



SISTEM KENDALI KERETA OTOMATIS PADA KERETA REL LISTRIK VVVF

*Liem Ek Bien, Ishak kasim & Hendry Hartanto**
Dosen-Dosen Jurusan Teknik Elektro-FTI, Universitas Trisakti

Abstract

The most challenging issues in railway systems today is a driverless systems which includes modern requirements for safety and reliability and also allows the basic improvement of the flow and effectivity of the operation including a comfort improvements for operators. The systems was known as Automatic Train Control (ATC) system. The ATC here is able to keep the scheduled time and to optimize the train running with respect to minimum energy consumption, also considerably simplify the driver's work.

Keywords: Automatic Train Control, Automatic Train Operations, Automatic Train Protection.

1. Pendahuluan

Sistem lalu-lintas perkereta-apian di Indonesia saat ini masih sangat buruk, dapat dilihat sehari-hari bahwa seringkali terjadi keterlambatan kereta, kecelakaan (tabrakan) yang akan menyebabkan terhambatnya seluruh lalu-lintas perkereta-apian.

Semua ini dapat disebabkan karena kelalaian masinis dalam mengendalikan kereta, atau kereta dijalankan dalam kondisi tidak layak, sehingga mesin kereta dapat sewaktu-waktu rusak di tengah perjalanan. Selain itu ada juga faktor alamiah yang dapat menimbulkan gangguan, seperti gempa bumi yang dapat merusak rel, sambaran petir yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan sistem persinyalan kereta, dan lain-lain.

Untuk meningkatkan kualitas layanan lalu-lintas perkereta-apian di Indonesia, sangatlah perlu dirancang suatu sistem kendali yang memungkinkan Kereta Rel Listrik (KRL) dapat bergerak secara teratur dan aman, yaitu dengan sistem kendali otomatis.

Dengan adanya otomatisasi pada sistem kendalinya, KRL menjadi lebih mudah dikendalikan, aman, selain itu KRL dapat datang dan pergi sesuai dengan waktu yang telah dijadwalkan, juga dapat memperkecil resiko tabrakan antar kereta. (Matsumoto, 2005:168)

* Alumni Jurusan Teknik Elektro-FTI, Universitas Trisakti

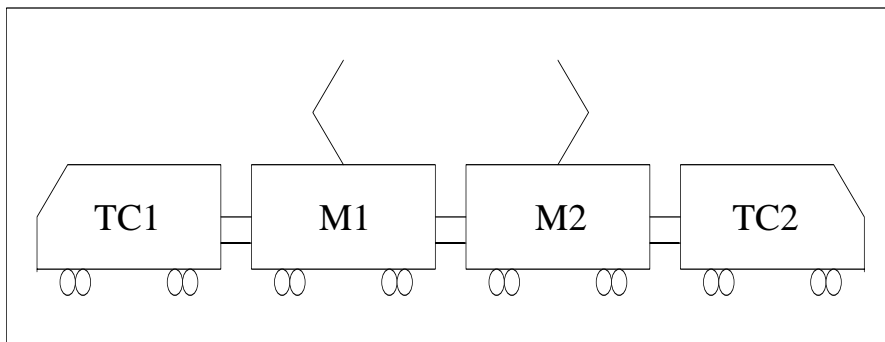
2. Kereta Rel Listrik VVVF (*Variable Voltage Variable Frequency*)

Kereta Rel Listrik (KRL) VVVF merupakan kereta yang menggunakan motor induksi sebagai penggerak mulanya, oleh karena itu, untuk menggerakkan motor traksinya digunakan sumber tegangan bolak-balik (AC) yang dikonversikan secara VVVF (*Variable Voltage Variable Frequency*).

Di dalam jurnal ini, KRL VVVF yang digunakan sebagai objek penelitian adalah salah satu KRL VVVF yang saat ini digunakan di Indonesia, yaitu KRL *Holec Ridderkerk* yang dirakit oleh perusahaan kerja sama Belgia dan Belanda pada tahun 1993, yang kemudian diimpor oleh Indonesia pada tahun 1994 untuk *phase I*, pada tahun 1996 untuk *phase II*. KRL *HOLEC RIDDERKERK* saat ini digunakan untuk melayani daerah Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi).

Satu set KRL *Holec Ridderkerk* terdiri dari empat buah gerbong yang terdiri dari:

1. *Trailer Car 1* / kereta gandengan 1 (TC1)
2. *Motor Car 1* (M1)
3. *Motor Car 2* (M2)
4. *Trailer Car 2* / kereta gandengan 2 (TC2)



Gambar 1. Satu set kereta *Holec Ridderkerk*.

Kereta gandengan (TC) adalah tempat masinis mengemudikan kereta. Pada TC1 dan TC2 terdapat sistem pengaturan untuk keseluruhan kerja kereta, sedangkan motor traksi dan *pantograph* terdapat pada gerbong M1 dan M2. Jadi pada kereta *Holec Ridderkerk* terdapat dua sistem pengaturan yang saling mengunci (*interlock*) satu sama lain. Artinya, kereta

hanya dapat dikendalikan dari satu sisi saja. Jika sistem pengendali pada salah satu sisi kereta sudah diaktifkan, misalnya pada TC1, maka sistem pengendali pada TC2 secara otomatis akan mengikuti sistem pengendali pada TC1.

Kapasitas penumpang maksimum pada TC dan M yang dapat diangkut oleh satu set rangkaian KRL *Holec Ridderkerk* adalah sebesar 1172 penumpang dengan uraian sebagai berikut:

$$TC = 54 \text{ Tempat duduk} + 248 \text{ berdiri.}$$

$$M = 80 \text{ Tempat duduk} + 204 \text{ berdiri.}$$

Penambahan kapasitas penumpang dapat dilakukan dengan menambah jumlah rangkaian KRL yang sejenis menjadi maksimum 3 set (= 12 gerbong) (untuk KRL rheostatik maksimum 2 set).

Namun tidak diperbolehkan menggabungkan rangkaian KRL lain dengan KRL *Holec Ridderkerk*, karena sistem operasi masing-masing KRL berbeda, juga motor traksi yang digunakannya.

Data KRL *Holec Ridderkerk*:

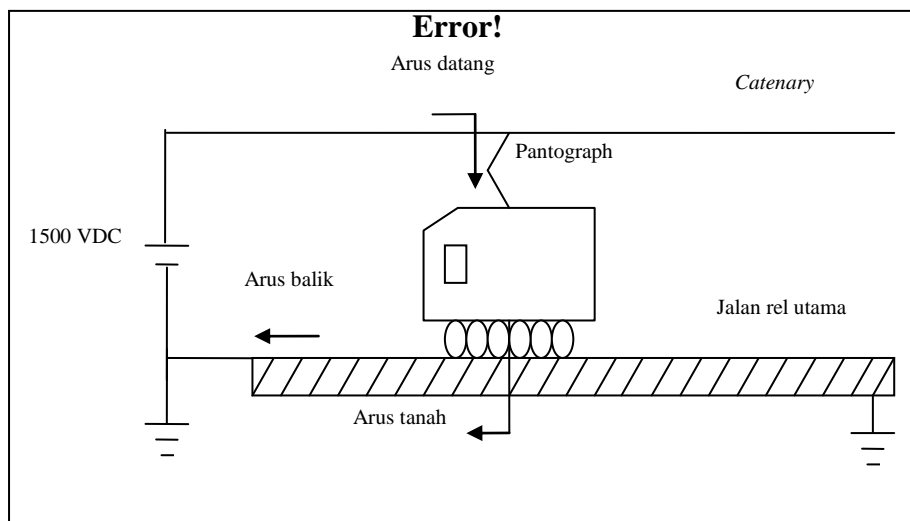
a) Model	: DMKT 55/18,5
b) Berat kosong gerbong	
- Gerbong gandengan (Trailer car)	: 32 ton
- Gerbong motor (Motor car)	: 39 ton
c) Kecepatan maksimum	
- Dalam kota	: 60 km/jam
- Luar kota	: 100 km/jam
d) Percepatan	: 0,5 m/s ²
Inisial (0 – 30 km/jam)	: 0,8 m/s ²
e) Perlambatan	: 0,8 m/s ²
Darurat	: 1 m/s ²

Sumber daya yang digunakan sebagai catu daya utama pada sistem kereta di Indonesia diperoleh dari jaringan listrik PLN yang kemudian disearahkan oleh penyearah (*rectifier*) pada gardu (*sub-station*) hingga menjadi listrik arus searah dengan besar tegangan nominal 1500 VDC yang disalurkan melalui saluran atas (*catenary*) dan dialirkan ke kereta dengan menggunakan pantograph.

Pantograph terletak pada atap gerbong M1 dan M2. Masing-masing pantograph mencatu daya untuk instalasi listrik. Arus balik pada instalasi tegangan tinggi disalurkan kembali ke rel melalui roda-roda pada gerbong M1 dan M2.

Pada pantograph dipasang *lightning arrester* untuk mengamankan kereta dari sambaran petir dan arus pembebanan lebih (*over load*). Diantara pantograph dan saluran atas dipasang *switch* pentanahan (*earthing switch*) dengan tujuan untuk perawatan kerja.

Melalui peralatan catu daya utama inilah daya listrik dapat disalurkan dan digunakan untuk peralatan traksi dan catu daya bantu.

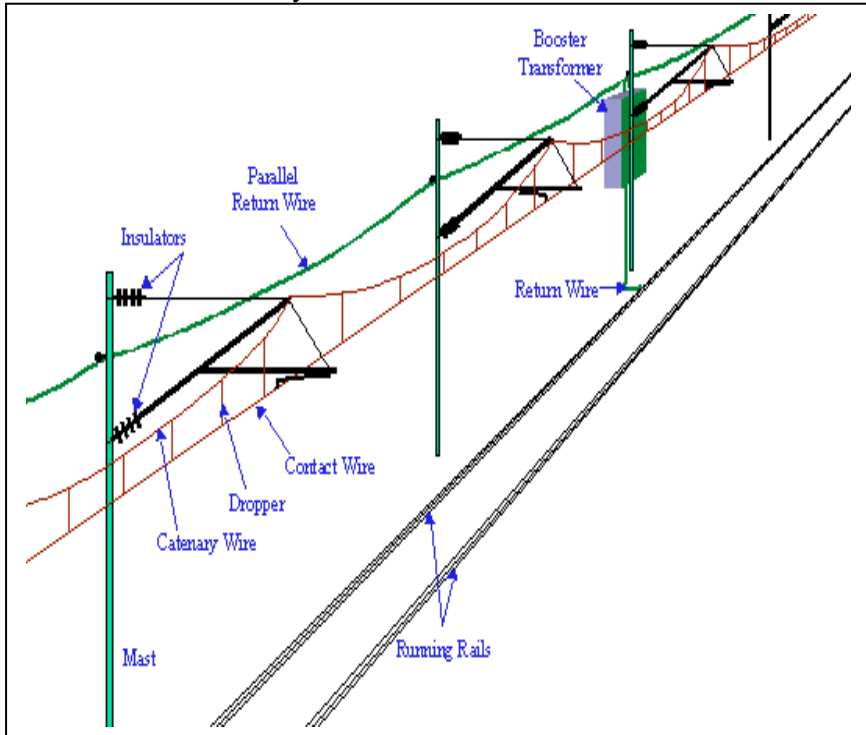


Gambar 2. Bentuk sederhana suatu sistem kelistrikan KRL.

Dalam kondisi kerja, penghantar saluran atas seperti pada gambar 3 pada halaman berikut ini, dialiri arus beberapa ribu Ampere, sehingga pada jaringan saluran atas terdapat rugi-rugi tegangan yang harus diperhatikan.

Untuk mengatasi rugi-rugi tegangan tersebut, maka pada jarak-jarak tertentu (biasanya setiap 5 km) dipasang gardu hubung (*sub-station*) dari PLN. Selain itu jaringan saluran atas harus tetap pada jalurnya walaupun

terkena tiupan angin kencang, cuaca yang panas dan dingin, juga terhadap kondisi cuaca buruk lainnya.



Gambar 3. Jaringan saluran atas (*Catenary*)

2.1.1. Peralatan Traksi

Dalam satu set KRL *Holec Ridderkerk* terdapat dua buah peralatan traksi yang terpisah. Fungsi peralatan traksi ini adalah untuk mengonversikan energi listrik yang diperoleh dari saluran atas 1500 VDC menjadi energi kinetik untuk menggerakkan kereta. Peralatan traksi terdiri dari:

- a) Sebuah *Line switch (line breaker)*
Line switch (line breaker) digunakan untuk memisahkan peralatan traksi dari catu daya saluran atas.
- b) Sebuah *Line filter*
Line filter terdiri dari:

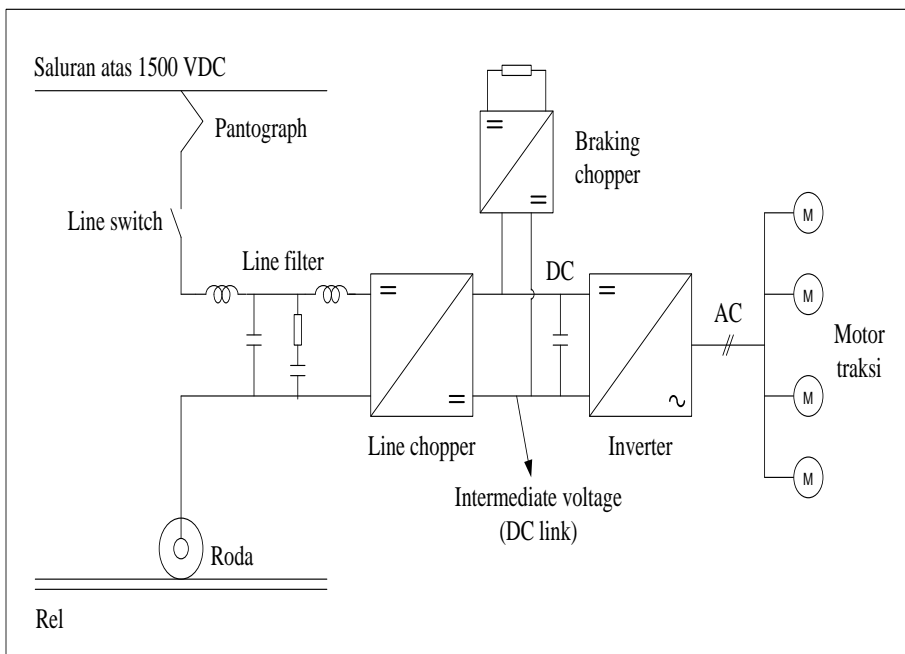
- Rangkaian filter L-C, digunakan untuk mengurangi riak arus (*ripple current*) yang terjadi akibat proses *switching*.
 - Rangkaian filter L-R, digunakan untuk membatasi arus penyulutan (*inrush current*) pada peralatan.
- c) Sebuah *Line chopper*
Line chopper digunakan untuk mengonversikan tegangan pada saluran atas yang seringkali berkualitas buruk agar menjadi sebuah tegangan rangkaian *interstage* (*interstage-circuit voltage*) yang konstan. Tegangan rangkaian *interstage* tersebut selalu lebih tinggi dari tegangan pada saluran atas, karena ketika energi listrik diambil dari saluran atas, *line chopper* akan meregulasi tegangan saluran atas menjadi tegangan rangkaian *interstage* (Uc). *Line chopper* juga dapat memberikan energi balik kepada saluran atas.
- d) Sebuah *Braking chopper*
Braking chopper adalah peralatan untuk mendissipasikan energi yang dilepaskan selama pengereman secara elektrik, dimana energi yang dihasilkan selama pengereman tersebut tidak dapat dikembalikan ke saluran atas (Pengereman regeneratif). Jika penambahan energi ini tidak di-dissipasikan, maka tegangan rangkaian *interstage* akan meningkat.
- e) Sebuah *Braking resistor*
Braking resistor merupakan bagian dari *braking chopper* yang berfungsi sebagai tempat mendissipasikan energi yang dihasilkan pada saat dilakukannya pengereman dinamis.
- f) Sebuah Inverter
Inverter merupakan peralatan yang digunakan untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik. Modul inverter ini digunakan untuk keperluan traksi, yaitu sebagai pengatur kecepatan motor dengan cara mengatur tegangan dan frekuensi yang diberikan ke motor dimana kopel dijaga agar tetap konstan. Inverter inilah yang dioperasikan dengan mengubah tegangan dan frekuensi (VVVF) untuk pengaturan kecepatan motor. (PT. KAI, 2002:12)
- g) Empat buah motor traksi induksi
Motor traksi yang digunakan pada KRL *Holec Ridderkerk* adalah motor induksi 3 fasa. Motor ini terletak pada gerbong motor (M1 dan M2).

Masing-masing gerbong terdiri dari 4 buah motor induksi identik. Untuk menghasilkan kopel yang cukup besar pada motor traksi, maka poros as motor traksi disambung dengan roda gigi.

h) Sebuah peralatan kontrol elektronik (*Master Controller*)

Master Controller ini terletak pada kabin masinis digunakan untuk mengendalikan jalannya kereta. Percepatan dan pengereman motor kereta pun diatur oleh peralatan ini. Saat ini *Master Controller* hanya dapat dioperasikan secara manual oleh masinis. Peralatan inilah yang hendak dimodifikasi agar dapat dioperasikan secara otomatis dengan menggunakan sistem *Automatic Train Control*.

Berikut ini adalah rangkaian peralatan traksi yang digunakan untuk KRL *Holec Ridderkerk*.

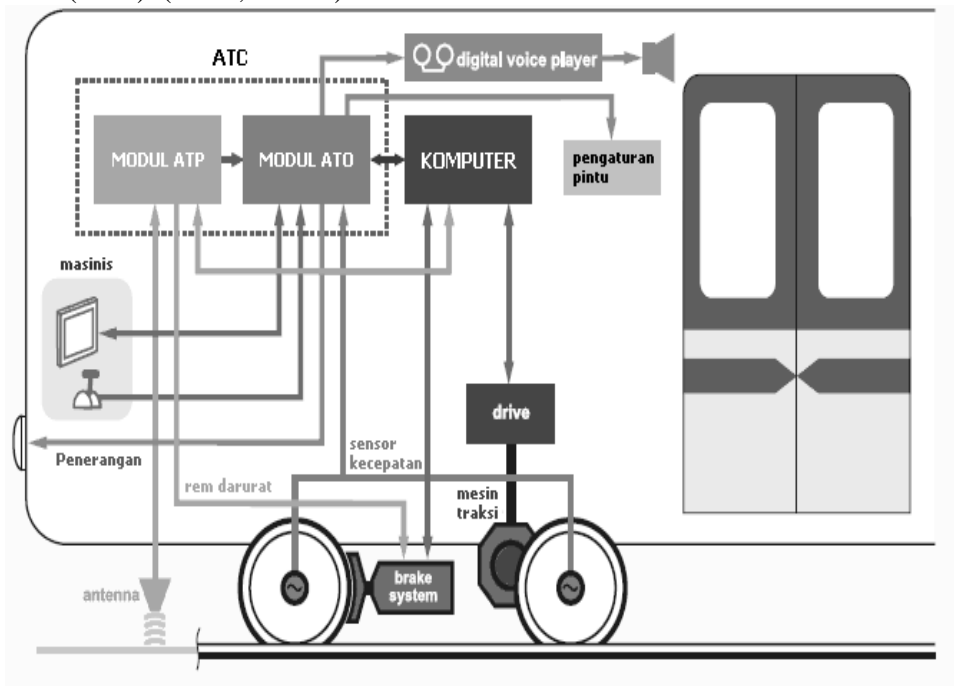


Gambar 4 Peralatan traksi pada KRL *Holec Ridderkerk*.

3. *Automatic Train Control* (ATC).

Automatic Train Control (ATC) merupakan suatu konsep sistem pengaturan kereta api dimana seluruh sistem pengoperasiannya dapat

dilakukan secara otomatis. Sistem ATC terdiri dari dua subsistem, yaitu *Automatic Train Protection* (ATP) dan *Automatic Train Operation* (ATO). (Praha, 2000:2)



Gambar 5. Diagram sistem ATC

3.1. *Automatic Train Protection* (ATP).

ATP berguna untuk menjaga agar lalu-lintas perkeretaapian dapat tetap berjalan dengan aman walaupun terjadi kesalahan (*fail-safe system*), dimana kecepatan kereta akan dibatasi secara otomatis tergantung pada keadaan lalu-lintas dan reaksi masinis. Ini menjadi hal dasar yang wajib dipenuhi di dalam sistem kendali kereta otomatis.

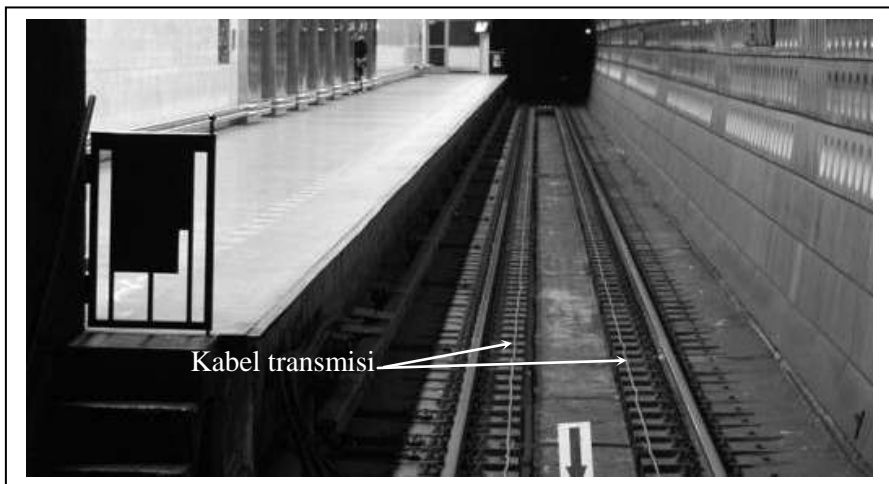
Konstruksi sistem ATP terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. Perangkat stasiun (*stationary part*).
Terdiri dari perangkat komputer pada stasiun yang terletak di dalam ruangan *interlocking* dan jaringan transmisi data yang terletak pada sepanjang rel (gambar 6).
2. Perangkat kendaraan (*mobile part*).

Perangkat ini terletak di dalam kereta dan berfungsi untuk menerima data yang ditransmisikan oleh perangkat stasiun. Data yang diterima ini dapat digunakan untuk sistem persinyalan, sistem pengereman, dan keperluan peralatan traksi lainnya.

Fungsi utama modul ATP adalah memastikan keamanan lalu-lintas kereta dengan cara membatasi kecepatan kereta secara otomatis berdasarkan pada data yang diterima sesuai dengan posisi kereta berada, seperti: status sinyal, penutupan pintu, dan batas kecepatan kereta. Oleh karena itu, tugas-tugas yang harus dilakukan oleh sistem ATP adalah:

1. Mengevaluasi batas kecepatan berdasarkan pada situasi lalu-lintas dan kondisi teknis jalan rel.
2. Mentransmisikan data ke kereta.
3. Mengevaluasi data kecepatan kereta yang diperiksa oleh sensor atas batas kecepatan yang diperbolehkan.
4. Mengukur kecepatan kereta sesungguhnya.
5. Membandingkan kecepatan kereta yang diperiksa dengan kecepatan kereta sesungguhnya.
6. Bekerja sama dengan sistem pengaturan traksi (mematikan / menyalakan sistem traksi, melakukan pengereman , dan lain-lain).



Gambar 6. Jaringan Transmisi data pada rel

3.1.1 Perangkat Stasiun

Seluruh Informasi keadaan lalu-lintas kereta dan nilai batas kecepatan akan diproses oleh perangkat stasiun yang kemudian akan

ditransmisikan ke perangkat kendaraan di dalam kereta. Jika kecepatan kereta melampaui batas kecepatan yang telah ditentukan, maka sistem ATP akan mempengaruhi sistem kemudi dan akan melakukan pengereman hingga kereta melaju pada batas aman yang memastikan kereta bekerja dengan *fail-safe system*. *Fail-safe system* adalah suatu sistem pengamanan kereta dimana jika terjadi sesuatu pada lalu-lintas kereta, kereta dapat berhenti sebelum memasuki tempat yang berbahaya.

Setiap Stasiun dilengkapi dengan satu set perangkat komputer untuk mengirim data melalui jaringan transmisi yang terletak pada sepanjang rel sesuai dengan status peralatan persinyalan. Satu set perangkat komputer ini terdiri dari tiga unit komputer utama yang identik (α , β , dan γ) ditambah sebuah komputer untuk mendiagnosa sistem apabila terjadi kesalahan pada sistem.

Setiap komputer ini dilengkapi dengan perangkat lunak *dual channel* yang akan memproses data ke semua *transmitter* secara terpisah. Hasil data yang telah diproses akan dibandingkan dan dievaluasi oleh *fail-safe comparator* dan satu set memori berkapasitas besar. Proses kerja ini dilakukan oleh dua dari tiga komputer yang ada, sehingga jika terjadi sesuatu/ kerusakan pada salah satu komputernya, komputer yang lain akan memastikan sistem tetap bekerja dengan prinsip *fail-safe*. Informasi mengenai kondisi ini ditransmisikan ke ruangan pusat pengaturan.

Peralatan perangkat stasiun juga melaksanakan pengetesan yang tugasnya adalah memeriksa sistem *fail-safe operation* secara otomatis. Transmisi dari perangkat stasiun ke perangkat kendaraan dari sistem ATP menggunakan kabel transmisi bawah rel dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Kabel transmisi tersebut terbuat dari konduktor sederhana yang terisolasi. (Praha, 2000:5)

3.1.2. Perangkat Kendaraan.

Perangkat kendaraan pada modul ATP berfungsi untuk memproses data yang diterima dari perangkat stasiun. Kemudian, perangkat ini mengevaluasi kecepatan kereta sesungguhnya, arah kereta melaju, kondisi kendaraan, dan apa yang sedang dilakukan oleh masinis.

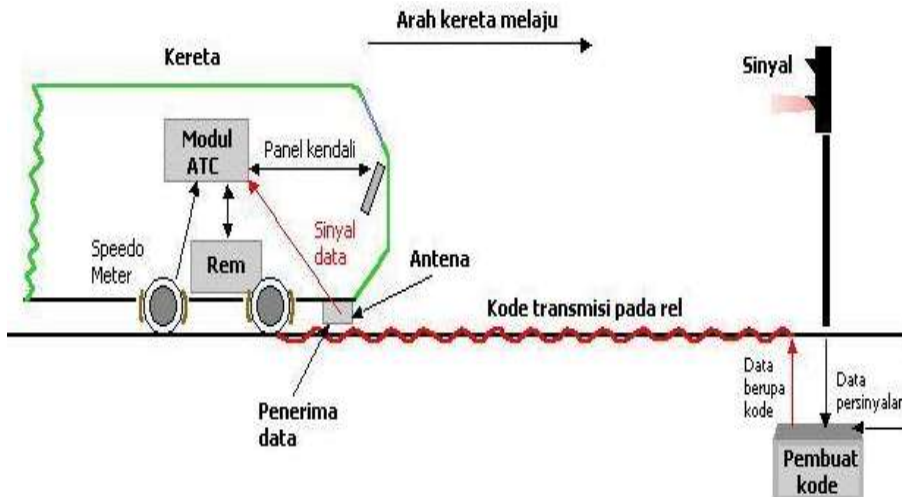
3.2. Automatic Train Operation (ATO).

Modul ATO bekerja dibawah pengawasan modul ATP. Perintah dan data ditransmisikan oleh saluran data yang aman pada modul ATP yang memastikan pengoperasian kereta berjalan dengan aman dan terpercaya. Tujuan utama menggunakan modul ATO adalah untuk menggantikan fungsi pengaturan kereta yang biasa dilakukan oleh masinis menjadi kinerja mesin. Fungsi modul ATO adalah:

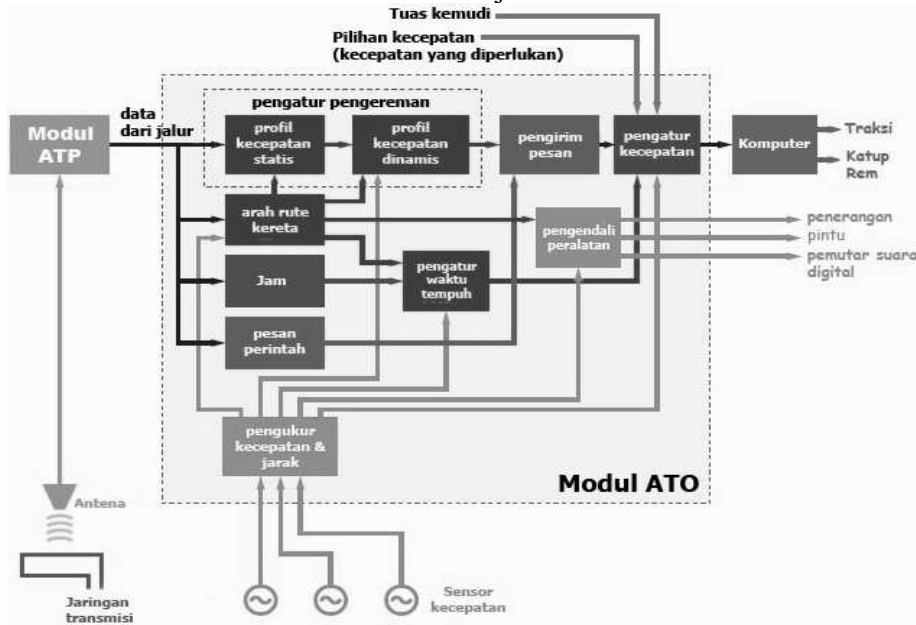
1. Memungkinkan kereta berjalan dengan lembut
2. Berhenti pada posisi yang tepat pada stasiun
3. Memperkecil ketidak-tepatan waktu pelayanan kereta
4. Menghemat konsumsi energi untuk keperluan traksi
5. Membuka dan menutup pintu secara otomatis
6. Pengaturan kereta lainnya.

Seperti pada modul ATP, modul ATO juga terdiri dari perangkat stasiun dan perangkat kendaraan yang terhubung dengan saluran transmisi data pada rel. Perangkat kendaraanya terdiri dari sistem *multiprocessor*. Peralatan inilah yang memberikan algoritma ke modul ATO untuk pengaturan kereta otomatis. Sedangkan perangkat stasiunnya hanya merupakan sebuah antarmuka (*interface*) yang menghubungkan antara sistem pengaturan pesan dengan perangkat stasiun pada modul ATP. (Praha, 2000:7)

ATO merupakan sistem pengaturan yang sangat terpercaya, karena sistemnya dipastikan untuk dapat mendeteksi gangguan dan kemudian memberikan laporan tentang gangguan yang sedang terjadi. Keamanan perjalanannya dijamin oleh sistem ATP secara terpisah dan dominan. Proses kerja yang dilakukan oleh keseluruhan sistem ATC di dalam kereta dapat dilihat pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Proses kerja sistem ATC

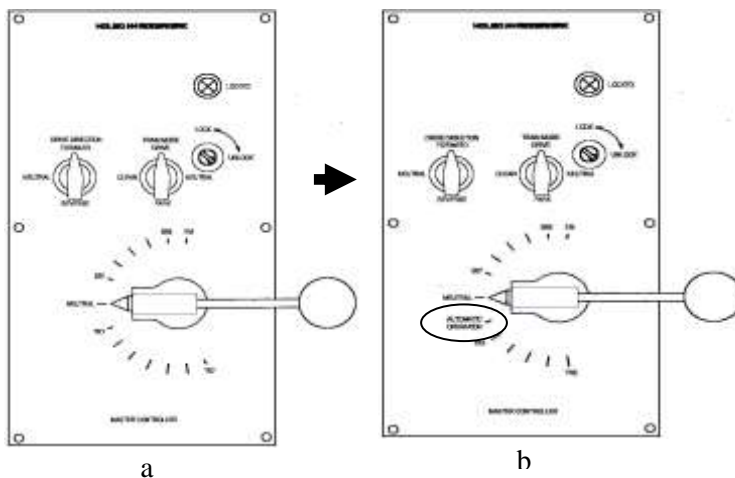


Gambar 8. Blok diagram sistem ATC di dalam kereta

4. Implementasi Sistem ATC Pada KRL *Holec Ridderkerk*

KRL *Holec Ridderkerk* merupakan KRL yang menggunakan motor induksi. Oleh karena itu kecepatan putaran motornya sangat ditentukan oleh frekuensi yang diberikan oleh inverter traksi ke statornya. Untuk mengimplementasikan sistem ATC pada KRL *Holec Ridderkerk* sangatlah sederhana, seluruh peralatan traksinya tidak perlu diubah, cukup dengan mengganti sistem pengaturan yang digunakan saat ini dengan sistem ATC. Selanjutnya sistem ATC inilah yang mengatur inverter dan peralatan kereta lainnya, seperti pintu, penerangan, dll secara otomatis.

Dalam melakukan perancangan sistem otomatisasi KRL *HOLEC RIDDERRKERK*, hal pertama yang dilakukan adalah mengubah panel sistem kendali di dalam kereta (*Master Controller*) dengan mengubah salah satu posisi traksi dengan kendali otomatis (gambar 9), dalam hal ini dipilih posisi traksi 1 (TR1), dengan asumsi bila masinis melakukan kelalaian dengan menggeser tuas kemudi ke posisi traksi, maka kereta akan beroperasi secara otomatis. Langkah selanjutnya adalah memasang perangkat kendaraan sistem ATC di dalam kereta dengan mengganti sistem pengaturan yang sedang digunakan dengan sistem pengaturan yang baru. Kemudian menghubungkannya dengan perangkat stasiun melalui gelombang mikro (*microwave*) yang ditransmisikan jalur transmisi data yang terpasang pada sepanjang rel, sehingga kereta dapat diatur langsung oleh petugas di stasiun.



Gambar 9. a) *Master Controller* lama b) *Master Controller* yang telah dimodifikasi pada KRL *Holec Ridderkerk*

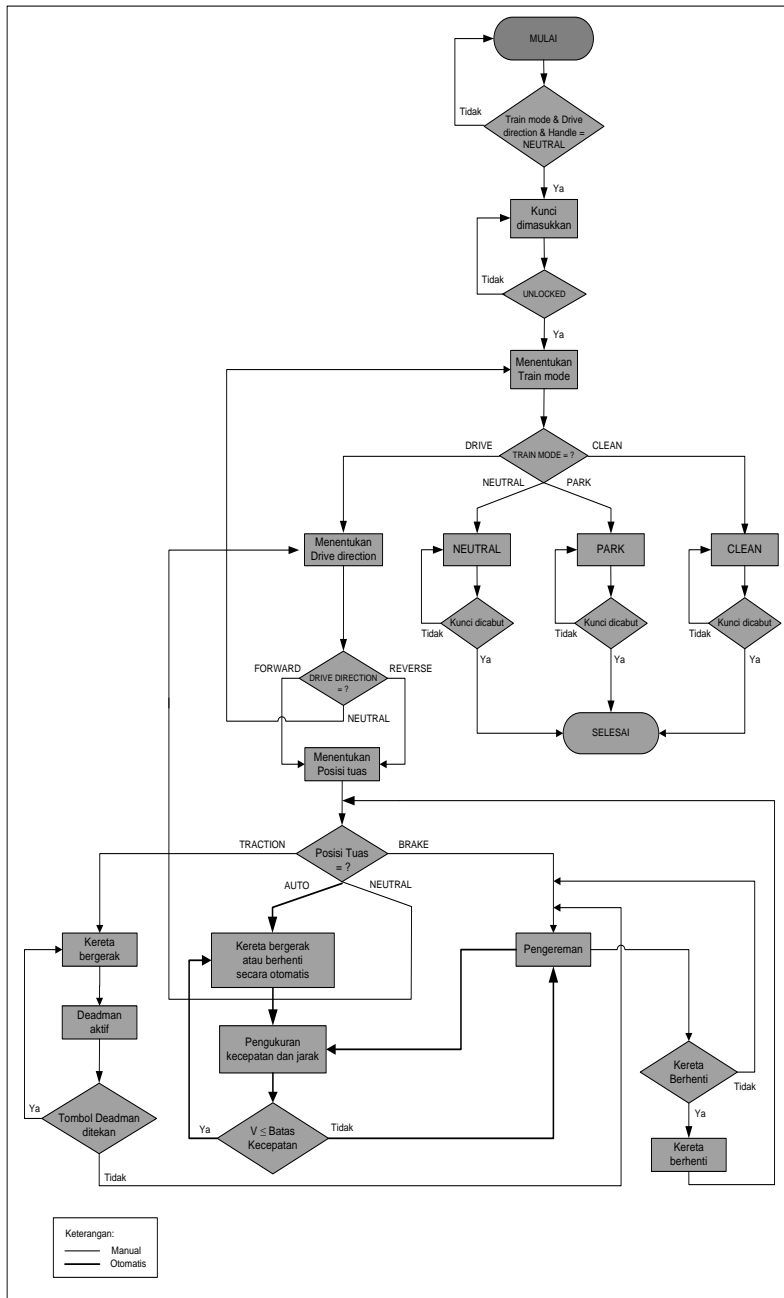
Bila posisi “*Automatic Operation*” dihubungkan dengan perangkat ATC, maka kereta akan dapat beroperasi secara otomatis. Fungsi otomatis yang dapat dilakukan pada sistem ATC sangatlah banyak. Jurnal ini difokuskan pada analisis performa sistem pengaturan kecepatan KRL *Holec Ridderkerk* secara otomatis dengan menggunakan sistem ATC dibandingkan dengan sistem pengaturan konvensional.

Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menjalankan KRL *Holec Ridderkerk* dengan menggunakan *Master Controller* yang telah dimodifikasi:

1. Dalam kondisi tidak sedang digunakan, semua posisi *switch* adalah dalam posisi *Neutral*.
2. Masukkan kunci ke dalam lubang kunci yang terdapat pada *Master Controller*, kemudian putar ke posisi *Unlocked*.
3. Pindahkan posisi *selector switch Train Mode* pada posisi *Drive*.
4. Pindahkan posisi *selector switch Drive Direction* pada posisi *Forward*. Jika ingin mengubah arah laju kereta ke arah sebaliknya, pindahkan ke posisi *Reverse*.
5. Untuk mengoperasikan kereta secara otomatis, maka tuas *Master Controller* harus digeser ke posisi *Automatic Operation*. Dalam keadaan ini, jika perangkat ATP memperoleh sinyal yang mengindikasikan bahwa kereta harus melaju dengan kecepatan yang telah ditentukan oleh perangkat ATC di stasiun, maka perangkat ATP pada kereta akan memerintahkan perangkat ATO untuk memberikan sinyal kepada inverter dan mengubah kecepatan motor pada waktu yang bersamaan.
6. Untuk mengoperasikan kereta secara manual, geser tuas ke posisi *Traction (TR1)*. Maka kereta akan mulai bergerak sesuai dengan arah yang ditentukan pada *selector switch Drive Direction*. Kini jalannya kereta akan sangat bergantung pada masinis yang mengendarainya. Untuk menambah kecepatan, geser tuas ke posisi TR yang lebih tinggi. Karena salah satu posisi TR telah dimodifikasi menjadi *Automatic Operation* dan satu posisi TR lainnya tidak digunakan (*idle*), maka posisi TR yang tersedia kini hanya TR2-TR5. Jarak perubahan kecepatan yang diinginkan pada tiap-tiap posisi TR dapat diatur pada inverter traksi dengan batas kecepatan maksimum 60 km/jam.
7. Selama kereta sedang dikemudikan secara manual, setiap satu menit sekali masinis harus menekan tombol *deadman* sesaat, kemudian

dilepas kembali. Bila tombol tidak ditekan, maka alarm akan berbunyi setelah satu menit kemudian. Begitu pula sebaliknya, jika tombol *deadman* ditekan terus-menerus, maka satu menit kemudian alarm akan berbunyi. Jadi tombol *deadman* harus ditekan kemudian dilepas secara berkala setiap satu menit sekali. Jika tombol *deadman* tetap tidak ditekan setelah alarm berbunyi untuk beberapa saat, maka kereta akan di-rem secara otomatis. Prosedur ini dilakukan untuk mencegah masinis mengemudikan kereta dalam keadaan mengantuk atau terjadi kondisi darurat lainnya (misalnya masinis tiba-tiba meninggal).

8. Untuk melakukan pengereman secara manual, geser posisi tuas pada posisi *Service Brake* (SB1-SB5). Pada posisi ini, pengereman yang dilakukan adalah pengereman secara listrik (pengereman regeneratif atau dinamis). Setelah kecepatan kereta dibawah 10 km/jam baru dilakukan pengereman mekanik.
9. Dalam kondisi darurat, geser tuas pada posisi *EMergency brake* (EM) untuk melakukan pengereman mendadak. Pada posisi ini, pengereman yang dilakukan adalah pengereman mekanik.



Gambar 10. Diagram alir sistem kerja *Master Controller*

Setelah merancang *Master Controller*, hal yang kemudian harus dilakukan adalah merancang dan mengatur inverter traksi agar dapat memberikan kecepatan sesuai dengan yang diinginkan.

Berikut adalah hasil perancangannya:

Data spesifikasi peralatan:

- Diameter roda : 1 m
- Perbandingan roda gigi : 1 : 6.12
- Slip : 4.4%

Tabel 1. Data perubahan kecepatan pada setiap posisi traksi.

Posisi Traksi	f (Hz)	V (Volt)	n_s (rpm)	n_r (rpm)	v (km/jam)
N	0	0	0	0	0
TR1	23	296.7	690	659.64	20.30656
TR2	46	593.4	1380	1319.28	40.61313
TR3	69	890.1	2070	1978.92	60.91969
TR4	92	1186.8	2760	2638.56	81.22626
TR5	115	1483.5	3450	3298.2	101.5328

Setelah nilai frekuensi yang akan diberikan untuk tiap-tiap posisi traksi ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah menghubungkan inverter dengan perangkat ATC di dalam kereta.

Sehingga apabila antenna kereta membaca sinyal dari data yang ditransmisikan pada rel, maka perangkat ATC akan memerintahkan inverter untuk memberikan frekuensi sesuai dengan kode yang diberikan oleh modul ATO.

Dengan demikian, kereta dapat dipercepat atau diperlambat secara otomatis apabila setiap saat data yang memberikan informasi tentang batas kecepatan kereta dikirimkan pada tiap kereta yang sedang melintas pada rel.

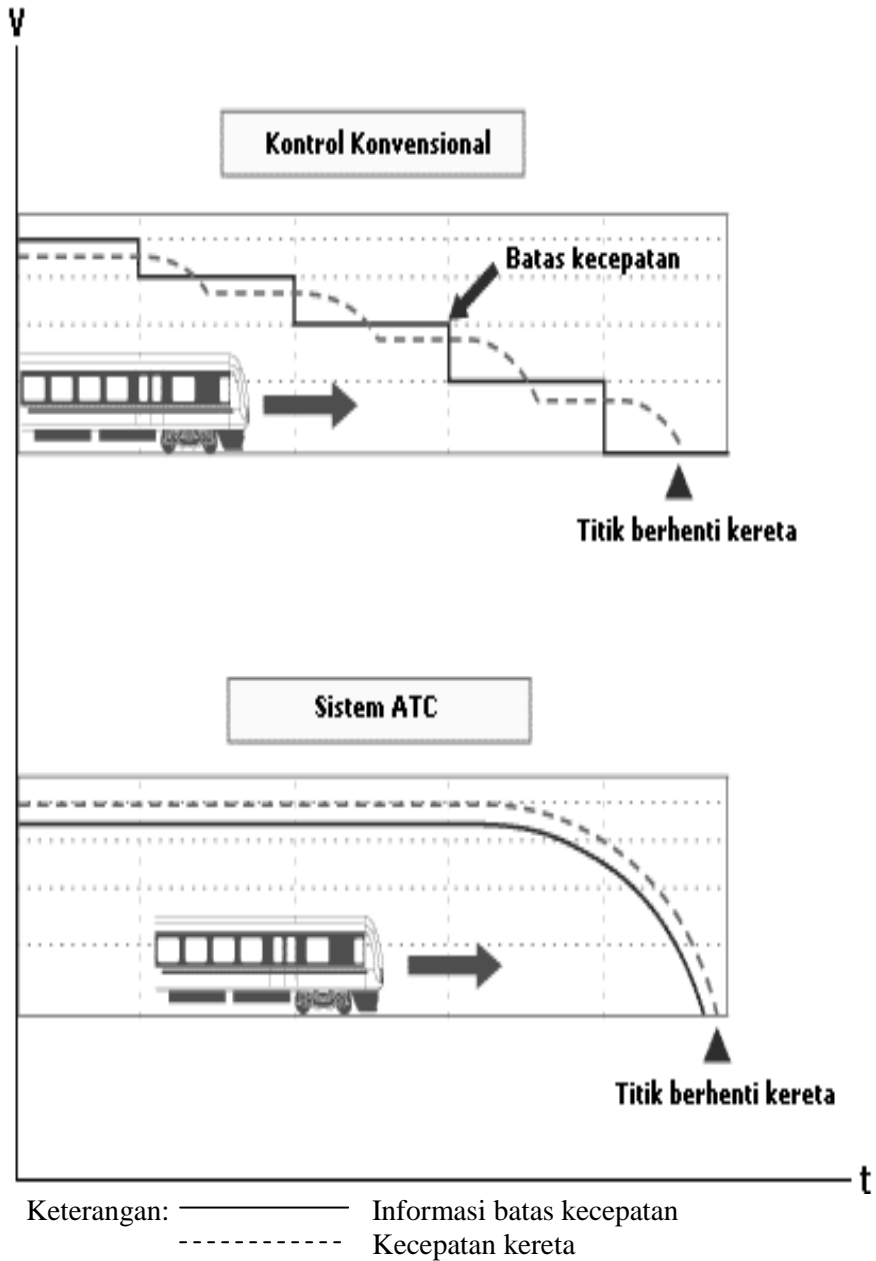
Keuntungan utama menggunakan sistem ATC adalah kereta dapat dioperasikan dengan performa terbaik, yaitu kereta dimungkinkan untuk berjalan dengan kecepatan yang telah ditentukan hingga titik pemberhentian kereta, sehingga kereta dapat tiba di stasiun tepat pada waktu yang telah dijadwalkan.

Pada sistem konvensional, perjalanan kereta sangat bergantung pada masinis. Sehingga pada setiap rambu pembatasan kecepatan, masinis harus mengurangi kecepatan kereta secara bertahap agar pengereman kereta tidak terlalu mendadak. Faktor inilah yang menyebabkan seringkali terjadinya keterlambatan dalam pelayanan.

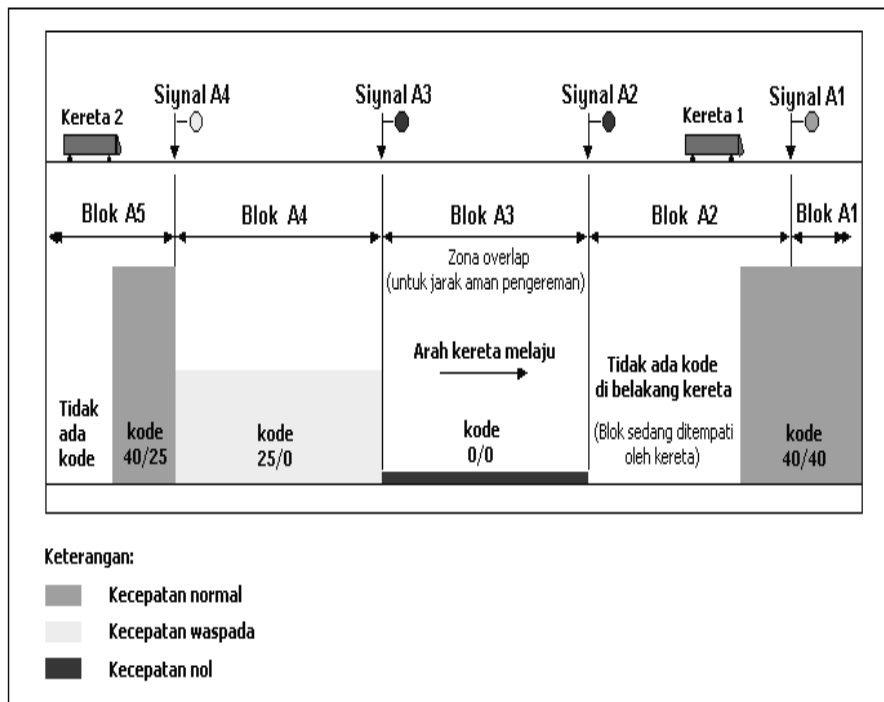
Tetapi pada sistem ATC, perjalanan kereta selalu dimonitor langsung oleh perangkat yang terpasang baik pada kereta maupun pada stasiun.

Sehingga kereta dapat berjalan dengan kecepatan maksimum dan berhenti dengan lembut pada titik pemberhentian kereta. Perbandingan performa sistem konvensional dengan sistem ATC dapat dilihat pada gambar 11 pada halaman berikut.

Persinyalan kereta juga dapat dilakukan secara otomatis oleh perangkat ATC yang terdapat pada stasiun, sehingga sistem ATC menjamin lalu-lintas perkeretaapian berjalan dengan aman, lebih teratur dan lancar. Berikut ini adalah gambaran sistem pengkodean yang digunakan dalam persinyalan kereta.



Gambar 11. Grafik perbandingan performa pengaturan kecepatan konvensional dengan sistem ATC.



Gambar 12. Sistem persinyalan kereta dengan menggunakan kode ATC.

5. Kesimpulan.

1. Dengan menggunakan sistem ATC, lalu-lintas perkeretaapian menjadi lebih mudah diatur dan dapat memberikan pelayanan yang tepat waktu dan nyaman.
2. Sistem ATO memberikan kemudahan bagi masinis dalam mengendarai kereta
3. Dengan adanya modul ATP, operasi kereta menjadi lebih aman karena dilengkapi dengan sistem *fail-safe*, sehingga jika terjadi hal yang tidak diinginkan, penumpang kereta dapat selamat
4. Sistem ATC memberikan performa pengaturan kecepatan kereta yang sangat baik dan lebih lembut dibandingkan dengan sistem konvensional
5. Dengan menggunakan sistem ATC, pengaturan traksi kereta menjadi lebih sederhana dan teratur, sehingga dapat menghemat energi yang dikonsumsi kereta

Daftar Pustaka

1. Matsumoto Masakazu, Sekino Shinichi, and Wajima Takenori. 2005. Latest System Technology for Railway Electric Cars.
2. Praha, S.R.O., “Continuous Automatic Train Protection with Automatic Train Operation”, AZD, 2000.
3. PT. KAI, 2002. *Diktat Pelatihan Elektronika Daya*. Edisi Pertama. PT. KAI Indonesia, Bandung.
4. <http://www.railway-technical.com/etracp.html#Electric-Traction>
5. <http://www.railway-technical.com/sigtxt3.html#ATP-Code-transmission>