

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Kajian Pola Operasi Jalur Kereta Api Ganda

Kajian pola operasi jalur kereta api ganda merupakan salah satu bagian penting dalam pembangunan jalur kereta api. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Perhubungan No 33 Tahun 2011 tentang Jenis, Kelas dan Kegiatan di Stasiun Kereta Api, stasiun kereta api merupakan prasarana kereta api sebagai tempat pemberangkatan dan pemberhentian kereta.

1. Jenis Angkutan Penumpang

a. Penumpang Eksekutif

Pelayanan dari jasa angkutan memberikan pelayanan yang lebih baik dibandingkan dengan penumpang bisnis dan ekonomi, baik darisegi kelonggaran ruangan lebih longgar dan nyaman, dimana dalam satu kereta/gerbong sekitar untuk 50 penumpang saja, maupun segi kelengkapan penyejuk ruangan.

b. Penumpang Bisnis

Perbedaan dengan pelayanan kelas eksekutif adalah ruagan lebih dipersempit sehingga kapasitas penumpang dalam satu gerbong/kereta lebih banyak, sekitar 64 penumpang dalam satu kereta/gerbong dan tidak dilengkapi penyejuk ruangan biasanya hanya dilengkapi kipas angin.

c. Penumpang Ekonomi

Perbedaan dengan pelayanan kelas ekonomi adalah ruagan lebih dipersempit lagi, sehingga kapasitas penumpang dalam satu gerbong/kereta lebih banyak, sekitar 100 penumpang dalam satu kereta/gerbong dan tidak dilengkapi penyejuk ruangan biasanya hanya dilengkapi kipas angin.

2. Jenis Stasiun

Stasiun kereta api menurut jenisnya terdiri dari :

a. Stasiun Penumpang, yaitu stasiun kereta api untuk keperluan naik turun penumpang.

- b. Stasiun Barang, yaitu stasiun kereta api untuk keperluan bongkar muat barang.
 - c. Stasiun Operasi, yaitu stasiun kereta api untuk keperluan pengoperasian kereta. Fasilitas pelengkap pada stasiun penumpang yaitu fasilitas keselamatan dan operasi kereta api.
3. Kegiatan Stasiun
 - a. Kegiatan Pokok
 - b. Kegiatan Usaha Penunjang
 - c. Kegiatan Jasa Pelayanan Khusus
 4. Kelas Stasiun
 - a. Kelas besar,
 - b. Kelas sedang dan
 - c. Kelas kecil.
 5. Fungsi stasiun adalah sebagai berikut :
 - a. Stasiun Operasi (SO)

Stasiun yang hanya melayani operasi perjalanan kereta api, yang berjalan langsung atau melayani persilangan atau penyusulan tapi tidak untuk keperluan naik maupun turun penumpang maupun untuk bongkar/muat barang.
 - b. Stasiun Penumpang (SP)

Stasiun yang khusus melayani jasa angkutan penumpang, biasanya juga melayani operasi kereta api.
 - c. Stasiun Barang (SB)

Stasiun yang khusus melayani jasa angkutan barang, biasanya juga melayani operasi kereta api.
 - d. Stasiun Penumpang dan Barang (SPB)

Stasiun yang melayani jasa angkutan barang dan angkutan penumpang, biasanya juga melayani operasi kereta api.
 - e. Stasiun Terminal (ST)

Stasiun terminal sudah pasti stasiun operasi dan operasi perjalanan kereta api hanya berawal dan berakhir di stasiun ini, umumnya stasiun buntu (tanpa ada penerusan rel).

f. Stasiun Antara (SA)

Stasiun antara termasuk stasiun operasi yang berada diantara dua stasiun bersebelahan, fungsinya bisa sebagai stasiun penumpang, barang, operasi dan/atau terminal.

g. Stasiun Antara dan Terminal (SAT)

Stasiun antara dan terminal termasuk stasiun operasi. Sebagian kereta berawal dan berakhir di stasiun ini dan sebagian meneruskan perjalanan.

h. Stasiun Persimpangan (SPr)

Stasiun tempat dimulainya perubahan jalur menuju dua atau lebih tujuan akhir dan sudah pasti stasiun ini melayani operasi perjalanan kereta api, semua kereta api bisa berjalan langsung di stasiun ini. SPr tidak melayani jasa angkutan kereta api baik barang ataupun penumpang.

6. Lokasi Stasiun

Persyaratan penempatan lokasi stasiun telah dijelaskan dalam Peraturan Menteri No. 29 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api. Pembangunan stasiun kereta api lokasinya sesuai dengan pola operasi perjalanan kereta api, menunjang operasional sistem perkeretaapian, tidak mengganggu lingkungan, memiliki tingkat keselamatan dan keamanan berdasarkan ketentuan yang berlaku.

B. Tipikal Tata Letak dan Panjang Efektif Jalur Stasiun

1. Tipikal Tata Letak Jalur Stasiun

Peraturan Menteri Perhubungan No 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api menjelaskan bahwa persyaratan tata letak, tata ruang dan lingkungan merupakan persyaratan yang harus diperhatikan dalam perencanaan, pembangunan dan pengoperasian jalur kereta api. Persyaratan tata letak, tata ruang dan lingkungan meliputi persyaratan peruntukkan lokasi, pengalokasian ruang dan pengendalian dampak lingkungan. Peruntukkan lokasi dalam pembangunan jalur kereta api harus sesuai dengan rencana trase jalur kereta api yang sudah ditetapkan. Pengalokasian ruang jalur kereta api diperlukan untuk kepentingan perencanaan dan pengoperasian.

Tata letak jalur kereta api di stasiun selalu disesuaikan dengan kebutuhan, situasi dan kondisi di lapangan, yaitu:

a. Jika Stasiun di Wilayah Relatif Datar

1) Jumlah minimal jalur kereta api

Jalur kereta api di stasiun operasi jalur ganda minimal 3 atau 4 jalur agar bisa melaksanakan persilangan dan/atau penyusulan dalam waktu yang hampir bersamaan.

2) Jalur simpan

Jalur simpan digunakan untuk menyimpan mesin-mesin alat berat perawatan jalan rel.

b. Jika Stasiun di Wilayah Turunan

1) Jumlah minimal jalur kereta api

Jalur kereta api di stasiun operasi jalur ganda minimal 3 atau 4 jalur agar bisa melaksanakan persilangan dan/atau penyusulan dalam waktu yang hampir bersamaan.

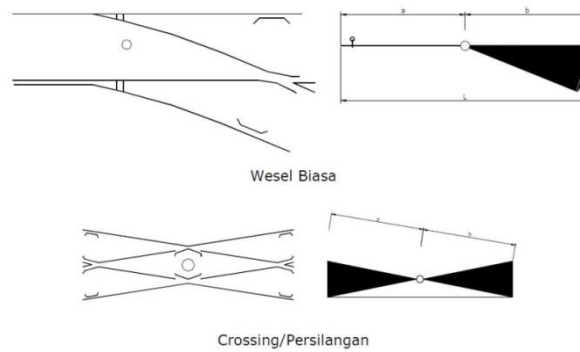
2) Jalur tangkap

Yang dimaksud dengan turunan adalah topografi menjelang masuk stasiun memiliki turunan lebih dari 10 permil. Letak jalur tangkap tergantung letak turunan yang menuju stasiun tersebut dan dipasang pada wesel pertama dari arah turunan menuju jalur tangkap.

Wesel merupakan salah satu perangkat jalan kereta api yang berfungsi sebagai pemindah sepur dari lurus ke belok atau sebaliknya dan untuk pemindah dari satu sepur ke sepur lainnya di emplasemen. Jenis wesel ditunjukkan pada Gambar 3.1. Beberapa jenis wesel adalah sebagai berikut :

(a) Wesel biasa, berfungsi untuk mengarahkan kereta api berjalan ke sepur lurus atau ke sepur bengkok. Ada dua jenis wesel standar yaitu wesel kanan wesel kiri.

(b) *Crossing*/Persilangan, pemasangan wesel pada dua jalur terdapat empat wesel yang saling bersilang pada satu lokasi.



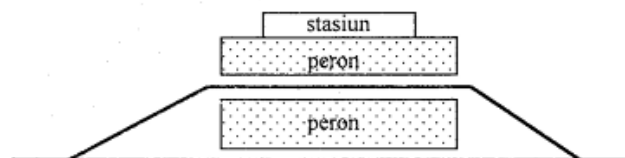
Gambar 3.1 Jenis wesel

(Sumber: Pahl, 2000)

Emplasemen stasiun terdiri atas jalan-jalan rel yang tersusun sedemikian rupa sesuai dengan fungsinya. Penggambaran jalan rel dalam skema emplasemen ditunjukkan dengan garis tunggal (Utomo, 2009). Emplasemen dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut :

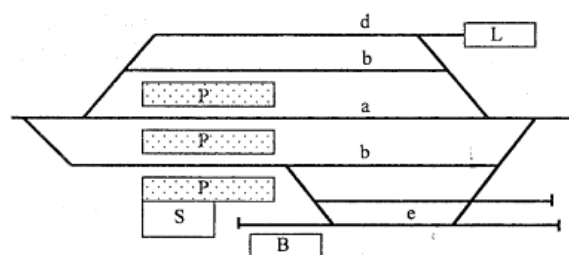
a. Emplasemen Stasiun Penumpang

Emplasemen penumpang digunakan untuk memberi kesempatan pada penumpang untuk membeli tiket, menunggu datangnya kereta api sampai naik ke kereta api melalui peron serta tempat turun dari kereta api. Emplasemen stasiun penumpang digolongkan menjadi 3 yaitu emplasemen stasiun kecil (Gambar 3.2), emplasemen stasiun sedang (Gambar 3.3) dan emplasemen stasiun besar (Gambar 3.4).



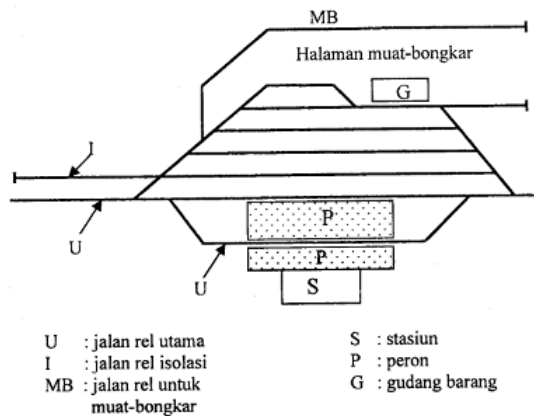
Gambar 3.2 Contoh skema emplasemen stasiun kecil

(Sumber : Utomo, 2009)



Gambar 3.3 Contoh skema emplasemen stasiun sedang

(Sumber : Utomo, 2009)

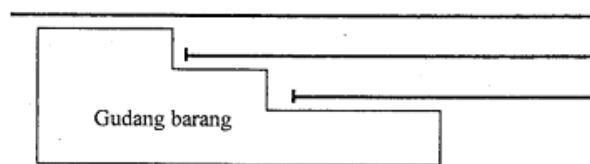


Gambar 3.4 Contoh skema emplasemen stasiun besar

(Sumber : Utomo, 2009)

b. Emplasemen Stasiun Barang

Emplasemen barang dibuat khusus untuk melayani pengiriman dan penerimaan barang. Sesuai dengan kegunaannya maka emplasemen barang biasanya terletak di dekat daerah industri, perdagangan atau pergudangan. Emplasemen barang ditunjukkan pada Gambar 3.5.

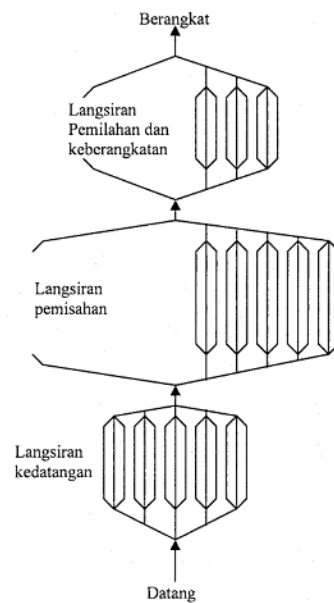


Gambar 3.5 Contoh emplasemen barang

(Sumber : Utomo, 2009)

c. Emplasemen Langsir

Pembuatan emplasemen langsir (*marshaling yard*) dimaksudkan sebagai fasilitas untuk menyusun kereta/gerbong (dan lokomotifnya) agar tidak sampai mengganggu operasi kereta yang lain. Emplasemen langsir digolongkan menjadi 3 yaitu langsir kedatangan, langsir pemisah dan langsir pemilahan dan keberangkatan. Emplasemen langsir ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Contoh emplasemen langsir

(Sumber : Utomo, 2009)

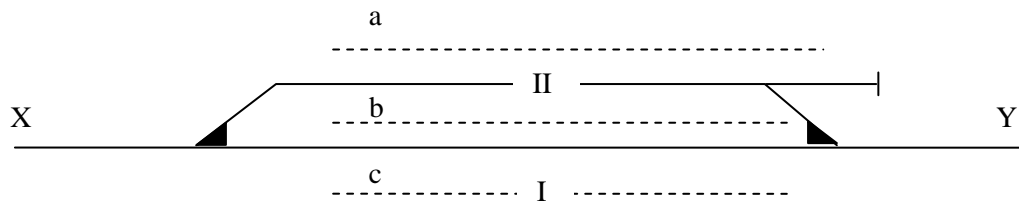
2. Panjang efektif jalur

Panjang efektif jalur menurut Peraturan Dinas No. 10 Tahun 1986 adalah jalur aman penempatan rangkaian sarana kereta api dari kemungkinan terkena senggolan pergerakan kereta api atau langsiran yang berasal dari jalur sisi sebelah menyebelahnya. Jalur efektif dapat dibatasi oleh sinyal, patok bebas wesel, bantalan putih, rambu batas berhenti kereta api, ataupun *track* sirkuit. Panjang jalur kereta api di emplasemen paling sedikit tidak kurang dari rangkaian kereta api terpanjang yang lewat di lintas itu.

Panjang jalur ideal ditentukan dari daya tarik lokomotif, untuk lokomotif kereta api barang dan penumpang sebesar 480 ton. Adapun berat kereta api barang sebesar 45 ton terdiri dari 30 ton berat muatan dan 15 ton berat sendiri. Sedangkan kereta api penumpang sebesar 40 ton sudah termasuk penumpang. Jika diasumsikan sebuah rangkaian terdiri dari satu lokomotif dengan panjang 16 meter dengan menarik kereta api penumpang dengan panjang 20 meter, maka perhitungan panjang efektif jalur minimum sebagai berikut.

Panjang rangkaian kereta api = $(480 \text{ ton} : 40 \text{ ton} \times 20 \text{ m}) + (1 \times 16 \text{ m}) = 256 \text{ m}$

Panjang efektif jalur minimum = $256 + 20 \text{ m} = 276 \text{ m}$



Keterangan :

a = sepur efektif jalur I kearah X

b = sepur efektif jalur I kearah Y

c = sepur efektif jalur II kearah Y

Gambar 3.7 Panjang jalur efektif

(Sumber : Peraturan Dinas No. 10 Tahun 1986)

C. Pengaturan Lalulintas Kereta Api di Stasiun

Pengaturan lalulintas kereta api perlu dilakukan agar dapat mendukung operasional jalur kereta api ganda. Pengaturan lalulintas kereta api telah dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api pada Bab III Pasal 17, 18 dan 19 yang menjelaskan bahwa jalur kereta api untuk kepentingan perjalanan kereta api dibagi dalam beberapa petak blok. Petak blok dibatasi oleh dua sinyal berurutan sesuai dengan arah perjalanan yang terdiri atas:

1. Sinyal masuk dan sinyal keluar pada 1 (satu) stasiun;
2. Sinyal keluar dan sinyal blok;
3. Sinyal keluar dan sinyal masuk di stasiun berikutnya;
4. Sinyal blok dan sinyal blok berikutnya; atau
5. Sinyal blok dan sinyal masuk.

Satu petak blok pada jalur kereta api hanya diizinkan dilewati oleh satu kereta api, namun pada keadaan tertentu satu petak blok pada jalur kereta api dapat dilewati lebih dari satu kereta api berdasarkan izin yang diberikan oleh petugas pengatur perjalanan kereta api. Perjalanan kereta api yang memasuki petak blok yang di dalamnya terdapat kereta api atau sarana perkeretaapian dilakukan dengan kecepatan terbatas dan pengamanan khusus.

Pengoperasian kereta api pada jalur ganda atau lebih harus menggunakan jalur kanan. Pengoperasian kereta api pada jalur ganda atau lebih dapat

menggunakan jalur kiri jika dalam keadaan tertentu. Penggunaan jalur kiri dilaksanakan dengan ketentuan:

1. Setelah mendapat perintah dari petugas pengatur perjalanan kereta api, atau
2. Terdapat sinyal jalur kiri (sinyal berjalan jalur tunggal sementara) yang mengizinkan kereta api untuk berjalan pada jalur kiri dengan kecepatan terbatas.

Kereta api yang berjalan langsung di stasiun dilewatkan pada jalur kereta api lurus, kecuali di stasiun persimpangan untuk ke jalur tertentu, di peralihan jalur kereta api dari jalur ganda ke jalur tunggal dan sebaliknya, atau stasiun yang tidak memiliki jalur lurus sesuai dengan peraturan pengamanan setempat. Jalur kereta api lurus tidak dapat dilewati karena adanya gangguan operasi, kereta api yang berjalan langsung dilewatkan melalui jalur kereta api belok dengan kecepatan terbatas dan pengamanan khusus.

D. Rute-rute Perjalanan Kereta Api

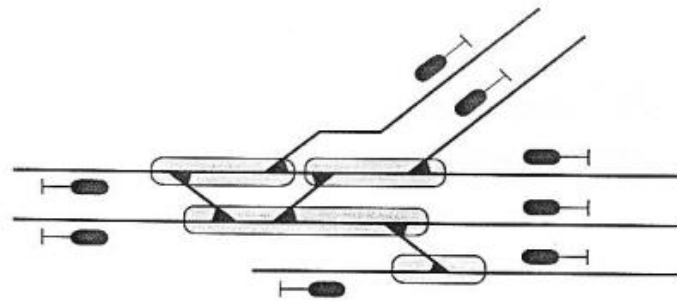
Rute dari setiap perjalanan kereta api dapat mengalami konflik di lintasan tunggal maupun ganda. Rute-rute perjalanan kereta api meliputi :

1. Rute yang Terbentuk

Rute yang terbentuk merupakan rute yang dibuat agar tidak terjadi persilangan dan penyusulan.
2. Rute yang Terpakai

Rute terpakai merupakan rute yang terpakai dari rute yang terbentuk.
3. Rute yang Berkonflik (*Conflict Rate*)

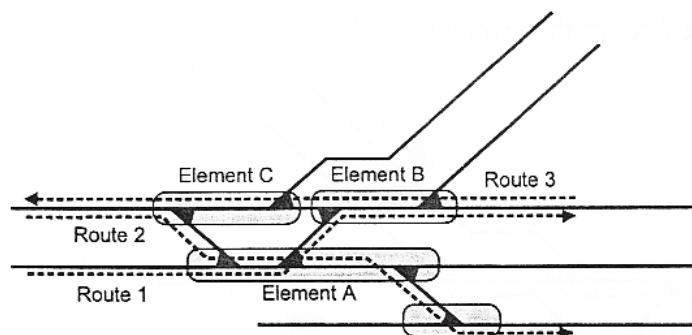
Rute terkonflik merupakan rute yang mengalami konflik atau persilangan. Tata letak dari susunan *interlocking* pada perhitungan *conflict rate* dibagi menjadi unsur-unsur tata letak yang lebih kecil, yang bisa dianggap sebagai sistem lintasan tunggal. Unsur tata letak tersebut tidak boleh mengandung beberapa kemungkinan terjadinya rute-rute paralel (Gambar 3.7). Hal ini berarti bahwa rute dari setiap kereta api yang berjalan melalui unsur tata letak lintasan tunggal tersebut akan berkonflik dengan rute-rute dari semua kereta api lain yang melalui unsur tata letak lintasan yang sama.



Gambar 3.8 Pembagian *interlocking* menjadi elemen tunggal penggunaan
(Sumber: Pacht, 2000)

Kelebihan dari analisis dan perhitungan ini adalah mendapatkan informasi tentang unsur-unsur paling penting dalam susunan *interlocking* yang kompleks yang berkaitan dengan kapasitas stasiun. Akan tetapi, permasalahannya adalah saling ketergantungan diantara unsur-unsur tata letak sepur kereta api di stasiun yang belum dipertimbangkan. Ketika dua rute mengalami konflik pada unsur lintasan tunggalnya, bisa jadi kedua rute tersebut juga mengalami rute konflik dengan rute ketiga yang tidak menyentuh lintasan ini.

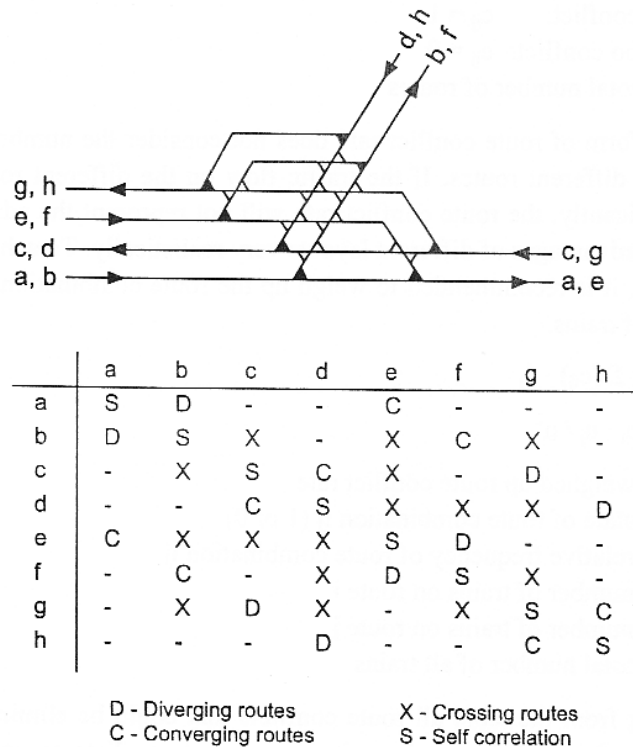
Rute 1 berkonflik dengan rute 2 pada unsur A. Kedua rute juga berkonflik dengan rute 3 di luar unsur A. Sehingga, ketika *headway* minimum diantara kereta api pada rute 1 dan rute 2 pada unsur A harus ditentukan, pengaruh dari suatu kereta api yang berjalan pada rute 3 tidak dapat diabaikan. Bisa dimungkinkan akan terjadi slot-slot waktu pada rute 1 dan rute 2 diblok, meskipun unsur A tidak dipakai. Hal ini berarti, kereta pada rute 3 bisa menghasilkan beberapa jenis pemakaian tidak langsung pada unsur A (Gambar 3.8).



Gambar 3.9 Contoh hubungan saling keterkaitan diantara 3 rute
(Sumber: Pacht, 2000)

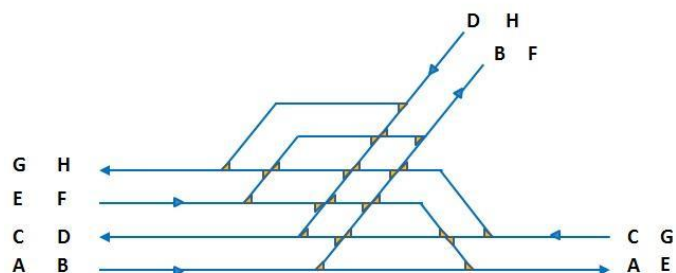
Masalah ini hanya dapat dipecahkan dengan baik melalui metode simulasi. Akan tetapi, dalam susunan *interlocking* yang sangat kompleks, seringkali tidak mudah untuk memilih strategi simulasi yang dapat mengidentifikasi secara jelas unsur-unsur penting dari infrastruktur tersebut. Oleh karena itu, penelitian kapasitas yang efektif tentang susunan *interlocking* yang kompleks dan besar memerlukan derajat pengalaman yang tinggi dalam operasi kereta api dan pengetahuan terperinci tentang berbagai kemungkinan dan batas-batas dari model-model komputer yang digunakan.

Sebelum melakukan penyelidikan yang membutuhkan biaya mahal, seringkali digunakan metode-metode yang disederhanakan untuk membantu membandingkan desain-desain yang berbeda dari susunan *interlocking* yang kompleks. Tipikal metode tersebut menggunakan Tabel Konflik Rute Pergerakan Kereta Api di Stasiun. Dalam tabel konflik rute tersebut, semua rute direpresentasikan dengan baris dan kolom seperti yang dicontohkan pada Gambar 3.10. Sementara Gambar 3.11 menunjukkan notasi asal – tujuan rute.



Gambar 3.10 Tabel rute konflik

(Sumber: Pachel, 2000)



Gambar 3.11 Notasi asal dan tujuan rute

(Sumber: Pachl, 2000)

Setiap rute dalam contoh ini diberi label dengan huruf tunggal pada jalan masuk dan jalan keluar. Semua unsur tabel yang merepresentasikan rute-rute yang berkonflik ditandai dengan singkatan untuk menandai jenis konflik bersilang ($X = Crossing$), bercabang ($D = Divergen$, atau bertemu ($C = Convergen$). Dengan bantuan dari tabel konflik rute, tingkat konflik dapat ditentukan sebagai jumlah dari kombinasi rute berkonflik yang dibagi dengan jumlah total dari kombinasi rute. Jenis konflik yang dimaksud adalah sebagai berikut :

- a. *Self correlation* (S), yaitu hubungan antara 2 kereta api yang bergerak pada rute yang sama atau tumpang-tindih (asal yang sama dan tujuan yang sama atau 2 rute yang sama).
- b. *Convergen* (C), yaitu hubungan antara 2 kereta api yang bergerak dari asal yang berbeda, tetapi tujuan yang sama, bisa diselingi dengan/tanpa persilangan terlebih dahulu (2 rute yang menyatu). Rute berkonflik *covergen* ditunjukkan pada Gambar 3.12.
- c. *Divergen* (D), yaitu hubungan antara 2 kereta api yang bergerak dari asal yang sama, tetapi tujuan yang berbeda (2 rute yang bercabang). Rute berkonflik *divergen* ditunjukkan pada Gambar 3.13.
- d. *Crossing* (X), yaitu hubungan antara 2 kereta api yang bergerak dari asal yang berbeda dan juga tujuan yang berbeda (rute saling bersilang). Rute berkonflik *crossing* ditunjukkan pada Gambar 3.14.

Perhitungan *conflict rate* dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$CRr = \sum (C_{ij}) \cdot r^2 \quad (3.1)$$

Keterangan :

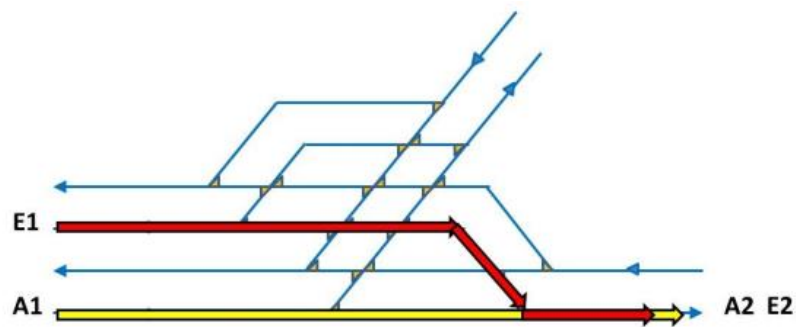
CR = derajat atau presentase rute konflik

C_{ij} = pembentukan kombinasi rute ij

Conflict = $C_{ij} = 1$

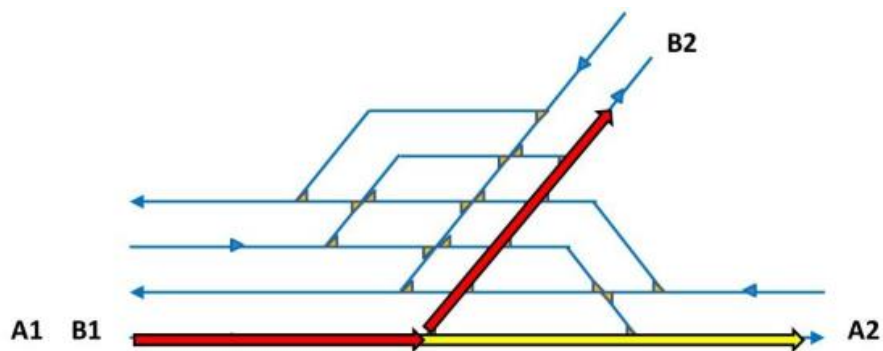
No Conflict = $C_{ij} = 0$

r = total rute



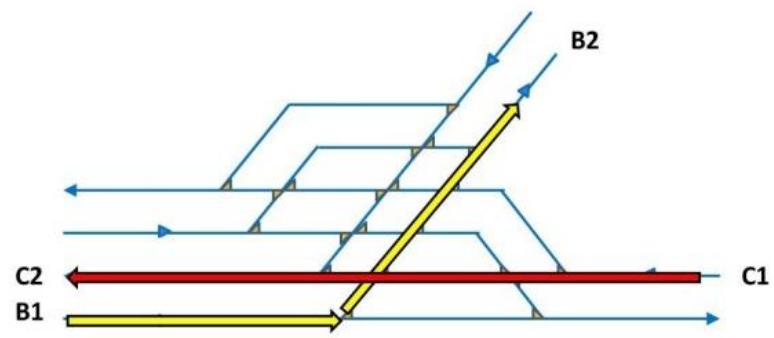
Gambar 3.12 Rute *convergen* A – E

(Sumber: Pachl, 2000)



Gambar 3.13 Rute *divergen* A-B

(Sumber: Pachl, 2000)



Gambar 3.14 Rute *crossing* B-C

(Sumber: Pachl, 2000)