

RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI (*SAFETY PEDAL*) PROTEKSI KESELAMATAN Pengereman PADA KERETA REL LISTRIK (KRL) SERI 1000

M.Tharom Baihaqi
Puji Sulisworo

Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jakarta
roybaihaq@yahoo.co.id

Abstract

KRL Jabodetabek is the electric train lines operated by PT. KAI Commuter Jabodetabek which has been operating since 1976, which services commuters in Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi, Serpong and Parung Panjang. Can serve up to 450000-500000 passengers per day (2011). KRL serving line consists of two classes, namely economic and class commuter line that uses the air conditioner. For guarantee the safety of service users and their crew KRL KA, and prevent accidents caused by negligence of a machinist, as happened in the accident at Kebon Pedes in 2009 between the KA BN Holec with KA 6000 Serie Grant, hit from behind (sodomy). That takes a lot of casualties and material losses in the medium. To address this it is necessary to have an early warning system equipment operator as emergency braking safety protection at KRL Jabodetabek optimal according to circumstances KRL Jabodetabek railway traffic. Goals to be achieved this thesis is the design tool of Sistem Peringatan Dini (Safety Pedal) Proteksi Keselamatan Pengereman Pada Kereta Rel Listrik (KRL) Seri 1000 in the hope of minimizing the incidence of accidents at KRL potential of negligence of the operator (driver)

Keywords : *Safety Protection Equipment, Machinist, KRL*

PENDAHULUAN

Pilihan atas moda transportasi haruslah memberikan jaminan bagi keselamatan hidup manusia, menempatkan keselamatan diatas segalanya. Bahkan tekanan dari pemerintah yang menuntut terciptanya transportasi tanpa resiko kecelakaan (*zero risk accident*).

Suatu sistem tidak akan pernah terlepas dari suatu masalah. Begitupun sistem transportasi yang ada di Indonesia. Permasalahan tersebut disebabkan oleh banyak faktor. Human error atau kesalahan manusia merupakan istilah yang paling sering kita dengar apabila terjadi kecelakaan Transportasi. Faktor kesalahan manusia di negara manapun di dunia selalu menjadi salah satu potensi utama yang menyebabkan terjadinya kecelakaan transportasi atau kecelakaan lalu lintas pada khususnya. Seperti contoh peristiwa kecelakaan PLH Bojonegoro, Jawa Timur tahun 2009 dan PLH KRL di Kebon Pedes Bogor tahun 2009, dimana kedua kasus tersebut disebabkan oleh kelalaian masinis yang melanggar sinyal (Lampiran 1.1 PLH Bojonegoro, Jawa Timur).

Disamping faktor diatas, pengetahuan, keterampilan, pelatihan, serta kompetensi latihan juga sangat berpengaruh terhadap terjadinya Human Error terhadap masinis. (Lampiran 1.2 Diklat Calon Awak KA).

KRL (Kereta Rel Listrik) adalah salah satu moda transportasi angkutan masal yang cepat nyaman, murah dan bebas polusi. Beberapa masyarakat umum beralih menjadi pengguna jasa tetap KRL, selain dari pada itu karena moda transportasi ini terhindar dari kemacetan lalu lintas yang selama ini menjadi masalah yang belum mampu di atasi oleh pemerintah pusat maupun daerah. Namun sangat perlu diperhatikan keselamatannya, dilihat dari frekuensi lalu lintas KRL yang cukup padat.

Dari berbagai macam sarana atau KRL yang sudah ada, antara lain memiliki peralatan pengaman, yaitu alat keselamatan standar ketentuan perundangan teknis seperti : headlight, wiper, suling, pemadam, lampu kabin, speedometer, radio komunikasi, yang tercantum dalam nogo item dan non teknis berupa (Peraturan Dinas 16A Jilid 1 Tahun 2010). Demikian juga dalam Undang-undang

nomor 22 tahun 2009 tentang LLAJ, antara lain sudah diatur jam kerja mengemudi yaitu paling lama 8 jam sehari. Dan setelah mengemudi selama 4 jam berturut-turut maka wajib untuk beristirahat paling sedikit setengah jam.

Namun kecelakaan kerap terjadi, hingga 2-3 kali dalam kurun waktu 1 tahun (Berdasarkan data statistik KNKT tahun 2009-2011). Oleh karena itu sarana dan prasarana terus dikembangkan dan menciptakan peralatan pengaman sarana KRL sehingga keamanan sarana beserta awak KA dan pengguna jasa dapat terjamin keselamatannya.

Masinis adalah ujung tombak dalam operasional, karena masinislah yang secara langsung berhadapan dengan para pengguna jasa dan yang **paling bertanggung jawab** atas perjalanan ratusan ribu penumpang, (*Peraturan Dinas 16A Jilid 1 Tahun 2010 Pasal 6 ayat 6* yang berbunyi "Pada waktu dinas kereta api atau dinas langsir, Masinis bertanggung jawab atas perjalanan kereta api yang dipimpinnya"). Dengan Hak dan Tanggung Jawab Masinis dalam operasional. (Lampiran 1.3 Hak dan Tanggung Jawab Masinis)

Kelalaian masinis adalah salah satu potensi penyebab kecelakaan. Beberapa alasan telah dikembangkan untuk menjaga kelalaian masinis maka dalam mengoperasikan KRL upayanya adalah melengkapi peralatan keselamatan. Penelitian yang diusulkan dalam skripsi ini adalah merancang bangun *Safety Pedal*.

Safety Pedal adalah suatu alat proteksi yang membantu mengamankan sistem kerja masinis KRL yang sudah diterapkan pada Lokomotif CC 201 namun berbeda sedikit antara prinsip kerja dan instalasi kabelnya. Yaitu mencegah seorang masinis kehilangan konsentrasi sesaat atau terkantuk pada saat mengoperasikan kereta api KRL. Terdiri dari pedal yang dihubungkan terhadap sistem elektrik modul yang terdiri dari relay-relay, timer, buzzer, dengan prinsip kerjabuzzer akan berbunyi dan menyadarkan kembali masinis untuk tetap berkonsentrasi ketika mengalami kehilangan konsentrasi sesaat pada selang waktu tertentu dimana Pedal dan Buzzer saling terkait. Yang dihubungkan kepada sistem mekanik pengereman emergency otomatis sehingga kecelakaan dapat dihindari.

LANDASAN TEORI

Kelalaian adalah salah satu dampak negatif, definisi dari kelalaian itu sendiri

menurut Andi dan Minato (2003) ; Senders and Moray (1991) adalah sesuatu yang telah dilakukan, yang tidak diharapkan oleh pelaku, tidak diinginkan oleh suatu aturan yang ditetapkan atau oleh pengamat luar, atau yang membuat sistem melampaui batasnya.

Dari definisi diatas terdapat keterkaitan dimana kelalaian yang dilakukan akan berdampak pada sifat hukum yang terikat. Seperti halnya masinis sebagai operator yang sistem kerja operasionalnya serta pola pengereman yang dilakukan pada saat kereta akan masuk stasiun, dan menghadapi sinyal utama yang menyatakan aman, hati-hati, dan bahaya. Semua itu diatur oleh reglemen *Peraturan Dinas 16A Jilid 1 Tahun 2010 Pasal 30 Tentang Tindakan Pada Waktu Menghadapi Sinyal Utama*. Dengan pengetahuan, keterampilan, dan kompetensi yang dimiliki masinis akan mempengaruhi keselamatan para penumpang.

Beberapa hal lain yang berpotensi memberi dampak negatif adalah seperti Lemahnya Control, Sebab Dasar, Penyebab Tak Langsung (Perbuatan Tak Aman dan Kondisi Tak Aman), Insiden (Kejadian), serta pada Kerugian Kecelakaan yang merupakan dampak dari dampak negatif tersebut.

Pengereman udara adalah sistem rem yang pengoperasiannya menggunakan udara yang bertekanan dimana rem ini memanfaatkan energi udara bertekanan untuk menjalankan sistem pengereman. Dimana untuk menggantikan sistem kinerja rem mekanik secara individu, yang artinya satu tuas hanya untuk mengerem satu roda saat sebelum ditemukannya rem udara.

Dengan diciptakannya sistem rem udara ini kita hanya perlu menggerakkan satu tuas untuk membuka katup-katup (*valve-valve*) agar udara bertekanan mengalir pada sistem rem ini sehingga silinder rem menekan *brakeshoes*, sampai terjadinya proses pengereman. Intinya dengan menggunakan energi sekecil mungkin dapat melakukan pengereman untuk daya besar dengan bantuan udara bertekanan. Prinsip rem yaitu kendaraan tidak dapat berhenti dengan segera apabila mesin dibebaskan (tidak dihubungkan) dengan pemindah daya, kendaraan cenderung tetap bergerak. Kelemahan ini harus dikurangi, dengan maksud untuk menurunkan kecepatan gerak kendaraan hingga berhenti.

Mesin mengubah energi panas menjadi energi kinetik (gerak) untuk menggerakkan

kendaraan. Sebaliknya, rem mengubah energi kinetik kembali menjadi energi panas untuk menghentikan kendaraan. Umumnya, rem bekerja disebabkan oleh adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak putar. Efek pengereman (*braking effect*) diperoleh adanya gesekan yang ditimbulkan antara dua objek. Supaya saat pengereman tidak mengeluarkan tenaga yang besar, maka dibuatlah suatu sistem pengereman yang memakai tenaga tekanan udara, sistem ini disebut sistem rem tekanan udara atau lebih dikenal rem udara atau rem pneumatik. Sistem rem udara dilengkapi dengan sebuah kompresor, gunanya untuk menghasilkan atau memproduksi udara kompresi. Kompresor itu digerakkan oleh mesin kendaraan. Tiap-tiap roda dilengkapi dengan pesawat rem mekanik, poros kunci-kunci rem dilengkapi dengan tuas yang berhubungan dengan batang torak dari silinder-silinder udara.

Sebuah rem darurat adalah sistem pengereman yang terpisah dari sistem rem didalam kendaraan, untuk digunakan dalam kasus kegagalan rem biasa (hidrolik atau udara) dan umum digunakan sebagai rem parkir dalam mobil.

Rem darurat berlaku gaya pengereman jauh lebih dari rem layanan lengkap standar. Sopir atau Masinis hanya akan menggunakan rem darurat sebagai upaya terakhir, untuk menghindari resiko-resiko yang dapat menimbulkan bahaya atau kecelakaan. Rem darurat tidak boleh dilakukan apabila tidak dalam benar-benar kondisi darurat dimana sistem pengereman biasa tidak dapat digunakan, karena dapat menyebabkan kerusakan, bahkan dengan modern perlindungan roda geser, kereta dapat mengembangkan roda-flat, dan rel sendiri dapat menderita kerusakan profil.

Pengereman atau dalam istilah lain disebut juga perabaran merupakan suatu hal yang sangat penting di dalam sistem pengoperasian kereta api, terutama yang menyangkut segi tingkat keamanan guna melakukan proses pengurangan kecepatan, mempertahankan kecepatan (di jalan turunan) ataupun penghentian.

Sistem abar pada kereta api menggunakan udara tekan. Yang dimaksud abar udara tekan ialah abar yang menggunakan udara tekan sebesar 500 kPa, untuk pengabaran/pengereman. Udara tekan ini diproduksi dari kompresor yang dipasang pada

KRL yang mempunyai kapasitas ± 2500 L/mindan bertekanan 690 kPa sampai dengan 810 kPa.

Pada prinsip dasarnya sistem pengereman adalah mengurangi tenaga gerak (energi kinetik) dengan jalan menekan bidur abar (sepatu rem) pada bandaseroda. Besarnya prosentase pengereman tergantung pada besarnya tekanan rem blok pada bandase roda. Semakin besar gaya tekanan rem blok pada bandase roda maka semakin besar kapasitas pengereman tersebut.

Namun kita harus memperhatikan bahwa selama sistem perabaran ini dikerjakan maka semua roda KRL harus selalu dalam keadaan menggelinding dan tidak menggelincir (roda diam tapi KRL bergerak). Oleh karena itu agar semua roda KRL tetap menggelinding, maka koefisien gesek antara sepatu rem dan roda harus lebih kecil bila dibandingkan dengan angka koefisien gesek antara roda dan rel.

Relay adalah sebuah saklar magnet. Keunggulannya terhadap saklar mekanik biasa adalah bahwa relay dapat dipakai dengan aman untuk mengoperasikan peralatan dan mesin dari kejauhan. Relay yang bekerja dengan arus dan tegangan kecil dapat mengoperasikan mesin yang memerlukan arus besar untuk menghidupkannya juga dapat digunakan untuk mengendalikan dari kejauhan peralatan yang berada di tempat yang berbahaya.

Sebuah katup solenoida adalah Elektromekanik katup untuk digunakan dengan cairan atau gas. Katup ini dikendalikan oleh suatu arus listrik melalui solenoida koil. Katup Solenoid mungkin memiliki dua atau lebih terminal. Katup Solenoid adalah elemen kontrol sering digunakan paling fluidics. tugas mereka adalah untuk mematikan, rilis, dosis, mendistribusikan atau cairan campuran. Solenoida dapat melakukan *switching* cepat dan aman, keandalan yang tinggi, kompatibilitas media dan bahan yang baik.

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan

menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).

Alat pengaman arus lebih adalah pemutus sirkuit mini yang disebut MCB. MCB ini memproteksi arus lebih yang disebabkan terjadinya beban lebih dan arus lebih karena adanya hubungan pendek. Prinsip dasar bekerjanya yaitu untuk pemutusan hubungan yang disebabkan beban lebih dengan relay arus lebih seketika yang digunakan sebagai electromagnet.

Kontaktor Magnet merupakan jenis saklar yang bekerja secara magnetic yaitu kontak NO & NC, (*Normally Open & Normally Closed*) bekerja apabila kumparan di aliri arus/tegangan, penggunaan kontaktor magnet jauh lebih baik dari pada saklar biasa.

TDR (*Time Delay Relay*) sering disebut juga relay timer atau relay penunda batas waktu, banyak digunakan dalam instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis, fungsi dari peralatan kontrol ini adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. Timer ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor.

METODOLOGI RANCANG BANGUN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah mencari solusi pada sistem kerja masinis yang menghubungkan dengan pengereman *emergency* dan mengidentifikasi langkah apa saja yang harus diambil untuk mengantisipasi terjadinya kecelakaan yang disebabkan oleh masinis. Sehingga operator dalam menjalankan KRL-nya merasa aman dan nyaman, serta keamanan penumpang dapat terjamin. Dalam menyelesaikan rancang bangun ini, metodologi langkah-langkah yang dilakukan adalah Identifikasi masalah dalam pengoperasian KRL yang terkait dengan masinis dan sistem pengereman serta analisis, rancang bangun sistem yang perlu ditambahkan, pengujian sistem, kesimpulan dan saran.

Metode identifikasi yang dilakukan :

a). Wawancara langsung kepada masinis yang mempunyai track record baik dalam pengoperasian KRL, b). Melakukan pengamatan pada sistem pengereman yang ada. Dalam hal ini dilakukan identifikasi sistem

kerja masinis pada saat mengoperasikan KRL dan hubungan sistem kerja masinis dengan pengereman, khususnya dalam keadaan darurat dengan tujuan mengetahui penyebab kecelakaan yang terkait dengan sistem yang ada yaitu :

a). Mengetahui faktor-faktor yang berpotensi sebagai penyebab kelalaian masinis, b). Mengetahui mekanisme pengereman yang dilakukan masinis pada saat mengoperasikan KRL, c). Mengetahui sistem kerja masinis, d). Mengetahui berapa jarak pengereman pada saat deselerasi kecepatan 20-60 km/jam.

Pendekatan Rancang bangun yang dilakukan didasarkan pada kelemahan sistem yang ada selanjutnya ditambahkan peralatan khususnya yang terkait dengan peralatan pengaman (peralatan tambahan) yang memungkinkan dapat mempengaruhi kinerja dan/atau tugas masinis. Dengan hasil pengamatan terhadap lalu lintas perjalanan KRL (Lampiran O18 Lintas Jakarta-Bogor) yang menyatakan frekuensi pada perjalanan KRL yang cukup padat. Serta analisa sistem proteksi yang telah diterapkan pada Lokomotif CC 201 yang membantu mengamankan sistem kerja masinis. Maka dengan ini penulis akan mencoba menerapkan sistem alat proteksi tersebut pada Kereta Rel Listrik namun berbeda sedikit prinsip kerja dan instalasi kabelnya. Pengujian dilakukan secara statis dan dinamis, dengan penambahan peralatan hasil rancang bangun terhadap sistem pengereman yang ada, dan selanjutnya mengoperasikan KRL seperti biasanya, serta mengamati kehandalannya. Metode penarikan kesimpulan hasil rancangan yaitu dengan membandingkan Kurva Jarak Pengereman Darurat vs Kecepatan KRL yang dilengkapi hasil rancangan dibandingkan dengan percobaan-percobaan kereta yang sudah ada.

IDENTIFIKASI DAN ANALISA SISTEM

Identifikasi dilakukan guna memperoleh informasi mengenai :

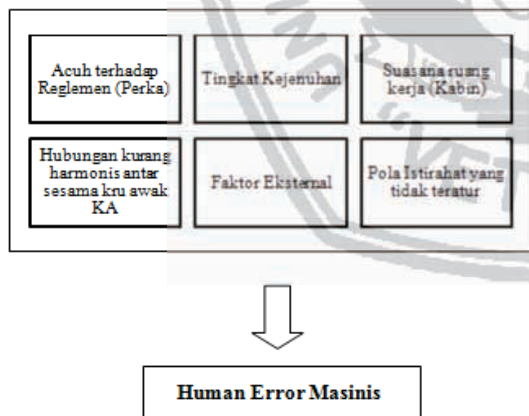
a). Prosedur operasional KRL sehingga penulis mendapatkan gambaran mekanisme kerja pengoperasian KRL secara menyeluruh khususnya tentang pengereman, b). Mencari data/informasi mengenai pengereman darurat yang merupakan sumber-sumber potensi yang terkait dengan keselamatan. Pengereman darurat yang dilakukan secara manual pada KRL tersebut merupakan sebuah informasi awal yang dapat menunjukkan kualitas sistem

pengereman otomatis yang akan ditambahkan, c). Mengetahui unit pengereman lebih detail yang bersifat teknis dengan tujuan menambahkan sistem pada sistem pengereman apabila dibutuhkan, d). Memperoleh informasi hubungan sistem kelistrikan pengereman darurat dengan tujuan menambahkan sistem pada sistem pengereman apabila dibutuhkan, e). Memperoleh informasi yang terkait mengenai masalah-masalah kegiatan masinis dengan tujuan membantu merealisasikan ide-ide penambahan alat pada sistem kerja masinis.

Instrumen yang dilakukan dalam perolehan data yaitu dengan cara wawancara bebas kepada narasumber terkait dengan tujuan mendapatkan informasi terkait mengenai mekanisme pengereman yang dilakukan oleh masinis dalam operasional KRL dan faktor-faktor yang menjadi masalah kegiatan masinis pada saat beroperasi, dengan Variabel Instrumen : Teknik mekanisme pengereman dan Masalah kegiatan masinis.

Pengambilan data dilakukan hanya dengan satu orang narasumber dengan alasan : a). Estimasi biaya, b). Jam kerja, c). Ruang Lingkup Bagian.

Faktor-faktor yang dapat berpotensi menjadi penyebab terjadinya kecelakaan akibat Human Error dari seorang masinis dapat ditunjukkan pada gambar 4.1

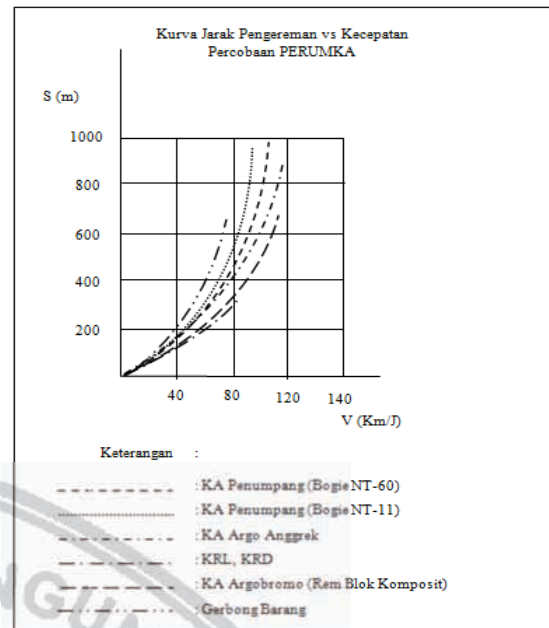


Gambar 4.1 Faktor potensi penyebab kecelakaan

Semakin cepat kereta bergerak maka semakin jauh jarak (ancangannya) s/d kereta berhenti, kesalahan didalam memilih anjakan pengereman dapat menimbulkan bahaya yang tidak diinginkan.

Hubungan jarak anjakan tersebut terhadap kecepatan kereta adalah berupa kurva eksponensial. Hasil percobaan yang dilakukan

oleh PT. Kereta Api terhadap semua jenis kereta dapat dilihat pada Gambar 4.2.

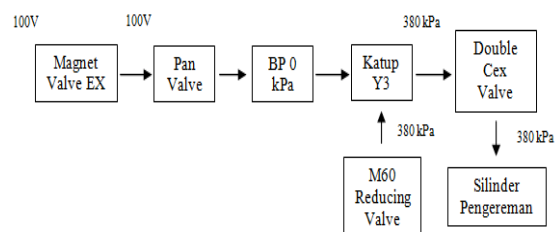


Gambar 4.2 Kurva hasil uji jarak anjakan pengereman terhadap kecepatan untuk beberapa jenis kereta

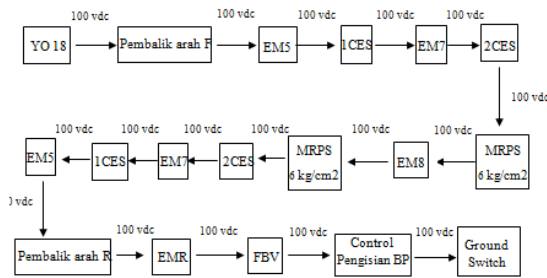
Komponen Utama Unit Pengereman

a). Kompresor udara yang menghasilkan udara tekan yang sudah melewati unit pengering sekitar 790 +/-10 kPa yang disimpan pada tangki utama (main reservoir), b). pipa tangki udara utama untuk menyalurkan udara tekan dari kompresor melalui katup penahan dan masuk pada tangki udara suplai, c). unit kontrol rem yang berhubungan dengan udara suplai yang didalamnya terdapat katup-katup yang dihubungkan dengan magnet valve yang siap untuk menerima perintah dari master kontrol, dan besaran masing-masing level pengereman hingga sampai pada brake cylinder.

Sistem pengereman darurat dilakukan dengan peralatan safety pedal.



Gambar 4.4 Alur Sistem Pneumatik Pengereman Darurat



Gambar 4.6 Ahur Sistem Elektrik Kelistrikan Pengereman Darurat

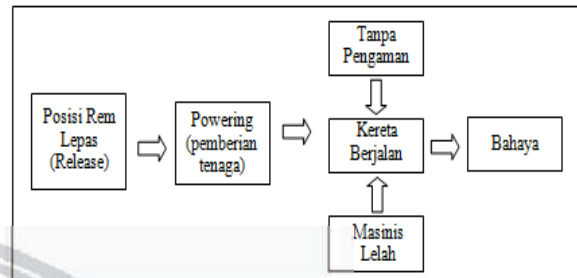
Mekanisme Sistem Elektrik Kelistrikan Pengereman Darurat gambar 4.6 :

a). Dari sumber awal kabel YO 18 yang mempunyai input tegangan 100Vdc yang berasal dari generator, menuju terminal pada Pembalik Arah, yang menghubungkan pada kabel EM5, dimana berfungsi sebagai saklar penghubung dan hanya akan terhubung (kontak) apabila posisi Pembalik Arah pada posisi F (Front), b). Kemudian dari kabel EM5 tegangan 100Vdc yang berasal dari output generator diteruskan untuk menghubungkan pada kontak 1CES. Setelah melewati kontak 1CES, tegangan 100Vdc diteruskan menuju kontak 2CES melalui kabel EM7, c). Setelah melewati kontak 2CES, tegangan 100Vdc diteruskan menuju kontak MRPS melalui kabel EM8, dimana kotak MRPS akan terhubung apabila tekanan udara $>6 \text{ kg/cm}^2$, d). Setelah melewati kontak MRPS tegangan 100Vdc menuju MRPS kabin belakang melalui kabel EM8, e). Setelah melewati kontak MRPS tegangan 100Vdc menuju kontak 2CES melalui kabel EM8, setelah melewati kontak 2CES, tegangan 100Vdc diteruskan untuk menghubungkan pada kontak 1CES, melalui kabel EM7, f). setelah melewati kontak 1CES, tegangan 100Vdc diteruskan menuju kontak terminal pada Pembalik Arah kabin belakang melalui kabel EM5, yang menghubungkan pada kontak EMR, dimana syarat kontak terhubung apabila posisi Pembalik Arah kabin belakang dalam posisi R (Rear), g). Setelah melewati kontak EMR, tegangan 100Vdc menuju Coil Control Emergency Valve. Dimana apabila sumber arus pada coil Control Emergency Valve diputus sehingga keadaan coil Control Emergency non energized maka akan membuka valve emergency yang akan membuang seluruh angin pada BP menuju silinder pengereman. Dan jika pada coil Control Emergency Valve sudah kembali dialiri arus (posisi handel rem release), sebaliknya coil Control Pengisian BP yang

akan energized dan akan menutup valve pada BP sehingga angin pada BP akan terisi kembali.

ANALISA HASIL IDENTIFIKASI SISTEM Pengereman YANG ADA

Hasil observasi yang dilakukan berdasarkan pola operasional KRL dapat disimpulkan seperti gambar 4.7.



Gambar 4.7 Mekanisme operasional sebelum penambahan alat

KELEMAHAN SISTEM YANG ADA

Pada saat pengoperasian KRL, masinis yang terkuras energinya karena fokus dalam pelayanan sebagai operator akan membuat masinis lelah dan berdampak pada tingkat konsentrasinya, konsentrasi yang hilang sesaat seperti mengantuk, tertidur. Dan itulah yang menjadi salah satu potensi yang dapat menyebabkan kecelakaan pada KRL dari faktor individu. Dimana belum optimalnya sistem pengaman pada pengereman, dan pengereman darurat tidak dapat dilakukan secara otomatis namun hanya dengan cara manual yang dilakukan oleh tangan masinis. Sehingga tidak dapat mengantisipasi terjadinya kecelakaan apabila seorang operator lalai dalam melaksanakan tugasnya (mengantuk atau tertidur).

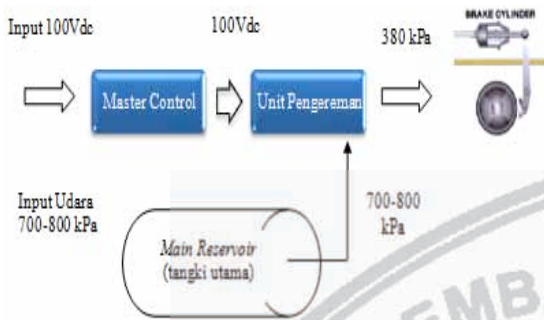
Dapat disimpulkan bahwa Kereta Rel Listrik belum mempunyai sistem pengaman yang optimal untuk masinis sebagai operator sehingga mereka masih tetap dapat mengoperasikan walau dengan keadaan kurang konsentrasi (mengantuk), tertidur, bahkan meninggalkan meja pelayanan pada saat beroperasi.

Sehingga perlu dilakukan/ditambahkan rancang bangun Sistem yang baru. Pendekatan Rancang bangun yang dilakukan didasarkan pada kelemahan sistem yang ada selanjutnya ditambahkan peralatan khususnya yang terkait dengan peralatan (peralatan tambahan) yang memungkinkan dapat mempengaruhi kinerja dan atau tugas masinis.

RANCANG BANGUN SISTEM DAN PENGUJIAN

DIAGRAM BLOK SISTEM SEBELUM RANCANGAN

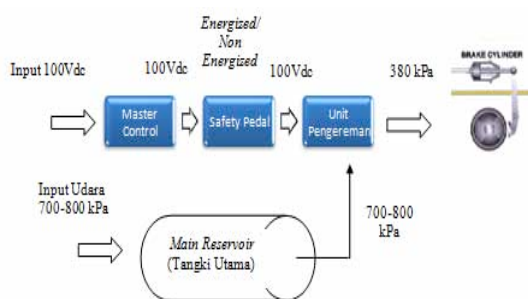
Pada gambar 5.1 ditunjukkan keterkaitan antara Master Control, Unit Pengereman mekanik, dan yang berakhir di Brake Cylinder pada roda kereta. Dimana input tegangan control pengereman yang dibutuhkan adalah 100 Vdc yang berasal dari output generator.



5.1 Diagram Blok Sistem Sebelum Rancangan

Untuk mengendalikan valve-valve pengereman dibutuhkan tegangan 100 Vdc yang merupakan tegangan output dari generator, serta pada unit pengereman yang control utamanya didapat dari Master Control. Dan membutuhkan suplai udara bertekanan yang berasal dari kompresor sebesar 700-800kPa yang ditampung pada Main Reservoir (tangki utama) yang kemudian disalurkan ke brake cylinder sebesar 380kPa yang merupakan output dari Reducing (pengurang tekanan), sebagai penggerak daya dorong pada torak silinder pengereman untuk menghentikan roda kereta (Gambar 5.1).

DIAGRAM BLOK SISTEM SETELAH RANCANGAN



5.2 Diagram Blok Sistem Setelah Rancangan

Setelah penambahan alat rancangan dimana sistem diletakan diantara kendali utama

(Master Control) dengan unit pengereman yang ada. Sehingga dimana perintah utama dari master control terlebih dahulu melalui safety pedal yang ter-energized atau non energized. Sehingga perintah utama diambil alih oleh kendali safety pedal yang mendapat input tegangan sumber 100Vdc yang merupakan output dari generator melalui kontak-kontak pada Master Control. Dimana safety pedal berhubungan langsung terhadap kendali elektrik pada mekanik pengereman darurat (gambar 5.2)

Hasil rancangan

Safety pedal aktif merupakan peralatan elektrik yang dirancang sebagai kesiagaan atau peringatan kepada masinis yang sistem kerjanya berhubungan dengan pangaktifan pengereman darurat otomatis, dengan cara menggantikan pengaturan EBV (Emergency Brake Valve) secara manual pada sistem pengereman manual yang dilakukan oleh masinis melalui handle pengereman.

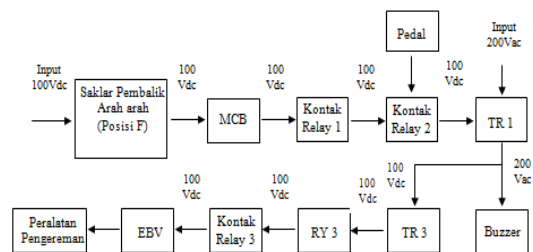
Cara kerja alat rancangan

Safety pedal yang terdiri dari komponen utama yaitu : TR, Buzer, Pedal, dan Relay. Dengan prinsip kerja dimana buzzer akan berbunyi apabila masinis lalai (tidak menginjak) pedal dalam interval waktu yang telah ditentukan sehingga buzzer berbunyi yang bertujuan untuk memberikan konsentrasi kembali apabila masinis kehilangan konsentrasi sesaat.

Proses kerjanya :

Pedal di Lepas (Non Energized)

Alur skematik kerja alat rancangan pada saat pedal di lepas



Gambar 5.3 Skematik Pada Saat Pedal di lepas

a). Pada saat indikator manometer handel pengereman pada kabin masinis menunjukkan tekanan pengereman dibawah 200 kPa, dimana pada saat itu handel berfungsi sebagai saklar

penghubung antara input tegangan 100Vdc yang berasal generator dan RY1 yang berfungsi sebagai gerbang utama untuk input tegangan yang akan dikendalikan oleh pedal.

b). Posisi saklar pembalik arah (reverser) pada kabin berada posisi F (Front.) Agar tegangan 100Vdc yang berasal dari generator dapat terhubung melalui kabel TM11 melewati MCB yang berfungsi sebagai pengaman apabila terjadi beban lebih atau hubung singkat, setelah itu menuju kontak RY1 dan RY2 yang pada awalnya yang bersifat NC (Normally Closed), dan memberikan input tegangan 100Vdc pada coil TR1, karena TR1 adalah Relay Waktu yang mempunyai kemampuan dapat ter-energized apabila mendapat tegangan 100Vdc, maka setelah mendapat input tegangan 100Vdc TR1 mulai mengitung setting waktu yang telah ditentukan yaitu selama 4 detik, setelah 4 detik kemudian, maka coil TR1 akan ter-energized dan berubah menjadi magnet, sehingga lidah-lidah kontak TR1 tertarik akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil. Sehingga semua kontak yang bersifat NO (Normally Open) menjadi menjadi tertutup (Closed).

c). Karena kontak TR1 tertutup akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil, sehingga input tegangan 100Vdc yang berasal dari arallel kabel TM11 memberi input tegangan pada coil TR3. Karena TR3 adalah Relay Waktu yang mempunyai kemampuan dapat ter-energized apabila mendapat tegangan 100Vdc, maka setelah mendapat input tegangan 100Vdc TR3 mulai mengitung setting waktu yang telah ditentukan yaitu selama 4 detik, setelah 4 detik kemudian, maka coil TR3 akan ter-energized dan berubah menjadi magnet, sehingga lidah-lidah kontak TR3 tertarik akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil. Sehingga semua kontak yang bersifat NO (Normally Open) menjadi menjadi tertutup (Closed).

d). Bersamaan dengan TR3 mulai menghitung, buzzer pun berbunyi karena lidah kontak TR1 yang tertutup akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil, sehingga tegangan 200Vac yang berasal dari generator terhubung pada buzzer.

e). Setelah coil TR3 ter-energized, maka tegangan 100Vdc yang berasal dari generator yang merupakan paralel tegangan dari kabel TM11 dapat melewati kontak TR3 yang menutup akibat daya magnet yang dihasilkan

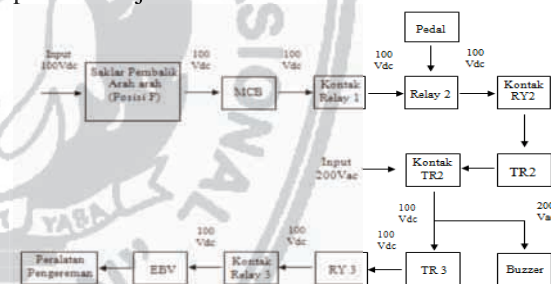
oleh coil. Sehingga menghubungkan input 100Vdc pada RY3.

e). Karena RY3 mempunyai kemampuan dapat ter-energized apabila mendapat tegangan 100Vdc, maka setelah coil RY3 mendapat tegangan dan lidah kontak RY3 yang bersifat NC (Normally Closed menjadi terbuka (Open) akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil, sehingga kabel M1 yang bertegangan input 100Vdc berasal dari generator yang terhubung pada M2 sebagai input tegangan EBV (Emergency Brake Valve) menjadi terputus akibat terbukanya kontak dari RY3 begitu pula pada kabel EM3 yang bertegangan input 100Vdc berasal dari generator yang terhubung pada EM4 sebagai input tegangan EBV (Emergency Brake Valve) menjadi terputus akibat terbukanya kontak dari RY3.

f). Seketika itu pula EBV (Emergency Brake Valve) menjadi tidak bertegangan, dan pada saat itulah Magnet Valve EX memberikan perintah pada unit-unit mekanik pengereman, pada saat itulah pengereman darurat bereaksi.

Pedal di Injak (Energized)

Alur skematik kerja alat rancangan pada saat pedal di injak



Gambar 3.4 Skematik Pada Saat Pedal di injak

a). Pada saat indikator manometer handel pengereman pada kabin masinis menunjukkan tekanan pengereman dibawah 200 kPa, dimana pada saat itu handel berfungsi sebagai saklar penghubung antara input tegangan 100Vdc yang berasal generator dan RY1 yang berfungsi sebagai gerbang utama untuk input tegangan yang akan dikendalikan oleh pedal.

b). Posisi saklar pembalik arah (reverser) pada kabin berada posisi F (Front.) Agar tegangan 100Vdc yang berasal dari generator dapat terhubung melalui kabel TM11 melewati MCB yang berfungsi sebagai pengaman apabila terjadi beban lebih atau hubung singkat, setelah itu menuju kontak RY1, lalu menuju kontak pada pedal yang terinjak dan menuju RY2, karena RY2 mempunyai kemampuan dapat ter-

energized apabila mendapat tegangan 100Vdc, maka setelah coil RY2 mendapat tegangan dan semua lidah kontak RY2 yang bersifat NC (Normally Closed) menjadi terbuka (Open) dan begitu pula sebaliknya lidah kontak yang bersifat NO (Normally Open) menjadi tertutup (Closed) akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil, sehingga memberikan input tegangan 100Vdc pada coil TR2, karena TR2 adalah Relay Waktu yang mempunyai kemampuan dapat ter-energized apabila mendapat tegangan 100Vdc, maka setelah mendapat input tegangan 100 Vdc, TR2 mulai mengitung setting waktu yang telah ditentukan yaitu selama 60 detik, setelah 60 detik kemudian, maka coil TR2 akan ter-energized dan berubah menjadi magnet, sehingga lidah-lidah kontak TR2 tertarik akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil. Sehingga semua kontak yang bersifat NO (Normally Open) menjadi menjadi tertutup (Closed).

c). Karena kontak TR2 tertutup akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil, sehingga input tegangan 100Vdc yang berasal dari paralel kabel TM11 memberi input tegangan pada coil TR3. Karena TR3 adalah Relay Waktu yang mempunyai kemampuan dapat ter-energized apabila mendapat tegangan 100Vdc, maka setelah mendapat input tegangan 100 Vdc, TR3 mulai mengitung setting waktu yang telah ditentukan yaitu selama 4 detik, setelah 4 detik kemudian, maka coil TR3 akan ter-energized dan berubah menjadi magnet, sehingga lidah-lidah kontak TR3 tertarik akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil. Sehingga semua kontak yang bersifat NO (Normally Open) menjadi menjadi tertutup (Closed).

d). Bersamaan dengan TR3 mulai menghitung, buzzer pun berbunyi karena lidah kontak TR2 yang tertutup akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil, sehingga tegangan 200Vac yang berasal dari generator terhubung pada buzzer.

e). Setelah coil TR3 ter-energized, maka tegangan 100Vdc yang berasal dari generator yang merupakan paralel tegangan dari kabel TM11 dapat melewati kontak TR3 yang menutup akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil. Sehingga menghubungkan input 100Vdc pada RY3.

f). Karena RY3 mempunyai kemampuan dapat ter-energized apabila mendapat tegangan 100Vdc, maka setelah coil RY3 mendapat tegangan dan lidah kontak RY3 yang bersifat

NC (Normally Closed menjadi terbuka (Open) akibat daya magnet yang dihasilkan oleh coil, sehingga kabel M1 yang bertegangan input 100Vdc berasal dari generator yang terhubung pada M2 sebagai input tegangan EBV (Emergency Brake Valve) menjadi terputus akibat terbukanya kontak dari RY3 begitu pula pada kabel EM3 yang bertegangan input 100Vdc berasal dari generator yang terhubung pada EM4 sebagai input tegangan EBV (Emergency Brake Valve) menjadi terputus akibat terbukanya kontak dari RY3.

g). Seketika itu pula EBV (Emergency Brake Valve) menjadi tidak bertegangan, dan pada saat itulah Magnet Valve EX memberikan perintah pada unit-unit mekanik pengereman, pada saat itulah pengereman darurat bereaksi. Untuk lebih jelasnya (lampiran 5.1 Wiring Diagram Safety Pedal dan lampiran 5.2. Diagram Piping Pengereman KRL Seri 1000).

Pengujian Sistem

Melakukan pengujian secara statis dan dinamis, dengan penambahan peralatan hasil rancang bangun terhadap sistem pengereman yang ada, dan selanjutnya mengoperasikan KRL seperti biasanya, serta mengamati kehandalannya. Yaitu dengan menguji ketepatan relay waktu dengan cara memberikan setting waktu pada relay dan mencatat waktu respon relay dalam memberi perintah pada pengereman darurat.

Pengujian alat yang telah ditambahkan dalam sistem dengan cara : a). Uji coba jalan KRL yang telah ditambahkan dengan alat hasil rancangan antara Stasiun Manggarai – Stasiun Bogor, b). Mengidentifikasi kelemahan alat rancangan

Dalam hal ini dilakukan pengukuran kinerja alat rancangan dengan tujuan mengetahui kinerja dan kelemahan yang terkait dengan penambahan sistem tersebut, yaitu :

Melihat kinerja alat rancangan dengan cara :

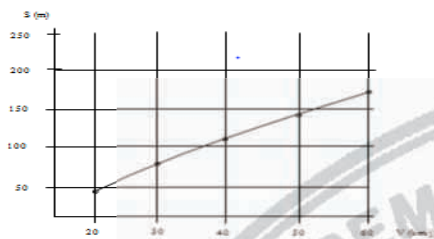
Pengujian peralatan langsung diaplikasikan pada KRL seri 1000 secara statis dan dinamis, pada pengujian secara dinamis dilakukan pada jalur Manggarai sampai Bogor.

Tabel Pengujian dan Kurva perbandingan Jarak Pengereman Darurat vs Kecepatan

Data hasil pengujian atas pengukuran jarak pengereman darurat terhadap kecepatan dapat dilihat pada tabel 5.12 dan gambar 5.13

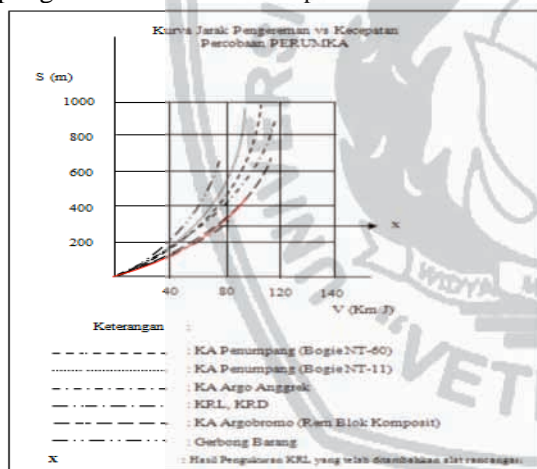
Pengukuran	20 km/jam	30 km/jam	40 km/jam	50 km/jam	60 km/jam
Jarak (S)	43 m	76 m	110 m	142 m	173 m

Tabel 5.12 Hasil Pengukuran



Gambar 5.13 Grafik Pengukuran

Perbandingan kurva pengereman hasil uji coba alat rancangan dengan kurva hasil percobaan pengereman PT. Kereta Api



Gambar 5.14 Perbandingan kurva hasil pengukuran jarak vs pengereman PT KAI dengan hasil pemujian alat rancangan

SIMPULAN

Setelah hasil rancang bangun pengaman pengereman rem darurat (*Safety Pedal*) telah selesai dan di uji coba-kan pada KRL seri 1000 dapat menjawab dari tujuan akhir rancang bangun ini, dan dapat disimpulkan bahwa suatu tindakan kelalaian yang dilakukan oleh masinis sebagai operator operasional kereta rel listrik yang dapat berpotensi mengakibatkan bahaya dapat dicegah oleh suatu sistem rancangan sederhana seperti *Safety Pedal*. Dimana pengereman emergency dapat dilakukan dengan sistem

otomatis rangkaian elektrik, dengan cara pengaturan kerja kontak relay untuk membuka EBV (*Emergency Brake Valve*). Dan buzzer yang digunakan sebagai pengembali tingkat kesadaran masinis, apabila kehilangan konsentrasi sesaat.

Kegagalan pun telah dijumpai pada percobaan pertama, Mei 2011, yang disebabkan terbakarnya Relay (RY 3) dikarenakan arus yang melewati komponen terlalu besar melebihi batas spesifikasi yang ditentukan. Dan realisasi perbaikan dilakukan dengan cara mengganti RY3 dari Relay biasa menjadi Kontaktor Magnet, dan dinyatakan telah berhasil diuji coba dalam perjalanan Bogor-Manggarai pada Juli 2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Kasino. (2011). *Pengereman Udara KRL*. Jakarta
- Tim P3D. (2010). *Peraturan Dinas 16A Jilid 1 Tahun 2010*. Bandung
- KNKT. (2010). *Laporan Hasil Investigasi Kecelakaan Kereta Api : Tumburan KA 49 Rajawali Dengan KA 1002 Antaboga*. Jakarta
- Kementerian Perhubungan. (2010). *Keputusan Kementerian No. 42 Tahun 2010 : Mengenai Standar Spesifikasi Teknis Kereta Dengan Penggerakkan Sendiri*. Jakarta
- Kuswara, Agus. (2012, Oktober 20). Personal Interview
- Human error : Definisi, Pendekatan dan Penyebabnya. Diakses dari <http://tips-trik-cara.untk.blogspot.com/2009/06/human-error-definisi-pendekatan-dan.html>, pada tanggal 15 Agustus 2012
- Definisi Insiden Diakses dari <http://agungsarono.wordpress.com>, pada tanggal 10 Agustus 2012
- Prinsip Kerja Peralatan Listrik Diakses dari <http://anaklistrik98.blogspot.com/2009/07/kontaktor-magnet.html>, pada tanggal 12 September 2012