sehingga prediksi keausan diperlukan untuk jadwal

pemeliharaan yang tepat (Anis, 2018). Rail corrugation menyebabkan getaran, kebisingan, dan memperpendek umur rel. Fenomena ini memiliki banyak faktor penyebab sehingga membutuhkan pendekatan yang komprehensif (Grassie, 1993). Selain itu, pengecekan dengan Non-Destructive Test (NDT), seperti penetran test, efektif untuk memeriksa kerusakan tanpa membongkar rel (Bambang, 2021). Analisis komprehensif keempat faktor ini mendukung perencanaan pemeliharaan rel MRT Jakarta Fase 1 guna meningkatkan kenyamanan perjalanan serta keberlanjutan operasional.

Metodologi



Analisis Data

Penelitian Tugas Akhir ini bersifat kuantitatif dengan data berupa angka atau nilai persentase kumulatif yang dihasilkan dari kombinasi formula berbasis empat variabel: *Track Quality Index*, *Rail Corrugation Analysis*, *Rail Wear*, dan *Rail Condition & Defect* menggunakan NDT. Data dikumpulkan melalui observasi dan pengumpulan langsung di lapangan sesuai dengan *Annual Planning* Pemeriksaan *Permanent Way* PT MRT Jakarta Tahun 2024. Data primer diperoleh dari hasil pemeriksaan jalur rel MRT Jakarta Fase Satu (Lebak Bulus-Bundaran HI) yang dilaksanakan pada tahun 2024 dengan jadwal tertentu untuk setiap variabel. Data primer disesuaikan menjadi berbasis *chainage* setiap 200meter agar seragam dalam proses konsolidasi penilaian. Data sekunder digunakan sebagai pendukung analisis yang mencakup informasi penting terkait jalur, seperti *chainage*, data lengkung, spesifikasi rel, dan dokumentasi visual hasil pemeriksaan.

Data Primer

- Data diambil dari pemeriksaan jalur MRT Jakarta Fase Satu (Lebak Bulus-Bundaran HI) Tahun 2024.
- Jadwal pengumpulan data:
 - a. Pemeriksaan *Track Quality Index* (April 2024).

b. Pemeriksaan *Rail Corrugation* (Juni 2024).

c. Pemeriksaan *Rail Wear* (Mei 2024).

d. Pemeriksaan kondisi rel dengan NDT (Maret 2024).

- Data disesuaikan menjadi berbasis *chainage* setiap 200meter agar seragam.

Data Sekunder

- **Chainage:** Informasi jarak jalur MRT untuk identifikasi titik pemeriksaan.
- **Data Lengkung:** Spesifikasi lengkung jalur sebagai variabel tambahan analisis.
- **Spesifikasi Rel:** Informasi teknis rel yang digunakan.
- **Dokumentasi Visual:** Histori kondisi rel dan hasil pemeliharaan.

TQI

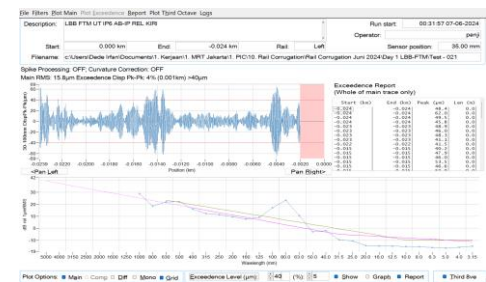
$$S = \sqrt{\frac{\sum xi^2 \sum xi^2}{n(n-1)}}$$

Sampel diambil menggunakan alat *Track Master* dari Kaneko, Jepang, yang menghasilkan data langsung melalui aplikasi terintegrasi. Analisis dilakukan dengan menghitung standar deviasi tiap 200meter jalur berdasarkan empat parameter utama (alignment, longitudinal, gauge, dan cant). Nilai *Track Quality Index* (TQI) dianalisis menggunakan regresi linear berganda untuk menentukan pengaruh setiap parameter, dengan bantuan perangkat lunak *Track Master* dan Microsoft Excel.

Rail Corrugation

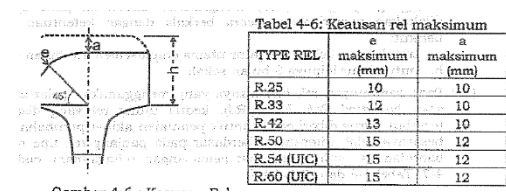
Rail Corrugation diukur menggunakan *Corrugation Analysis Trolley* (CAT) dengan variabel utama *wavelength* dan *amplitude*. Data diperiksa sesuai *Annual Planning* dan dianalisis menggunakan Excel setelah diekspor dari aplikasi CAT. Analisis mencakup grafik, tren, dan perbandingan dengan standar ISO 3095 (2005) untuk memastikan kondisi

gelombang rel aman. Hasil akhirnya dikelompokkan berdasarkan lokasi dan ringkasan *wavelength* serta *amplitude*.



Rail Wear / Keausan Rel

Keausan rel terjadi akibat interaksi roda kereta dan rel yang menciptakan gesekan, mengakibatkan abrasi material rel seiring waktu (Wahyu Tamtomo, 2019). Penyebab utamanya meliputi gaya dinamis, beban tinggi, dan delaminasi akibat retakan *fatigue* permukaan (Vincent & Guillamón, 2019). Keausan berlebihan dapat mengubah profil rel, memicu getaran, dan membahayakan keselamatan. Pemeriksaan berkala berdasarkan PD10 PT. KAI menetapkan standar keausan 12 mm di titik 45° dan 15 mm di top rail untuk rel R54 (Rosyidi, 2015). Penggantian rel dilakukan dengan mempertimbangkan keausan, kelelahan, dan jenis kerusakan lainnya.



Gambar 1.1 Tabel Keausan Rel

Rail Condition NDT PT UT

Uji Tanpa Merusak (Non-Destructive Test-NDT) digunakan untuk memastikan material tetap aman tanpa merusak komponen. Metode ini efisien, hemat biaya, dan memungkinkan deteksi dini kerusakan. Pada perkeretaapian, NDT seperti Ultrasonic Test (UT) digunakan untuk mendeteksi cacat internal rel menggunakan gelombang ultrasonik dengan standar DAC 65%, sementara Liquid Penetrant Test (PT) mendeteksi

cacat permukaan dengan memanfaatkan daya kapilaritas. Inspeksi rutin NDT membantu mencegah kerusakan serius dan memastikan keamanan operasional rel.

Konsolidasi Data

Data dari empat variabel kemudian dikonsolidasi dan diagregasi sehingga setiap data seragam, dengan membuat semua data dibuat setiap 200m.

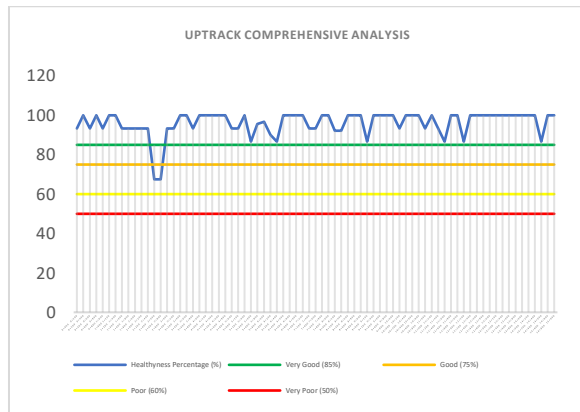
Lokasi (PT)	No	Change per 200 m	TQR (30%)	NDT (20%)	Wear (10)	Corrosion (20%)	Total Health
DAL - LBB	1	0-1000 0-200	100	67	100	100	93
	2	0-200 0-400	100	100	100	100	100
	3	0-400 0-600	100	100	100	67	93
	4	0-600 0-800	100	100	100	100	100
	5	0-800 1-000	100	67	100	100	93
LBB - FTM	6	1-000 1-200	100	100	100	100	100
	7	1-200 1-400	100	100	100	100	100
	8	1-400 1-600	100	67	100	100	93
	9	1-600 1-800	100	67	100	100	93
	10	1-800 2-000	100	67	100	100	93
FTM - CPR	11	2-000 2-200	100	67	100	100	93
	12	2-200 2-400	100	67	100	100	93
	13	2-400 2-600	100	0	92	90	68
	14	2-600 2-800	100	0	92	90	68
	15	2-800 3-000	100	67	100	100	93
CPR - BLN	16	3-000 3-200	100	67	100	100	93
	17	3-200 3-400	100	100	100	100	100
	18	3-400 3-600	100	100	100	100	100
	19	3-600 3-800	100	67	100	100	93
	20	3-800 4-000	100	100	100	100	100
BLN - BLA	21	4-000 4-200	100	100	100	100	100
	22	4-200 4-400	100	100	100	100	100
	23	4-400 4-600	100	100	100	100	100
	24	4-600 4-800	100	100	100	100	100
	25	4-800 5-000	100	67	100	100	93
BLA - BLM	26	5-000 5-200	100	67	100	100	93
	27	5-200 5-400	100	100	100	100	100
	28	5-400 5-600	100	100	100	100	100
	29	5-600 5-800	100	100	100	100	100
	30	5-800 6-000	100	100	100	100	100
BLM - ASS	31	6-000 6-200	100	100	100	100	100
	32	6-200 6-400	100	100	100	100	100
	33	6-400 6-600	100	100	100	100	100
	34	6-600 6-800	100	100	100	100	100
	35	6-800 7-000	100	100	100	100	100
ASS - ASSY	36	7-000 7-200	100	100	100	100	100
	37	7-200 7-400	100	100	100	100	100
	38	7-400 7-600	100	100	100	100	100
	39	7-600 7-800	100	100	100	100	100
	40	7-800 8-000	100	100	100	100	100
SSY - IST	41	8-000 8-200	100	100	100	100	100
	42	8-200 8-400	100	100	100	100	100
	43	8-400 8-600	100	100	100	100	100
	44	8-600 8-800	100	100	100	100	100
	45	8-800 9-000	100	100	100	100	100
IST - BNH	46	9-000 9-200	100	100	100	100	100
	47	9-200 9-400	100	100	100	100	100
	48	9-400 9-600	100	100	100	100	100
	49	9-600 9-800	100	100	100	100	100
	50	9-800 10-000	100	100	100	100	100
BNH - STB	51	10-000 10-200	100	67	100	100	93
	52	10-200 10-400	100	100	100	100	100
	53	10-400 10-600	100	100	100	100	100
	54	10-600 10-800	100	100	100	100	100
	55	10-800 11-000	100	67	100	100	93
STB - DKA	56	11-000 11-200	100	100	100	100	100
	57	11-200 11-400	100	67	100	100	93
	58	11-400 11-600	100	67	100	100	93
	59	11-600 11-800	100	100	100	100	100
	60	11-800 12-000	100	100	100	100	100
DKA - BHI	61	12-000 12-200	100	67	100	100	93
	62	12-200 12-400	100	100	100	100	100
	63	12-400 12-600	100	100	100	100	100
	64	12-600 12-800	100	100	100	100	100
	65	12-800 13-000	100	100	100	100	100
	66	13-000 13-200	100	100	100	100	100
	67	13-200 13-400	100	100	100	100	100
	68	13-400 13-600	100	100	100	100	100
	69	13-600 13-800	100	100	100	100	100
	70	13-800 14-000	100	100	100	100	100
	71	14-000 14-200	100	100	100	100	100
	72	14-200 14-400	100	100	100	100	100
	73	14-400 14-600	100	67	100	100	93
	74	14-600 14-800	100	100	100	100	100
	75	14-800 15-000	100	100	100	100	100

Tabel 1.1 Data Konsolidasi Kondisi Rel

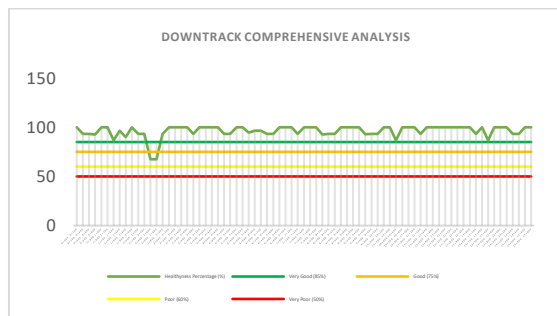
Lokasi (OT)	No	Change per 200 m	TQR (30%)	NDT (20%)	Wear (10%)	Corrosion (20%)	Total Health
DAL - LBB	1	0-1000 0-200	100	100	100	100	100
	2	0-200 0-400	100	67	100	100	93
	3	0-400 0-600	100	100	100	67	93
	4	0-600 0-800	100	100	97	67	93
	5	0-800 1-000	100	100	100	100	100
LBB - FTM	6	1-000 1-200	100	100	100	100	100
	7	1-200 1-400	100	33	100	100	67
	8	1-400 1-600	100	100	100	83	97
	9	1-600 1-800	100	67	100	100	93
	10	1-800 2-000	100	100	100	100	100
FTM - CPR	11	2-000 2-200	100	67	100	100	93
	12	2-200 2-400	100	67	100	100	93
	13	2-400 2-600	100	0	92	90	68
	14	2-600 2-800	100	0	92	90	68
	15	2-800 3-000	100	67	100	100	93
CPR - BLN	16	3-000 3-200	100	100	100	100	100
	17	3-200 3-400	100	100	100	100	100
	18	3-400 3-600	100	100	100	100	100
	19	3-600 3-800	100	100	100	100	100
	20	3-800 4-000	100	67	100	100	93
BLN - BLA	21	4-000 4-200	100	100	100	100	100
	22	4-200 4-400	100	100	100	100	100
	23	4-400 4-600	100	100	100	100	100
	24	4-600 4-800	100	100	100	100	100
	25	4-800 5-000	100	67	100	100	93
BLA - BLM	26	5-000 5-200	100	67	100	100	93
	27	5-200 5-400	100	100	100	100	100
	28	5-400 5-600	100	100	100	100	100
	29	5-600 5-800	100	100	100	100	100
	30	5-800 6-000	100	100	100	100	100
BLM - ASS	31	6-000 6-200	100	100	100	100	100
	32	6-200 6-400	100	100	100	100	100
	33	6-400 6-600	100	100	100	100	100
	34	6-600 6-800	100	100	100	100	100
	35	6-800 7-000	100	100	100	100	100
	36	7-000 7-200	100	100	100	100	100
	37	7-200 7-400	100	67	100	100	93
	38	7-400 7-600	100	100	100	100	100
	39	7-600 7-800	100	100	100	100	100
	40	7-800 8-000	100	100	100	100	100
	41	8-000 8-200	100	100	97	67	93
	42	8-200 8-400	100	100	100	67	93
	43	8-400 8-600	100	100	100	100	100
	44	8-600 8-800	100	100	100	100	100
	45	8-800 9-000	100	100	100	100	100
	46	9-000 9-200	100	100	100	100	100
	47	9-200 9-400	100	100	100	100	100
	48	9-400 9-600	100	100	100	100	100
	49	9-600 9-800	100	100	100	100	100
	50	9-800 10-000	100	100	100	100	100
	51	10-000 10-200	100	67	100	100	93
	52	10-200 10-400	100	100	100	100	100
	53	10-400 10-600	100	100	100	100	100
	54	10-600 10-800	100	100	100	100	100
	55	10-800 11-000	100	67	100	100	93
	56	11-000 11-200	100	100	100	100	100
	57	11-200 11-400	100	67	100	100	93
	58	11-400 11-600	100	67	100	100	93
	59	11-600 11-800	100	100	100	100	100
	60	11-800 12-000	100	100	100	100	100
	61	12-000 12-200	100	67	100	100	93
	62	12-200 12-400	100	100	100	100	100
	63	12-400 12-600	100	100	100	100	100
	64	12-600 12-800	100	100	100	100	100
	65	12-800 13-000	100	100	100	100	100
	66	13-000 13-200	100	100	100	100	100
	67	13-200 13-400	100	100	100	100	100
	68	13-400 13-600	100	100	100	100	100
	69	13-600 13-800	100	100	100	100	100
	70	13-800 14-000	100	100	100	100	100
	71	14-000 14-200	100	100	100	100	100

ASN - ASSY	40	8+400	8+600	100	67	100	100	93
	41	8+600	8+800	100	100	100	100	100
	42	8+800	9+000	100	100	100	100	100
	46	9+000	9+200	100	100	100	100	100
	47	9+200	9+400	100	100	100	100	100
SNY - IST	48	9+400	9+600	100	100	64	93	
	49	9+600	9+800	100	67	100	100	93
	50	9+800	10+000	100	67	100	100	93
	51	10+000	10+200	100	100	100	100	100
	52	10+200	10+400	100	100	100	100	100
IST - BSH	53	10+400	10+600	100	83	100	100	87
	54	10+600	10+800	100	100	100	100	100
	55	10+800	11+000	100	100	100	100	100
	56	11+000	11+200	100	100	100	100	100
	57	11+200	11+400	100	67	100	100	93
BSH - STB	58	11+400	11+600	100	100	100	100	100
	59	11+600	11+800	100	100	100	100	100
	60	11+800	12+000	100	100	100	100	100
	61	12+000	12+200	100	100	100	100	100
	62	12+200	12+400	100	100	100	100	100
STB - DKA	63	12+400	12+600	100	100	100	100	100
	64	12+600	12+800	100	100	100	100	100
	65	12+800	13+000	100	100	100	100	100
	66	13+000	13+200	100	67	100	100	93
	67	13+200	13+400	100	100	100	100	100
DKA - BHI	68	13+400	13+600	100	33	100	100	87
	69	13+600	13+800	100	100	100	100	100
	70	13+800	14+000	100	100	100	100	100
	71	14+000	14+200	100	100	100	100	100
	72	14+200	14+400	100	67	100	100	93
	73	14+400	14+600	100	67	100	100	93
	74	14+600	14+800	100	100	100	100	100
	75	14+800	15+000	100	100	100	100	100

Tabel 1.2 Data Konsolidasi Kondisi Rel



Grafik 1.1 Uptrack Kondisi Komprehensif



Grafik 1.2 Downtrack Kondisi Komprehensif

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data, penulis memperoleh kesimpulan yang diambil dari penelitian Analisis Komprehensif Kondisi Rel Jalur MRT Jakarta Fase 1 Lebak Bulus – Bundaran HI adalah sebagai berikut:

- Hasil Analisis Kondisi Rel dengan empat variabel nilai pemeriksaan yakni *TQI*, *Rail Corrugation*, *Rail Wear* dan *Rail Condition* dapat memberikan nilai kondisi rel yang komprehensif dan sesuai dengan kondisi lapangan. Nilai yang digunakan merupakan populasi data hasil pemeriksaan yang

diformulasikan dan tidak berdiri sendiri sehingga hasil pemeriksaan lapangan dapat lebih holistik, serta justifikasi/pengambilan keputusan di lapangan dapat lebih *on point* sesuai dengan kondisi lapangan yang ditinjau dari berbagai aspek pemeriksaan. Hasil yang di dapatkan yakni Kilometer 2+400 – 2+800 Jalur Uptrack mendapat nilai 68%, dan Kilometer 2+400 – 2+800 Jalur Downtrack juga mendapat 68% dan masuk kategori **poor**. Selain di area tersebut, kondisi rel masih dalam kondisi baik dengan rata-rata di atas 90% dengan kategori **good**.

- Analisis Komprehensif ini dijadikan salah satu dari parameter justifikasi untuk Penggantian Rel di area Lengkung Fatmawati yang dilaksanakan pada Bulan September 2024, yang pada analisis ini area tersebut mendapat nilai **68%** atau dalam kategori **poor**. Sehingga dapat dikatakan untuk evaluasi efektivitas analisis ini sangat efektif untuk menunjang justifikasi di lapangan. Selain itu, Data Analisis Komprehensif Hasil Pemeriksaan juga dituangkan ke dalam sebuah grafik untuk kemudahan pengecekan dan monitoring kondisi rel secara keseluruhan

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut:

- Pada penelitian selanjutnya, diharapkan dapat dilakukan analisis yang lebih dalam dan lebih komprehensif, dengan menambahkan variabel pemeriksaan yang lebih banyak sehingga kondisi jalan rel yang dianalisis dapat lebih terwakilkan
- Diharapkan penelitian ini jadi awal dari proses untuk kemudahan monitoring kondisi rel dan *forecasting maintenance* pada dunia perkeretaapian khususnya pada aset

jalan rel

c. Diharapkan di penelitian selanjutnya dapat dibentuk sebuah formulasi atau rumus yang bukan hanya dapat digunakan di MRT Jakarta, tetapi juga di tim pemeriksa/perawat operator perkeretaapian lainnya, sehingga dapat dimanfaatkan oleh semua kalangan khususnya di dunia perkeretaapian Indonesia.

Daftar Pustaka

- Grassie, L. Stuart. 1993. "Rail Corrugation: Characteristics, Causes and Treatments" dalam *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F Journal of Rail and Rapid Transit*. United Kingdom.
- Han, Jian, et.al. 2017. "Effect of Rail Corrugation on Metro Interior Noise and Its Control" dalam *Elsevier Ltd*. China: Southwest Jiaotong University.
- Loprencipe, Gabriel dan Chiacchiari, Laura. 2015. "Measurement Methods and Analysis Tools for Rail Irregularities: A Case Study for Urban Tram Track" dalam *Journal of Modern Transportation*. Italia: Sapienza University of Rome.
- Nurdianto, Dwi dan Sudarwati. 2020. "Analisa Pembentukan Alignment Lengkung Downtrack KM 9+242 – 9+820 Antara Stasiun ASEAN-SENAYAN MRT Jakarta dengan Metode Tiga Titik (String)" dalam *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur* Vol. 19, No. 2. Indonesia: Universitas Jayabaya.
- Rodriguez-Arana, Borja et.al. 2021. "Prediction of Rolling Contact Fatigue Behaviour in Rails using Crack Initiation and Growth Models along with Multibody Simulations" dalam *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. Spain: Universidad de Navarra.
- Vale, Cecilia dan Simoes, Maria Lurdes. 2022. "Prediction of Railway Track Condition for Preventive Maintenance by Using a Data-Driven Approach" dalam *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. Portugal: University of Porto.
- Varandas, N. Jose, et. al. 2012. "The Impact of Rail Corrugation in the Degradation of The Ballast" dalam *First International Conference*. Skotlandia: Civil-Comp Press.
- Wang, Hoayu, et. al. 2020. "Study of Loaded Versus Unloaded Measurements in Railway Track Inspection" dalam *Elsevier Ltd*. Belanda: Delft University of Technology.
- Wahyu Kurniawan, Rulhendri. 2015. "Tinjauan Volume Pemeliharaan Tahunan Jalan Rel Berdasarkan Hasil Trak Quality Index Studi Lintas Manggarai-Bogor" dalam *Jurnal Rekayasa Sipil* Vol. 4, No. 2. Indonesia: Universitas Ibn Khaldun Bogor.