

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1. Umum

Penggunaan komputer telah lama diterapkan pada bidang persinyalan kereta api pada tahun 1970-an mulai digunakan proses kontrol dengan menggunakan komputer untuk sistem pemilihan rute pemetaan kereta api. Kemudian komputer secara bertahap diterapkan juga untuk sistem pengontrolan lainnya seperti identifikasi kereta api dan pengontrolan jarak jauh. Penggunaan komputer untuk sistem-sistem tersebut sangat berguna untuk meningkatkan *fleksibilitas* dan penghematan biaya peralatan,

Digunakannya komputer untuk sistem kontrol kereta api membawa berbagai perubahan, misalnya untuk melihat keadaan sinyal atau wesel, operator cukup hanya melihat ke *visual display* tanpa harus melihat langsung ke lapangan, selain itu pengontrolan wesel dan sinyal juga dapat dilakukan dengan hanya menekan tombol-tombol pada keyboard . Selain itu juga penggunaan komputer memungkinkan adanya hubungan komunikasi dengan sistem lain pada pusat kontrol yang digunakan untuk mengirimkan laporan kedatangan atau keberangkatan kereta api serta informasi lainnya.

Berbagai percobaan telah dilakukan dari tahun 50-an untuk menciptakan suatu sistem *interlocking* yang aman. Dari berbagai percobaan tersebut diperoleh bahwa sistem yang paling ekonomis dan yang paling menguntungkan adalah sistem berbasis komputer.

Interlocking telah didisain dengan tingkat keamanan yang tinggi, setiap komponennya dibuat dengan menggunakan komponen yang tidak mudah rusak serta didesain sedemikian rupa hingga tidak akan mengalami kegagalan Hal ini menjamin bahwa sistem terdiri dari komponen yang tidak akan berada pada suatu keadaan tertentu dimana keadaan tersebut dapat mengakibatkan kegagalan pada sistem Hal seperti ini tidak dapat diterapkan pada sistem komputer digital, karena banyaknya kemungkinan keadaan yang dapat terjadi. oleh sebab itu sangat sulit untuk memperkirakan keadaan yang seperti apa yang dapat mengakibatkan kegagalan komponen.

2.2 Pengertian Sistem Pengendali

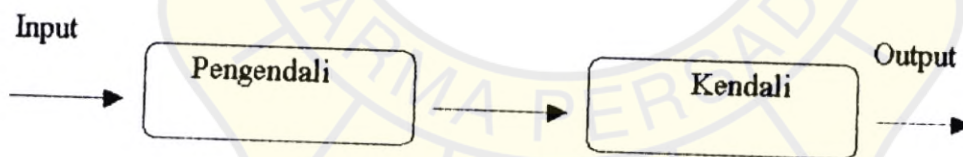
Pengendalian adalah susunan komponen-komponen fisik yang dihubungkan sedemikian rupa sehingga mampu memerintah, mengarahkan atau mengatur diri sendiri atau sistem lain secara aktif atau dinamis . Dalam sistem pengendalian harus ada sesuatu yang dikendalikan. Dalam hal ini berupa suatu sistem fisis yang merupakan sekumpulan peralatan mekanis, listrik, kimiawi, dan lainnya. Untuk selanjutnya, sistem fisis yang diatur ini kita sebut kendalian.

Besaran fisis yang dihasilkan oleh kendalian disebut *output*. Bentuk output ini dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan dan ketentuan yang diinginkan. Besaran yang memberikan suatu aksi atau pengaruh terhadap kendalian disebut *input*. Output merupakan besaran yang diatur oleh kendalian dan digerakan oleh input tertentu. Dimensi input dapat dipilih sembarang, sedangkan dimensi output tidak harus selalu sama dengan input, tergantung peralatan yang digunakan sebagai kendalian. Sistem pengendalian dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *Open Loop Control System*

(sistem pengendalian terbuka) dan *Closed Loop Control System* (sistem pengendalian tertutup) yang akan dibahas berikut ini.

2.2.1 Sistem Pengendalian Terbuka

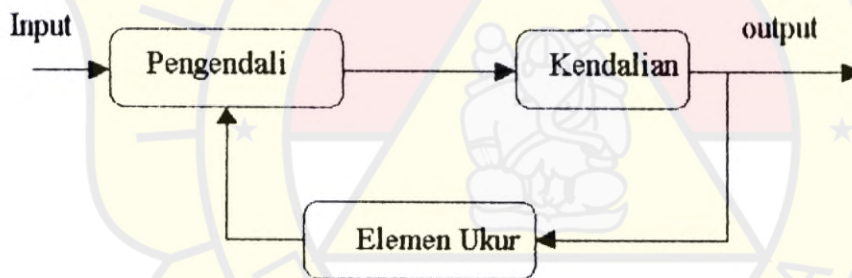
Sistem pengendalian terbuka adalah sistem pengendalian yang outputnya tidak berpengaruh pada aksi pengendalian. Jadi pada sistem pengendalian terbuka, keluaran tidak diukur atau diumpam balikan untuk dibandingkan dengan input. Oleh sebab itu input membutuhkan suatu kondisi operasi yang tetap. Jika terdapat gangguan terhadap input, maka sistem tidak dapat bekerja sesuai dengan yang kita inginkan. Pada umumnya sistem pengendalian yang bekerja pada basis waktu menggunakan sistem pengendalian terbuka.



Gambar 2.1 Sistem Pengendalian terbuka

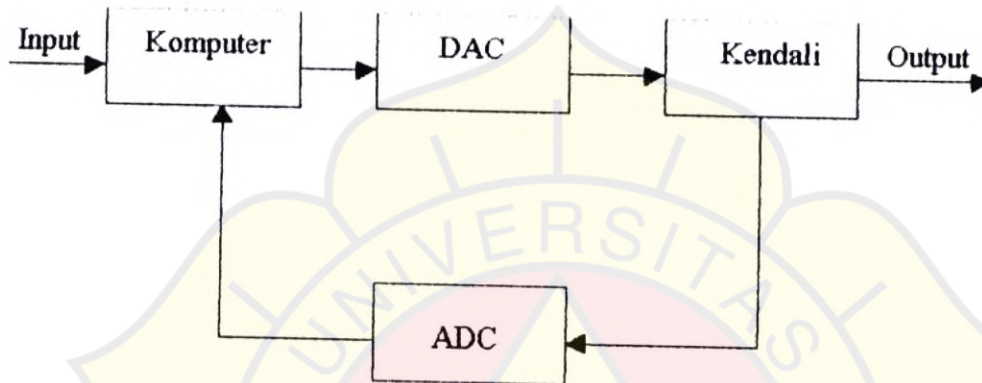
2.2.2. Sistem Pengendalian Tertutup

Sistem pengendalian tertutup adalah sistem pengendalian yang outputnya mempengaruhi secara langsung terhadap aksi pengendalian. Jadi sistem pengendalian tertutup adalah sistem pengendalian yang dimiliki *feed back* (umpan balik) . Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal input dengan sinyal umpan balik diumpankan ke suatu *controler* untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar output sistem mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain penggunaan umpan balik ini digunakan untuk memperkecil kasalahan sistem.



Gambar 2.2 Sistem pengendalian tertutup

2.2.3 Sistem Pengendalian Berbasis Komputer



gambar 2.3 sistem pengendalian berbasis komputer

Dari gambar diatas terlihat bahwa pengendalian dilakukan oleh komputer secara digital dan biasanya dalam bentuk program. Komputer merupakan pusat dari sistem yang berpungsi mengolah semua data dan menerima semua input agar dapat diperoleh output yang diinginkan. Pada umumnya input yang berasal dari keyboard berpungsi untuk menentukan keadaan atau kondisi yang kita inginkan.

Pada sistem pengendalian ini terdapat ketidak sesuaian antara pengendali (digital) dengan kendali (analog) , maka dibutuhkan suatu konversi dari analog ke digital dan sebaliknya, sehingga autput dari pengendali atau output kendalian tidak kontinyu. Oleh karena itu pada sistem pengendalian ini diperlukan *Digital to Analog*

Converte (DAC) pada output pengendali dan *Analog to Digital Converter* (ADC) pada output kendali.

Masalah yang terjadi pada sistem pengendalian berbasis komputer adalah periode pencuplikan , karena pada sistem pengendalian berbasis komputer kita bekerja secara digital. Apabila periode pencuplikan terlalu lebar maka akan mengakibatkan informasi yang berada pada kedua pencuplikan tidak terambil dan bila terlalu sempit maka akan terjadi saling tumpang tindih informasi.

2.3 Persinyalan Pada Pelayanan Kereta Api

Persinyalan digunakan untuk menjamin keamanan dan efisiensi pengoperasian kereta api. Apabila kereta api dioperasikan pada prekuensi dan kecepatan tinggi, keamanannya dapat diawasi dan dijamin oleh pengawasan manusia, tetapi jika kereta api dioperasikan dengan rangkaian panjang dan frekuensi serta kecepatan tinggi maka keamanannya tidak mungkin lagi dijamin hanya melalui pengawasan manusia saja. Oleh karena diperlukan alternatif lain sebagai pengganti pengawasan secara langsung, yaitu dengan menggunakan sistem peralatan persinyalan. Karena berbagai tuntutan keadaan seperti meningkatnya frekuensi dan kerumitan pengoperasian kereta api, maka sistem persinyalan terus dikembangkan dengan menggunakan berbagai teknologi baru.

2.3.1 Sistem persinyalan

Perlengkapan pengaman sinyal terdiri dari fasilitas untuk melindungi kereta api, mengoperasikan kereta api dengan aman dan selanjutnya merupakan peningkatan dalam

efisiensi angkutan kereta api. Fungsi perlengkapan pengaman sinyal pada angkutan kereta api adalah untuk keamanan, ketepatan dan kecepatan kereta api.

Ada suatu prinsip dasar bahwa sekalipun terjadi kesalahan dalam perlengkapan atau kesalahan dalam pengoperasian peralatan tidak boleh menimbulkan bahaya bagi kereta api hingga keamanan tetap terjamin, prinsip dasar ini dikenal sebagai *'Fail Safe Principle'*. Sistem persinyalan terdiri dari peralatan sinyal, interlocking, wesel, blok, dan pengaman pintu perlintasan, yang akan diuraikan berikut ini.

2.3.1.1 Peralatan Sinyal

Sinyal digunakan untuk menyampaikan pesan dengan menggunakan tanda yang telah ditetapkan, berupa bentuk, warna, dan suara yang mengatur pengoperasian kereta api dan untuk menunjukkan perhatian dengan membuat tanda-tanda sesuai dengan situasi tempat tersebut. Persinyalan yang digunakan saat ini secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi :

- Sinyal; berfungsi untuk mengendalikan operasi kereta api dengan bentuk, warna, dan suara.
- Semboyan; berfungsi untuk menunjukkan perhatian kepada pihak lain dengan menggunakan bentuk, warna dan suara.
- Marka; berfungsi untuk menunjukkan keadaan suatu tempat seperti posisi, arah serta kondisi dengan menggunakan bentuk dan warna.

Sinyal utama memiliki beberapa jenis, yaitu sinyal blok, sinyal langsir, dan sinyal darurat. Untuk melengkapi pemahaman tulisan ini kita cukup mengetahui sinyal

utama blok saja. Sinyal utama blok memiliki tiga aspek yaitu aspek merah yang menyatakan keadaan tidak aman sehingga kereta api harus berhenti dan menunggu hingga keadaan berubah. Yang kedua adalah aspek kuning yang menyatakan keadaan hati-hati dan kereta api harus berjalan dengan kecepatan tertentu untuk siap berhenti. Yang terakhir adalah aspek hijau yang menyatakan keadaan aman dan kereta api dapat berjalan dengan kecepatan maksimum yang diizinkan.

2.3.1.2 Peralatan Interlocking.

Peralatan *interlocking* dipergunakan agar ada saling berkaitan antara sinyal dan wesel yang terkait, apakah weselnya terbuka kearah yang benar untuk pemasukan suatu kereta api . *Peralatan interlocking* menjamin keamanan bahwa sinyal maupun wesel tidak dapat salah melayani dalam keadaan apapun.

Kedudukan wesel-wesel dan sinyal-sinyal adalah bagian yang paling penting, oleh karena itu perlu mendapat perhatian khusus. Untuk menjamin keamanan dilakukan suatu sistem penguncian antara sinyal-sinyal dan wesel-wesel. Penguncian ini dimaksudkan untuk membatasi gerakan tuas untuk setiap kondisi yang diperlukan. Terdapat beberapa jenis sistem penguncian antara sinyal-sinyal dan wesel-wesel yang bekerja baik secara mekanik maupun secara elektronik.

Dengan menggunakan sistem elektronik diperoleh beberapa keuntungan seperti penambahan kapasitas interlocking serta kecermatan dan ketelitian lebih terjamin. Selain itu sistem ini dapat dikubungkan dengan *track circuit* yang berhubungan langsung dengan kereta api , sinyal , dan wesel. Interlocking dilakukan antara beberapa sinyal dengan sinyal lainnya, antara sinyal dan wesel -wesel, dan antara wesel dengan wesel.

Interlocking antara sinyal dengan sinyal.

- Apabila rute-rute sinyal mempunyai luncuran pada sebagian atau seluruhnya di jalur (rute) yang sama, sedangkan jarak luncuran tersebut kurang dari 100 meter, maka kedua sinyal tersebut harus dikunci secara bersamaan.
- Apabila pada kondisi diatas jarak peluncurannya lebih dari 100 meter, maka kedua sinyal tidak perlu dikunci.

Interlocking antara sinyal-sinyal dan wesel-wesel

- Sinyal -sinyal dan wesel-wesel didalam rute yang sama, harus dalam keadaan terkunci. Apabila wesel tersebut kedudukan normalnya terkunci, maka tidak perlu penguncian lagi
- Antara sinyal dan wesel-wesel didaerah luncuran untuk keamanan, harus ada interlocking.

2.3.1.3 Peralatan Wesel

Wesel adalah alat untuk memindahkan kereta api dari satu sepur (rel atau lintasan) ke sepur yang lain . Peralatan wesel terdiri dari wesel, bagian penggerak, dan bagian penyilang. Mengingat kontruksi bagian yang dapat digerakan adalah sangat halus, maka peralatan tersebut merupakan bagian yang paling rawan pada lintasan kereta api. Peralatan pemindah wesel diletakan pada sepur yang bercabang dan berpungsi sebagai penggerak lidah wesel.

2.3.1.4. Peralatan blok

Blok adalah peralatan untuk membatasi agar hanya ada satu kereta api dalam satu petak jalan. Agar dapat mengaman kan perjalanan kereta api secara tepat dan cepat di petak lintasan yang akan dilalui dengan betul-betul aman perlu dipertahankan adanya jarak yang tetap antara kereta api yang berlawanan atau antara kereta api yang didepannya dengan yang berikutnya. Untuk itu terdapat *sistem time interval* dan *sistem space interval*.

Pada *sistem time interval*, kereta api dioperasikan dengan jarak waktu yang tetap. Jika kereta api yang didepannya belum tiba di stasiun berikutnya sesuai dengan jadwal waktu yang telah ditetapkan, maka kereta api berikutnya boleh diberangkatan setelah waktu yang ditetapkan tiba. Sistem ini biasa digunakan pada lintasan yang dilalui oleh kereta api dengan kecepatan rendah dan frekuensi rendah.

Pada *sistem space interval*, kereta api dioperasikan dengan jarak yang tetap antara kereta api satu dengan yang lainnya. Dengan demikian kereta api dapat dioperasikan dengan kecepatan tinggi karena kereta api dapat ditempatkan petak-petak tersendiri. Petak yang ditetapkan tersebut di namakan petak blok dan sistem pengoperasian seperti ini disebut operasi sistem hubungan blok.

2.3.1.5 Pengamanan Pintu Perlintasan

Pengaman pintu perlintasan digunakan untuk melindungi kendaraan atau pejalan kaki yang melintas pada pintu perlintasan tersebut. Pengaman pintu perlintasan pada umumnya terdiri dari palang pintu perlintasan, pos perlintasan, serta tanda sinyal dan tanda peringatan.

2.3.2. Track Circuit

Track circuit adalah sirkuit listrik yang berfungsi untuk mengetahui adanya kereta api pada suatu lokasi tertentu, memantau, dan melindungi keselamatan operasi secara tidak langsung. *Track circuit* akan bekerja jika kedua sisi rel tersambung oleh gandar (roda) kereta api yang melewatinya.

Pada umumnya track circuit dipasang pada setiap petak blok, rel-rel pada satu batas kedua petak tersebut diisolasi. Sambungan rel-rel pada satu petak dihubungkan satu sama lain oleh kabel yang mengalirkan arus. Kedua ujung petak tersebut dihubungkan pada catu daya dan relay. Bila tidak ada kereta api pada *track circuit*, relay tetap bekerja. Bila *track circuit* dilewati oleh kereta api, maka sirkuit listrik akan dihubungkan singkat oleh gandar kereta api dan relay jatuh. Terdapat beberapa jenis *track circuit*, yaitu *track circuit arus searah*, *track circuit frekuensi komersial*, dan *track circuit frekuensi audio*.

2.4 Sistem Persinyalan

2.4.1 Sistem Persinyalan lama

Sistem persinyalan lama membutuhkan waktu serta tenaga yang banyak untuk mengopersikannya. Kondisi pada saat ini sudah tidak memungkinkan lagi untuk menggunakan sistem ini karena tidak dapat menjamin keamanan untuk pengopersiannya kereta api dengan frekuensi tinggi. Sistem interlocking yang pernah digunakan adalah :

Krian

Perkakas *hendel krian* hanya dapat digunakan pada emplasemen sepur tunggal yang kecil, dengan hanya dapat melayani sinyal-sinyal yang digandengkan dengan sekat-sekat yang diperlukan.

Tiap-tiap perkakas hendel terdiri dari hendel-hendel yang dipasang pada suatu rangka, perlengkapan untuk interlocking antara hendel yang satu dengan yang lain yang terdiri dari poros, sentil, dan mistar. Alat yang digunakan untuk menggerakkan poros, sentil dan mistar adalah handel dengan kedudukan yang condong ke atas. Terdapat beberapa jenis hendel, yaitu hendel sinyal, hendel wesel, hendel kancing, hendel pembuka kancing, hendel tiga kedudukan, handel pemberi ijin.

Alkamar

Perkakas *hendel alkamar* dapat digunakan pada stasiun- stasiun sepur tunggal maupun sepur kembar. Secara teknis memiliki dua jenis handel, yaitu hendel kancing dan hendel wesel. Untuk hendel kancing tiga kedudukan pada digunakan hendel kancing biasa yang diberi takik tambahan ditengah-tengah untuk menambah kedudukan ditengah tengah.

Interlocking antara hendel yang satu dengan yang lain dilakukan dengan poros pertolongan dan pal. Perkakas hendel alkamar disusun untuk enam poros petolongan, karena tiap poros digunakan untuk satu perjalanan kereta api, maka perkakas hendel ini hanya dapat melayani enam perjalanan kereta api.

Siemens Und Hulseke

Perkakas *hendel Siemens Und Hulseke (S&H)* memiliki tiga jenis hendel, yaitu hendel sinyal, hendel wesel, dan hendel tiga kedudukan. hendel sinyal selain untuk melayani sinyal dapat pula dipergunakan sebagai hendel kancing, hendel pembuka kancing dan hendel pemberi ijin. Perkakas *hendel S&H* dapat diterapkan pada empasemen besar, karena pemasangan perangkaian hendel satu sama lain hampir tak terbatas.

2.4.2 Sistem Persinyalan Baru

Interlocking relai

Pada *relai interlocking* semua wesel dan sinyal dilengkapi tenaga penggerak. Pelayanan dan pengendalian wesel dan sinyal dilakukan sekaligus dengan tombol tekan. Interlocking antara tuas dan tuas, antara tuas dengan yang lainnya dikerjakan oleh relai. Pada peralatan lama pelayanannya masih individual dan menggunakan mekanik locking.

2.4.2.2 Interlocking elektronik

Pada sistem *elektronik interlocking*, *interlocking logic* diproses oleh mikrokomputer. Pada relai interlocking dilakukan oleh sirkuit relai Berikut ini perbandingan antara *interlocking relai* dan *interlocking elektronik*

Keterangan	Relai Interlocking	Elektronik Interlocking
Keamanan	<ul style="list-style-type: none"> • Relai memiliki susunan Fail safe • Ketidakstabilan kerja track circuit dilindungi oleh relai waktu 	<ul style="list-style-type: none"> • Keamanan dijamin oleh sejumlah mikroprosesor • Gerakan kereta api dijamin oleh perangkat lunak untuk meningkatkan keamanan selama tidak ada penguncian rute • Fungsi tertentu keamanannya sendiri tergabung
Keandalan	Keandalannya dapat dipertahankan dengan penggantian relai secara berkala	Keandalannya tinggi dan dapat dipertahankan dalam waktu lama
Perawatan	<ul style="list-style-type: none"> • Penggantian relai secara berkala • Kerusakan relai dapat diganti dengan relai sejenisnya 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak memerlukan penggantian secara berkala • Kerusakan satu unit peralatan dapat diganti dengan modul
Pengembangan pada masa datang	Diperlukan kontrol tersendiri	Penyusunan rute secara otomatis dapat ditambahkan
Penggabungan dengan sistem lain	Dihubungkan dengan kontak relai	Data link dapat dihubungkan langsung dengan sistem elektronik lainnya

Standarisasi	Masing-masing stasiun memiliki rancangan tersendiri	Perangkat keras, perangkat lunak, fungsi program, dan wiring memiliki standar tersendiri Tabel data interlocking bisa diganti sesuai dengan kebutuhan tiap-tiap stasiun
Penggunaan	<ul style="list-style-type: none">• Digunakan pada stasiun skala kecil• Digunakan untuk sistem yang berdiri sendiri	<ul style="list-style-type: none">• Digunakan pada stasiun skala sedang dan besar• Digunakan untuk sistem yang kompleks