

LAPORAN AKHIR

KNKT – 08 – 05 – 02 – 02

**KOMITE
NASIONAL
KESELAMATAN
TRANSPORTASI**

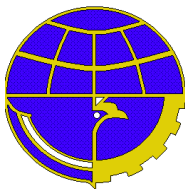
**LAPORAN HASIL INVESTIGASI
KECELAKAAN KERETA API**

TERBAKARNYA KL1 6187 (EKS KA 384)

JALUR I EMPLASEMEN ST. SERPONG
TANAHABANG - MERAK, BANTEN

DAOP I JAKARTA

6 MEI 2008



**KOMITE NASIONAL KESELAMATAN TRANSPORTASI
KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
REPUBLIK INDONESIA
2012**

*Keselamatan adalah merupakan pertimbangan yang paling utama ketika KOMITE mengusulkan **rekomendasi keselamatan** sebagai hasil dari suatu penyelidikan dan penelitian. KOMITE sangat menyadari sepenuhnya bahwa ada kemungkinan implementasi suatu rekomendasi dari beberapa kasus dapat menambah biaya bagi yang terkait. Para pembaca sangat disarankan untuk menggunakan informasi yang ada di dalam laporan KNKT ini dalam rangka **meningkatkan tingkat keselamatan transportasi**; dan tidak diperuntukkan untuk penuduhan atau penuntutan.*

Laporan ini diterbitkan oleh **Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT)**, Gedung Kementerian Perhubungan Lantai 3, Jalan Medan Merdeka Timur No. 5, JKT 10110, Indonesia, pada tahun 2012.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR ISTILAH	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
SINOPSIS	vii
I. INFORMASI FAKTUAL	1
I.1. DATA KECELAKAAN KERETA API	1
I.2. KRONOLOGIS	1
I.3. AKIBAT KEBAKARAN KRL	2
I.3.1. Sarana	2
I.3.2. Prasarana	4
I.3.3. Operasional	4
I.3.4. Korban	4
I.4. EVAKUASI	5
I.4.1. Sarana	5
I.4.2. Prasarana	5
I.5. DATA INVESTIGASI	5
I.5.1. Sarana	5
I.5.2. Prasarana	6
I.5.3. Operasional	6
II. ANALISIS	7
II.1. TERBAKARNYA KL1 6187	7
II.1.1. Surge Arrester Listrik	9
II.1.2. DC Magne-resistovalve Lightning Arrester, Type RVDB (Heavy Duty Type)	10
II.2. TIDAK JATUHNYA GARDU LISTRIK PONDOKBETUNG	14
II.2.1. High Speed Circuit Breaker (HSCB)	14
II.2.2. Link Breaking Device (LBD)	15
II.3. ARUS BALIK KE GARDU LISTRIK	18
II.4. REMOTE SUPERVISORY CONTROL SYSTEM	19
III. KESIMPULAN	21
III.1. PENYEBAB	21
III.2. FAKTOR-FAKTOR YANG BERKONTRIBUSI	21

IV. REKOMENDASI	22
IV.1. DIREKTORAT JENDERAL PERKERETAAPIAN	22
IV.2. PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO)	22
V. SAFETY ACTIONS	23
V.1. OLEH DIREKTORAT JENDERAL PERKERETAAPIAN	23
V.2. OLEH PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO)	23

DAFTAR ISTILAH

Depo	:	tempat untuk menyimpan dan tempat untuk melakukan perawatan rutin kereta api serta merupakan tempat untuk melakukan perbaikan ringan.
DS	:	<i>Disconnecting Switch</i> , adalah saklar yang menghubungkan dan memutuskan sirkit tenaga listrik dalam keadaan bertegangan namun tidak berbeban.
Emplasemen	:	Tata letak jalur-jalur kereta api dilengkapi atau tidak dilengkapi jalur langsir, jalur tangkap, atau jalur simpan di stasiun yang dipergunakan untuk menerima, memberangkatkan dan atau melayani kereta api langsung, bagi stasiun yang dilengkapi jalur lain dapat dipergunakan sesuai dengan fungsinya.
<i>HSCB</i>	:	High Speed Circuit Breaker adalah alat yang dapat memutuskan arus listrik di sisi tegangan arus searah
<i>Insulated Rail Joint</i>	:	suatu plat penyambung antar rel kereta api dan juga berfungsi sebagai isolator.
Jalur Simpan	:	Jalan kereta api yang ada di emplasemen digunakan untuk menyimpan bakal pelanting.
KA	:	Kereta Api, adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api.
KRL	:	Kereta Rel Listrik, adalah kereta yang mempunyai penggerak sendiri yang menggunakan sumber tenaga listrik
Langsir	:	Gerakan / perpindahan rolling stock di stasiun atau rel KA
LBD	:	<i>Link Breaking Device</i> adalah sistem yang dapat melakukan pentrip-an HSCB secara otomatis. Sistem ini didesain untuk pengamanan jaringan dan instalasi gardu listrik dari bahaya beda tegangan yang terlalu besar antara 2 sisi LBD dipasang dua sisi antara HSCB suatu gardu dengan HSCB pasangannya yang berada di gardu listrik lain/sebelahnya
PLH	:	Peristiwa luar biasa hebat, dipandang sebagai kecelakaan hebat, bilamana peristiwa itu berakibat orang tewas atau luka parah atau dipandang sebagai kekusutan yang hebat dimana terdapat: <ol style="list-style-type: none"> a. kerusakan jalan kereta api sehingga tidak dapat dilalui selama paling sedikit 24 jam atau kerusakan material yang sangat; b. kereta api sebagian atau seluruhnya keluar rel atau tabrakan; c. kereta, gerobak atau benda lain rusak hebat karena ditabrak kereta api atau bagian langsir; d. Semua bahaya karena kelalaian pegawai dalam melakukan urusan perjalanan kereta api atau langsir; e. Dugaan atau percobaan sabot.

- St. : Stasiun, adalah tempat kereta api berhenti dan berangkat, bersilang, menyusul atau disusul yang dikuasai oleh seorang kepala yang bertanggung jawab penuh atas urusan perjalanan kereta api.
- PA : Pemeriksaan Akhir, pemeriksaan menyeluruh terhadap kereta penumpang biasanya dilakukan di bengkel khusus kereta penumpang yang biasa disebut BalaiYasa.
- PA YAD : Pemeriksaan Akhir Yang Akan Datang, pemeriksaan akhir selanjutnya dari kereta penumpang.
- PUK : Petugas Urusan Kereta, pegawai yang bertugas mengontrol layak atau tidak layaknya kereta beroperasi.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Boks Disconnecting Switch yang terbakar.....	2
Gambar 2. Boks sekring 20A	3
Gambar 3. Dinding KL1 6187 yang terbakar.....	3
Gambar 4. Tangki Udara dan Filter Udara.....	4
Gambar 5. Main fuse 1000A dan Arrester	7
Gambar 6. Single Line Diagram KL1 6187	8
Gambar 7. Boks Disconnecting Switch.....	9
Gambar 8. Konstruksi Lightning Arrester Tipe RVDB 1500V	11
Gambar 9. Gap	12
Gambar 10. Blow-out Coil	12
Gambar 11. Prinsip Operasi Pemotongan Arus Ikutan (<i>follow current</i>).....	13
Gambar 12. High Speed Circuit Breaker.....	15
Gambar 13. Link Breaking Device.....	16
Gambar 14. Gardu Listrik Supply Daya KL1 6187 (eks KA 384).....	17
Gambar 15. Insulated Rail Joint.....	18
Gambar 16. Rail Connector.....	18
Gambar 17. Remote Supervisory Control System	20

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Rangkaian eks KA 384 KRL Bisnis.....	5
Tabel 2.	Karakteristik Perlindungan Arrester Tipe RVDB 1500V	10
Tabel 3.	Kejadian Terbakarnya Komponen Kelistrikan Akibat Petir di Serpong.....	14

SINOPSIS

Pada hari Selasa tanggal 6 Mei 2008 jam 20.00 di emplasemen St. Serpong Jalur I terjadi kebakaran kereta KL1 6187 yang merupakan eks rangkaian KA 384 KRL. KA 384 adalah KRL Bisnis dengan rute dari St. Jakartakota menuju St. Serpong. KA 384 terdiri dari enam kereta yaitu KL1 6187, KL1 6125, KL1 6186, KL1 6267, KL1 6195 dan KL1 6227 dengan berat total 204 ton.

Pada tanggal 6 Mei 2008 jam 17.25, KA 384 diberangkatkan dari St. Jakartakota dan tiba di jalur III emplasemen St. Serpong jam 19.12 dengan keterlambatan 52 menit.

Pada jam 19.30, rangkaian eks KA 384 dilangsir dari jalur III ke jalur I yang merupakan jalur simpan (*stabling/night stay*). Keadaan cuaca di St. Serpong saat itu hujan lebat yang disertai petir.

Pada jam 19.50, terdengar suara ledakan di kereta pertama KL1 6187 yang sudah masuk jalur simpan.

Pada jam 20.10, petugas LAA (listrik aliran atas) memutuskan aliran listrik di disconnecting switch by pass yang terletak pada depan gardu listrik Jurangmangu. Pada jam 20.27, petugas juga memutuskan aliran listrik 1500 Volt Direct Current di gardu listrik Pondok Betung. Pada saat kejadian gardu listrik Serpong dan gardu listrik Jurangmangu tidak berfungsi karena rusak.

Pada jam 21.00, api pada rangkaian KL1 6187 dapat dipadamkan dan tidak ada korban jiwa akibat kejadian kebakaran ini.

Setelah diadakan pemeriksaan pada KL1 6187 didapati boks disconnecting switch (boks DS), instalasi tegangan tinggi, instalasi tegangan rendah, pipa udara, tangki udara serta dinding kereta bagian samping berlubang dan terbakar. Selain itu diketahui pula bahwa kawat trolley listrik aliran atas dan messenger dalam keadaan putus.

Berdasarkan hasil investigasi yang dilakukan KNKT, penyebab terbakarnya KL1 6187 adalah karena tidak berfungsinya arrester sebagai penyalur tegangan lebih dari petir yang letaknya di bawah pantograph dan tahanan isolasi pada isolator boks disconnecting switch tidak mampu menahan tegangan lebih (*surge*) yang lewat sehingga terjadi hubungan singkat dan mengakibatkan boks DS yang berada di bawah ruang penumpang terbakar.

Selain itu KNKT juga menyimpulkan adanya faktor-faktor yang berkontribusi pada terbakarnya KL1 6187 yaitu:

- a. Tidak dilaksanakannya pemeriksaan dan pengetesan terhadap arrester dan tidak adanya *maintenance procedure* untuk arrester yang baku.
- b. Hubungan singkat pada boks disconnecting switch tidak dapat memutuskan main fuse (sekring utama) 1000 Ampere.
- c. High Speed Circuit Breaker di Gardu Listrik Pondokbetung tidak jatuh/trip, penyetelan High Speed Circuit Breaker 3000 Ampere.
- d. Link Breaking Device di tiap Gardu Listrik yang berfungsi untuk menerima impuls ketika HSCB di gardu listrik jatuh/trip dan kemudian memerintahkan LBD di gardu listrik pasangannya untuk menjatuhkan/men-trip HSCB di gardu tersebut.

- e. Tidak berfungsinya Gardu Listrik Serpong dan Gardu Listrik Jurangmangu.
- f. Arus balik ke GL Pondokbetung yang melewati rel tidak sempurna karena sambungan rel Insulated Rail Joint (IRJ) masih terpasang, seharusnya diganti lasplat dan dilengkapi dengan rail connector atau sambungan rel dilas.
- g. Tidak ada *remote supervisory control system* di lintas St. Tanahabang – St. Serpong.

Dari kesimpulan investigasi terbakarnya KL1 6187 (eks KA 384), KNKT menyusun rekomendasi keselamatan agar kecelakaan serupa tidak terjadi lagi di kemudian hari kepada:

1. Direktorat Jenderal Perkeretaapian

Memasang *remote supervisory control system* pada sistem catu daya dan Pilot Line (LBD) di setiap gardu listrik.

2. PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

- a. Merawat KRL sesuai dengan jadwal yang ditetapkan;
- b. Menyusun *maintenance procedure* untuk menjamin keterfungsian arrester di KRL;
- c. Memfungsikan kembali Gardu Listrik Serpong dan Gardu Listrik Jurangmangu;
- d. Supply daya untuk emplasemen St. Serpong harus dipisahkan dengan supply daya listrik untuk lintas/ petak jalan;
- e. Menetapkan batas arus maksimum yang akan melewati boks disconnecting switch (boks DS) dengan mempertimbangkan hambatan kawat trolley sehingga kawat trolley tidak mudah leleh dan putus;
- f. Menyempurnakan return current/ arus balik melalui rel yaitu sambungan rel dengan rail connector.

I. INFORMASI FAKTUAL

I.1. DATA KECELAKAAN KERETA API

Nomor/ Nama KA	: Eks KA 384 (KRL)
Susunan Rangkaian	: 1. KL1 6187 (Kabin yang dilayani masinis) 2. KL1 6125 3. KL1 6186 4. KL1 6267 5. KL1 6195 6. KL1 6227
Jenis Kecelakaan	: KL1 6187 terbakar
Lokasi	: Jalur I Emplasemen St. Serpong
Lintas	: Tanahabang - Merak
Propinsi	: Banten
Wilayah	: DAOP I Jakarta
Hari/Tanggal Kecelakaan	: Selasa / 6 Mei 2008
Waktu	: 20.00 WIB

I.2. KRONOLOGIS

Rangkaian KA 384 (KRL) adalah rangkaian KA kelas bisnis dengan rute St. Jakartakota – St. Serpong yang terdiri dari enam kereta yaitu KL1 6187, KL1 6125, KL1 6186, KL1 6267, KL1 6195 dan KL1 6221 dengan berat total rangkaian 204 ton..

Pada tanggal 6 Mei 2008 jam 17.25, KA 384 diberangkatkan dari St. Jakartakota dan tiba di jalur III emplasemen St. Serpong pada jam 19.12 dengan keterlambatan 52 menit. Di St. Serpong, KA 384 diatur untuk bermalam (*stabling/nightstay*) di jalur simpan yang berada di jalur I emplasemen St. Serpong. Setelah eks KA 384 dilangsir ke jalur I, dilakukan pembersihan rangkaian oleh petugas *cleaning service*.

Pada saat dilaksanakan pembersihan oleh petugas *cleaning service* dan pemeriksaan kondisi rangkaian oleh PUK, rangkaian eks KA 384 masih dalam kondisi hidup dengan pantograph terhubung dan kontak (*connect*) dengan kawat trolley listrik aliran atas. Masinis juga masih berada di kabin meskipun cuaca saat itu terjadi hujan deras disertai petir.

Pada jam 19.50, terdengar suara ledakan di kereta pertama KL1 6187 yang sudah masuk jalur simpan.

Pada jam 20.10, petugas listrik aliran atas memutuskan aliran listrik di *disconnecting switch by pass* yang terletak pada depan gardu listrik Jurangmangu dilanjutkan dengan pemutusan tegangan listrik 1500 Volt DC di gardu listrik Pondokbetung pada jam 20.27.

Pada saat kejadian gardu listrik Serpong dan gardu listrik Jurangmangu tidak berfungsi karena rusak.

Pada jam 21.00, kebakaran di KL1 6187 dapat dipadamkan sehingga tidak meluas ke kereta lain.

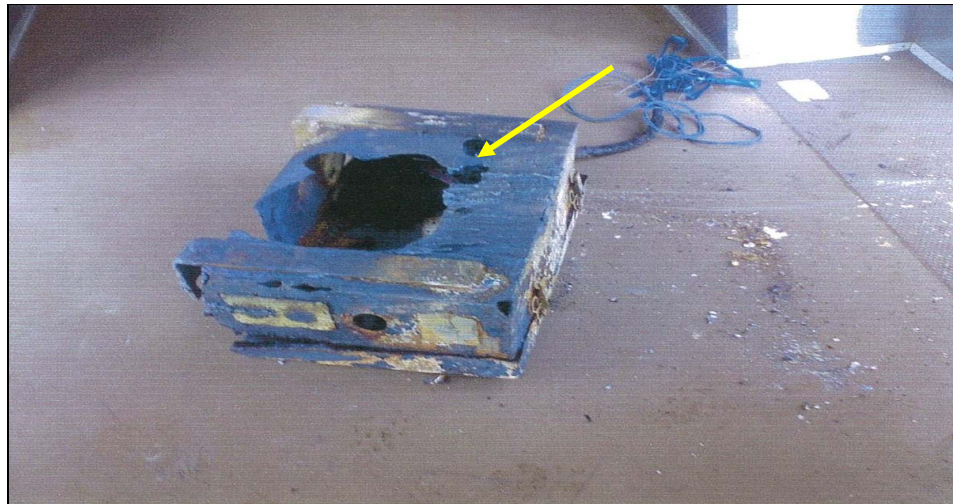
Setelah diadakan pemeriksaan pada KL1 6187, diketahui bahwa ledakan terjadi pada boks *disconnecting switch* (boks DS), instalasi tegangan tinggi, instalasi tegangan rendah, pipa udara, tangki udara serta dinding kereta bagian samping berlubang dan terbakar. Selain itu diketahui pula bahwa kawat trolley dan messenger pada 1500 Volt DC listrik aliran atas dalam keadaan putus. Kawat trolley yang putus menempel pada body KL1 6187 sehingga terjadi lubang pada dinding bagian samping kereta.

I.3. AKIBAT KEBAKARAN KRL

I.3.1. Sarana

Pada Kereta KL1 6187 terdapat kerusakan :

1. Boks disconnecting switch terbakar.
2. Instalasi tegangan tinggi terbakar.
3. Instalasi tegangan rendah terbakar.
4. Pipa udara terbakar dan bocor.
5. Tabung udara terbakar dan berlubang.
6. Lantai mengelupas karena panas.
7. Dinding kereta bagian samping kanan rusak berlubang ± 50 cm².



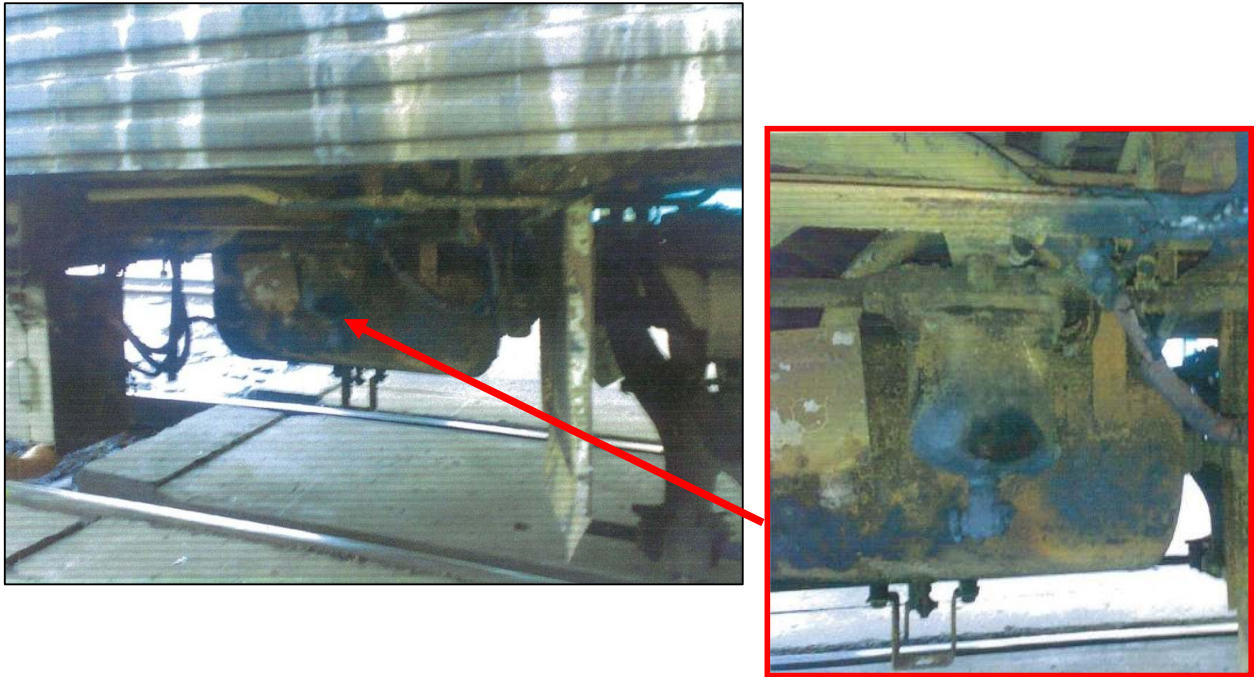
Gambar 1. Boks Disconnecting Switch yang terbakar



Gambar 2. Boks sekring 20A



Gambar 3. Dinding KL1 6187 yang terbakar



Gambar 4. Tangki Udara dan Filter Udara

I.3.2. Prasarana

Persinyalan, Telekomunikasi dan Listrik:

1. Sinyal dan Telekomunikasi
Tidak ada kerusakan
2. Listrik
Pada komponen listrik aliran atas:
 - a. Kawat kontak (*trolley*) terputus
 - b. Kawat pikul (*messenger*) terputus
 - c. Pemegang kawat kontak (*pull off*) rusak 2 buah
 - d. Kawat gantung (*hanger*) rusak 20 buah

I.3.3. Operasional

1. KA 756 (KA Batubara) dengan rute St. Tanahabang – St. Cigading terganggu.
2. Rintang jalan tidak ada.
3. Tidak ada pembatalan keberangkatan KA yang lain.

I.3.4. Korban

Tidak ada korban jiwa.

I.4. EVAKUASI

I.4.1. Sarana

Rangkaian KL1 6187 diperiksa setelah itu ditarik ke Depo KRL Bukitduri.

I.4.2. Prasarana

Perbaikan jaringan listrik aliran atas dilaksanakan mulai jam 23.10 WIB dan selesai jam 04.25 WIB. Tegangan 1500 Volt DC dihidupkan kembali jam 05.05 WIB dan KRL dioperasikan kembali mulai jam 05.10 WIB.

I.5. DATA INVESTIGASI.

I.5.1. Sarana

Tabel 1. Rangkaian eks KA 384 KRL Bisnis

No	Jenis Kereta & seri No	Tipe Bogie	Buatan	Berat Kosong (ton)	Mulai Dinas	PA	PA YAD
1	KL1 6187	Bolsterless	1997	39,0	15-09-00	25-07-04	25-07-06
2	KL1 6125	Bolsterless	1997	29,0	15-09-00	25-07-04	25-07-06
3	KL1 6186	Bolsterless	1997	39,0	15-09-00	25-07-04	25-07-06
4	KL1 6267	Bolsterless	1997	29,0	15-09-00	25-07-04	25-07-06
5	KL1 6195	Bolsterless	1997	39,0	15-09-00	25-07-04	25-07-06
6	KL1 6227	Bolsterless	1997	29,0	15-09-00	25-07-04	25-07-06

* Total berat rangkaian 204 ton

Berdasarkan pengumpulan data faktual yang dilakukan oleh tim investigasi KNKT di lokasi kejadian ditemukan hal-hal sebagai berikut:

- Sesuai keterangan PUK St. Serpong, pada jam 19.12 saat KA 384 tiba di St. Serpong, KA dimasukkan ke jalur III dan dilangsir ke jalur I untuk stabling dan dibersihkan. Cuaca saat itu diketahui dalam keadaan hujan dan petir. Pemeriksaan oleh PUK dengan kondisi KRL dalam keadaan mesin hidup dan pantograph terhubung dengan kontak kawat trolley. Pada jam 20.00, terjadi ledakan dari bagian bawah kereta pertama KL1 6187. Kemudian setelah diadakan pengecekan ternyata ada komponen yang berupa disconnecting switch terbakar. Bersamaan dengan kejadian tersebut kawat trolley dan mesengger putus.
- Disamping boks DS yang terbakar, terdapat komponen lain yang berupa instalasi tegangan tinggi, instalasi tegangan rendah terbakar, pipa udara bocor dan terbakar, tabung udara terbakar dan berlubang, rantai mengelupas karena panas, serta dinding gerbong samping kanan rusak berlubang sekitar 50 cm².
- Urutan jalannya arus dan tegangan dari jaringan LAA ke pantograph di kereta KRL hingga komponen di dalam boks DS dapat dilihat dari Single Line Diagram KL1 6187 (Gambar 6).

I.5.2. Prasarana

1. Pada saat terjadi kebakaran di KL1 6187, supply LAA untuk St. Serpong diambil dari Gardu Listrik Pondokbetung di Km 16+749 yang berjarak ± 15Km dari St. Serpong. Seharusnya, supply listrik untuk St. Serpong diambil dari Gardu Listrik Serpong yang berada di Km 30+254.
Supply listrik St. Serpong harus menggunakan supply listrik dari Gardu Listrik Pondokbetung karena Gardu Listrik Serpong dan Gardu Listrik Jurangmangu tidak berfungsi.
2. Kerusakan Gardu listrik Serpong di Km 30+254 telah berlangsung sejak tanggal 12 Juli 2007 akibat putusnya kawat grounding di bawah saluran tegangan ekstra tinggi PLN 500 kV dan jatuh pada jaringan LAA sehingga mengakibatkan terbakarnya perangkat keras di GL Serpong hingga tidak berfungsi sampai saat kejadian.
3. Sedangkan kerusakan pada Gardu listrik Jurangmangu di Km 22+226 berlangsung sejak tanggal 14 Desember 2007 akibat tersambar petir hingga terbakar dan tidak berfungsi sampai saat kejadian.
4. Gardu listrik pada lintas Tanahabang - Serpong tidak dilengkapi Remote Control.
5. Link Breaking Device (LBD) antara GL Serpong – GL Jurangmangu – GL Pondokbetung tidak berfungsi, yang berfungsi hanya di GL Limo – GL Karet II.

I.5.3. Operasional

1. St. Serpong adalah stasiun akhir untuk perjalanan KRL ke lintas Barat.
2. Di Emplasemen St. Serpong terdapat tiga rangkaian KRL yang bermalam setiap harinya, yaitu:
 - a. Jalur I ke arah St. Sudimara: rangkaian eks KA 368 untuk KA 355 keesokan harinya,
 - b. Jalur I ke arah St. Cisauk: eks KA 384 untuk KA 381 keesokan harinya, dan
 - c. Jalur IV: eks KA 388 untuk KA 373 keesokan harinya.

II. ANALISIS

II.1. TERBAKARNYA KL1 6187

Pada pengamatan terhadap KL1 6187 yang terbakar ditemukan bahwa boks DS yang berada di bawah ruang penumpang terbakar. Pada saat PLH terbakarnya KL1 6187 cuaca dalam keadaan hujan disertai petir, mengakibatkan tegangan lebih (*surge*) dari petir yang diterima KL1 6187 menjadi lebih besar. Hal ini dapat terjadi karena arrester yang berfungsi sebagai penyalur tegangan lebih dari petir yang letaknya dibawah pantograph tidak berfungsi. Tim investigasi juga tidak menemukan adanya catatan perawatan (*maintenance record*) bagi arrester ini. Ketahanan isolasi pada isolator di boks DS tidak mampu menahan tegangan lebih yang lewat sehingga mengakibatkan hubungan singkat.

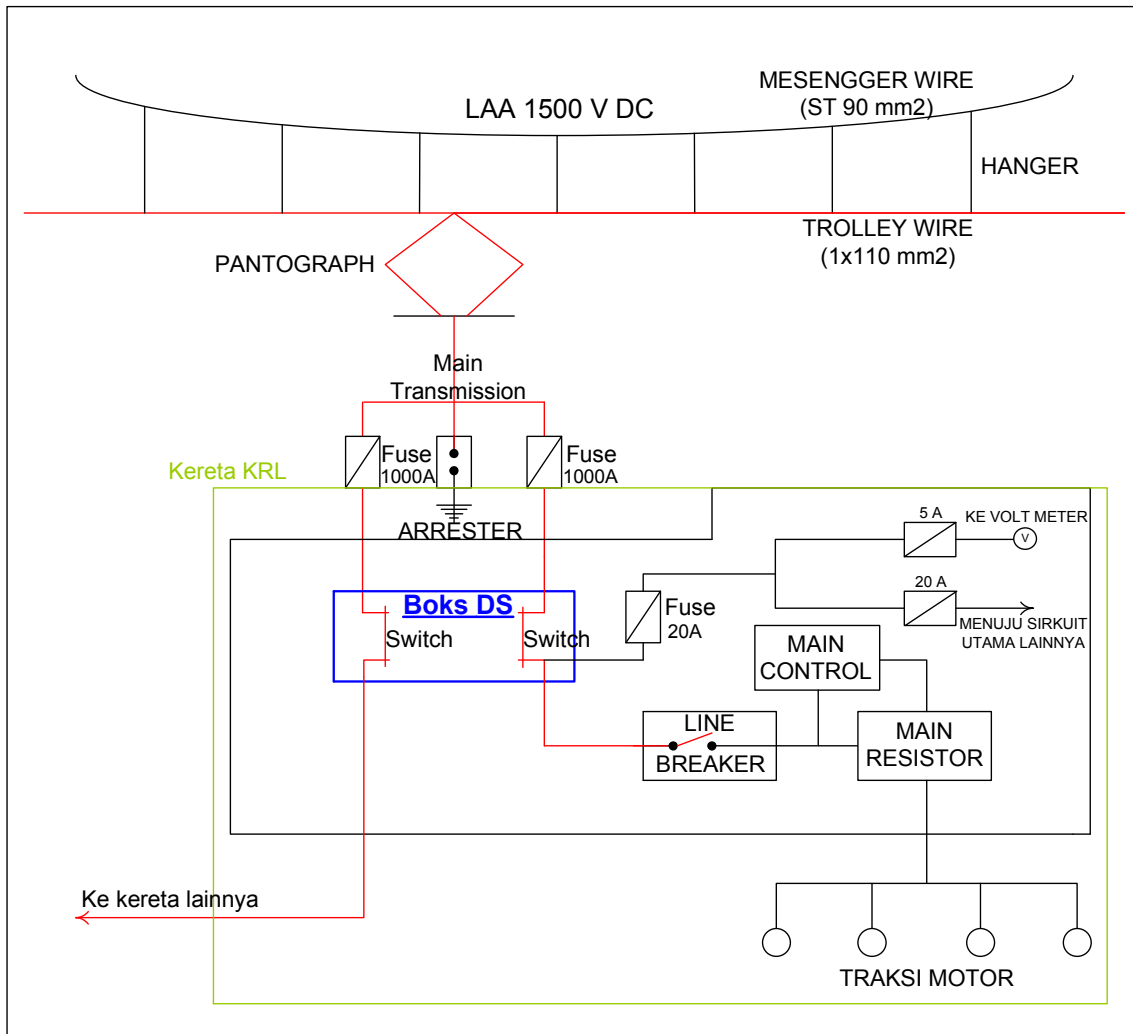
Hubungan singkat pada disconnecting switch tersebut mengakibatkan arus listrik dari LAA terus mengalir melalui Fuse 1000A ke DS yang terbakar. Karena kawat trolley hanya mempunyai luas penampang 110mm^2 dengan kemampuan menghantar arus sebesar 550A maka kawat trolley meleleh akibat panas hingga putus. Karena kawat trolley putus, pantograph di KL1 6187 terangkat hingga mengenai kawat mesenger menjadi panas dan putus.

Pada penelusuran terhadap data perawatan arrester yang dilakukan tim investigasi, ditemukan tidak adanya catatan perawatan atau pemeriksaan/ pengetesan terhadap arrester dan tidak adanya *maintenance procedure* yang baku semenjak KRL tersebut dioperasikan tanggal 15 September 2000.

Perawatan berkala terhadap KL1 6187 seharusnya dilaksanakan pada tanggal 25 Juli 2004 namun hingga terjadinya PLH pada tanggal 6 Mei 2008, perawatan berkala pada tahun 2006 belum dilaksanakan.



Gambar 5. Main fuse 1000A dan Arrester



Gambar 6. Single Line Diagram KL1 6187



Gambar 7. Boks Disconnecting Switch

II.1.1. Surge Arrester Listrik

Tegangan Surge atau Surja secara teknis disebut *spike* (tegangan paku) atau *transien*, biasanya terjadi pada jaringan listrik, yaitu berupa kenaikan tegangan sangat cepat dengan panjang gelombang pendek. Tegangan Surge dapat disebabkan oleh arus petir dan juga oleh yang lain, misal Switching (On-Off) kontaktor, pemutus tenaga atau switching capacitor. Tegangan Surge tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan listrik dan peralatan listrik karena tegangan kejut surge ini dapat menembus isolasi yang jauh diluar batas kemampuan isolasi peralatan atau akan memberikan tegangan kejut pada komponen sensitif di perangkat elektronik.

Tegangan Surge Petir sangat sering mengakibatkan kerusakan fatal karena tegangan paku (Volt) tinggi sekali. Tingginya tegangan paku ini disebabkan karena terjadinya sambaran petir, baik secara langsung maupun tidak langsung pada jaringan kabel listrik. Dengan dipasangnya Arrester Listrik Petir hal ini bisa dihindari.

II.1.2. DC Magne-resistovalve Lightning Arrester, Type RVDB (Heavy Duty Type)

Arrester tipe RVDB ini adalah arrester petir tipe pembuang arus searah/ direct current (DC) heavy duty magnetic. Arrester ini dipakai untuk melindungi mesin dan perangkatnya dari switching surge aliran arus searah (DC). Arrester dapat menyerap switching surge dan memotong arus ikutan atau *follow current*¹ dengan sepenuhnya. Kinerja yang kuat ini dilakukan dengan mempergunakan peralatan *blow-out device* dan *resistovalve disc* dalam kapasitas muatan listrik. Untuk arrester ini diproduksi dalam 1500V. Karena perangkat untuk KRL menerima switching surge dan perlu untuk melindungi motor generator yang memiliki isolasi relatif rendah dari surge petir, Arrester tipe RVDB cocok untuk digunakan sebagai arrester pada KRL. Kapasitas Pelepasan Impulse pada arrester ini yaitu : 150 kA, 2 times dan lamanya kapasitas pelepasan arus : 1000A, 2ms, 20 times.

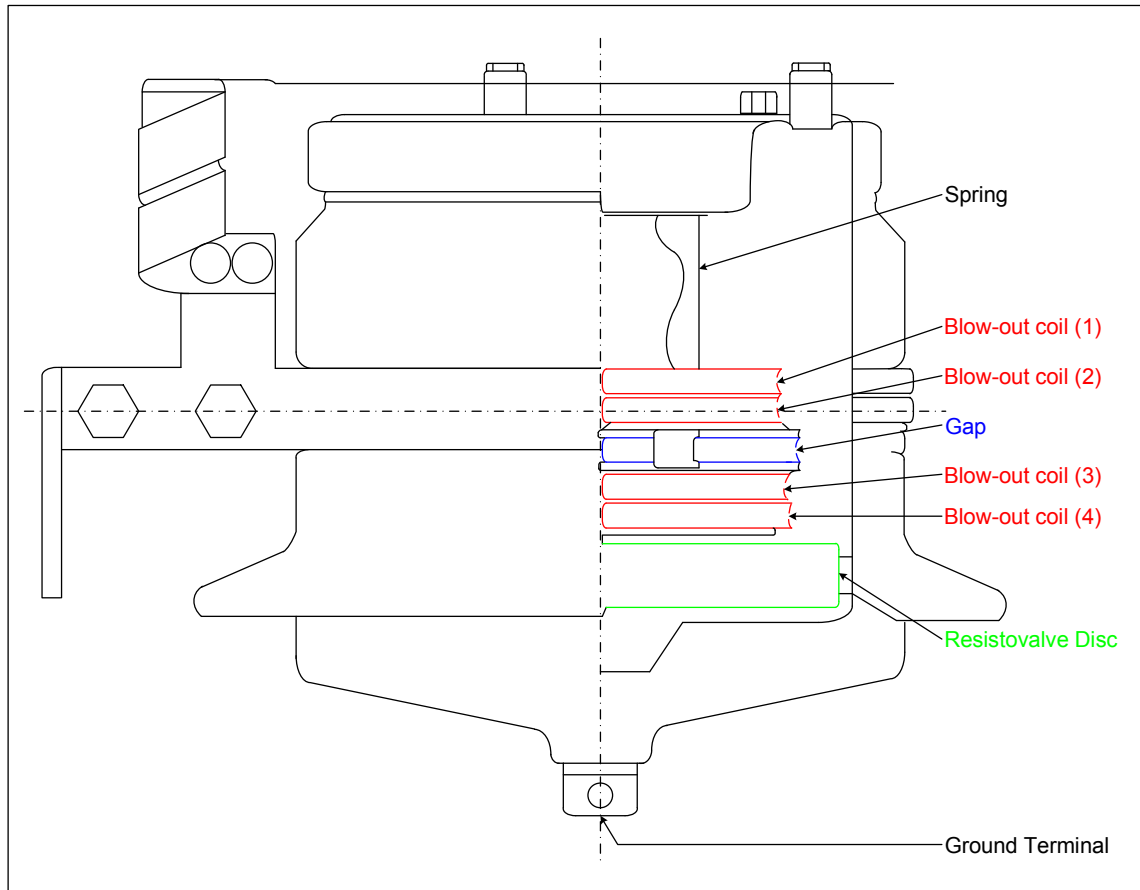
Tabel 2. Karakteristik Perlindungan Arrester Tipe RVDB 1500V

D-c Permissible terminal voltage (kV)		2
Sparkover voltage (kV crest)	Power frequency	Min. 4,6
	Impulse	Max. 5,5
Max. residual voltage (kV crest)	1 kA	3,8
	2 kA	4,5
	5 kA	5,5
	10 kA	6,5
Discharge capacity (A)	Impulse current	150000
	Long duration current	1000
Operating duty test	Applied d-c voltage (V)	2000
	Superposed impulse current (A)	5000
Withstand voltage (insulator) (V)	A-c one min. dry or 10 sec. wet	7000
	Impulse voltage	25000

a. Konstruksi

Komponen internal dari arrester tipe RVDB meliputi elemen celah (*series gap*) yang terdiri dari empat koil pembuang dan satu celah pelepasan, dan satu cakram resistovalve yang mana terkandung dalam suatu kerangka keramik bersama pegas. Pemasangan pegas tersebut dipertimbangkan untuk menahan getaran kereta. Arrester dilengkapi dengan peralatan peringan tekanan yang mana berjenis tertutup sepenuhnya dan diisi dengan gas nitrogen.

¹ Follow current = arus yang mengalir melalui surge arrester ke tanah, setelah berlalunya pelepasan arus (McGraw-Hill Dictionary of Architecture & Construction: follow current).



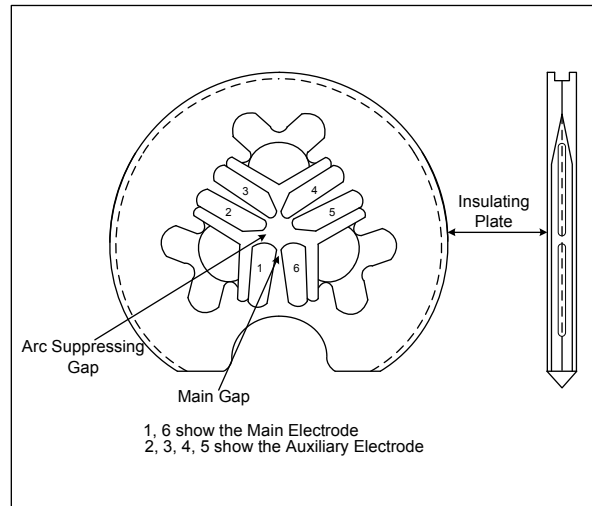
Gambar 8. Konstruksi Lightning Arrester Tipe RVDB 1500V

- Rangkaian Celah (Series Gap)

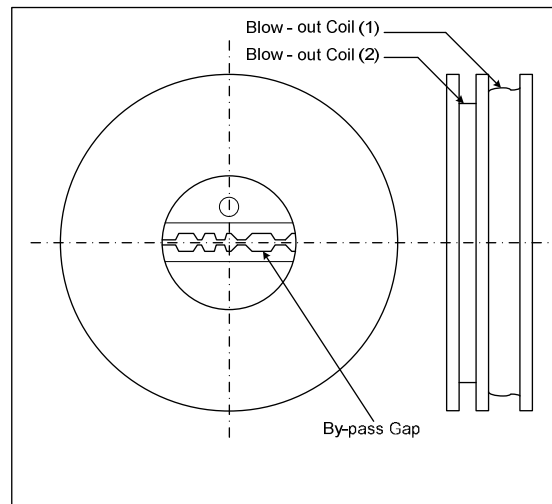
Merupakan salah satu ciri terpenting dari arrester. Series Gap ini terdiri dari 2 pelat isolasi arcproof, sepasang main elektrode yang melekat kepada mereka, dan empat arc extinguishing auxiliary electrodes.

- Koil Pembuang (Blow-out Coil)

Dua koil, atas dan bawah, dililitkan di sekeliling kumparan. Celah bypass diberikan pada salah satu sisi dari koil.



Gambar 9. Gap

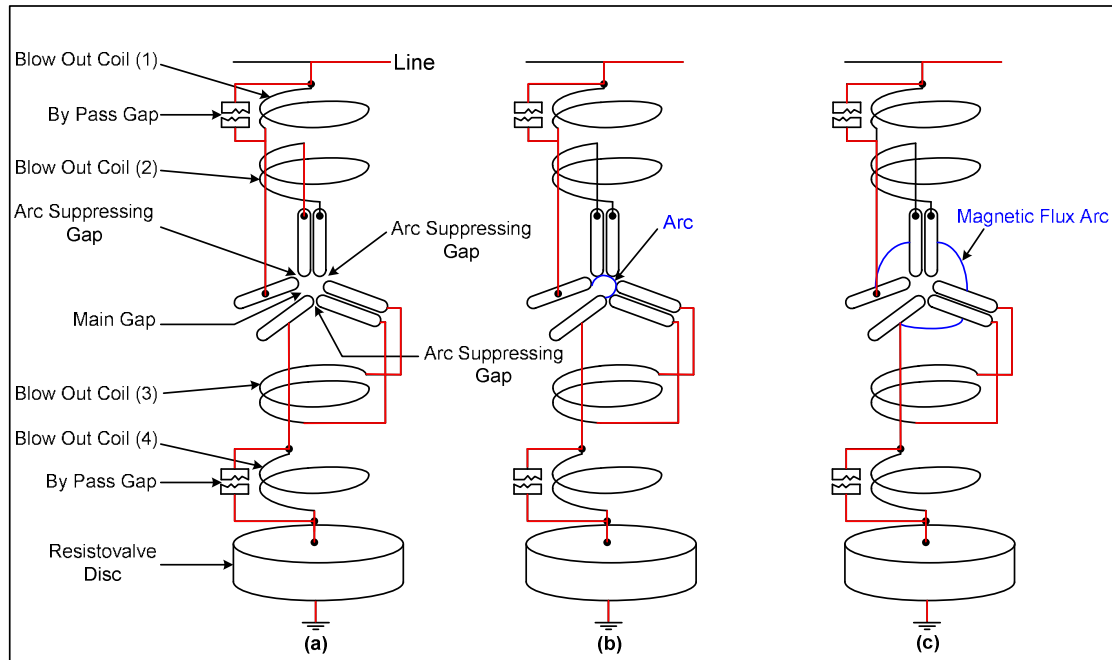


Gambar 10. Blow-out Coil

b. Prinsip Operasi

Unsur bagian dalam dari arrester terhubung secara elektrik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Ketika mencapai tegangan surge, arus impuls dilepas ke tanah seperti yang ditunjukkan dengan Gambar 11 (a). Ketika arus impuls hilang, arus ikutan dalam kaitan dengan voltage dc akan mengalir ke arrester tersebut. Karena arus ikutan mengalir antara *blow-out coil* seperti yang ditunjukkan pada gambar 11 (b), arc akan terdorong dan diperluas ke arah auxiliary elektrode. Ketika arc menyentuh auxiliary elektrode, arus akan mengalir juga ke koil di satu sisi seperti yang ditunjukkan pada gambar 11 (c). Dengan fluks yang besar disebabkan oleh kedua koil, masing-masing arc terdorong ke dalam tiga ruang celah arc extinguishing.

Dengan demikian tegangan arc dikuatkan dan pada waktu bersamaan, arus ikutan dapat terputus dengan sempurna dengan bantuan efek deionisasi² dan karakteristik dari resistovalve.



Gambar 11. Prinsip Operasi Pemotongan Arus Ikutan (*follow current*)

c. Kemampuan Memotong Arus Ikutan

Terminal tegangan DC yang diperbolehkan dari arrester jenis RVDB adalah 2000 volt. Nilai ini ditentukan dengan mempertimbangkan kasus ketika efisiensi regeneratif braking³ dinaikkan.

² Deionisasi = proses pelepasan elektron dengan cara rekombinasi, yakni penggabungan elektron dan difusi

³ Regenerative braking = pemulihan energi mekanisme yang memperlambat kendaraan atau objek yang turun dengan mengkonversi energi kinetik ke bentuk lain, yang dapat baik digunakan segera atau disimpan sampai dibutuhkan. Bentuk yang paling umum dari rem regeneratif melibatkan menggunakan motor listrik sebagai pembangkit listrik. (http://en.wikipedia.org/wiki/Regenerative_brake)

II.2. TIDAK JATUHNYA GARDU LISTRIK PONDOKBETUNG

Untuk mensupply arus LAA di tiap petak jalan dibutuhkan satu pasang gardu listrik yang tiap gardu listrik dilengkapi pula dengan HSCB. Untuk sistem monitoring kerja HSCB dibutuhkan suatu alat tambahan yang disebut sebagai LBD.

II.2.1. High Speed Circuit Breaker (HSCB)

1. GL Pondokbetung dilengkapi dengan High Speed Circuit Breaker (HSCB) yang merupakan pemutus arus kecepatan tinggi. HSCB akan jatuh (trip) apabila terjadi:
 - Arus listrik yang melebihi setting awal maximum yang telah ditetapkan.
 - Laju kenaikan arus listrik (di/dt) melebihi settingnya

Untuk itu HSCB dihubungkan sistem proteksi sebagai berikut:

a. Line Fault Detector (*Relay 76*)

Bekerja dengan prinsip menganalisa bentuk dan laju kenaikan arus (di/dt) pada line dalam satu seksi dan apabila kenaikan arus memenuhi persyaratan, maka relay ini akan memberikan sinyal ke peralatan HSCB untuk mentripan secara cepat.

b. Sepur Pentanahan (*Relay 64*)

Bekerja dengan prinsip mentripan HSCB dan MVCB 29 kV apabila supply tegangan di line terhubung ke tanah/ground.

2. Terbakarnya KL1 6187 dikarenakan tidak putusnya supply LAA dari Gardu Listrik Pondokbetung yang pada saat kejadian HSCB di GL Pondokbetung diatur memiliki setting arus maksimum sebesar 3000A dan di/dt 1800A.

Pengaturan HSCB di GL Pondokbetung seperti ini dianggap sebagai solusi untuk tetap mengoperasikan KRL yang membutuhkan arus 2800A disaat GL Jurangmangu dan GL Serpong tidak berfungsi.

Apabila keseluruhan gardu listrik berfungsi, tiap HSCB di tiap gardu listrik hanya dibutuhkan untuk diatur pada 2000A dan di/dt 1000A.

Tabel 3. Kejadian Terbakarnya Komponen Kelistrikan Akibat Petir di Serpong

No	Tanggal Kejadian	Keterangan
1.	12 – 12 – 1994	GL Serpong terbakar
2.	18 – 10 – 1998	GL Serpong terbakar
3.	20 – 11 – 2002	Arrester LAA di St. Serpong pecah
4.	25 – 10 – 2003	Isolator aliran atas di emplasemen St. Serpong terbakar
5.	05 – 04 – 2004	Kapasitor GL Serpong terbakar

Sumber: PT. Kereta Api Indonesia (Persero)



Gambar 12. High Speed Circuit Breaker

II.2.2. Link Breaking Device (LBD)

1. Selain HSCB dibutuhkan pula Link Breaking Device (LBD) di tiap gardu listrik yang berfungsi untuk menerima impuls ketika HSCB di gardu listrik jatuh/trip dan kemudian memerintahkan LBD di gardu listrik pasangannya untuk menjatuhkan/men-trip HSCB di gardu tersebut.

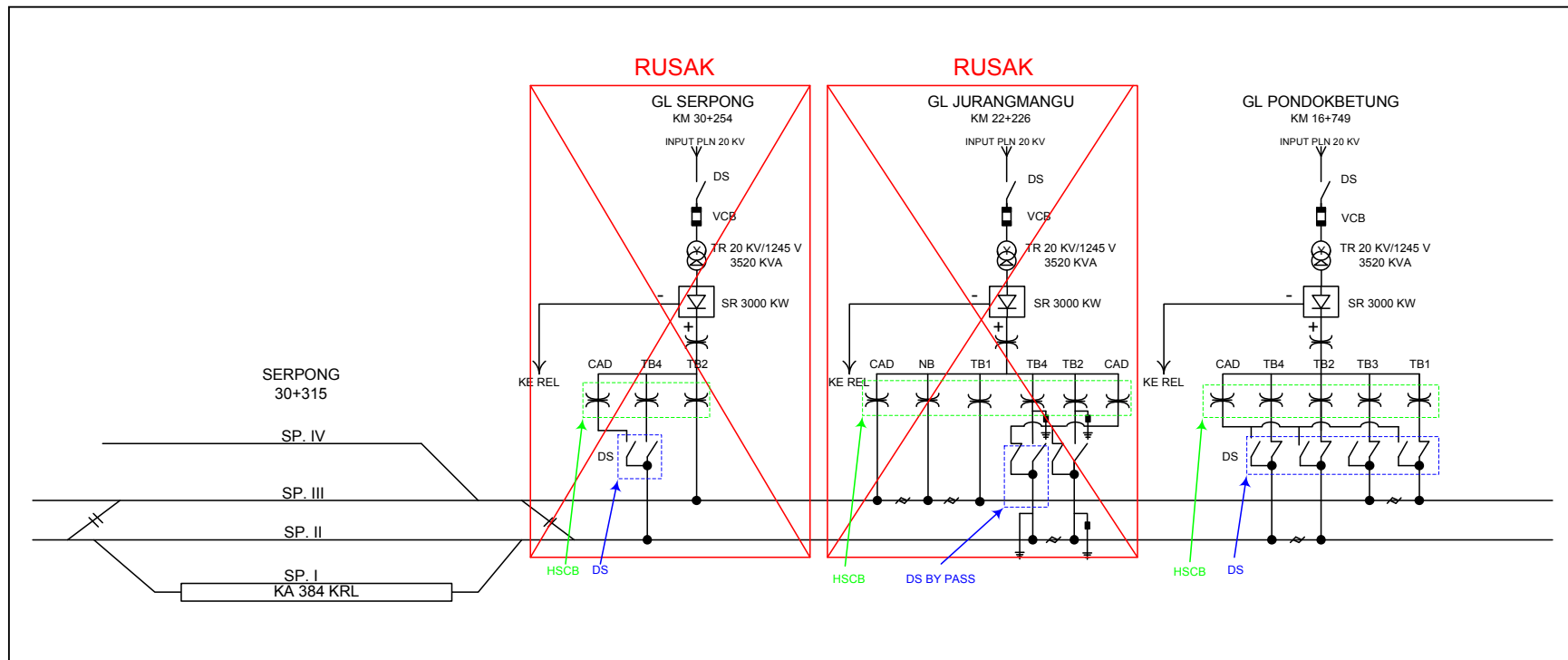
Sebagai contoh, untuk pengoperasian KRL di petak jalan antara Jurangmangu – Pondokbetung dibutuhkan supply LAA dari GL Pondokbetung dan GL Jurangmangu. Di kedua gardu listrik ini dilengkapi dengan HSCB dan LBD yang bekerja saling berpasangan.

2. Pemantauan tim investigasi KNKT pada GL Pondokbetung tidak dilengkapi dengan LBD sejak pertama kali dioperasikannya GL Pondokbetung meskipun LBD dipasang di GL Jurangmangu.

LBD amat dibutuhkan untuk menjatuhkan atau mentrip HSCB di kedua gardu listrik yang bekerja berpasangan sehingga supply arus LAA dari kedua gardu tersebut dapat diputus karena jatuhnya HSCB. Hal ini dimaksudkan dapat memutuskan supply arus listrik dari kedua gardu listrik yang berpasangan tersebut saat ada kejadian luar biasa pada LAA di petak jalan.



Gambar 13. Link Breaking Device



Gambar 14. Gardu Listrik Supply Daya KL1 6187 (eks KA 384)

TERBAKARNYA KL1 6187 (EKS KA 384)
 JALUR I EMLASEMEN ST. SERPONG, TANAH ABANG-MERAK, BANTEN
 DAOP I JAKARTA
 6 MEI 2008

II.3. ARUS BALIK KE GARDU LISTRIK

Selain tidak berfungsinya GL Serpong dan GL Jurangmangu penyebab tidak jatuhnya GL Pondokbetung karena arus balik ke GL Pondokbetung yang melewati rel tidak sempurna. Penyebab dari tidak sempurnanya arus balik yang melewati rel adalah:

- a. Sambungan rel *Insulated Rail Joint* (IRJ) masih terpasang, seharusnya diganti lasplat dan dilengkapi dengan *rail connector* atau sambungan rel dilas.

Pada awalnya, di lintas St. Tanahabang – St. Serpong dipasang IRJ dengan menggunakan Impedance Bound untuk melewati arus balik yang melewati rel. Namun saat diimplementasikannya Axle Counter, IRJ yang sudah ada seharusnya diganti dengan lasplat besi (*fishplate*) yang juga diperlengkapi dengan rail connector atau dengan menggunakan *continuous welded rail* (CWR).

Pengamatan Tim Investigasi KNKT di sekitar St. Serpong setelah PLH, masih banyak ditemukan sambungan rel IRJ yang terpasang di jalan rel.

- b. Kabel negatif dari gardu listrik ke rel KA perlu disempurnakan.



Gambar 15. Insulated Rail Joint



Gambar 16. Rail Connector

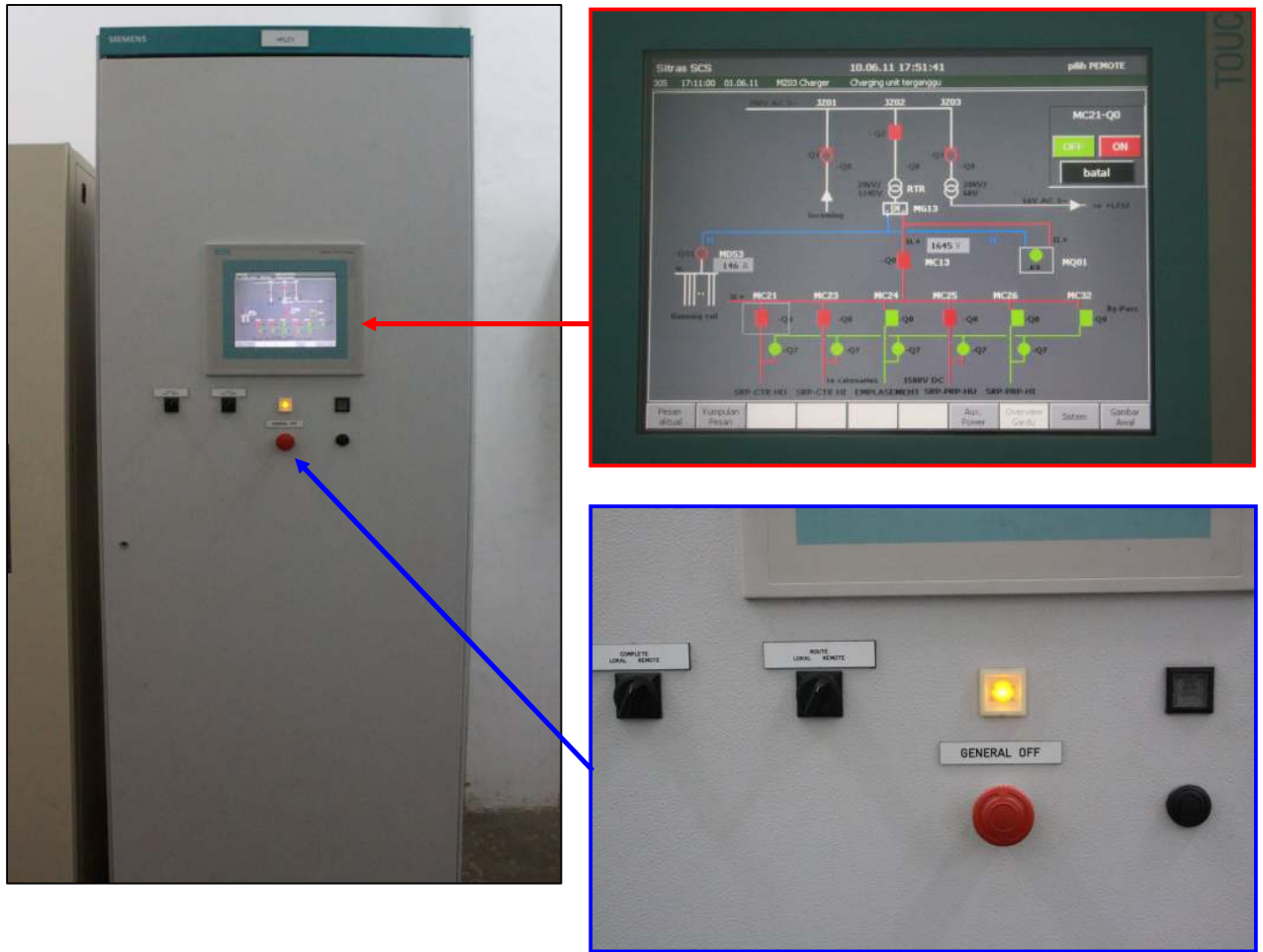
II.4. REMOTE SUPERVISORY CONTROL SYSTEM

Adalah peralatan yang berfungsi untuk mengendalikan peralatan listrik di gardu listrik dan sistem *Distribution Signal Hut* serta memantau status peralatan listrik di gardu listrik dan pen-supply-an jaringan listrik aliran atas serta sistem *Power Distribution Line*. Perangkat Remote Supervisory Control System yang digunakan di Jabotabek berada di PK/OC Manggarai.

Fungsinya:

- a. Melakukan pengawasan operasi dan kegagalan pada system catu daya (gardu listrik) yang dikendalikan.
- b. Memberikan perintah eksekusi dan menampilkan indikasi-indikasi yang terjadi pada system catu daya (gardu listrik) yang dikendalikan.
- c. Melakukan control secara terus menerus pada system catu daya (gardu listrik) yang dikendalikan.

Perangkat Remote Supervisory Control System tidak terpasang di GL Serpong, GL Jurangmangu, GL Pondokbetung, GL Limo dan GL Karet II. Tidak terpasangnya perangkat Remote Supervisory Control System ini, menyebabkan apabila terjadi gangguan LAA yang tidak dapat diputus secara otomatis di gardu listrik maka hal ini juga tidak dapat diputus secara manual. Hal ini dapat diatasi dengan pemasangan perangkat remote control yang selalu dijaga oleh petugas LAA di PK/OC sehingga pemutusan arus dapat dilakukan dari jarak jauh.



Gambar 17. Remote Supervisory Control System

III. KESIMPULAN

Dari data faktual dan hasil analisa yang dilakukan dalam proses investigasi, Komite Nasional Keselamatan Transportasi menyimpulkan bahwa:

III.1. PENYEBAB

1. Tidak berfungsinya arrester sebagai penyalur tegangan lebih dari petir yang letaknya dibawah panthograph.
2. Tahanan isolasi pada isolator di boks DS tidak mampu menahan tegangan lebih (*surge*) yang lewat sehingga terjadi hubungan singkat dan mengakibatkan boks DS yang berada di bawah ruang penumpang terbakar.

III.2. FAKTOR-FAKTOR YANG BERKONTRIBUSI

1. Tidak dilaksanakannya pemeriksaan dan pengetesan terhadap arrester dan tidak adanya maintenance procedure untuk arrester yang baku.
2. Hubungan singkat pada boks disconnecting switch tidak dapat memutuskan main fuse (sekring utama) 1000 Ampere.
3. High Speed Circuit Breaker di Gardu Listrik Pondokbetung tidak jatuh/trip, penyetelan High Speed Circuit Breaker 3000 Ampere.
4. Link Breaking Device di tiap Gardu Listrik yang berfungsi untuk menerima impuls ketika HSCB di gardu listrik jatuh/trip dan kemudian memerintahkan LBD di gardu listrik pasangannya untuk menjatuhkan/men-trip HSCB di gardu tersebut.
5. Tidak berfungsinya Gardu Listrik Serpong dan Gardu Listrik Jurangmangu.
6. Arus balik ke GL Pondokbetung yang melewati rel tidak sempurna karena sambungan rel Insulated Rail Joint (IRJ) masih terpasang, seharusnya diganti lasplat dan dilengkapi dengan rail connector atau sambungan rel dilas.
7. Tidak adanya remote supervisory control system di lintas St. Tanahabang – St. Serpong.

IV. REKOMENDASI

Berdasarkan kesimpulan investigasi terbakarnya KL1 6187 eks KA 384, Komite Nasional Keselamatan Transportasi menyusun rekomendasi keselamatan agar kecelakaan serupa tidak terjadi lagi dikemudian hari kepada:

IV.1. DIREKTORAT JENDERAL PERKERETAAPIAN

Memasang *remote supervisory control system* pada sistem catu daya dan Pilot Line (LBD) di setiap gardu listrik.

IV.2. PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO)

1. Merawat KRL sesuai dengan jadwal yang ditetapkan.
2. Menyusun *maintenance procedure* untuk menjamin keterfungsian arrester di KRL.
3. Memfungsikan kembali Gardu Listrik Serpong dan Gardu Listrik Jurangmangu.
4. Supply daya listrik untuk emplasemen St. Serpong harus dipisahkan dengan supply daya listrik untuk lintas/petak jalan.
5. Menetapkan batas arus maksimum yang akan melewati boks *disconnecting switch* (DS) dengan mempertimbangkan hambatan kawat trolley sehingga kawat trolley tidak mudah leleh dan putus.
6. Menyempurnakan return current/arus balik melalui rel yaitu sambungan rel dengan *rail connector*.

V. SAFETY ACTIONS

V.1. OLEH DIREKTORAT JENDERAL PERKERETAAPIAN

Pada tanggal 30 Januari 2012, Direktur Jenderal Perkeretaapian mengirimkan surat Nomor KA. 502/A.173/DJKA/I/12 perihal tanggapan Laporan Hasil Investigasi Kecelakaan KA Tumburan KA Terbakarnya KL1 6187 (eks KA 384) Jalur I Emplasemen St. Serpong, Banten tanggal 6 Mei 2008.

Tanggapan sebagaimana dimaksud berisi Safety Action dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kecelakaan serupa di kemudian hari sebagai berikut:

- a. Berkaitan dengan rekomendasi KNKT kepada Ditjen Perkeretaapian mengenai pemasangan *Link Breaker Device* (LBD), telah diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 12 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian pasal 5 ayat (2) dan ayat (3) yang menjelaskan bahwa peralatan transmisi tenaga listrik untuk arus bolak – balik yang berfungsi untuk menyalurkan arus bolak – balik untuk menggerakkan kereta api bertenaga listrik dan peralatan transmisi tenaga listrik untuk arus searah harus berisi proteksi. Salah satu perangkat proteksi yang bekerja untuk pemasangan peralatan DC kubikel utama Pemutus Tenaga Cepat (*High Speed Circuit Breaker/HSCB*) adalah *Link Breaker Device* (LBD).
- b. Direktorat Jenderal Perkeretaapian telah memprogramkan pemasangan *Link Breaker Device* (LBD) pada seluruh gardu listrik untuk keperluan instalasi listrik aliran atas di wilayah Jabodetabek telah dilengkapi dengan perangkat *Link Breaker Device* (LBD).
- c. Terkait dengan pemasangan *Remote Supervisory Control System*, akan dilakukan pada tahun 2012 dengan menggunakan teknologi *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) di wilayah Jabodetabek.

V.2. OLEH PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO)

Pada tanggal 8 Februari 2012, Direktur Keselamatan dan Keamanan PT. Kereta Api Indonesia (Persero) mengirimkan surat Nomor LL. 612/ II/ 2/ KA – 2012 perihal tanggapan terhadap Laporan Investigasi Terbakarnya KRL di St. Serpong tanggal 6 Mei 2008.

Tanggapan sebagaimana dimaksud berisi Safety Action dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kecelakaan serupa di kemudian hari sebagai berikut:

- a. Perawatan KRL sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan baik P1, P2, P6, P12 dan PA.
- b. Memeriksa dengan seksama arrester KRL sesuai check list pada P6.
- c. Gardu Listrik Serpong mulai beroperasi kembali pada tanggal 25 Mei 2008.

- d. Gardu Listrik Jurangmangu mulai beroperasi kembali pada tanggal 24 Oktober 2008.
- e. Perbaiki *rail connector* akibat ketidaksempurnaan pekerjaan Satker Double Track Tanahabang – Serpong oleh Unit LAA Daop 1 Jakarta berlanjut sampai saat ini.