



DOI: <https://doi.org/10.38035/rrj.v7i6>
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Optimasi *Train Control System* untuk Meningkatkan Efisiensi Pengoperasian Kereta Cepat Jakarta-Bandung

Yunizaf Afi T¹, Ajeng Mayang K. S²

¹Progam Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama, Bandung, Indonesia.

yunizaf.afi@widyatama.ac.id

²Progam Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama, Bandung, Indonesia.

ajeng.mayang@widyatama.ac.id

Corresponding Author: yunizaf.afi@widyatama.ac.id¹

Abstract: *The train is a mass transportation that is in demand by the public due to its safety, comfort and timeliness. Currently in Indonesia, railways are experiencing very rapid development and there are many railway project developments, one of which is the Jakarta Bandung Fast Train to accelerate mobility between Jakarta and Bandung. To ensure the safety and security of the Jakarta Bandung High Speed Train operation, a train control system is needed. One example of a train control system is the Chinese Train Control System (CTCS), this system is a new system in Indonesia so there are still not many people who know how it works, its components. Train control system is a safety device to ensure safety and organize efficient and effective train operations by dividing space and time. The purpose of this study is to determine the optimization of the train control system used in the Jakarta Bandung High Speed Train project with a conventional/existing train control system. The method used in this research is data collection through literature study and field observation. In the Jakarta-Bandung High Speed Rail project the train control system equipment is located indoors, outdoors and on the facility itself. There are two modes of CTCS operation levels, namely level 2 and level 3. Level 3 sends and receives information through the GSM-R communication network and the maximum speed limit is 350km/h. For level 2, sending and receiving information through the track circuit and balise and the maximum speed limit is 250km/h. There is one of the automatic train safety systems called Automatic Train Protection (ATP).*

Keyword: *Jakarta Bandung High Speed Railway, Train Control System, Chinese Train Control System (CTCS).*

Abstrak: Kereta api merupakan transportasi massal yang diminati oleh masyarakat dikarenakan keamanan, kenyamanan dan ketepatan waktunya. Saat ini di Indonesia kereta api sedang mengalami perkembangan yang sangat pesat dan terdapat banyak pembangunan proyek kereta api, salah satunya yaitu Kereta Cepat Jakarta Bandung untuk mempercepat mobilitas antara Jakarta dan Bandung. Untuk memastikan keselamatan dan keamanan pengoperasian Kereta Cepat Jakarta Bandung maka dibutuhkan *train control system*. Salah satu contoh dari *train control system* adalah *Chinese Train Control System* (CTCS), sistem ini merupakan sistem yang baru di Indonesia sehingga masih belum banyak yang mengetahui cara kerja,

komponen- komponennya. *Train control system* merupakan suatu perangkat pengaman untuk menjamin keselamatan dan mengatur pengoperasian kereta api yang efisien dan efektif dengan jalan membagi ruang dan waktu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui optimasi pada *train control system* yang digunakan pada proyek Kereta Cepat Jakarta Bandung dengan *train control system* konvensional/existing. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data melalui studi literatur dan observasi lapangan. Pada proyek Kereta Cepat Jakarta – Bandung peralatan *train control system* berada di dalam ruangan, di luar ruangan dan di sarana itu sendiri. Terdapat dua mode level pengoperasian CTCS yaitu level 2 dan level 3. Pada level 3 pengiriman dan penerimaan informasi melalui jaringan komunikasi GSM-R dan batas kecepatan maksimalnya 350km/jam. Untuk level 2 pengiriman dan penerimaan informasi melalui *track circuit* dan *balise* dan batas kecepatan maksimalnya 250km/jam. Terdapat salah satu sistem keselamatan kereta secara otomatis yang disebut *Automatic Train Protection* (ATP).

Kata Kunci: Kereta Cepat Jakarta Bandung, *Train Control System*, *Chinese Train Control System* (CTCS).

PENDAHULUAN

Perkeretaapian merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama dalam kemampuannya mengangkut penumpang dan barang secara massal, efisiensi energi, penggunaan ruang yang optimal, tingkat keamanan yang tinggi, serta dampak pencemaran yang rendah. Salah satu proyek transportasi massal yang sedang dikembangkan di Indonesia adalah kereta api berkecepatan tinggi, yaitu Kereta Cepat Jakarta-Bandung. Saat ini, fasilitas operasi kereta api existing masih mengandalkan sistem persinyalan dengan interlocking, yang memiliki kelemahan karena tidak dilengkapi peralatan di dalam sarana kereta api. Oleh karena itu, diperlukan peralatan *train control* yang andal, aman, dan memastikan keselamatan operasional kereta api, baik di dalam ruangan, luar ruangan, maupun di dalam sarana kereta api itu sendiri. Sesuai dengan persyaratan umum dari *train control system* yaitu fail safe artinya jika terjadi suatu kerusakan/kegagalan pada sistem atau peralatan hal tersebut tidak boleh membahayakan bagi perjalanan kereta api, mempunyai kehandalan yang tinggi dan memberikan aspek atau isyarat yang jelas dan tegas, menjamin hanya ada 1 (satu) kereta dalam 1 (satu) petak blok. Seluruh peralatan *train control* saling bertukar informasi secara real-time, baik kepada pengatur perjalanan kereta api maupun kepada masinis, untuk mengontrol operasional kereta cepat. *Train control system* pada Kereta Cepat Jakarta-Bandung mirip dengan sistem yang digunakan pada kereta konvensional, namun perbedaannya terletak pada adanya peralatan *train control* yang terintegrasi di dalam sarana kereta api. Sistem yang akan diterapkan pada Kereta Cepat Jakarta-Bandung adalah *Chinese Train Control System* (CTCS), yang mampu mendukung kecepatan hingga 350 km/jam, sehingga waktu tempuh perjalanan menjadi lebih singkat. Tujuan penelitian ini, yaitu:

- a. Mengetahui respon peralatan *train control* terhadap pengoperasian kereta apabila masinis KA cepat melewati batas kecepatan yang ditentukan
- b. Mengetahui proses *train control system* menampilkan informasi pengoperasian KA cepat kepada masinis
- c. Mengetahui perbedaan peralatan pada sistem CTCS level 2 dan CTCS level 3

METODE

Pada Penelitian ini penulis menggunakan informasi dan data yang didapat menggunakan metode kualitatif. Dengan data yang diperoleh penulis dapat menjelaskan *train control system* yaitu *Chinese Train Control System* (CTCS) terhadap pengoperasian kereta cepat yang baru digunakan di Indonesia, mengenalkan komponen-komponennya. Kemudian

penulis juga dapat menganalisis proses cara kerja dan perbedaan pada tiap level *control*. Pada penelitian ini menggunakan beberapa metode penelitian untuk mendapatkan hasil pendekatan yang lebih akurat. Adapun beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Studi Literatur, Metode Studi Literatur merupakan metode pengumpulan data untuk meninjau berbagai literatur yang berkaitan dengan rangkaian kegiatan yang dilakukan penulis melalui pencarian data dan informasi melalui dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, gambar, maupun dokumen elektronik yang dapat mendukung proses penulis laporan sehingga akan mempengaruhi kredibilitas hasil penelitian yang dilakukan.
- b. Observasi Lapangan, Selain melalui studi literatur yang merupakan dokumen tertulis, penulis juga melakukan observasi lapangan. Metode Observasi merupakan teknik pengumpulan data di lapangan secara langsung. Dengan melakukan observasi, penulis akan menjadi lebih paham mengenai subyek dan obyek yang sedang diteliti. Dalam hal ini observasi dilakukan dengan turun langsung ke lapangan di Kereta Cepat Jakarta Bandung dengan melihat langsung konstruksi dan pengaplikasian Chinese Train Control System (CTCS).
- c. Analisis kualitatif, Selanjutnya setelah memperoleh data yang cukup dan kemudian penulis dapat melakukan metode kualitatif dimana dalam hal ini penulis dapat melakukan kegiatan analisis dengan menjabarkan informasi yang telah didapat dari beberapa literatur melalui dokumen-dokumen dan penelitian sebelumnya yang terkait dengan pokok pembahasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Sistem Persinyalan Kereta Jakarta Bandung Konvensional dan Kereta Cepat Jakarta Bandung

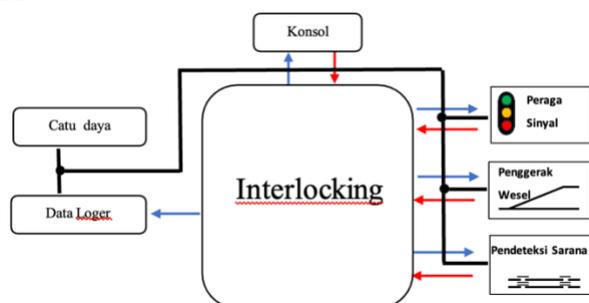
1. Sistem persinyalan Kereta Jakarta Bandung Existing

Sistem persinyalan kereta api konvensional dalam hal ini pada rute Jakarta-Bandung telah mengalami perkembangan dari berupa persinyalan mekanik hingga sekarang menggunakan sistem persinyalan elektrik. Sistem persinyalan elektrik yang ada di kereta api konvensional yang ada di Indonesia antara lain:

Tabel 1. Sistem persinyalan elektrik kereta konvensional

No	Sistem persinyalan relay	Sistem persinyalan hybrid	Sistem persinyalan elektronik
1	DRS-60	GL-1	SSI
2			VPI
3	MIS-801	ANSALDO	WESTRACE
4			SIL

Saat ini sistem persinyalan pada rute Jakarta-Bandung existing menggunakan sistem persinyalan elektronik berbasis PLC (SIL-02) dan mikroprosesor (VPI, SSI) dengan struktur diagram seperti berikut



Gambar 1. Struktur Diagram Sistem Persinyalan Existing

Dari penempatannya peralatan-peralatan tersebut dibagi menjadi dua bagian :

- a. Peralatan luar (peraga sinyal, penggerak wesel, pendeteksi sarana, dll)
 - b. Peralatan dalam (*interlocking*, konsol, catu daya, data logger, dll)
 - Jika berdasarkan fungsinya peralatan-peralatan tersebut dibagi menjadi dua bagian:
 - a. Peralatan vital
 - Yang termasuk pada peralatan vital adalah peralatan yang bila terjadi kegagalan maka akan langsung berpengaruh terhadap operasional kereta api seperti *interlocking*, konsol, dll. Fungsi peralatan vital antara lain:
 - 1) Memproses secara keseluruhan prinsip-prinsip *interlocking*, dengan memperhatikan input peralatan luar dan input dari peralatan non-Vital.
 - 2) Mengendalikan output sistem persinyalan sehingga hasilnya sesuai dengan prinsip/falsafah *interlocking*, contoh: Pembalikan wesel ke arah normal atau *reverse*, aspek lampu sinyal.
 - 3) Menyediakan informasi untuk ditampilkan oleh peralatan non- Vital, sehingga sesuai antara kondisi peralatan di lapangan dengan indikasi di konsol.
 - 4) Menjamin sistem persinyalan agar *fail safe*, sesuai dengan metode yang dipakai pada masing-masing jenis sistem persinyalan.
 - b. Peralatan non vital
 - Yang termasuk pada peralatan non vital adalah peralatan yang bila terjadi kegagalan maka tidak akan langsung berpengaruh terhadap operasional kereta api seperti data logger, technician terminal dll. Fungsi peralatan vital antara lain:
 - 1) Memberikan instruksi dan memberikan indikasi.
 - 2) Memperbaiki "*data display*" dan penyimpan status sistem
- Alur proses sistem persinyalan Jakarta Bandung existing yaitu perintah untuk operasi kereta api akan dikirimkan dari operator konsol ke *interlocking* kemudian *interlocking* akan mengirimkan ke peralatan luar untuk di eksekusi, setelah peralatan luar mengeksekusi perintah tersebut peralatan luar akan mengirimkan balik ke *interlocking* kemudian akan ditampilkan status perubahan pada konsol. Pada sistem operator konsol hanya memberi perintah ke peralatan luar namun tidak bisa secara langsung memberi perintah kepada peralatan di sarana, sehingga masinis hanya akan melihat perintah tersebut dari peraga sinyal.

2. Train Control System Kereta Cepat Jakarta Bandung

Sistem persinyalan atau *train control system* pada kereta cepat Jakarta Bandung menggunakan Chinese Train Control System (CTCS). Pada sistem ini terdapat beberapa level pada CTCS diuraikan dalam tabel 2

Tabel 2. Level CTCS

Level CTCS	Peralatan onground	Peralatan onboard	Deskripsi sistem
Level 0	<i>Track Circuit</i>	<i>Universal cab signalling Train operation supervision</i> (tampilan existing yang ada di Tiongkok, di mana sinyal pada kabin berbasis kecepatan kereta maksimum mikroprosesor) dan <i>recording device Driver Machines</i> sinyal di jalur KA adalah sinyal utama dan sinyal kabin adalah sinyal tambahan. Menggunakan sistem <i>fixed blocking</i> .	Level ini adalah status jalur kereta api existing yang ada di Tiongkok, di mana sinyal pada kabin berbasis kecepatan kereta maksimum mikroprosesor) dan <i>recording device Driver Machines</i> sinyal di jalur KA adalah sinyal utama dan sinyal kabin adalah sinyal tambahan. Menggunakan sistem <i>fixed blocking</i> .
Level 1	<i>Track Circuit balise pasif</i>	<i>Subjective cab signalling Enhanced safety train operation supervision</i> balise pasif dan sistem ATP ini dan <i>recording device Balise</i> digunakan untuk kereta dengan <i>Transmission Module (BTM)</i> kecepatan antara 120km/jam dan <i>Driver Machine Interface (DMI)</i> 160km/jam. Untuk level ini, dapat <i>Recording Units</i>	Level ini terdiri dari <i>track circuit</i> dan balise pasif dan sistem ATP ini digunakan untuk kereta dengan <i>Transmission Module (BTM)</i> kecepatan antara 120km/jam dan <i>Driver Machine Interface (DMI)</i> 160km/jam. Untuk level ini, dapat menghapus sinyal blok dan kontrol kereta berupa batas kecepatan dan jarak yang harus ditempuh menggunakan

Level CTCS	Peralatan onground	Peralatan onboard	Deskripsi sistem
			sistem ATP <i>onboard</i> , sinyal kabin sebagai sinyal utama. Menggunakan sistem <i>fixed blocking</i> .
Level 2	Track Circuit (ZPW) Balise Vital Computer (VC) Track Circuit Electronic Unit (LEU) Train Control Centre (TCC) Temporary Speed Restriction Server (TSRS)	VC Track Circuit Reader (TCR) Balise Transmission Module (BTM) <i>Driver Machine Interface</i> (DMI) Speed Sensor Recording Units	Level ini digunakan untuk kereta aktif, balise pasif dan Lineside Reader (TCR) dengan kecepatan maksimal 250km/jam. Untuk level ini, tidak menggunakan sinyal blok dan sistem ATP menerima informasi dari balise dan <i>track circuit</i> yang digunakan masinis untuk kontrol kereta. Menggunakan sistem <i>fixed blocking</i> .
Level 3	Track Circuit (ZPW) Balise Vital Computer (VC) GSM-R Level 3 Center (RBC)	VC Track Circuit Reader (TCR) Balise Transmission Module (BTM) <i>Driver Machine Interface</i> (DMI) Speed Sensor Recording Units	Level ini digunakan untuk kereta aktif, balise pasif dan Lineside antenna Track Circuit Reader (TCR) dengan kecepatan maksimal 300km/jam. GSM-R adalah inti dari level ini untuk mengirimkan informasi kontrol kereta berupa batas kecepatan dan jarak yang harus ditempuh yang di tampilkan pada onboard masinis, sinyal kabin sebagai sinyal utama. CTCS level digunakan sebagai backup sistem dari level ini. Menggunakan sistem <i>fixed blocking</i> .

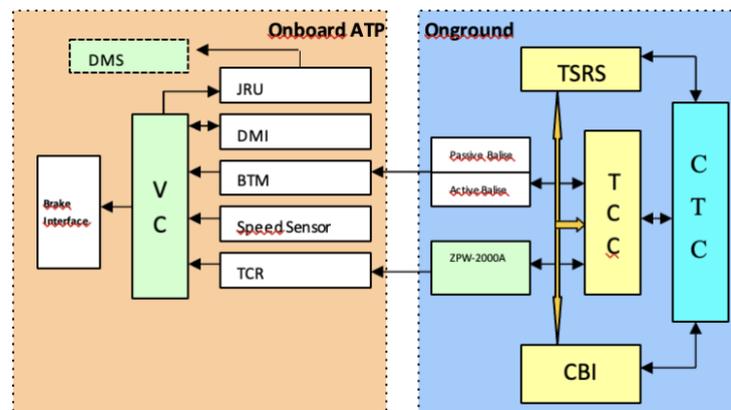
Pada kereta cepat Jakarta Bandung level CTCS yang akan digunakan yaitu level 1, level 2, dan level 3. Untuk level yang akan digunakan pada kondisi awal yaitu level 3 dan untuk level 2 dan 1 akan digunakan bila level 3 terjadi gangguan. Pada saat level di atasnya ini bekerja semua sistem pada level di bawahnya juga akan bekerja secara bersamaan sebagai sistem cadangan yang akan digunakan apabila sistem pada level di atasnya mengalami gangguan maka akan langsung turun menggunakan level di bawahnya secara bertahap.

Analisis

1. Analisis *train control system* mengirim informasi ke kabin masinis

a. CTCS Level 2

Train control system CTCS level 2 terdiri dari peralatan *onground*, peralatan *onboard* dan jaringan transmisi data persinyalan. Peralatan *onground* terdiri dari CTC (pusat dan stasiun), TCC, TSRS, CBI, CSM (pusat dan stasiun), catu daya, dan peralatan lainnya. Peralatan *onboard* terdiri dari VC, BTM, TCR, *speed sensor*, DMI, JRU, dan peralatan lainnya.



Gambar 2. Struktur Diagram CTCS level 2

Alur pengiriman informasi CTCS level 2:

1) Pengiriman informasi rute ke kereta api.

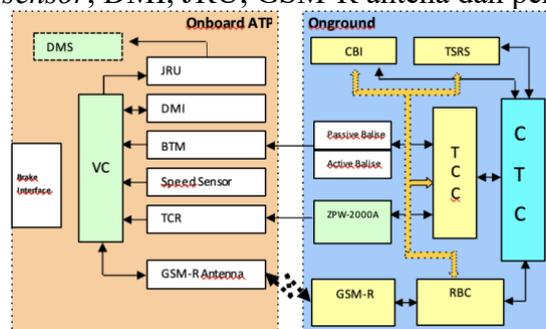
Operator Control Center (OCC) akan memasukan grafik perjalanan kereta api, kemudian CTC akan memproses grafik perjalanan kereta api tersebut dan akan dikirimkan ke masing-masing CBI. CBI membentuk rute kereta api di stasiun dan akan menyesuaikan posisi kedudukan wesel-wesel dan aspek peraga sinyal di stasiun, dan mengirimkan informasi rute ke TCC melalui jaringan transmisi data persinyalan, selanjutnya *movement authority* dihasilkan oleh TCC kemudian ditransmisikan ke peralatan *onboard* melalui jaringan frekuensi dari *track circuit ZPW-2000A* dan masing-masing balise.

2) Pengiriman pembatasan kecepatan sementara.

Ketika dibutuhkan untuk dilakukan pembatasan kecepatan sementara, OCC akan mengeluarkan perintah pembatasan kecepatan sementara di tempat yang ditentukan kemudian perintah tersebut akan di teruskan dari CTC ke TSRS. TSRS akan mengirimkan informasi pembatasan kecepatan sementara ke TCC melalui jaringan transmisi data persinyalan, selanjutnya batas kecepatan sementara dihasilkan oleh TCC kemudian ditransmisikan ke peralatan *onboard* melalui jaringan frekuensi dari balise aktif pada tempat yang dilakukan perintah pembatasan sementara.

b. CTCS Level 3

Train control system CTCS level 3 terdiri dari peralatan *onground*, peralatan *onboard*, jaringan komunikasi nirkabel GSM-R dan jaringan transmisi data persinyalan. Peralatan *onground* terdiri dari CTC (pusat dan stasiun), TCC, RBC, TSRS, CBI, CSM (pusat dan stasiun), catu daya, dan peralatan lainnya. Peralatan *onboard* terdiri dari VC, BTM, TCR, *speed sensor*, DMI, JRU, GSM-R antena dan peralatan lainnya.



Gambar 3. Struktur Diagram CTCS level 3

Alur pengiriman informasi CTCS level 3:

1) Pengiriman informasi rute ke kereta api. *Operator OCC* akan memasukan grafik perjalanan kereta api, kemudian CTC akan memproses grafik perjalanan kereta api tersebut dan akan dikirimkan ke masing-masing CBI. CBI membentuk rute kereta api di stasiun dan akan menyesuaikan posisi kedudukan wesel-wesel dan aspek peraga sinyal di stasiun, dan mengirimkan informasi rute ke TCC dan RBC melalui jaringan transmisi data persinyalan, selanjutnya *movement authority* dihasilkan oleh TCC dan RBC kemudian ditransmisikan ke peralatan *onboard* melalui jaringan komunikasi nirkabel GSM-R sebagai transmisi utama dan dari jaringan frekuensi *track circuit ZPW-2000A* dan masing-masing balise sebagai transmisi *backup*.

2) Pengiriman pembatasan kecepatan sementara.

3) Ketika dibutuhkan untuk dilakukan pembatasan kecepatan sementara, OCC akan mengeluarkan perintah pembatasan kecepatan sementara di tempat yang ditentukan

kemudian perintah tersebut akan di teruskan dari CTC ke TSRS. TSRS akan mengirimkan informasi pembatasan kecepatan sementara ke TCC dan RBC melalui jaringan transmisi data persinyalan, selanjutnya batas kecepatan sementara dihasilkan oleh TCC dan RBC kemudian ditransmisikan ke peralatan onboard melalui jaringan komunikasi nirkabel GSM-R sebagai transmisi utama dan dari jaringan frekuensi balise aktif sebagai transmisi backup pada tempat yang dilakukan perintah pembatasan sementara.

2. Analisis masinis melanggar batas kecepatan

Dalam Kereta Cepat Jakarta Bandung terdapat perangkat sistem keselamatan kereta api secara otomatis merupakan suatu sistem yang secara otomatis mengatur/mengendalikan pergerakan kereta api, menjamin keselamatan kereta api dan mengarahkan operasi kereta api. Sistem ini dapat bekerja pada sistem persinyalan *fix block* dan *moving block*. Sistem ini salah satunya adalah *Automatic Train Protection (ATP)*. ATP berguna untuk menjaga agar perjalanan kereta api dapat berjalan dengan aman walaupun terjadi kesalahan (*fail safe system*), dimana kecepatan kereta akan dibatasi secara otomatis tergantung pada keadaan lalu lintas dan reaksi masinis.

a. Kondisi pada CTCS Level 3

Pada CTCS level 3 kecepatan maksimal operasi kereta adalah 350km/jam. Ketika peralatan ATP mengeluarkan perintah batas kecepatan kereta yang akan ditampilkan di DMI, namun pada saat tersebut masinis mengoperasikan kereta dengan kecepatan yang melebihi dari batas kecepatan kereta yang dikeluarkan oleh peralatan ATP maka peralatan ATP akan merespon hal tersebut pada kondisi berikut ini:

- 1) Jika kecepatan aktual kereta 2km/jam lebih tinggi dari batas kecepatan kereta yang dikeluarkan oleh peralatan ATP maka peralatan ATP akan mengeluarkan alarm peringatan.



Gambar 4. Kondisi kecepatan 2km/jam lebih tinggi dari batas kecepatan

- 2) Jika kecepatan aktual kereta 5km/jam lebih tinggi dari batas kecepatan kereta yang dikeluarkan oleh peralatan ATP maka peralatan ATP akan memerintahkan kereta untuk melakukan *service brake* sampai kecepatan kereta berada dibawah batas kecepatan yang diizinkan.



Gambar 5. Kondisi kecepatan 5km/jam lebih tinggi dari batas kecepatan

- 3) Jika kecepatan aktual kereta 15km/jam lebih tinggi dari batas kecepatan kereta yang dikeluarkan oleh peralatan ATP maka peralatan ATP akan memerintahkan kereta untuk melakukan *emergency brake*.
- b. Kondisi pada CTCS Level 2
Pada CTCS level 2 kecepatan maksimal operasi kereta adalah 250km/jam. Ketika peralatan ATP mengeluarkan perintah batas kecepatan kereta yang akan ditampilkan di DMI, namun pada saat tersebut masinis mengoperasikan kereta dengan kecepatan yang melebihi dari batas kecepatan kereta yang dikeluarkan oleh peralatan ATP maka peralatan ATP akan merespon hal tersebut pada kondisi berikut ini:
 - 1) Jika kecepatan aktual kereta 2km/jam lebih tinggi dari batas kecepatan kereta yang dikeluarkan oleh peralatan ATP maka peralatan ATP akan mengeluarkan alarm peringatan.
 - 2) Jika kecepatan aktual kereta 5km/jam lebih tinggi dari batas kecepatan kereta yang dikeluarkan oleh peralatan ATP maka peralatan ATP akan memerintahkan kereta untuk melakukan *service brake* sampai kecepatan kereta berada di bawah batas kecepatan yang diizinkan.
 - 3) Jika kecepatan aktual kereta 10km/jam lebih tinggi dari batas kecepatan kereta yang dikeluarkan oleh peralatan ATP maka peralatan ATP akan memerintahkan kereta untuk melakukan *emergency brake*.

Pembahasan

Pada Kereta Cepat Jakarta Bandung sistem persinyalan yang digunakan adalah Chinese Train Control System (CTCS). Pada sistem ini sudah jauh lebih modern dan dengan level keselamatan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sistem persinyalan kereta api konvensional. Perbedaan antara sistem persinyalan Chinese Train Control System (CTCS) dengan sistem persinyalan kereta api konvensional yaitu terdapat train control system yang mampu mengirimkan informasi dua arah antara masinis dengan operator konsol pusat secara real-time, dimana pada sistem persinyalan kereta api konvensional tidak ada. Pada sistem ini terdapat beberapa level pengoperasiannya, namun yang akan digunakan pada Kereta Cepat Jakarta Bandung adalah level 3 dengan level dibawahnya sebagai level cadangan yang akan secara otomatis berfungsi apabila level diatasnya mengalami gangguan.

Perbedaan level 3 dan level 2 pada sistem persinyalan CTCS adalah dari sistem pengiriman informasinya, pada level 3 sistem pengiriman informasi dua arah dikirimkan melalui jaringan GSM-R dan pada level 2 dikirimkan melalui kabel jaringan transmisi data persinyalan sehingga data yang dikirimkan akan lebih cepat melalui jaringan GSM-R. Maka batas kecepatan maksimal pengoperasian kereta juga akan jauh lebih cepat pada level 3 yaitu 350km/jam dan level 2 yaitu 250km/jam.

Pada sistem CTCS juga terdapat sistem ATP, dimana sistem ATP ini berguna untuk menjaga agar perjalanan kereta api dapat berjalan dengan aman walaupun terjadi kesalahan (*fail safe system*), dimana kecepatan kereta akan dibatasi secara otomatis tergantung pada keadaan lalu lintas dan reaksi masinis. ATP akan secara otomatis berfungsi apabila masinis menjalankan kereta lebih cepat dari batas kecepatan yang dikeluarkan oleh sistem. Perlakuan ATP pun berbeda-beda seperti membunyikan alarm, melakukan *service brake* sampai melakukan *emergency brake*.

KESIMPULAN

1. Pada Kereta Cepat Jakarta Bandung menggunakan sistem persinyalan *Chinese Train Control System* (CTCS) yang pada pengoperasian terdapat dua mode level pengoperasian yaitu CTCS level 2 dan CTCS level 3. CTCS level 2 mempunyai batas kecepatan operasi kereta 250km/jam. Peralatan CTCS level 2 terdiri dari peralatan *onground* yaitu CTC (pusat dan stasiun), TCC, TSRS, CBI, CSM (pusat dan stasiun), catu daya, dan peralatan lainnya

- serta peralatan *onboard* yaitu VC, BTM, TCR, *speed sensor*, DMI, JRU, dan peralatan lainnya. CTCS level 3 mempunyai batas kecepatan operasi kereta 350km/jam. Peralatan CTCS level 3 terdiri dari peralatan *onground* terdiri dari CTC (pusat dan stasiun), TCC, RBC, TSRS, CBI, CSM (pusat dan stasiun), catu daya, dan peralatan lainnya serta peralatan *onboard* terdiri dari VC, BTM, TCR, *speed sensor*, DMI, JRU, GSM-R antena dan peralatan lainnya.
2. Pada Kereta Cepat Jakarta Bandung batas kecepatan, petak blok kosong di depannya dan informasi lainnya untuk pengoperasian KA akan di transmisikan ke dalam kabin masinis melalui *train control system*. Untuk CTCS level 2 informasi yang ditransmisikan melalui *track circuit* dan balise, untuk CTCS level 3 informasi yang ditransmisikan melalui radio komunikasi GSM-R.
 3. Pada CTCS terdapat salah satu sistem keselamatan kereta secara otomatis yang disebut *Automatic Train Protection (ATP)*. Sistem ini berfungsi untuk tetap mengamankan perjalanan kereta dengan aman walaupun jika terjadi kesalahan/kegagalan (*fail safe system*), salah satu contoh kesalahan/kegagalannya yaitu masinis kereta melewati batas kecepatan yang ditentukan maka peralatan *train control* yaitu ATP akan merespon secara otomatis dengan cara membunyikan alarm apabila masinis menjalankan kereta 2km/jam lebih cepat dari batas kecepatan yang ditentukan dan akan melakukan *service brake* apabila masinis menjalankan kereta 5km/jam lebih cepat dari batas kecepatan yang ditentukan..

REFERENSI

- Parikesit, P. D. (2021). *Jalan rel*.
- Direktorat Jenderal Perkeretaapian Republik Indonesia. (2018). *Persyaratan teknis peralatan persinyalan perkeretaapian*.
- Wibawanto, B. S. (2022). *Analysis electric signalling equipment with SILSAFE4000 system at Lempuyangan Station Yogyakarta*.
- Direktorat Jenderal Perkeretaapian Republik Indonesia. (2022). *Penyelenggaraan kereta api kecepatan tinggi*.
- Kim, M., Kim, K. D., & Kim, L. J. (2012). Analysis of distance between ATS and ATP antenna for normal operation in combined on-board signal system.
- Sitorus, A. S., Sitorus, B., & Sitorus, C. N. (2022). Peran sistem kendali berbasis komunikasi dan automatic train protection pada kereta perkotaan dan jarak jauh. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, 6(1).
- Ning, B., Tang, T., Qiu, K., Gao, C., & Wang, Q. (2010). *CTCS-Chinese train control system*. <https://doi.org/10.2495/978-1-84564>
- Xue, A. W. (n.d.). *The new development of CTCS in the intercity railway*.
- CRIJBHSRPM3. (2021). *Technical specification for ATP*. Bandung: CRI.
- CRIJBHSRPM3. (2021). *Technical specification for TCC*. Bandung: CRI.
- CRIJBHSRPM3. (2021). *Technical specification for TSRS*. Bandung: CRI.
- CRIJBHSRPM3. (2021). *Technical specification for ZPW-2000A*. Bandung: CRI.
- CRIJBHSRPM3. (2021). *Technical specification for Balise*. Bandung: CRI.