

# Kajian Tingkat Konflik pada Pergerakan Keluar-Masuk KA Komuter di Stasiun Terminus

Nanda Ahda Imron<sup>1</sup>, M. Farid Almas<sup>1</sup>, M. Nurhadi<sup>2</sup>, Rusman Prihatanto<sup>2</sup>

Manajemen Transportasi Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun<sup>1</sup>  
Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun<sup>2</sup>  
Corresponding Author : nanda@ppi.ac.id, farid.mtp20204126@taruna.ppi.ac.id

## ABSTRAK

Stasiun Terminus adalah suatu stasiun Kereta Api (KA) yang menjadi titik awal/akhir perjalanan suatu KA. Stasiun Bogor merupakan stasiun salah satu stasiun terminus yang sangat sibuk bagi perjalanan KA Komuter (KRL) Jabodetabek. Terdapat 8 jalur untuk menunjang perjalanan KA di stasiun ini. Jalur keberangkatan (IV s.d VIII) berpotongan dengan jalur kedatangan KRL menyebabkan konflik perjalanan (*conflict route*). Yaitu, KRL yang datang ditahan sinyal masuk karena diutamakan KRL yang berangkat, sehingga perlu dikaji tingkat konfliknya. Metode *conflict rate* digunakan untuk menganalisis tingkat konflik dengan membandingkan varian pola *interlocking* yang kompleks di stasiun menggunakan tabel definisi pergerakan KA. Hasil analisis kondisi eksisting dengan pembebanan pada masing-masing rute, ditemukan nilai *conflict rate* sebesar 81% (dari 329 KA, 266 KA berpotensi terdampak oleh rute konflik). Kemudian dilakukan rekayasa jalur dengan berbagai alternatif. Pada alternatif 1 dengan mengubah daftar jalur pada beberapa KA, nilai *conflict rate* untuk KA yang melintas turun menjadi 79% (260 KA terdampak). Pada alternatif 2 dengan penambahan jalur penghubung, nilai *conflict rate* turun menjadi 77% (253 KA terdampak). Sedangkan alternatif 3 dengan perpanjangan jalur/emplasemen, nilai *conflict rate* turun menjadi 74% (243 KA terdampak). Dengan melihat hasil di atas, maka alternatif 3 dinilai lebih efisien mendukung kegiatan operasi dibandingkan alternatif 1 dan 2.

*Kata Kunci: Perjalanan, Interlocking, Rute Konflik, Conflict Rate.*

## ABSTRACT

Terminus station is a railway station that becomes the starting/ending point of a train journey. Bogor Station is one of the terminus stations that is very busy for Jabodetabek Commuter Train (KRL) trips. There are 8 lines to support train departing and arriving at this station. The departure line (IV to VIII) intersects with the KRL arrival line causing a conflict route. That is, the oncoming KRL is held back by the entry signal because it prioritises the departing KRL, so it is necessary to study the level of conflict. The conflict rate method is used to analyze the level of conflict by comparing variants of complex interlocking patterns at the station using the train movement definition table. The analysis results of existing conditions with loading on each route, found a conflict rate value of 81% (out of 329 trains, 266 trains are potentially affected by conflict routes). Then "path engineering" was carried out with various alternatives. Alternative 1 by changing the track list on some trains, the conflict rate value for passing trains dropped to 79% (260 trains affected). Alternative 2 with the addition of connecting lines, the conflict rate value dropped to 77% (253 trains affected). While alternative 3 with track extension, the conflict rate value drops to 74% (243 trains affected). The results show that alternative 3 is considered more efficient in supporting train operations than alternatives 1 and 2

*Keywords: Trips, Interlocking, Conflicting Route, Conflict Rate*

## 1 PENDAHULUAN

Perkeretaapian merupakan salah satu elemen penting transportasi darat di Indonesia. Sektor perkeretaapian memiliki karakteristik dapat mengangkut penumpang dan barang dengan jumlah besar, tepat waktu, bebas macet, tingkat keselamatan dan keamanan tinggi, serta ekonomis untuk perjalanan jauh maupun dekat. Kereta api (KA) memiliki peran strategis dalam mewujudkan, memperkuat, dan memantapkan ketahanan nasional [1].

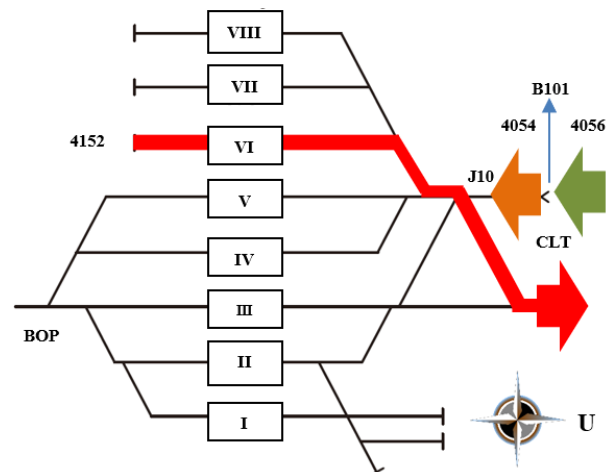
Stasiun Bogor merupakan stasiun yang termasuk dalam Daerah Operasi (DAOP) I Jakarta. Stasiun ini merupakan stasiun pemberhentian awal/akhir bagi KA (KRL) *Commuter Line* lintas Bogor (Bogor-Jakarta Kota PP) dan KA Pangrango relasi Bogor-Sukabumi PP. Berdasarkan GAPEKA 2021 [2], program frekuensi KA yang melintas di Stasiun Bogor berjumlah 220 KA perhari. Namun karena terdapat beberapa KA yang batal jalan, realisasi GAPEKA tersebut akhirnya menjadi 177 KA perhari.

Stasiun Bogor memiliki 8 jalur [3] sebagai berikut. Jalur III merupakan jalur lurus menuju arah Cilebut (CLT) sekaligus jalur raya dari jalur tunggal arah Bogor Paledang (BOP). Jalur V merupakan jalur lurus dari arah Cilebut. Jalur I hanya dapat digunakan untuk lalu-lalang Lori Kereta Pemeriksa Jalur (KPJ) dari/menjuhi Sukabumi serta jalur langsung dari/menjuhi Depo KRL Bogor. Jalur II selain digunakan untuk KRL, juga digunakan sebagai tempat stabling KA Pangrango tujuan Sukabumi. Area Stasiun Bogor pada jalur II, III, IV, dan V merupakan jalur bagi KRL *Commuter Line* dengan panjang 12 kereta dalam 1 stamformasi (SF).

Rute berangkat jalur IV s.d VIII yang memotong jalur kedatangan KRL dari arah Cilebut, ditambah kedatangan KRL yang sering lebih awal dari jadwal menyebabkan terjadinya rute konflik pada kondisi eksisting. Rute konflik tersebut adalah KRL yang datang tertahan di sinyal masuk Stasiun Bogor pihak Cilebut (J10) untuk mengalah dengan KRL yang berangkat.

Salah satu kejadian rute konflik ini adalah saat KA 4054 datang lebih awal pada tanggal 28 Maret 2023. Jika melihat daftar jalur Stasiun Bogor [4], KA 4054 tiba di jalur VIII pada pukul 07.34. Sedangkan pada tanggal tersebut, KA masuk pada jalur VI dan sudah mendekati sinyal masuk J10 pada pukul 07.24. Dalam waktu berdekatan, KA 4125 berangkat tepat dari jalur VII pada pukul 07.25. Karena rute datang

KA 4054 berkonflik dengan rute berangkat KA 4125, maka KA 4054 tertahan di sinyal masuk J10 untuk menunggu KA 4125 melintas terlebih dahulu. Selanjutnya, KA 4056 yang berada di belakang KA 4054 juga telah mendekati KA 4054 yang tertahan di sinyal masuk J10. Sehingga KA 4056 juga akan tertahan di muka sinyal blok sebelum sinyal masuk J10 (sinyal B101) untuk menunggu petak blok di depannya yang terisi oleh KA 4054.



Gambar 1. Rute Konflik KA 4125, 4054, dan 4056

Tabel 1. Pergerakan KA

Kondisi Normal		Kondisi Berkonflik	
Jam	Keterangan	Jam	Keterangan
07.25	KA 4125 tujuan Jakarta Kota berangkat dari jalur VII.	07.24	KA 4054 dari arah Cilebut mendekati sinyal masuk J10 dan berhenti di muka sinyal.
07.34	KA 4054 dari arah Cilebut masuk jalur VIII.	07.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>KA 4125 tujuan Jakarta Kota berangkat dari jalur VII.</li> <li>KA 4054 tertahan di sinyal masuk J10 untuk menunggu KA 4125 melintas terlebih dahulu.</li> </ul>
07.39	KA 4056 dari arah Cilebut masuk jalur VII	07.27	KA 4056 tertahan di sinyal blok B101 akibat petak blok di depannya (101T) sedang terisi oleh KA 4054 yang sedang tertahan sinyal masuk J10.
		07.28	<ul style="list-style-type: none"> <li>KA 4125 telah selesai melintas.</li> <li>KA 4054 masuk jalur VI dengan waktu kedatangan awal 6 menit dari jadwal seharusnya (tiba 07.34).</li> </ul>
		07.29	<ul style="list-style-type: none"> <li>KA 4056 mulai bergerak memasuki petak blok di depannya (101T) setelah KA 4054 melewati sinyal masuk J10.</li> <li>KA 4056 tertahan sinyal masuk J10 untuk menunggu KA 4054 memasuki Stasiun Bogor terlebih dahulu.</li> </ul>
		07.30	KA 4056 masuk Jalur VII dengan waktu kedatangan awal 5 menit dari jadwal seharusnya (tiba 07.34).
Delay	0 menit	Delay	6 menit

Berdasarkan gambar dan tabel tersebut, ditemukan rute konflik antara KRL yang datang dan yang akan masuk di jalur VI dengan KRL yang berangkat dari jalur VII. Hal ini dikarenakan rute berangkat jalur VII memotong rute kedatangan untuk jalur IV s.d VIII. Mengingat KA penumpang tidak boleh diberangkatkan diluar waktu yang telah ditetapkan dalam peraturan perjalanan atau GAPEKA [5], sehingga jika ada 2 KA yang datang dan berangkat secara bersamaan pada rute yang sama, maka KA yang datang harus mengalah terlebih dahulu dengan KA yang berangkat. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu kajian untuk meminimalkan rute konflik atau mengoptimalkan perjalanan KRL di stasiun tersebut.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Rekayasa

Rekayasa adalah penerapan kaidah ilmu dalam suatu kegiatan, seperti perancangan, pembuatan konstruksi, serta pengoperasian kerangka, peralatan dan sistem agar menjadi lebih efisien dan ekonomis [6].

### 2.2 Stasiun

Stasiun merupakan tempat KA berhenti, berangkat, bersilang, menyusul atau disusul, langsir, tempat naik/turun penumpang dan/atau bongkar muat barang, serta dipimpin oleh kepala stasiun yang bertanggung jawab terhadap perjalanan KA dan langsiran dengan dilengkapi fasilitas operasi [5].

Stasiun dibagi menjadi beberapa kelas yaitu stasiun besar kelas A, B, dan C, stasiun sedang kelas I serta stasiun kecil kelas II dan III [7]. Penentuan kelas stasiun didasarkan pada beberapa kriteria yaitu [7]:

1. Jumlah penumpang perhari;
2. Jumlah volume bongkar-muat perhari (ton);
3. Ketersediaan fasilitas operasi berupa peralatan persinyalan, telekomunikasi, dan kelistrikan;
4. Jumlah jalur;
5. Ketersediaan loket tiket, ruang tunggu penumpang, pergudangan, bongkar muat barang, penitipan barang, dan fasilitas penunjang seperti tempat parkir, restoran, pertokoan, perhotelan, dan ruang ATM;
6. Pendapatan perhari;
7. Frekuensi lalu lintas KA perhari yang meliputi KA berhenti dan berjalan langsung dari dua arah;
8. Jumlah unit terkait dalam koordinasi kepala stasiun.

### 2.3 Emplasemen

Emplasemen adalah jalur-jalur untuk menyusun kereta atau gerbong untuk perjalanan atau disimpan pada saat tidak digunakan [8].

### 2.4 Daftar Jalur

Daftar jalur [5] adalah daftar yang memuat nomor KA biasa dan fakultatif, waktu KA datang, berangkat, atau berjalan langsung pada suatu jalur di stasiun (disahkan oleh JPOD), dan dibuat sebelum GAPEKA diberlakukan. Daftar jalur dibuat oleh kepala stasiun pada bentuk yang telah ditetapkan dan diletakkan pada tempat yang mudah terlihat di ruang PPKA dan rumah sinyal.

Dalam penyusunan daftar jalur, setiap jalur KA sebisa mungkin digunakan sekali dalam sehari. Pertimbangan dalam penyusunan daftar jalur yaitu panjang efektif tiap jalur, jumlah SF setiap KA yang masuk, serta kepentingan naik turun penumpang dan bongkar muat barang. Dalam satu bagiannya, daftar jalur memuat jam KA datang dan berangkat, nomor KA, jalur yang dilalui, jurusan, serta keterangan.

### 2.5 Jalur Efektif

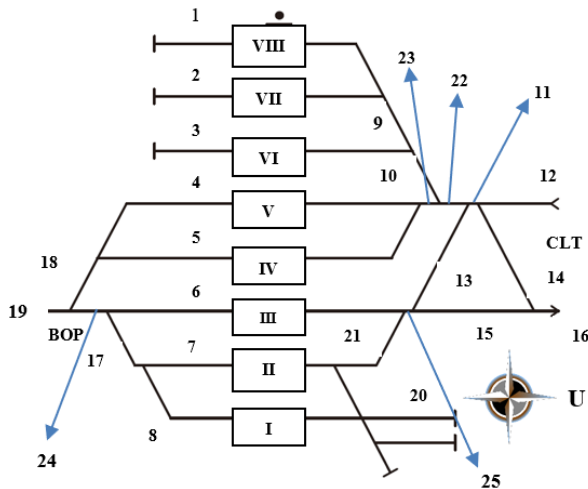
Jalur efektif [9] adalah panjang jalur aman penempatan rangkaian KA dari kemungkinan bersinggungan dengan pergerakan KA lain atau langsiran yang berasal dari jalur sebelahnya. Pada persinyalan elektrik, panjang jalur efektif dihitung mulai dari penghitung gandar (*axle counter*) terjauh hingga sinyal keluar pada suatu jalur utama.

### 2.6 Daftar Perjalanan KA

Daftar perjalanan KA [10] merupakan daftar yang disusun oleh kepala stasiun yang memuat jadwal kedatangan dan keberangkatan KA pada suatu stasiun. Sama halnya dengan daftar jalur, daftar perjalanan KA juga memuat nomor KA, jam KA datang dan berangkat, jalur yang dilalui, jurusan, serta keterangan dari masing-masing KA.

### 2.7 Kegiatan Operasi

Kegiatan operasi [11] yaitu pengaturan dan pemantauan perjalanan KA, baik secara setempat (oleh PPKA) maupun terpusat (oleh PPKP). PPKA bertugas membentuk rute, mengarahkan jalur yang akan dilalui KA menggunakan perangkat persinyalan dan wesel. Di emplasemen Stasiun Bogor, rute yang dapat terbentuk pada kondisi normal adalah [3]:



Gambar 2. Notasi Pembentukan Route

- a. Rute C → 19, 24, 17, 8, 20
- b. Rute D → 20, 8, 17, 24, 19
- c. Rute I → 19, 24, 17, 7, 21, 25, 15, 16
- d. Rute J → 19, 24, 6, 25, 15, 16
- e. Rute K → 19, 18, 5, 23, 22, 11, 14, 16
- f. Rute L → 19, 18, 4, 23, 22, 11, 14, 16
- g. Rute M → 12, 11, 13, 25, 21, 7, 17, 24, 19
- h. Rute N → 12, 11, 13, 25, 6, 24, 19
- i. Rute O → 12, 11, 22, 23, 5, 18, 19
- j. Rute P → 12, 11, 22, 23, 4, 18, 19
- k. Rute Q → 12, 11, 22, 10, 3
- l. Rute R → 3, 10, 22, 11, 14, 16
- m. Rute S → 12, 11, 22, 10, 9, 2
- n. Rute T → 2, 9, 10, 22, 11, 14, 16
- o. Rute U → 12, 11, 22, 10, 9, 1
- p. Rute V → 1, 9, 10, 22, 11, 14, 16

\*BOP = Bogor Paledang, CLT= Cilebut

## 2.8 Frekuensi KA

Frekuensi KA [12] adalah jumlah KA yang beroperasi dalam periode tertentu dan merupakan bagian dari prasarana perkeretaapian. Frekuensi KA sangat dipengaruhi oleh *headway* minimal dari bagian jalur KA yang dilewati.

## 2.9 Capacity Research

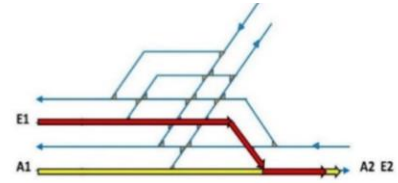
*Capacity Research* [12] adalah studi terkait berapa besar kapasitas lalu lintas yang dapat dilayani infrastruktur kereta api. Kapasitas ini dipengaruhi jumlah KA yang melintas, kecepatan rata-rata, ketepatan jadwal KA, dan variasi rute yang terbentuk. Variasi rute ini berpotensi menimbulkan rute berkonflik (*conflict route*) pada perjalanan KA di suatu stasiun. Jenis-jenis konflik yaitu [12]:

### a. Self Correlation

Konflik dimana rute untuk dua perjalanan KA berasal dari asal yang sama dan menuju ke tujuan yang sama.

### b. Convergen

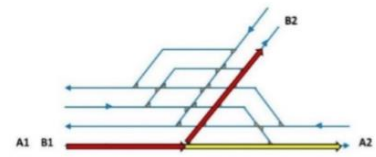
Konflik dimana hubungan rute KA untuk dua asal yang berbeda memiliki tujuan yang sama.



Gambar 3. Rute KA Convergen [12]

### c. Divergen

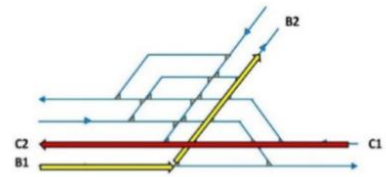
Konflik dimana hubungan rute KA dari asal yang sama menuju tujuan yang berbeda.



Gambar 4. Rute KA Divergen [12]

### d. Crossing

Konflik dimana perjalanan KA dari dua asal dan tujuan yang berbeda akan bersilang di tengah lintas.



Gambar 5. Rute KA Crossing [12]

## 2.10 Langsiran

Langsiran [5] adalah kegiatan yang meliputi penyusunan rangkaian KA, pemisahan rangkaian KA, serta memindahkan sarana KA dari suatu jalur ke jalur tertentu dengan ketentuan tidak mengganggu perjalanan KA. Apabila terdapat KA yang melintas langsiran wajib dihentikan kecuali jika langsiran tersebut dilakukan di jalur yang tidak bersinggungan dengan jalur untuk KA yang melintas.

## 2.11 Lori Kereta Pemeriksa Jalur (Lori KPJ)

Lori KPJ adalah kendaraan pengangkut bertenaga atau tidak bertenaga yang dapat diangkat dari rel di jalan bebas oleh tenaga yang ada pada kendaraan tersebut dalam waktu tidak lebih dari 2 menit serta digunakan untuk pemeriksaan infrastruktur dan mengangkut pekerja dan/atau material kerja [13].

### 2.12 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diambil dari sumber atau dokumen lain yang tersedia, sehingga peneliti tidak dapat menjamin mutunya dan harus menerima data tersebut apa adanya [14].

## 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di ruang PPKA Stasiun Bogor untuk memperoleh data dan informasi terkait bagaimana kondisi eksisting emplasemen dan kegiatan taktis operasi di Stasiun Bogor. Selain itu, pengumpulan data juga dilakukan dengan melakukan diskusi bersama Kepala Stasiun untuk memperoleh informasi terkait Peraturan Dinas Pengamanan Setempat (PDPS), jadwal perjalanan, dan daftar jalur.

### 3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan metode *capacity research* [12] untuk menganalisis jumlah KA yang dapat dilayani dalam suatu sistem emplasemen.

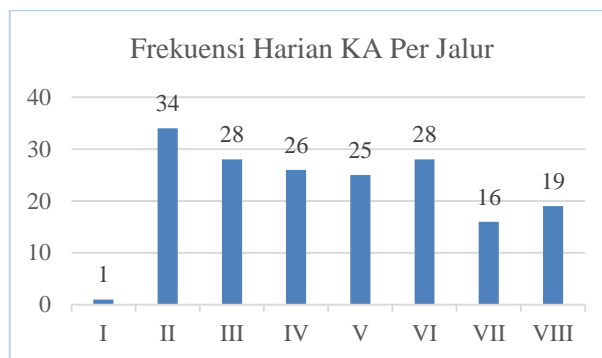
Langkah pertama *capacity research* adalah menghitung seluruh rute konflik terbentuk sesuai dengan desain/pola *interlocking*-nya dikombinasikan dengan pembebanan terhadap besarnya frekuensi perjalanan KA pada setiap rute konflik tersebut dengan menggunakan tabel definisi pergerakan KA [12][15], dalam periode 1 hari dan dinyatakan dalam prosentase. Pada tabel tersebut, semua rute di-representasikan dalam baris dan kolom.

Langkah kedua adalah menentukan nilai *conflict rate* [12] yang merupakan akumulatif dari nilai seluruh rute konflik di stasiun tersebut. Selanjutnya dapat diketahui kapasitas operasional (kapasitas *interlocking*) yang tersisa [12], dengan mengurangi kapasitas maksimum (100%) dengan nilai *conflict rate*. Semakin tinggi *conflict rate*, maka kapasitas *interlocking* yang tersisa semakin rendah dan sebaliknya.

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Rute Konflik Kondisi Eksisting

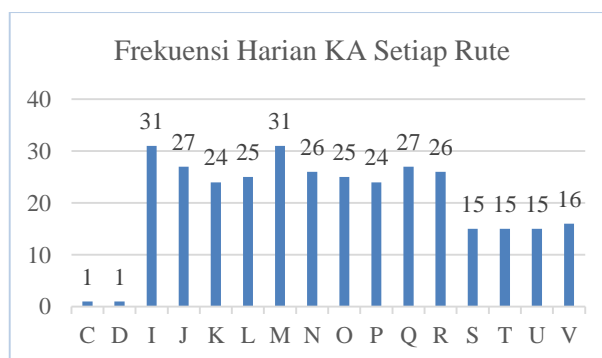
Diketahui jumlah frekuensi KA pada masing-masing jalur adalah sebagai berikut [4]:



(Total: 177 KA)

Gambar 6. Frekuensi Harian KA Per Jalur

Dikarenakan Stasiun Bogor berada pada lintas jalur ganda dan merupakan stasiun *terminus*, maka dalam 1 jalur berlaku 2 pembentukan rute. Terdapat kemungkinan frekuensi KA yang melintas pada tiap rute datang dan berangkat akan berbeda. Sehingga jumlah frekuensi KA yang melintas pada setiap rute yang dapat terbentuk adalah sebagai berikut:



(Total: 329 KA)

Gambar 7. Frekuensi Harian KA Setiap Rute

Berdasarkan jumlah frekuensi harian KA pada setiap rute, dilakukan perhitungan frekuensi relatif pada masing-masing kombinasi 2 rute. Frekuensi relatif ini dihitung dengan rumus [12]:

$$f_{ij} = n_i \cdot n_j / n^2 \dots \dots \dots (1)$$

$$\eta_w = \sum (C_{ij}) \cdot f_{ij} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- $f_{ij}$  = frekuensi relatif kombinasi rute i dan j
- $n_i$  = jumlah KA dalam rute i
- $n_j$  = jumlah KA dalam rute j
- $n$  = jumlah seluruh KA
- $\eta_w$  = pembebanan rute konflik
- $C_{ij}$  = keadaan rute (bila konflik bernilai 1, bila tidak konflik bernilai 0)

Dengan mengambil jumlah frekuensi KA pada setiap rute, lalu diolah menggunakan rumus (1) dan (2) dengan mekanisme identifikasi semua rute konflik diberi warna pada setiap *cell* untuk menunjukkan jenis dari konflik tersebut. Jenis konflik terbagi menjadi 5 [12], yaitu:

- *No Conflict* (biru);
- *S = Self Correlation* (ungu);
- *X = Crossing/bersilang* (merah);
- *D = Diverging/bercabang* (kuning), dan;
- *C = Converging/bertemu* (hijau).

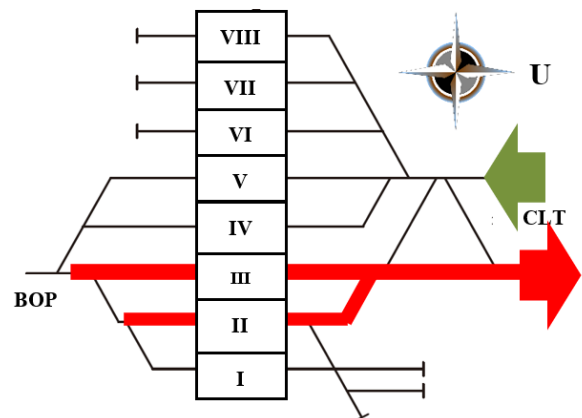
Tabel 2. Analisis *Conflict Rate* Kondisi Eksisting

Rute	KA	C	D	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Sum
		1	1	31	27	24	25	31	26	25	24	27	26	15	15	15	16	329
C	1		0,0001	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002							0,002
D	1	0,00001		0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002							0,002
I	31	0,00029	0,00029		0,0077	0,0069	0,0072	0,0089	0,0074				0,0074		0,0043		0,0046	0,055
J	27	0,00025	0,00025	0,0077		0,006	0,0062	0,0077	0,0065				0,0065		0,0037		0,0040	0,049
K	24	0,00022	0,00022	0,0069	0,0060		0,0055	0,0069	0,0058	0,0055	0,0053	0,006	0,0058	0,0033	0,0033	0,0033	0,0035	0,068
L	25	0,00023	0,00023	0,0072	0,0062	0,0055		0,0072	0,006	0,0058	0,0055	0,0062	0,006	0,0035	0,0035	0,0035	0,0037	0,07
M	31	0,00029	0,00029	0,0089	0,0077	0,0069	0,0072		0,0074	0,0072	0,0069	0,0077	0,0074	0,0043	0,0043	0,0043	0,0046	0,085
N	26	0,00024	0,00024	0,0074	0,0065	0,0058	0,0060	0,0074		0,006	0,0058	0,0065	0,0062	0,0036	0,0036	0,0036	0,0038	0,073
O	25	0,00023	0,00023			0,0055	0,0058	0,0072	0,006		0,0055	0,0062	0,006	0,0035	0,0035	0,0035	0,0037	0,057
P	24	0,00022	0,00022			0,0053	0,0055	0,0069	0,0058	0,0055		0,006	0,0058	0,0033	0,0033	0,0033	0,0035	0,055
Q	27					0,006	0,0062	0,0077	0,0065	0,0062	0,006		0,0065	0,0037	0,0037	0,0037	0,004	0,06
R	26			0,0074	0,0065	0,0058	0,006	0,0074	0,0062	0,006	0,0058	0,0065		0,0036	0,0036	0,0036	0,0038	0,072
S	15					0,0033	0,0035	0,0043	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037	0,0036		0,0021	0,0021	0,0022	0,035
T	15			0,0043	0,0037	0,0033	0,0035	0,0043	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037	0,0036	0,0021		0,0021	0,0022	0,043
U	15					0,0033	0,0035	0,0043	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037	0,0036	0,0021	0,0021		0,0022	0,035
V	16			0,0046	0,004	0,0035	0,0037	0,0046	0,0038	0,0037	0,0035	0,004	0,0038	0,0022	0,0022	0,0022		0,046
Sum	329	0,002	0,002	0,055	0,049	0,068	0,070	0,085	0,073	0,057	0,055	0,06	0,072	0,035	0,043	0,035	0,046	<b>0,81</b>

Setelah dilakukan pembebanan tiap rute konflik dengan frekuensi KA, dapat diketahui bahwa nilai *conflict rate* untuk KA yang melintas di Stasiun Bogor yaitu 0,81 atau 81% dengan kapasitas *interlocking* yang tersisa tinggal 19%. Artinya, dengan jumlah KA yang melintas sebanyak 329, maka sebanyak 266 KA akan berpotensi terdampak konflik.

4.2 Skenario 1 Perubahan Daftar Jalur

Skenario pertama yaitu mengubah daftar jalur KA dari jalur yang berpotensi menimbulkan konflik (mengganggu) bagi kedatangan KA ke jalur yang tidak menimbulkan konflik. Beberapa KRL yang awalnya pada daftar jalur masuk antara jalur IV sampai VIII apabila dimungkinkan dalam hal waktu kedatangan dan keberangkatannya akan dipindah ke jalur II atau III. Sehingga pada saat KRL tersebut berangkat, tidak mengganggu KRL yang datang.



Gambar 9. Rute Berangkat Jalur II atau III (merah)

Dengan skenario pola operasi 1 ini, dari 177 KA yang melintas di Stasiun Bogor, sebanyak 19 KA akan mengalami perubahan pada daftar jalurnya. Daftar KA yang mengalami perubahan jalur dapat dilihat pada tabel 3.

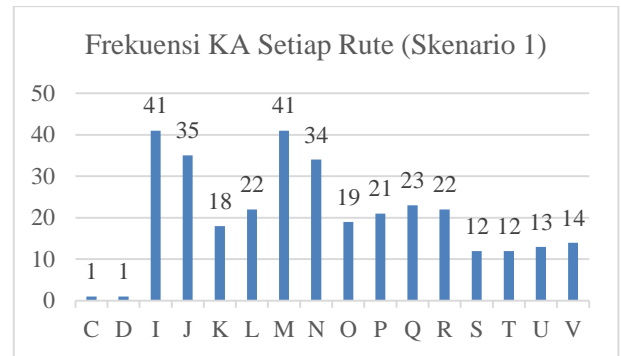
Tabel 3. KA Yang Mengalami Perubahan Jalur

No	Nomor KA	SF	Jalur Awal	Jalur Perubahan
1	4032	8	VII	II
2	4040	12	III	IV
3	4046	10	VII	III
4	4076	12	IV	II
5	4108	8	VIII	III
6	4120	8	VI	II
7	4134	12	IV	II
8	4144	10	VI	II



Gambar 8. Jalur II dan III Stasiun Bogor

No	Nomor KA	SF	Jalur Awal	Jalur Perubahan
9	4170	12	V	III
10	4198	12	IV	III
11	4216	12	IV	II
12	4228	8	VI	II
13	4264	12	IV	II
14	4276	12	IV	II
15	4298	12	IV	III
16	4306	12	IV	II
17	4318	8	VII	II
18	4350	10	V	III
19	4372	12	V	III

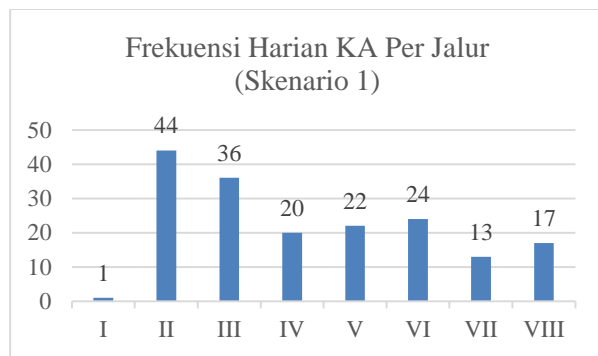


(Total: 329 KA)

Gambar 11. Frekuensi KA Tiap Rute (Skenario 1)

Perubahan daftar jalur akan berimplikasi terhadap frekuensi harian KA pada masing-masing jalur sebagai berikut.

Dengan mengambil jumlah frekuensi KA pada setiap rute, lalu diolah kembali menggunakan rumus (1) dan (2) dengan mekanisme pengkategorian tiap cell seperti pada tabel 2, maka diperoleh hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.



(Total: 177 KA)

Gambar 10. Frekuensi Harian KA Per Jalur (Skenario 1)

Tabel 4. Analisis Conflict Rate Kondisi Skenario 1

Rute		C	D	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Sum
	KA	1	1	41	35	18	22	41	34	19	21	23	22	12	12	13	14	329
C	1		0,0001	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002							0,002
D	1	0,00001		0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002							0,002
I	41	0,00038	0,00038		0,0133	0,0068	0,0083	0,0155	0,0129				0,0083		0,0045		0,0053	0,076
J	35	0,00032	0,00032	0,0133		0,006	0,0071	0,0133	0,0110				0,0071		0,0039		0,0045	0,067
K	18	0,00017	0,00017	0,0068	0,0058		0,0037	0,0068	0,0057	0,0032	0,0035	0,0038	0,0037	0,002	0,002	0,0022	0,0023	0,052
L	22	0,00020	0,00020	0,0083	0,0071	0,0037		0,0083	0,0069	0,0039	0,0043	0,0047	0,0045	0,0024	0,0024	0,0026	0,0028	0,062
M	41	0,00038	0,00038	0,0155	0,0133	0,0068	0,0083		0,0129	0,0072	0,0080	0,0087	0,0083	0,0045	0,0045	0,0049	0,0053	0,109
N	34	0,00031	0,00031	0,0129	0,0110	0,0057	0,0069	0,0129		0,0060	0,0066	0,0072	0,0069	0,0038	0,0038	0,0041	0,0044	0,093
O	19	0,00018	0,00018			0,0032	0,0039	0,0072	0,0060		0,0037	0,004	0,0039	0,0021	0,0021	0,0023	0,0025	0,041
P	21	0,00019	0,00019			0,0035	0,0043	0,0080	0,0066	0,0037		0,0045	0,0043	0,0023	0,0023	0,0025	0,0027	0,045
Q	23					0,0038	0,0047	0,0087	0,0072	0,0040	0,0045		0,0047	0,0025	0,0025	0,003	0,003	0,048
R	22			0,0083	0,0071	0,0037	0,0045	0,0083	0,0069	0,0039	0,0043	0,0047		0,0024	0,0024	0,0026	0,0028	0,062
S	12					0,002	0,0024	0,0045	0,0038	0,0021	0,0023	0,0025	0,0024		0,0013	0,0014	0,0016	0,026
T	12			0,0045	0,0039	0,002	0,0024	0,0045	0,0038	0,0021	0,0023	0,0025	0,0024	0,0013		0,0014	0,0016	0,035
U	13					0,0022	0,0026	0,0049	0,0041	0,0023	0,0025	0,003	0,0026	0,0014	0,0014		0,0017	0,029
V	14			0,0053	0,005	0,0023	0,0028	0,0053	0,0044	0,0025	0,0027	0,003	0,0028	0,0016	0,0016	0,0017		0,04
Sum	329	0,002	0,002	0,076	0,067	0,052	0,062	0,109	0,093	0,041	0,045	0,048	0,062	0,026	0,035	0,029	0,04	0,79

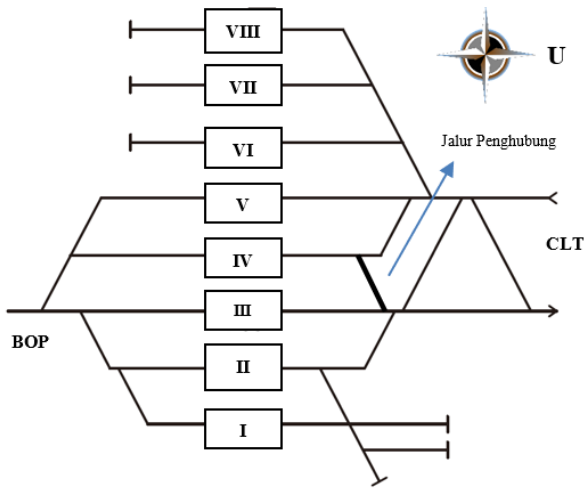
Hasil skenario 1, diketahui bahwa nilai conflict rate untuk KA yang melintas di Stasiun Bogor turun dari 0,81 menjadi 0,79 atau 79% dengan kapasitas interlocking yang tersisa naik menjadi 21%. Artinya dengan jumlah KA yang melintas pada masing-masing rute sebanyak 329, maka sebanyak 260 KA akan berpotensi terdampak konflik..

### 4.3 Skenario 2 Penambahan Jalur Penghubung

Skenario kedua yaitu menambah suatu prasarana berupa penghubung antara jalur III dengan IV. Kondisi Jalur III dan IV saat ini serta rencana lokasi penambahan jalur penghubung antara jalur III dan IV dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 12. Kondisi Lapangan Jalur III dan IV

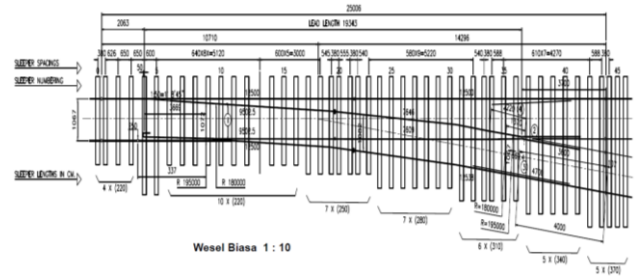


Gambar 13. Jalur Penghubung Jalur III Dan IV

Kondisi jalur III dan IV tidak dibatasi oleh peron dan jarak minimal antara dua sumbu jalan rel adalah 4000 mm atau 4 m [17] terpenuhi. Untuk menghubungkan antara 2 jalur ini, dimungkinkan dilakukan instalasi wesel biasa kanan 1:10 secara sepasang yang berarti perbandingan antara panjang dari titik matematis wesel 10 dan lebar simpang wesel 1, serta dapat dilalui oleh KA dengan kecepatan maksimal di jalur belok 35 km/jam [18].

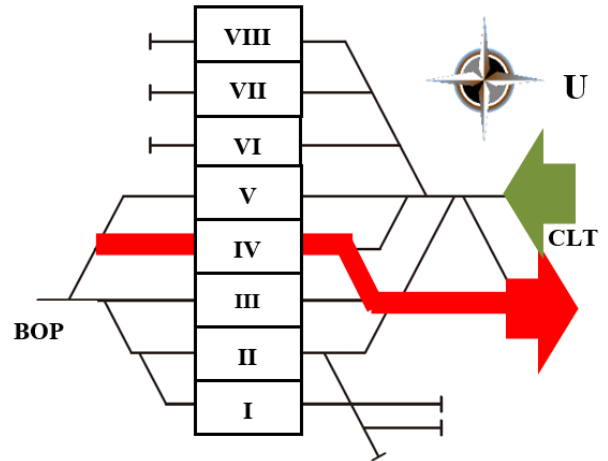


Gambar 14. Wesel Biasa Kanan [19]



Gambar 15. Wesel 1:10 [20]

Tujuan penambahan jalur penghubung ini agar KRL yang akan berangkat dari jalur IV tidak berkonflik dengan KRL yang akan masuk di jalur V, VI, VII, atau VIII. Nantinya, pembentukan rute berangkat dari jalur IV akan mengalami perubahan dengan melewati jalur penghubung tersebut.



Gambar 16. Perubahan Rute Berangkat Jalur IV

Pada skenario 2 penambahan jalur penghubung, tidak ada KA yang mengalami perubahan pada daftar jalurnya. Sehingga jumlah frekuensi KA yang melintas pada setiap rute tetap sama dengan jumlah frekuensi pada kondisi eksisting. Dengan mengambil jumlah frekuensi KA pada setiap rute, lalu diolah kembali menggunakan rumus (1) dan (2) dengan mekanisme pengkategorian tiap *cell* seperti pada tabel 2, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Perhitungan Rute Konflik Dengan Pembebanan Rute Setelah Skenario 2

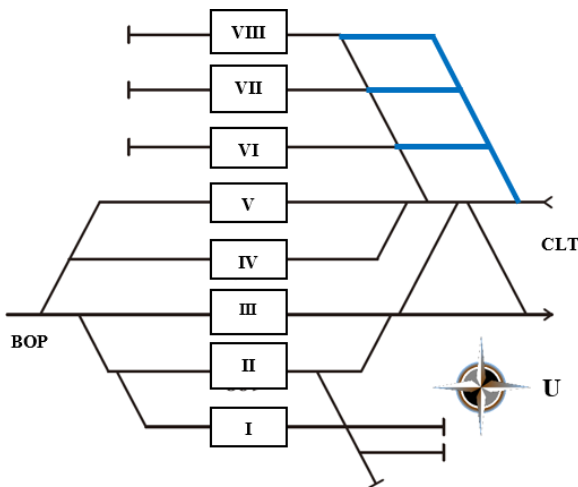
Route	KA	C	D	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Sum
		1	1	31	27	24	25	31	26	25	24	27	26	15	15	15	16	329
C	1		0,00001	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002							0,002
D	1	0,00001		0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002							0,002
I	31	0,00029	0,00029		0,0077	0,0069	0,0072	0,0089	0,0074				0,0074		0,0043		0,0046	0,055
J	27	0,00025	0,00025	0,0077		0,006	0,0062	0,0077	0,0065				0,0065		0,0037		0,004	0,049
K	24	0,00022	0,00022	0,0069	0,006		0,0055	0,0069	0,0058	0,0055			0,0058		0,003		0,0035	0,050
L	25	0,00023	0,00023	0,0072	0,0062	0,0055		0,0072	0,006	0,0058	0,0055	0,0062	0,006	0,0035	0,0035	0,0035	0,0037	0,07
M	31	0,00029	0,00029	0,0089	0,0077	0,0069	0,0072		0,0074	0,0072	0,0069	0,0077	0,0074	0,0043	0,0043	0,0043	0,0046	0,085
N	26	0,00024	0,00024	0,0074	0,0065	0,0058	0,006	0,0074		0,006	0,0058	0,0065	0,0062	0,0036	0,0036	0,0036	0,0038	0,073
O	25	0,00023	0,00023			0,0055	0,0058	0,0072	0,006		0,0055	0,006	0,006	0,0035	0,0035	0,0035	0,0037	0,057
P	24	0,00022	0,00022				0,0055	0,0069	0,0058	0,0055		0,006	0,0058	0,0033	0,0033	0,0033	0,0035	0,049
Q	27						0,0062	0,0077	0,0065	0,0062	0,006		0,0065	0,0037	0,0037	0,004	0,004	0,054
R	26			0,0074	0,0065	0,0058	0,006	0,0074	0,0062	0,006	0,0058	0,0065		0,0036	0,0036	0,0036	0,0038	0,072
S	15						0,0035	0,0043	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037	0,0036		0,0021	0,0021	0,0022	0,032
T	15			0,0043	0,0037	0,003	0,0035	0,0043	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037	0,0036	0,0021		0,0021	0,0022	0,043
U	15						0,0035	0,0043	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037	0,0036	0,0021	0,0021	0,0021	0,0022	0,032
V	16			0,0046	0,004	0,0035	0,0037	0,0046	0,0038	0,0037	0,0035	0,004	0,0038	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,05
Sum	329	0,002	0,002	0,055	0,049	0,05	0,07	0,085	0,073	0,057	0,049	0,054	0,072	0,032	0,043	0,032	0,05	0,77

Setelah dilakukan pembebanan dengan frekuensi KA pada setiap rute, diketahui bahwa nilai *conflict rate* untuk KA yang melintas di Stasiun Bogor turun dari 0,81 menjadi 0,77 atau 77% dengan kapasitas *interlocking* yang tersisa naik menjadi 23%. Artinya dengan jumlah KA yang melintas pada masing-masing rute sebanyak 329, maka sebanyak 253 KA akan berpotensi terdampak konflik.

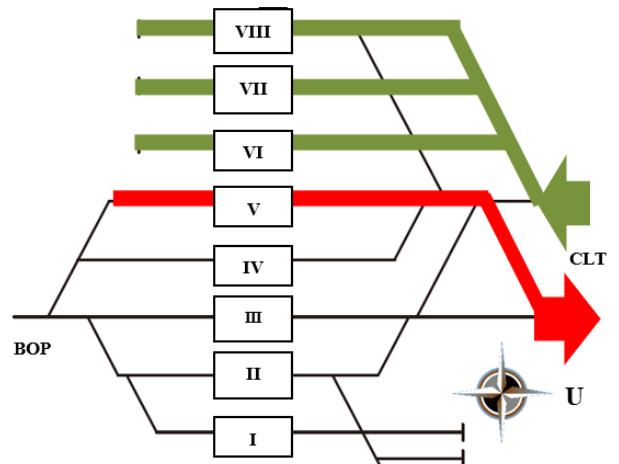
Tujuan perpanjangan emplasemen ini yaitu agar KRL yang akan masuk di jalur VI, VII, atau VIII tidak berkonflik dengan KRL yang akan berangkat dari jalur IV, V, VI, VII, atau VIII. Nantinya, pembentukan rute datang jalur VI, VII, atau VIII akan mengalami perubahan dengan melewati jalur perpanjangan tersebut.

4.4 Skenario 3 Perpanjangan Emplasemen

Skenario ketiga yaitu memperpanjang emplasemen jalur VI, VII, dan VIII ke arah utara. Usulan skenario ketiga ini tidak mengubah kondisi eksisting ketiga jalur tersebut serta dengan asumsi telah tersedia luasan lahan sesuai kebutuhan di lapangan. Rencana perpanjangan emplasemen dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 17. Perpanjangan Emplasemen Jalur VI, VII, dan VIII (biru)



Gambar 18. Perubahan Rute Datang Jalur VI, VII, dan VIII (hijau)

Sama halnya dengan skenario kedua, pada skenario ketiga tidak ada KA yang mengalami perubahan pada daftar jalurnya. Sehingga jumlah frekuensi KA yang melintas pada setiap rute tetap sama dengan jumlah frekuensi pada kondisi eksisting. Dengan mengambil jumlah frekuensi KA pada setiap rute, lalu diolah kembali menggunakan rumus (1) dan (2) dengan mekanisme pengkategorian tiap *cell* seperti pada tabel 2, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan Rute Konflik Dengan Pembebanan Rute Setelah Skenario 3

Route		C	D	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Sum	
	KA	1	1	31	27	24	25	31	26	25	24	27	26	15	15	15	16	329	
C	1		0,00001	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002							0,002	
D	1	0,00001		0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002							0,002	
I	31	0,00029	0,00029		0,0077	0,0069	0,0072	0,0089	0,0074					0,0074		0,0043		0,0046	0,055
J	27	0,00025	0,00025	0,0077		0,006	0,0062	0,0077	0,0065				0,0065		0,0037		0,0040	0,049	
K	24	0,00022	0,00022	0,0069	0,0060		0,0055	0,0069	0,0058	0,0055	0,0053		0,0058		0,0033		0,0035	0,055	
L	25	0,00023	0,00023	0,0072	0,0062	0,0055		0,0072	0,006	0,0058	0,0055		0,006		0,0035		0,0037	0,06	
M	31	0,00029	0,00029	0,0089	0,0077	0,0069	0,0072		0,0074	0,0072	0,0069	0,0077	0,0074	0,0043	0,0043	0,0043	0,0046	0,085	
N	26	0,00024	0,00024	0,0074	0,0065	0,0058	0,0060	0,0074		0,006	0,0058	0,0065	0,0062	0,0036	0,0036	0,0036	0,0038	0,073	
O	25	0,00023	0,00023			0,0055	0,0058	0,0072	0,006		0,0055	0,0062	0,006	0,0035	0,0035	0,0035	0,0037	0,057	
P	24	0,00022	0,00022			0,0053	0,0055	0,0069	0,0058	0,0055		0,0060	0,0058	0,0033	0,0033	0,0033	0,0035	0,055	
Q	27							0,0077	0,0065	0,0062	0,006		0,0065	0,0037	0,0037	0,0037	0,0040	0,05	
R	26			0,0074	0,0065	0,0058	0,006	0,0074	0,0062	0,006	0,0058	0,0065			0,0036	0,0036	0,0038	0,065	
S	15							0,0043	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037			0,0021	0,0021	0,0022	0,025	
T	15			0,0043	0,0037	0,0033	0,0035	0,0043	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037	0,0036	0,0021			0,0022	0,041	
U	15							0,0043	0,0036	0,0035	0,0033	0,0037					0,0022	0,023	
V	16			0,0046	0,004	0,0035	0,0037	0,0046	0,0038	0,0037	0,0035	0,004	0,0038	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,046	
Sum	329	0,002	0,002	0,055	0,049	0,055	0,057	0,085	0,073	0,057	0,055	0,05	0,065	0,025	0,041	0,023	0,046	0,74	

Setelah dilakukan pembebanan dengan frekuensi KA pada setiap rute, diketahui bahwa nilai *conflict rate* untuk KA yang melintas di Stasiun Bogor turun dari 0,81 menjadi 0,74 atau 74% dengan kapasitas *interlocking* yang tersisa naik menjadi 26%. Artinya dengan jumlah KA yang melintas pada masing-masing rute sebanyak 329, maka sebanyak 243 KA akan berpotensi terdampak konflik..

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Tingkat *Conflict Rate* Pada Kondisi Eksisting Stasiun Bogor

Perhitungan *conflict rate* pada kondisi eksisting di Stasiun Bogor dengan menggunakan tabel rute konflik menghasilkan nilai *conflict rate* sebesar 81%. Dengan jumlah KA yang melintas pada setiap rute dalam 1 hari sebanyak 329 KA, 266 KA akan berpotensi terdampak konflik.

### 5.2 Tingkat *Conflict Rate* Dengan Perubahan Daftar Jalur

Skenario 1 yaitu mengubah daftar jalur KA dari jalur yang berpotensi menimbulkan konflik bagi kedatangan KA ke jalur yang tidak menimbulkan konflik. pada skenario ini, penggunaan jalur II dan III akan dimaksimalkan untuk kedatangan dan keberangkatan KA. Skenario ini dapat menurunkan nilai *conflict rate* dari 81% menjadi 79%. Dengan 329 KA yang melintas pada setiap rute, maka 260 KA akan berpotensi terdampak konflik.

### 5.3 Tingkat *Conflict Rate* Dengan Penambahan Jalur Penghubung

Skenario 2 yaitu menambahkan jalur penghubung antara jalur III dengan IV. Skenario ini akan mengubah rute berangkat dari jalur IV melalui jalur penghubung tersebut. Dengan adanya penambahan jalur penghubung ini, KRL yang berangkat dari jalur IV tidak akan berkonflik dengan KRL yang masuk antara jalur V sampai VIII. Skenario ini dapat menurunkan nilai *conflict rate* dari 81% menjadi 77%. Artinya terdapat 253 KA akan berpotensi terdampak konflik dari total 329 KA yang melintas pada setiap rute.

### 5.4 Tingkat *Conflict Rate* Dengan Perpanjangan Emplasemen.

Skenario 3 yaitu memperpanjang emplasemen jalur VI, VII, dan VIII ke arah utara. Skenario ini akan mengubah rute datang jalur VI, VII, atau VIII melalui jalur perpanjangan tersebut. Dengan adanya perpanjangan ketiga jalur ini, KRL yang masuk di jalur VI, VII, atau VIII tidak berkonflik dengan KRL yang berangkat dari jalur IV sampai VIII. Skenario ini dapat menurunkan nilai *conflict rate* dari 81% menjadi 74%. Artinya jika diasumsikan ada 329 KA yang melintas pada masing-masing rute, maka 243 KA akan berpotensi terdampak konflik.

### 5.5 Saran

Bahwa skenario 3 memiliki nilai *conflict rate* paling kecil dibandingkan kondisi lainnya. Sehingga skenario 3 dinilai lebih efisien mendukung kegiatan operasi di Stasiun Bogor dibandingkan skenario 1 dan 2.

Penelitian ini menekankan pada pola operasi KA yang terbatas pada lingkup stasiun setempat. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan memasukkan variabel biaya, ketersediaan lahan dan lainnya, serta lebih jauh lagi adalah melakukan redesain emplasemen secara menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] UU 23, *Undang - Undang 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian*, Jakarta, Daerah Khusus Ibukota Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia, 2007.
- [2] KP 1380, *Keputusan Menteri Perhubungan Tentang Penetapan Grafik Perjalanan Kereta Api Tahun 2021*, Jakarta, Daerah Khusus Ibukota Jakarta: Kementerian Perhubungan, 2020.
- [3] PDPS Stasiun Bogor, *Peraturan Dinas Pelayanan Setempat (PDPS) Stasiun Bogor*, Jakarta, Daerah Khusus Ibukota Jakarta: PT Kereta Api Indonesia DAOP 1 Jakarta, 2022.
- [4] Daftar Jalur Stasiun Bogor, *Jalur - Jalur yang Harus Dilalui di Stasiun Bogor (PD 19 Jilid I Pasal 55)*, Bogor, Jawa Barat: Stasiun Besar A Bogor, 2022.
- [5] PD 19 Jilid I, *Peraturan Dinas 19 Jilid I Terkait Urusan Perjalanan Kereta Api dan Langsir*, Bandung, Jawa Barat: PT Kereta Api Indonesia (Persero), 2011.
- [6] KBBI, "<https://kbbi.web.id/rekayasa>," 2023. [Online]. Available: <https://kbbi.web.id/rekayasa>. [Accessed 6 July 2023].
- [7] PD 22 Jilid I, *Peraturan Dinas 22 Jilid I Terkait Penguasaan Stasiun*, Bandung, Jawa Barat: PT Kereta Api Indonesia (Persero), 2012.
- [8] M. Hanif, H. Moetrisono and S. W. Mudjanarko, "Analisis Pola Operasi Kereta Api Di Stasiun Surabaya Gubeng," *Spirit Pro Patria*, vol. 6, no. 1, pp. 1-15, Maret 2020.
- [9] PD 13, *Peraturan Dinas 13 Terkait Ketentuan Umum Persinyalan*, Bandung, Jawa Barat: PT Kereta Api Indonesia (Persero), 2015.
- [10] Daftar Perjalanan Kereta Api Stasiun Bogor, *Daftar Perjalanan Kereta Api Stasiun Bogor GAPEKA 2021*, Bogor, Jawa Barat: Stasiun Besar A Bogor, 2022.
- [11] PM 121, *Peraturan Menteri 121 Tahun 2017 Tentang Lalu Lintas Kereta Api*, Jakarta, Daerah Khusus Ibukota Jakarta: Kementerian Perhubungan, 2017.
- [12] J. Pachl, *Railway Operation and Control*, Braunschweig: VTD Rail Publishing, 2009.
- [13] PD 19 Jilid II, *Peraturan Dinas 19 Jilid II Terkait Kereta Api Kerja, Kereta Api Inspeksi, dan Lori*, Bandung, Jawa Barat: PT Kereta Api Indonesia (Persero), 2011.
- [14] Sukamto, *Metode Penulisan Karya Ilmiah*, Malang, Jawa Timur: Badan Penerbitan Universitas Widyagama, 2016.
- [15] D. M. Setiawan, "Analisis Pola Operasi Lalu Lintas Kereta Api Pada Stasiun Berjalur Empat dan Enam dengan Metode Conflict Rate," *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 57-70, Oktober 2022.
- [16] PM 60, *Peraturan Menteri 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*, Jakarta, Daerah Khusus Ibukota Jakarta: Kementerian Perhubungan, 2012.
- [17] S. H. T. Utomo, *Jalan Rel*, vol. 2, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta: Beta Offset, 2009.
- [18] PD 10, *Peraturan Dinas 10 Terkait Perencanaan Konstruksi Jalan Rel*, Bandung, Jawa Barat: Perusahaan Jawatan Kereta Api, 1986.
- [19] PT KAI, *Simple Turnout R. 54 (1 : 10)*, Bandung, Jawa Barat: PT Kereta Api Indonesia (Persero), 2014.
- [20] N. Muhadjir, *Metodologi Penelitian Kualitatif Pendekatan Positivistik, Rasionalistik, Phenomenologik, dan Realisme Metaphisik Telaah Studi Teks dan Penelitian Agama*, Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta: Rake Sarasin, 1996.