



**KOMITE NASIONAL KESELAMATAN TRANSPORTASI
REPUBLIK INDONESIA**

LAPORAN AKHIR

KNKT.18.06.06.02

Laporan Investigasi Kecelakaan Perkeretaapian

KEBAKARAN

KERETA PEMBANGKIT P06811 RANGKAIAN KA 7008

KM 119+0 EMPLASEMEN STASIUN NGANJUK

JAWA TIMUR

REPUBLIK INDONESIA

17 JUNI 2018

2021

KATA PENGANTAR

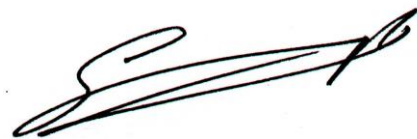
Alhamdulillah dipanjatkan kepada Allah, SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas penyelesaian Laporan Akhir Investigasi Kecelakaan Perkeretaapian Kebakaran Kereta Pembangkit P06811 Rangkaian KA7008 di km. 119+0 emplasemen stasiun Nganjuk, Wilayah Operasi PT. KAI Daop VII Madiun, Nganjuk, Jawa Timur, tanggal 17 Juni 2018.

Laporan Akhir Investigasi Kecelakaan Perkeretaapian disusun sebagai pelaksanaan amanah Peraturan Pemerintah Nomor 62 Tahun 2013 tentang Investigasi Kecelakaan Transportasi pasal 39 ayat 2 huruf c, menyatakan “Laporan investigasi kecelakaan transportasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) terdiri atas laporan akhir (*final report*)”. Laporan Akhir ini merupakan hasil pelaksanaan investigasi yang memuat; informasi faktual, analisis fakta penyebab paling memungkinkan terjadinya kecelakaan, temuan dan faktor yang berkontribusi, tindakan keselamatan, rekomendasi untuk pencegahan kejadian dengan penyebab yang sama agar tidak terulang, serta lampiran atau dokumen pendukung investigasi.

Demikian Laporan Akhir Investigasi Kecelakaan Perkeretaapian ini dibuat serta disampaikan kepada regulator, operator dan pihak-pihak yang berkepentingan lainnya, agar dapat mengambil pembelajaran di kemudian hari.

Jakarta, 13 Desember 2021

**KOMITE NASIONAL
KESELAMATAN TRANSPORTASI
KETUA**



SOERJANTO TJAHHJONO

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR ISTILAH	vi
SINOPSIS	1
I. INFORMASI FAKTUAL	2
I.1 DATA KEJADIAN DAN SUSUNAN RANGKAIAN KERETA API	2
I.2 KRONOLOGIS	2
I.3 PETA LOKASI KECELAKAAN	4
I.4 AKIBAT KECELAKAAN KERETA API	5
I.4.1 Dampak Kecelakaan Terhadap Manusia	5
I.4.2 Dampak Kecelakaan Terhadap Prasarana	5
I.4.3 Dampak Kecelakaan Terhadap Sarana	5
I.4.4 Dampak Kecelakaan Terhadap Operasional.....	5
I.5 INFORMASI PRASARANA	5
I.6 INFORMASI SARANA	6
I.6.1 Informasi Kereta Pembangkit P06811	6
I.6.2 Informasi <i>Engine - Generator Sets C15</i>	7
I.6.3 Informasi <i>Electronic Control Module - Engine</i>	8
I.6.4 Informasi <i>Generator – Generator Sets</i>	9
I.6.5 Informasi <i>Electronic Modular Control Panel – Generator Set</i>	10
I.6.6 Informasi Pemeliharaan Berkala (Perawatan) <i>Generator Sets</i>	11
I.7 INFORMASI OPERASI KERETA API	13
I.8 INFORMASI PETUGAS	13
I.9 INFORMASI DAMPAK KERUSAKAN	14
I.10 INFORMASI MANAJEMEN DAN ORGANISASI	18
I.10.1 Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan.....	18
I.10.2 PT. Kereta Api Indonesia (Persero).....	18
I.11 INVESTIGASI KEBAKARAN	18
I.11.1 Kejadian Kebakaran	19
I.11.2 Perlindungan Kebakaran (<i>Fire Protection</i>)	23
I.11.3 Kereta Pembangkit Lain dengan Generator Sets C15	24

II. ANALISIS.....	25
II.1 BASIC FIRE SCIENCE	25
II.2 FIRE ORIGIN.....	32
II.2.1 Kemungkinan <i>Fire Origin - Engine</i>	32
II.2.2 Kemungkinan <i>Fire Origin - Generator</i>	33
II.3 FIRE CAUSE	34
II.3.1 Kemungkinan <i>Fire Cause</i> Pertama	35
II.3.2 Kemungkinan <i>Fire Cause</i> Kedua	35
II.3.3 Kemungkinan <i>Fire Cause</i> Ketiga.....	36
II.4 FIRE SAFETY.....	37
II.5 FAKTOR MANUSIA	38
II.6 LEVEL OF CERTAINTY.....	39
III. KESIMPULAN.....	40
III.1 TEMUAN	40
III.2 FAKTOR YANG BERKONTRIBUSI	41
IV. TINDAKAN KESELAMATAN.....	42
IV.1 DIREKTORAT JENDERAL PERKERETAAPIAN.....	42
IV.2 PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO)	42
V. REKOMENDASI.....	43
V.1 DIREKTORAT JENDERAL PERKERETAAPIAN	43
V.2 PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO).....	43
VI. DAFTAR REFERENSI	44
VII. LAMPIRAN.....	45
VII.1 DATA PEMELIHARAAN BERKALA (PERAWATAN) BYYK.....	45
VII.2 DATA PEMELIHARAAN BERKALA/PERAWATAN DIPO KERETA SBI.....	46
VII.3 DATA PEMERIKSAAN HARIAN	47
VII.4 JADWAL KERJA TKA	48
VII.5 LAPKA KA7008.....	49
VII.6 DINASAN KA7008	50
VII.7 SKEMA KEBAKARAN KOMPONEN <i>ENGINE</i>.....	51
VII.8 SKEMA KEBAKARAN KOMPONEN <i>ENGINE</i> – SISI KANAN	52
VII.9 SKEMA KEBAKARAN KOMPONEN <i>ENGINE</i> – SISI KIRI.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Situasi Kebakaran Kereta Pembangkit P06811 Rangkaian KA7008	3
Gambar 2. Lokasi Kebakaran Kereta Pembangkit P06811 Rangkaian KA7008	4
Gambar 3. Kereta Pembangkit P06811 Rangkaian KA7008	6
Gambar 4. Ilustrasi <i>Engine - Generator Sets C15</i>	8
Gambar 5. Ilustrasi <i>Generator – Generator Sets</i>	10
Gambar 6. Kerusakan Badan Kereta Pembangkit - Bagian Luar	14
Gambar 7. Kerusakan Badan Kereta Pembangkit - Bagian Dalam	15
Gambar 8. Kerusakan <i>Filter – Primary Fuel, Secondary Fuel & Oil</i>	15
Gambar 9. Kerusakan Komponen pada <i>Engine</i>	16
Gambar 10. Kerusakan Komponen <i>Battery</i>	16
Gambar 11. Kerusakan <i>ECM Engine</i>	17
Gambar 12. Kerusakan Komponen pada <i>Generator</i>	17
Gambar 13. Lokasi Api Berdasarkan Keterangan Saksi TKA	20
Gambar 14. TKA Saat Keluar Kereta Pembangkit P06811	21
Gambar 15. Situasi Pelepasan Perangkat Sambungan Kereta Pembangkit P06811	21
Gambar 16. Upaya Pemadaman oleh Petugas PT. KAI	22
Gambar 17. Upaya Pemadaman oleh Petugas Dinas Kebakaran	22
Gambar 18. Perlindungan <i>Hot Surface Area</i>	23
Gambar 19. Alat Pemadam Kebakaran di Kereta Pembangkit Lain	23
Gambar 20. <i>Generator Sets</i> Caterpillar C15 di Dipo SBI	24
Gambar 21. <i>Generator Sets</i> Caterpillar C15 di BYYK	24
Gambar 22. <i>Fire Tetrahedron</i>	26
Gambar 23. <i>Combustion Reaction and Cycle</i>	26
Gambar 24. Ilustrasi Fenomena <i>Compartment Fire</i>	28
Gambar 25. Kondisi Pre-flashover pada Kebakaran Kereta Pembangkit P06811	29
Gambar 26. Kondisi Flashover pada Kebakaran Kereta Pembangkit P06811	30
Gambar 27. <i>Melting dan Discoloration</i>	30
Gambar 28. <i>Fire Pattern</i> Kereta Pembangkit P06811	31
Gambar 29. <i>Clean Burn & Line of Demarcation</i>	31
Gambar 30. Kemungkinan <i>Fire Origin</i> Pertama (<i>Engine</i>)	33
Gambar 31. Kemungkinan <i>Fire Origin</i> Kedua (<i>Generator</i>)	34
Gambar 32. Kemungkinan <i>Fire Cause</i> Pertama	35
Gambar 33. Kemungkinan <i>Fire Cause</i> Kedua	36
Gambar 34. Kemungkinan <i>Fire Cause</i> Ketiga	37
Gambar 35. Situasi Pemadaman Kereta Pembangkit P06811	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daftar Kerusakan Sarana Perkeretaapian KA 7008	5
Tabel 2. Data Kereta Pembangkit P06811	6
Tabel 3. Data <i>Engine - Generator Sets C15</i>	7
Tabel 4. Data <i>Generator – Generator Sets</i>	9
Tabel 5. Pemeliharaan Berkala (Perawatan) <i>Generator Sets</i>	12
Tabel 6. Realisasi perjalanan KA 7008	13
Tabel 7. <i>Common Plastics</i>	27
Tabel 8. <i>Melting Temperatures of Metal Common - Vehicle</i>	28

DAFTAR ISTILAH

- Perkeretaapian** adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api
- Kereta api** adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaian dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel terkait dengan perjalanan kereta api
- Prasarana perkeretaapian** adalah jalur kereta api, stasiun kereta api dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan
- Sarana perkeretaapian** adalah kendaraan yang dapat bergerak di jalan rel
- Jalur kereta api** adalah jalur yang terdiri atas rangkaian petak jalan lintasan meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api
- Stasiun kereta api** adalah tempat pemberangkatan dan pemberhentian kereta api
- Emplasemen stasiun kereta api** adalah tempat terbuka atau tanah lapang yang disediakan untuk jawatan atau satuan bangunan (seperti tanah lapang di dekat stasiun untuk keperluan jawatan kereta api)
- Kereta** adalah sarana perkeretaapian yang ditarik dan/atau didorong lokomotif atau mempunyai penggerak sendiri yang digunakan untuk mengangkut orang
- Perawatan** adalah kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan keandalan prasarana atau sarana perkeretaapian agar tetap laik operasi
- Tenaga Perawatan Sarana Perkeretaapian** adalah tenaga yang memenuhi kualifikasi kompetensi dan diberi kewenangan untuk melaksanakan perawatan sarana perkeretaapian
- Awak Sarana Perkeretaapian** adalah tenaga yang memenuhi kualifikasi kompetensi dan diberi kewenangan untuk melaksanakan pengoperasian sarana perkeretaapian
- Fire (Kebakaran)** adalah fenomena api yang tidak diinginkan dan tidak terkendali sehingga dapat menyebabkan kerusakan (istilah umum)
- Fuel (Bahan bakar)** adalah material yang dapat atau mudah terbakar
- Oxidizers (Oksidator)** adalah zat yang mampu mengoksidasi zat lain atau mampu membuat zat lain kehilangan elektron, zat tersebut merupakan dalam reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan diperlukan untuk campuran pada proses pembakaran
- Heat (Panas)** adalah bentuk energi sebagai akibat perpindahan molekul secara acak serta dapat memicu perubahan kimiawi dan perubahan bentuk suatu zat
- Ignition (Penyalan)** adalah proses atau sesuatu hal yang memicu/menyulut terjadinya pembakaran
- Combustion (Pembakaran)** adalah proses kimia oksidasi yang terjadi pada tingkat yang cukup cepat untuk menghasilkan panas dan biasanya cahaya dalam bentuk pijar atau nyala api

- Heat Transfer (Perpindahan panas)** adalah pertukaran atau perpindahan energi panas diantara material melalui mekanisme tertentu
- Conduction (Konduksi)** adalah mekanisme perpindahan panas melalui kontak langsung atau melalui zat padat (*solid*)
- Convection (Konveksi)** adalah mekanisme perpindahan panas melalui media perantara gas atau cairan (*liquid*)
- Radiation (Radiasi)** adalah mekanisme perpindahan panas melalui gelombang elektromagnetik ke area sekitar
- Auto Ignition Temperature (AIT)** adalah suhu terendah di mana suatu material menyala secara spontan tanpa sumber penyulutan lain pada kondisi tekanan atmosfer normal
- Lower Flammable/Explosive Limit (LFL/LEL)** adalah konsentrasi minimum uap/*vapor* bahan bakar di udara yang dapat memicu bahan bakar untuk terbakar/meledak
- Upper Flammable/Explosive Limit (UFL/UEL)** adalah konsentrasi minimum uap/*vapor* bahan bakar di udara yang dapat memicu bahan bakar untuk terbakar/meledak
- Flash Point of a Liquid** adalah suhu terendah cairan (berdasarkan tes laboratorium tertentu), di mana cairan mengeluarkan/menghasilkan uap pada tingkat yang cukup untuk mendukung nyala api sesaat di permukaannya
- Flame** adalah bagian atau aliran bahan gas yang berada dalam proses pembakaran serta memancarkan energi radiasi dan dipengaruhi sifat kimia bahan bakar
- Flashover** adalah fase transisi dalam pengembangan api di mana permukaan yang terpapar radiasi termal mencapai suhu penyalaan lebih atau kurang secara bersamaan dan, dengan ketersediaan oksigen yang cukup, api menyebar dengan cepat ke seluruh ruang, mengakibatkan keterlibatan ruangan penuh atau keterlibatan total kompartemen atau ruang tertutup
- Fire Effects** adalah perubahan yang dapat diamati (dilihat) atau dapat diukur pada material sebagai akibat dari kebakaran (api)
- Fire Pattern** adalah pola perubahan fisik atau bentuk yang teridentifikasi yang dapat diamati (dilihat) atau dapat diukur sebagai akibat dari sekumpulan *fire effects*
- Fire Origin** adalah lokasi fisik dimana interaksi pertama kali terjadi antara unsur *ignition/heat source, fuel, oxidizer* (seperti oksigen di udara/atmosfir) sehingga menyebabkan kebakaran/ledakan
- Fire Cause** adalah keadaan atau kondisi yang menjadi penyebab kebakaran/ledakan, dimana melibatkan unsur *fuel, ignition/heat source, oxidizer* (seperti oksigen di udara/atmosfir) serta reaksi kimia berkelanjutan
- Clean Burn** adalah sebuah perbedaan serta dapat diamati (dilihat) dari *fire effect*, dimana pada umumnya terjadi di daerah permukaan *non-combustible* (tidak mudah terbakar) dan berada *combustible layer* yang telah terbakar (misalkan *soot/jelaga, paint/cat* dan *paper/kertas*)
- Fire Hazards** adalah semua situasi, proses, material atau keadaan/kondisi yang memiliki potensi atau dapat menyebabkan terjadinya kebakaran/ledakan termasuk pengaruh pada tingkat keparahan kebakaran, sehingga akan menimbulkan korban jiwa dan atau kerusakan/kerugian pada suatu obyek/benda

SINOPSIS

Pada hari Minggu tanggal 17 Juni 2018 pukul 10:22 WIB, kereta KA 7008 diberangkatkan dari stasiun Madiun dan Teknisi Kereta Api (TKA) pemeriksaan kereta pembangkit P06811 dan tidak menemukan kelainan dan gangguan. Selanjutnya dilakukan pengecekan pada kereta penumpang dan ditemukan gangguan pada toilet di kereta Eksa-1.

TKA menemukan api kecil dan kepulan asap saat memasuki kereta pembangkit dan berupaya memadamkan menggunakan APAR 3,5 kg. KA 7008 tiba di stasiun Nganjuk pukul 11.10, TKA segera meminta bantuan untuk memadamkan api serta melepas rangkaian kereta penumpang dengan kereta pembangkit P06811. Kepulan asap kebakaran di kereta pembangkit P06811 telah dilihat oleh PPKA stasiun Nganjuk dan Petugas PJL98 sejak KA 7008 mendekati perlintasan PJL98. Api berhasil dipadamkan oleh Dinas Pemadam Kebakaran Kabupaten Nganjuk pada tanggal 17 Juni 2018 pukul 11:35 WIB. KA7008 melanjutkan perjalanan menuju stasiun Kertosono tanpa kereta pembangkit P06811 (yang berada di jalur 2 emplasemen stasiun Nganjuk) pada pukul 11.42 WIB.

Kemungkinan *fire origin* berada di daerah sekitar *battery*/aki, *starting motor* atau Automatic Voltage Regulator (AVR). Kemungkinan *fire cause* berupa kegagalan atau kerusakan atau gangguan pada sistem/distribusi elektrik terkait komponen *starting motor*, AVR dan *battery* (dalam hal ini juga terkait reaksi kimia dalam *battery*). Kemungkinan *ignition source* adalah *electric heat (ignition by electrical energy)*. Tingkat keparahan (*severity*) akibat kebakaran yang terjadi dikarenakan api yang tidak diketahui sejak awal (saat fase *early compartment fire development*) serta kurang efektifnya pelaksanaan *emergency procedure* yang terkait dengan kebakaran.

KNKT belum dapat menentukan *fire origin* dan *fire cause* yang pasti, sehingga kesimpulan akhir menyatakan bahwa *fire origin* dan *fire cause* yang pasti belum dapat ditentukan (*undetermined*). Berdasarkan hasil investigasi, KNKT menyusun rekomendasi keselamatan agar tingkat keparahan akibat kejadian kecelakaan dapat diturunkan atau bahkan kejadian kecelakaan serupa tidak terulang dikemudian hari. Rekomendasi keselamatan tersebut ditujukan kepada Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan sebagai regulator serta PT. Kereta Api Indonesia (Persero) sebagai operator sarana perkeretaapian.

I. INFORMASI FAKTUAL

I.1 DATA KEJADIAN DAN SUSUNAN RANGKAIAN KERETA API

Nomor>Nama KA : KA 7008/Gajayana Tambahan
Susunan Rangkaian : 1. Lokomotif CC 206 1375
2. K1 0 96 05
3. K1 0 95 23
4. K1 0 99 07
5. K1 0 96 08
6. M1 0 82 06
7. K1 0 96 04
8. K1 0 95 24
9. K1 0 84 02
10. K1 0 86 03
11. K1 0 96 07
12. **P 0 68 11 Kereta Pembangkit Terbakar**

Jenis Kecelakaan : Terbakar
Lokasi : Km 119+0
Lintas : Madiun - Kertosono
Propinsi : Jawa Timur
Wilayah : Daop 7 Madiun
Hari/Tanggal Kecelakaan : Minggu, 17 Juni 2018
Waktu : 11:10 WIB

I.2 KRONOLOGIS

KA 7009 (akan dinas sebagai KA 7008) dengan kereta pembangkit P06811 masuk ke stasiun Jakarta Kota (JAKK) pada tanggal 16 Juni 2018, pukul 20.45 (acuan waktu yang digunakan adalah Waktu Indonesia Barat – WIB). Selanjutnya dilakukan pengecekan rangkaian oleh tim *Daily Check* (DC) dan Petugas Urusan Kereta (PUK), termasuk pengecekan kereta pembangkit (*generator sets*). Setelah seluruh rangkain dinyatakan dalam kondisi siap operasi, kemudaian diserahkan kepada Teknisi Kereta Api (TKA) yang dinas di KA 7008 pada pukul 22.20.

KA 7008 diberangkatkan dari stasiun Gambir pada 16 Juni 2018, pukul 23.00. Selama perjalanan dari Gambir (GMR) ke Yogyakarta (YK), seluruh rangkaian kereta KA 7008 tidak ada gangguan dan siap operasi, hingga serah terima kepada TKA di stasiun YK. KA 7008 diberangkatkan dari stasiun YK pada tanggal 17 Juni 2018 pukul 07.35. KA 7008 tiba di stasiun Solo dan TKA melakukan pengecekan kereta pembangkit P06811 serta tidak ditemukan kelainan atau gangguan.

KA 7008 tiba di stasiun Madiun pada pukul 10.22, TKA kembali melakukan pemeriksaan kereta pembangkit P06811 dan tidak menemukan kelainan atau gangguan. Selanjutnya dilakukan pengecekan pada kereta penumpang dan ditemukan gangguan pada toilet di kereta Eksa-1 (K109605). KA 7008 diberangkatkan dari stasiun Madiun pada pukul 10:33. Selepas stasiun Caruban, Polsuska menerima laporan dari penumpang bahwa terjadi gangguan Pendingin Udara (AC) di kereta Eksa-8 (K108603) dan segera ditindaklanjuti oleh TKA. Setelah melakukan perbaikan AC, TKA kembali menuju kereta pembangkit P06811 untuk melakukan pengecekan rutin.

Saat TKA berada di kereta Eksa-9 (K109607, tepat di depan kereta pembangkit) tiba-tiba terjadi gangguan kelistrikan padam, kemudian TKA bergegas menuju kereta pembangkit P06811. TKA menemukan api kecil dan kepulan asap saat memasuki kereta pembangkit P06811, kemudian TKA bergegas mengambil APAR 3,5 kg yang berada di ruang TKA (bagian belakang kereta pembangkit) serta berusaha memadamkan api tersebut. Usaha TKA memadamkan api belum berhasil, kemudian TKA membuka pintu samping belakang kereta pembangkit P06811 dan bertahan di tempat tersebut hingga memasuki stasiun Nganjuk.

KA 7008 tiba di stasiun Nganjuk pukul 11.10, TKA segera meminta bantuan untuk memadamkan api serta melepas rangkaian kereta penumpang dengan kereta pembangkit P06811. Kepulan asap kebakaran di kereta pembangkit P06811 telah dilihat oleh PPKA stasiun Nganjuk dan Petugas PJJL98 sejak KA 7008 mendekati perlintasan PJJL98. Api berhasil dipadamkan oleh Dinas Pemadam Kebakaran Kabupaten Nganjuk pada tanggal 17 Juni 20018 pukul 11:35 (Situasi kereta pembangkit KA 7008 yang terbakar di emplasemen stasiun Nganjuk dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini).



Sumber: Berbagai Sumber (Diolah)

Gambar 1. Situasi Kebakaran Kereta Pembangkit P06811 Rangkaian KA7008

I.3 PETA LOKASI KECELAKAAN

Gambar berikut ini menunjukkan lokasi kebakaran kereta pembangkit KA 7008 di emplasemen stasiun Nganjuk yang masuk dalam Wilayah Daerah Operasi VII Madiun, Kabupaten Nganjuk, Provinsi Jawa Timur.



Sumber: Google Map (Diolah)

Gambar 2. Lokasi Kebakaran Kereta Pembangkit P06811 Rangkaian KA7008

I.4 AKIBAT KECELAKAAN KERETA API

I.4.1 Dampak Kecelakaan Terhadap Manusia

Tidak ada manusia yang terluka akibat kecelakaan kereta api.

I.4.2 Dampak Kecelakaan Terhadap Prasarana

Tidak ada kerusakan prasarana akibat kecelakaan kereta api.

I.4.3 Dampak Kecelakaan Terhadap Sarana

Kereta pembangkit pada rangkaian KA 7008 mengalami kerusakan pada sebagian badan kereta pembangkit dan kerusakan pada satu *generator sets*.

Tabel 1. Daftar Kerusakan Sarana Perkeretaapian KA 7008

No	Nomor Identitas (Serial Number/Product Identification Number)	Deskripsi
1.	P06811	Kereta pembangkit (mengangkut 1 unit <i>Generator Sets</i>)
3.	CAT00000LSTG00162	<i>Generator Sets</i> - termasuk unit Generator
2.	FFJ 00230	Motor diesel (<i>engine</i>) - bagian dari <i>Generator Sets</i>

Sumber: PT. KAI

I.4.4 Dampak Kecelakaan Terhadap Operasional

Kecelakaan kebakaran kereta pembangkit KA 7008 di emplasemen Stasiun Nganjuk mengakibatkan perjalanan kereta Gajayana Tambahan/Lebaran (KA 7008) harus berjalan tanpa kereta pembangkit hingga stasiun Kertosono serta mengalami keterlambatan sekitar 143 menit (tiba di stasiun akhir, Malang Kota Lama). Beberapa kereta juga tertahan (berhenti luar biasa) di beberapa stasiun, yaitu KA 101 (di stasiun Sukomoro), KA 194 (di stasiun Bagor), KA 7023 (di stasiun Baron) dan KA 94 (di stasiun Wilangan) serta KA 188 yang menarik kereta pembangkit pengganti untuk KA 7008 dari stasiun Madiun hingga stasiun Kertosono.

I.5 INFORMASI PRASARANA

Informasi prasarana perkeretaapian di emplasemen Stasiun Nganjuk adalah sebagai berikut:

- a. Rel : Tipe UIC R.54
- b. Penambat : Elastis tipe Pandrol
- c. Bantalan : Beton
- d. Wesel : Monoblok Elektrik
- e. Stasiun Nganjuk merupakan stasiun kelas 1 yang terletak pada ketinggian +56 m serta memiliki 4 jalur/sepur (jalur 2 dan jalur 3 merupakan jalur lurus).

I.6 INFORMASI SARANA

I.6.1 Informasi Kereta Pembangkit P06811

Kereta pembangkit KA 7008 dengan nomor identitas P06811 (gambar 3) tercatat sebagai armada Dipo Kereta Surabaya Pasar Turi (SBI), dimana wewenang Dipo Kereta SBI untuk melakukan perawatan bulanan, perawatan mingguan serta perawatan rutin lainnya berdasarkan jam-kerja (*working hours*) untuk *Generating Sets*.



Sumber: Dokumentasi (diolah)

Gambar 3. Kereta Pembangkit P06811 Rangkaian KA7008

Pemeriksaan/perawatan harian kereta pembangkit P06811 dilakukan oleh Dipo Kereta Malang dan Dipo Kereta Jakarta apabila kereta tersebut berdinis melayani relasi Jakarta – Malang, terutama pada saat awal dan akhir dinasan. Sedangkan untuk perawatan tahunan (termasuk di dalamnya perbaikan berat) kereta pembangkit P06811 merupakan wewenang Balai Yasa Gubeng (BY-SGU) untuk kereta serta Balai Yasa Yogyakarta (BY-YK) untuk *Generator Set*. Data kereta pembangkit P06811 dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini [1].

Tabel 2. Data Kereta Pembangkit P06811

No	Deskripsi	Keterangan
1.	Tahun Pembuatan	19 Agustus 1968
2.	Nomor Identitas	P06811
3.	Dipo Perawatan	Surabaya Pasar Turi (SBI)
4.	Perawatan 24 Bulan	5 Desember 2017 (Balai Yasa Kereta Gubeng)
5.	Perawatan 48 Bulan	5 Desember 2019 (perawatan yang akan datang)
6.	Berat Kosong	35500 kg

Sumber: PT. KAI

I.6.2 Informasi Engine - Generator Sets C15

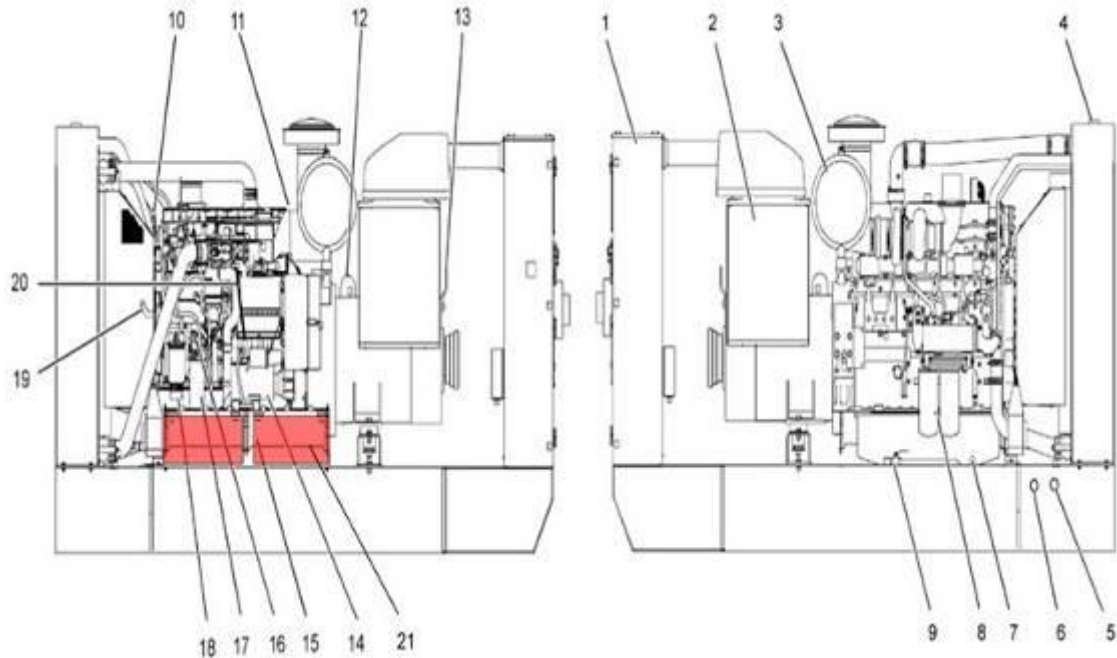
Generator Sets pada kereta pembangkit P06811 KA 7008 menggunakan pemasok tenaga utama berupa *engine* Caterpillar tipe C15. *Engine* Caterpillar tipe C15 adalah *engine* (mesin) dengan fitur - fitur yaitu *electronic engine control*, *direct injection fuel system*, *mechanically actuated electronic unit injectors*, *turbochargers* dan *air-to-air aftercooler*. Sistem penyalaan (*starting system*) *Engine* Caterpillar tipe C15 menggunakan 2 buah *battery*/aki masing-masing 200AH yang dipasang paralel, sehingga memiliki daya 24 Volt. Data *engine* Caterpillar C15 dapat dilihat pada tabel 3 (data diperoleh dari PT. Trakindo Utama selaku distributor utama produk Caterpillar di Indonesia) [2]

Tabel 3. Data *Engine - Generator Sets C15*

No	Deskripsi	Keterangan
1.	Tahun Pembuatan	2009
2.	Nomor Seri	FFJ00230
3.	<i>Type and cycle</i>	<i>Diesel 4 stroke cycle</i>
4.	<i>Cylinders and arrangement</i>	<i>In-line six cylinder</i>
5.	<i>Bore</i>	140 mm (5,5 inch)
6.	<i>Stroke</i>	171 mm (6,7 inch)
7.	<i>Displacement</i>	15,8 liters (964,2 inch ³)
8.	<i>Rated Rotation Per Minute</i>	1500 rpm
9.	<i>Rotation (flywheel end)</i>	<i>Counterclockwise</i>

Sumber: PT. Trakindo Utama

Terkait dengan aspek keselamatan dalam pengoperasian dan perawatan, *engine* Caterpillar C15 dilengkapi sistem kontrol elektronik yang memiliki kemampuan *built-in diagnostics*. Sistem kontrol elektronik tersebut menggunakan tiga tipe komponen elektronik, yaitu *input component*, *control component* dan *output component*. Sedangkan yang dimaksud dengan *input component* yaitu *engine sensor*, *control component* yaitu *integral on board computer* yang disebut dengan *Electronic Control Module* (ECM) serta *output component* yaitu *Unit Injector*. [3] Sistem kontrol elektronik *engine* mengendalikan beberapa aspek yaitu *Engine speed governing*, *Injection timing control*, *Automatic air/fuel ratio control*, *Torque rise shaping* serta *Engine monitoring and protection*. Sistem – sistem operasi pada *Engine* Caterpillar C15 meliputi sistem bahan bakar (*Fuel System*), sistem pemasukan udara dan pengeluaran gas buang (*Air Inlet and Exhaust System*), sistem pelumasan (*Lubrication System*), sistem pendinginan (*Cooling System*), sistem dasar (*Basic Engine*) serta sistem elektrik (*Electrical System*). Ilustrasi komponen-komponen *engine* Caterpillar tipe C15 (sebagai bagian dari *generator sets*) ditunjukkan pada gambar 4 pada halaman selanjutnya. [4]



Sumber: PT. Trakindo Utama (Diolah)

Gambar 4. Ilustrasi *Engine - Generator Sets C15*

Keterangan gambar:

A. Tampak Sisi Kanan

1. *Enclosure for the control panel*
2. *Terminal box for the generator*
3. *Air cleaner*
4. *Radiator cap*
5. *Engine coolant drain*
6. *Engine oil drain*
7. *Engine oil drain plug*
8. *Engine oil filters*
9. *Engine oil drain valve*

B. Tampak Sisi Kiri

10. *Engine lifting eye*
11. *Engine lifting eye*
12. *Lifting eye for generator*
13. *Lifting eye for generator*
14. *Starting motor*
15. *Engine oil cooler*
16. *Fuel priming pump*
17. *Secondary fuel filter*
18. *Fuel filter/water separator*
19. *Oil filler*
20. *Engine oil level gauge*
21. *Lead Acid Battery*

I.6.3 Informasi *Electronic Control Module - Engine*

Sistem kontrol elektronik pada *engine* Caterpillar C15 dilakukan secara bersamaan oleh *Electronic Control Module (ECM)*, *Personality Module* (media penyimpanan *flash file*), *Engine Sensors* dan *Unit Injectors*. ECM akan menerjemahkan sinyal elektrik untuk proses pengendalian/kontrol terhadap kondisi dan kebutuhan optimum operasi *engine*. Keluaran proses dari ECM diteruskan ke *Unit Injector (output component)*, dimana *output component* dapat menggunakan energi elektrik untuk melakukan kerja serta menyediakan informasi yang dibutuhkan untuk pengendalian dan pengoperasian *engine*. Modul ECM *engine* mengendalikan *engine speed* untuk aplikasi pembangkit tenaga listrik pada generator. ECM memiliki kemampuan untuk melakukan diagnosa mandiri (*self-diagnostics*) apabila terjadi kesalahan/kegagalan/gangguan yang berhubungan dengan komponen elektronik pada *engine*. Pengaturan secara elektronik terhadap

alarms dan *shut-off* akan aktif pada kondisi operasi kritis yang terkait dengan *temperatures*, *pressures* dan *speeds*. Apabila terjadi *abnormal condition* dan *system component failure*, ECM akan melakukan komunikasi dengan operator/tenaga perawatan melalui *alarm* berupa *check engine light* dan *diagnostic code display*. Sistem kontrol engine C15 memiliki kemampuan *Fault Logging* di dalam memori ECM. Apabila terjadi kondisi operasi kritis yang terkait dengan *overspeed*, *low engine oil pressure* dan *high engine coolant temperature* maka dapat menyebabkan *engine shutdown* serta diperlukan penanganan lebih lanjut oleh tenaga perawatan yang berkompeten dengan menggunakan *Electronic Service Tool*. [2]

1.6.4 Informasi Generator – Generator Sets

Generator yang digunakan di kereta pembangkit P06811 termasuk generator model 550 (tipe LC5000), dimana generator tersebut memiliki desain *main rotor*, *main exciter* dan *main rectifier* dari generator berada pada satu poros. *Generator sets* tersebut dapat digunakan sebagai *prime power generation* (sumber tenaga utama) ataupun *standby power generation* (sumber tenaga cadangan), dimana data *generator* dapat dilihat pada tabel berikut ini. [5]

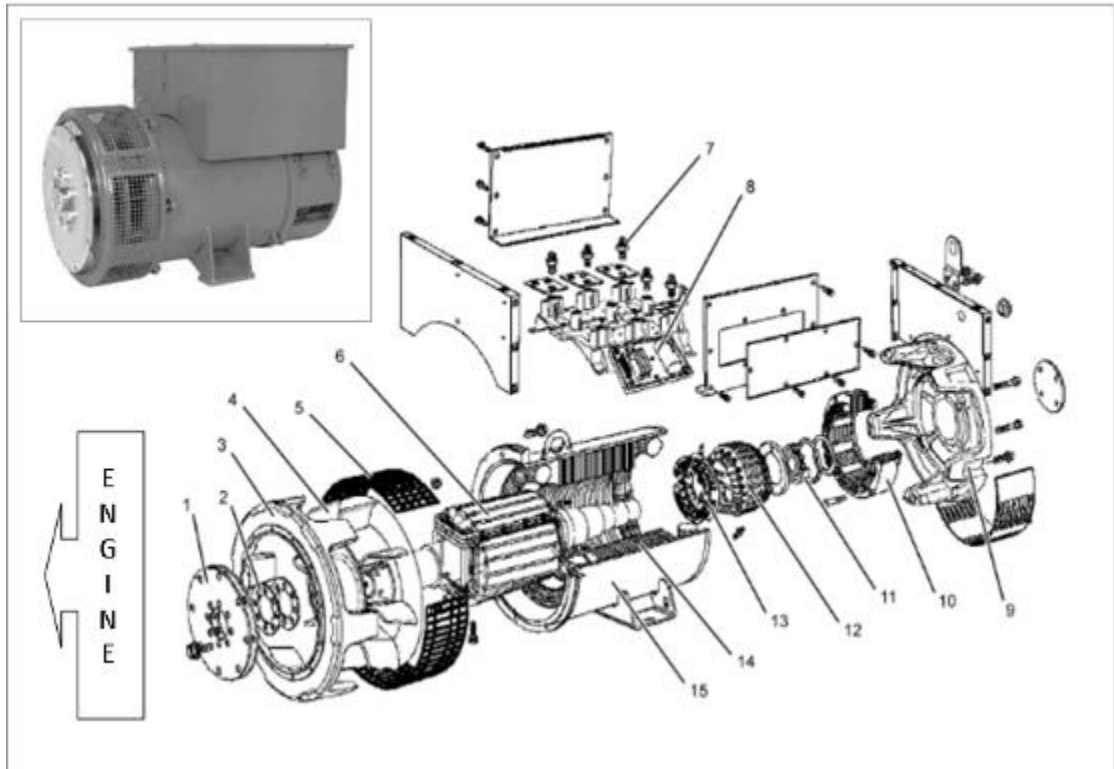
Tabel 4. Data *Generator – Generator Sets*

No	Deskripsi	Keterangan
1.	Tahun Pembuatan	2009
2.	<i>Product Identification Number</i>	CAT00000LSTG00162
3.	Model (Tipe)	550 (LC5000)
4.	<i>Rated Power - Prime</i>	500 kVA (400 kW)
5.	<i>Rated Voltage</i>	380/220 V
6.	<i>Rated Frequency</i>	50 Hz
7.	<i>Phase</i>	3
8.	<i>Mass</i>	4158 Kg
9.	<i>Generator Enclosure</i>	IP 22 (perlindungan dari obyek padat dengan diameter $\geq 12,5$ mm dan tetesan air sampai dengan sudut 15°)
10.	<i>Insulation Class</i>	H (<i>maximum hot spot temperature</i> 180°C)

Sumber: PT. Trakindo Utama

Operasional *generator* berawal saat *engine* menggerakkan *rotor shaft*, sehingga *exciter rotor* dan *main rotor windings* juga akan ikut berputar. Perputaran *rotor shaft* akan menyebabkan *exciter rotor* membangkitkan arus bolak-balik (*Alternating Current - AC*). Komponen *rectifier* mengubah arus AC menjadi arus searah (*Direct Current - DC*). Arus searah (DC) akan menyuplai tenaga ke *main rotor windings* dan selanjutnya akan timbul medan magnet di daerah sekitar kutub *main rotor windings*. Perputaran poros *main rotor* akan mengakibatkan medan magnet ikut berputar dan menginduksi tegangan bolak-balik (*AC voltage*) ke *stationary main stator*, hingga kemudian tegangan dan arus akan mengalir melalui *main stator* menuju ke beban (*load voltage-output*).

Sebuah *Automatic Voltage Regulator* (AVR) secara otomatis akan mengatur arus untuk menjaga tegangan keluaran yang tepat. Ilustrasi komponen-komponen utama *generator* (sebagai bagian dari *generator sets*) ditunjukkan pada gambar berikut ini. [6]



Sumber: PT. Trakindo Utama (Diolah)

Gambar 5. Ilustrasi *Generator – Generator Sets*

Keterangan gambar:

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. <i>Coupling disk</i> | 9. <i>Rear bracket</i> |
| 2. <i>Shims</i> | 10. <i>Exciter stator</i> |
| 3. <i>Flange</i> | 11. <i>Bearing</i> |
| 4. <i>Fan</i> | 12. <i>Exciter rotor</i> |
| 5. <i>Air vent screen</i> | 13. <i>Rotating rectifier</i> |
| 6. <i>Main field (rotor)</i> | 14. <i>Main armature (stator)</i> |
| 7. <i>Connection terminals</i> | 15. <i>Main armature (stator) housing</i> |
| 8. <i>Regulator</i> | * <i>Insert picture:: Generator assembly</i> |

I.6.5 Informasi *Electronic Modular Control Panel – Generator Set*

Caterpillar *Generator Sets C15* dilengkapi dengan teknologi kontrol elektrik untuk pengendalian dan pemantauan *engine-generator*, *power metering* serta *protective relaying*. Data tersebut disimpan di dalam *non-volatile memory* yang tetap dapat dibaca meskipun tidak ada sumber tenaga utama. Sebuah perangkat antarmuka (*interface*) yang disebut dengan *Electronic Modular Control Panel* (EMCP) model 3.2 digunakan untuk memudahkan komunikasi dengan operator/tenaga perawatan. EMCP 3.2 terdiri dari *Electronic Control Module (ECM)* untuk *generator*, modul peringatan (*annunciator module*), panel kontrol/lampu lainnya dan menerima beberapa data dari ECM *engine*.

Modul *EMCP Annunciator* (ALM) berfungsi untuk menampilkan informasi *system events* dan *status conditions* melalui media lampu indikator dan peringatan suara.

Informasi – informasi yang diberikan ECM *engine* ke EMCP 3.2 yaitu *Engine Oil Pressure, Engine Coolant Temperature, Left Exhaust Manifold Temperature, Right Exhaust Manifold Temperature, Intake Manifold Temperature, Oil Temperature, Fuel Pressure, Boost Pressure, Oil Filter Differential Pressure, Fuel Filter Differential Pressure, Air Filter Differential Pressure* dan *Fuel Consumption*. Perangkat antarmuka (*interface*) utama dari EMCP 3.2 adalah komponen *Electronic Control Module (ECM)* untuk *generator* dan *Annunciator Module (ALM)*. ECM – *generator* dan ALM akan menyajikan informasi yang terkait dengan operasi *generator set* kepada operator dan tenaga perawatan. *Display Screen* akan menampilkan informasi yang terkait dengan operasional *generator set* (termasuk *diagnostic codes*) Indikator *Yellow Warning Light* akan menyala berkedip apabila terjadi peringatan aktif yang belum diketahui penyebabnya (*unacknowledged active warning*). Indikator akan menyala konstan (*solid yellow light*) apabila terjadi *acknowledged active warning*. Indikator *Red Shutdown Light* akan menyala apabila terjadi kejadian yang belum diketahui penyebabnya dan dapat menyebabkan menghentikan operasional *generator set* (*unacknowledged shutdown events*). Indikator akan menyala konstan (*solid red light*) apabila terjadi *acknowledged shutdown events*. Setiap terdapat kondisi yang dapat menyebabkan *shutdown events* harus dilakukan reset manual serta penanganan/perbaikan lebih lanjut terhadap permasalahan yang terjadi. [7]

1.6.6 Informasi Pemeliharaan Berkala (Perawatan) *Generator Sets*

Kebakaran kereta pembangkit P06811 KA7008 mengakibatkan dampak kerusakan paling parah pada komponen *Generator Sets*, oleh karena itu investigasi lebih mengutamakan untuk menghimpun data mengenai perawatan *generator sets*. Wewenang perawatan kereta pembangkit serta *generator sets* telah dijelaskan pada sub bab 1.6.1 (lihat halaman 6 laporan ini). *Generator set* yang digunakan pada kereta pembangkit P06811 termasuk dalam kategori sumber daya utama (*prime*). Pedoman perawatan *generator set – prime* yang direkomendasikan oleh pihak Caterpillar mengacu pada *Maintenance Interval Schedule* (Jadwal Interval Perawatan) yang dibagi dalam beberapa kategori yaitu *When Required, Daily, Initial 20 to 40 Service Hours, Every Week, Initial 250 Service Hours, Every 250 Service Hours, Every 250 Service Hours or 6 Months, Every 500 Service Hours or 1 Year, Every 2000 Service Hours or 1 Year, Every Year, Every 3000 Service Hours or 3 Years, Every 4000 Service Hours or 2 Years, Every 4500 Service Hours, Every 12000 Service Hours or 6 Years* serta *Overhaul*. Perawatan dilaksanakan berdasarkan kriteria yang tercapai lebih dahulu antara kriteria *service hours* atau *time period*.

PT. KAI tidak memiliki referensi pedoman pemeliharaan berkala (perawatan) *generator set* Caterpillar secara lengkap yang terdiri dari *Operation and Maintenance Manual, Systems Operation Testing Adjusting Engine, Systems Operation Testing Adjusting Generator, Disassembly and Assembly, Parts Manual* serta *EMCP 3 Manual*. Pedoman perawatan dilakukan berdasarkan materi yang didapatkan melalui *Caterpillar Service Information System*. Terdapat perbedaan acuan interval waktu yang digunakan untuk

pemeliharaan berkala (perawatan) *Generator Sets* yang dilakukan oleh PT. KAI dengan rekomendasi dari pihak Caterpillar, akan tetapi PT. KAI mendapatkan dukungan teknis yang memadai dari PT. Trakindo Utama selaku distributor utama *generator set* Caterpillar di Indonesia. Data pemeriksaan serta perawatan (riwayat perawatan rutin/terjadwal atau pemeliharaan berkala dan riwayat gangguan) yang dilakukan oleh Balai Yasa Yogyakarta (BYYK), Dipo Kereta Surabaya Pasar Turi (SBI) dan Dipo Kereta Malang (ML) dapat dilihat pada tabel 3 (*keterangan: Pemeriksaan Harian merupakan pemeriksaan yang dilakukan oleh TKA Dipo Kereta ML pada saat kecelakaan kebakaran, dimana lembar pemeriksaan harian pada saat kejadian hilang, termasuk riwayat pemeriksaan oleh TKA sebelumnya sejak saat kereta KA 7008 berangkat dari stasiun Gambir - Jakarta pada 16 Juni 2018). [8]

Tabel 5. Pemeliharaan Berkala (Perawatan) *Generator Sets*

No	Jenis Kegiatan, Pelaksana dan Waktu	Keterangan
1.	Pemeriksaan BYYK 31 Januari 2017	Penggantian baterai/aki 200AH (baru). Pemeliharaan Berkala/terjadwal sesuai dengan manual.
2.	Pemeriksaan 300 Jam Dipo Kereta SBI 21 Januari 2018	Pemeliharaan Berkala/terjadwal sesuai dengan manual. (HM 12271)
3.	Pemeriksaan 600 Jam Dipo Kereta SBI 25 Februari 2018	Pemeliharaan Berkala/terjadwal sesuai dengan manual. (HM 12571)
4.	Pemeriksaan PB BYYK 19 - 29 Maret 2018	PB gngguan “Turbo membara”. Pekerjaan: a. 19 Maret : Pemeriksaan Gol Perangkat Tukar b. 20 Maret : Pemeriksaan Gol Rangka Bawah c. 21-29 Maret : - Pemasangan injector no.1 (baru) - Pemeriksaan Gol Rangka Atas - <i>Load Test</i> - <i>Final Check</i>
5.	Pemeriksaan 300 Jam Dipo Kereta SBI 24 April 2018	Pemeliharaan Berkala/terjadwal sesuai dengan manual. (HM 13094)
6.	Pemeriksaan 3600 Jam Dipo Kereta SBI 24 Mei 2018	Pemeliharaan Berkala/terjadwal sesuai dengan manual. (HM 13527)
7.	Pemeriksaan Harian Dipo Kereta ML 17 Juni 2018*	Pemeliharaan Berkala/terjadwal sebelum dan saat operasi yang dilakukan oleh Teknisi Kereta Api (TKA).

Sumber: PT. KAI

I.7 INFORMASI OPERASI KERETA API

Kereta KA 7008 Gajayana Tambahan/Lebaran berangkat dari Stasiun Gambir Jakarta pada 16 Juni 2018 pukul 23.00 dengan susunan Lokomotif CC2061375, K109695 (kereta penumpang), K109523, K109907, K109608, M108206 (kereta makan), K109604, K109524, K108402, K108603, K109607 dan P06811 (kereta pembangkit). Perjalanan KA 7008 dari stasiun Madiun hingga stasiun Kertosono pada tanggal 17 Juni 2018 dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 6. Realisasi perjalanan KA 7008

No	Stasiun	Datang	Berangkat	Keterangan
1	Madiun	10.22	10.32	Kondisi rangkaian normal.
2	Nganjuk	11.10	11.42	Pelepasan kereta pembangkit P06811 dari rangkaian dan pemadaman api, kemudian melanjutkan perjalanan tanpa kereta pembangkit.
3	Kertosono	12.06	14.07	Menunggu kereta pembangkit pengganti dan melanjutkan perjalanan menuju stasiun Malang.

Sumber: PT. KAI

I.8 INFORMASI PETUGAS

Data awak sarana yang bertugas di rangkaian KA 7008 Gajayana Tambahan adalah sebagai berikut:

- a. Masinis
 - Umur : 39 tahun
 - Pendidikan Formal Terakhir : SMK
 - Mulai Bekerja : Tahun 2001
 - Pendidikan Fungsional : DF 3 Masinis
 - Surat Tanda Kecakapan : ASP.210679.01715
- b. Asisten Masinis
 - Umur : 31 tahun
 - Pendidikan Formal Terakhir : SMK
 - Mulai Bekerja : Tahun 2007
 - Pendidikan Fungsional : DF 3 Masinis
 - Surat Tanda Kecakapan : ASP.010287.00723
- c. Kondaktur
 - Umur : 28 tahun
 - Mulai Bekerja : Tahun 2009
 - Pendidikan Formal Terakhir : SMA
 - Pendidikan Fungsional : L.4
 - Surat Tanda Kecakapan : -
- d. Teknisi Kereta Api
 - Umur : 21 tahun
 - Mulai Bekerja : Tahun 2017
 - Pendidikan Formal Terakhir : SMK
 - Pendidikan Fungsional : T.2 Kereta
 - Surat Tanda Kecakapan : -

- e. Petugas Pengawalan 1
 Umur : 48 tahun
 Mulai Bekerja : Tahun 2015
 Pendidikan Formal Terakhir : SMA
 Pendidikan Fungsional : Pendidikan Polsuska
 Surat Tanda Kecakapan : -
- f. Petugas Pengawalan 2
 Umur : 23 tahun
 Mulai Bekerja : Tahun 2013
 Pendidikan Formal Terakhir : SMA
 Pendidikan Fungsional : Pendidikan Polsuska
 Surat Tanda Kecakapan : -

Pengaturan waktu kerja awak sarana KA 7008 pada 17 Juni 2018 (saat kejadian) yaitu Kondektur mulai dinas pada rangkaian kereta di lintas Solo-Malang (SLO-ML), Masinis, Asisten Masinis serta Polsuska (Pengawalan) mulai dinas pada rangkaian kereta di lintas Madiun-Malang (MN-ML) Sedangkan TKA mulai dinas pada rangkaian kereta di lintas Yogyakarta-Malang (YK-ML) mulai pukul 7.30 serta sebelumnya dinas pada rangkaian kereta di lintas ML-YK pada 16 Juni 2018 mulai pukul 19.45 (tiba di YK pada 17 Juni 2018 pukul 03.00). TKA yang berdinas pada suatu rangkaian kereta hanya berjumlah 1 (satu) orang dengan tanggungjawab melakukan pemeriksaan dan perbaikan apabila terdapat gangguan teknis pada rangkaian kereta.

I.9 INFORMASI DAMPAK KERUSAKAN

Dampak kerusakan akibat kebakaran kereta pembangkit P06811 pada rangkaian KA 7008 Gajayana Tambahan/Lebaran hanya terjadi pada sarana perkeretaapian dengan uraian berikut ini (skema dampak kerusakan dapat dilihat pada lampiran).

1. Kerusakan yang terjadi pada badan kereta pembangkit P06811.



Sumber: PT. KAI (diolah)

Gambar 6. Kerusakan Badan Kereta Pembangkit - Bagian Luar



Sumber: Dokumentasi

Gambar 7. Kerusakan Badan Kereta Pembangkit - Bagian Dalam

2. Kerusakan yang terjadi pada *Generator Set Caterpillar*.



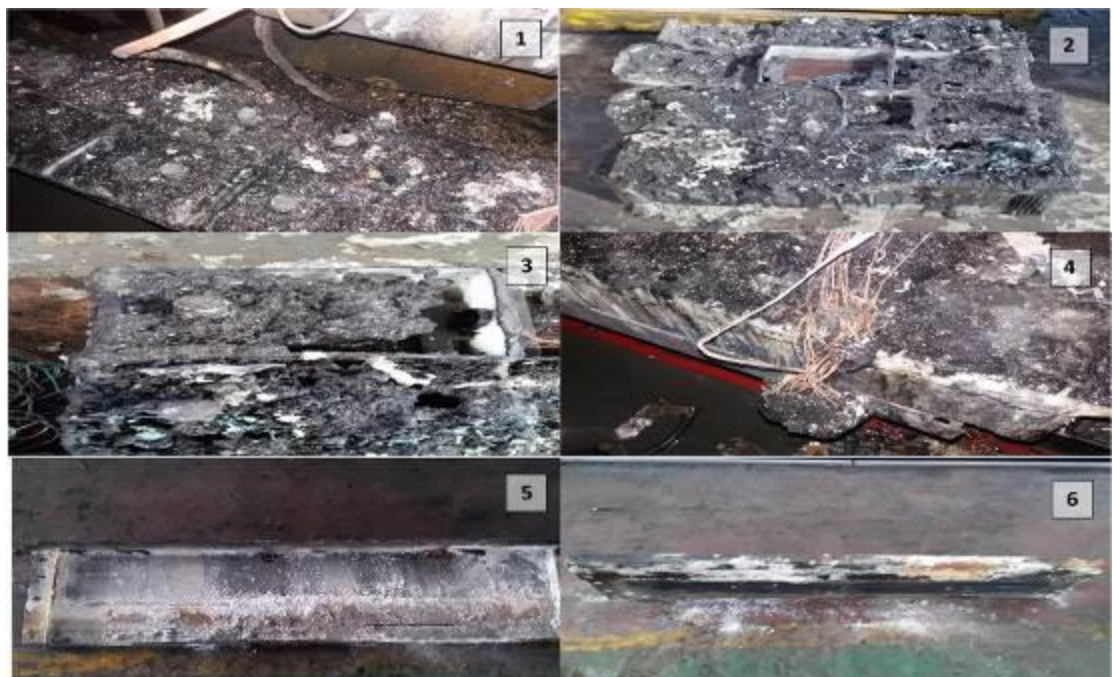
Sumber: Dokumentasi

Gambar 8. Kerusakan *Filter – Primary Fuel, Secondary Fuel & Oil*



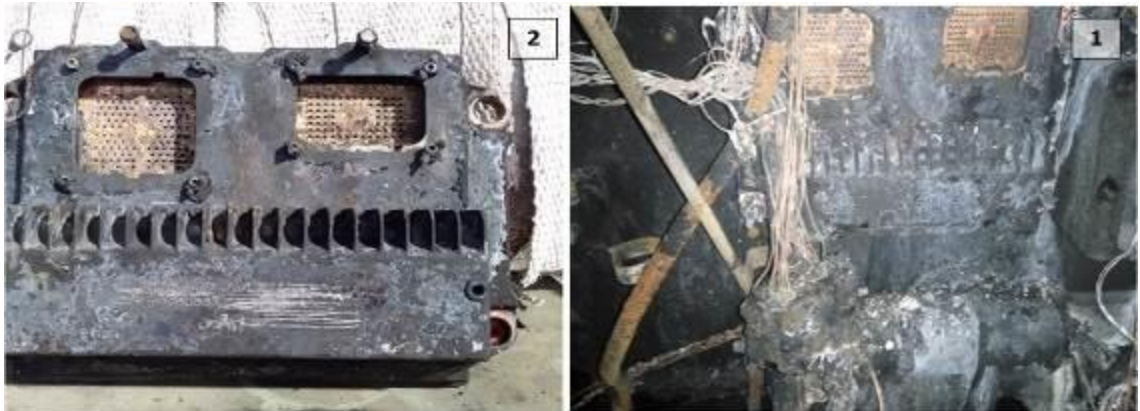
Sumber: Dokumentasi

Gambar 9. Kerusakan Komponen pada *Engine*



Sumber: Dokumentasi

Gambar 10. Kerusakan Komponen *Battery*



Sumber: Dokumentasi

Gambar 11. Kerusakan *ECM Engine*



Sumber: Dokumentasi

Gambar 12. Kerusakan Komponen pada *Generator*

I.10 INFORMASI MANAJEMEN DAN ORGANISASI

I.10.1 Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan

Kementerian Perhubungan melalui Direktorat Jenderal Perkeretaapian (selanjutnya disebut dengan DJKA) merupakan badan regulator yang bertugas untuk mengatur, mengendalikan dan mengawasi penyelenggaraan perkeretaapian di wilayah Republik Indonesia. Terkait dengan kecelakaan kebakaran kereta KA7008, DJKA telah mengatur ketentuan sebagai acuan untuk menjamin keselamatan demi menghindari resiko kecelakaan perkeretaapian melalui Peraturan Menteri Perhubungan nomor PM 24 tahun 2015 tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian [9]. Hal terkait kebakaran pada sarana perkeretaapian yang diatur diantaranya adalah Alat Pemadam Api Ringan atau APAR (meliputi jenis, jumlah, persyaratan dan penempatan/pemasangan), Palu Pemecah Kaca (meliputi jumlah, persyaratan dan penempatan/pemasangan), Jendela Darurat (meliputi jenis dan persyaratan), Petunjuk Keselamatan (meliputi persyaratan dan penempatan) dan Simulasi Keadaan Darurat (diwajibkan untuk melaksanakan simulasi di dalam kereta minimal 1 (satu) kali dalam 1 tahun).

I.10.2 PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

PT. Kereta Api Indonesia (selanjutnya disebut dengan PT. KAI) merupakan Badan Usaha Milik Negara yang diberikan tugas oleh Pemerintah Republik Indonesia untuk menyelenggarakan transportasi perkeretaapian (sebagai penyelenggara sarana dan prasarana). Terkait dengan kecelakaan kebakaran kereta KA7008, PT. KAI telah memenuhi sebagian persyaratan minimal keselamatan perkeretaapian sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan nomor PM 24 tahun 2015 tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian, terutama dalam hal pemenuhan Alat Pemadam Api Ringan atau APAR di dalam kereta pembangkit (telah tersedia 1 tabung APAR 4,5 kg jenis *Dry Chemical*). Dalam hal pelaksanaan simulasi keadaan darurat, PT. KAI belum memberikan dokumentasi terkait pada saat investigasi dilakukan. PT. KAI berusaha melakukan pengaturan personil dan jam kerja dilakukan dengan mempertimbangkan beban kerja, jenis pekerjaan serta kondisi operasional di lapangan.

I.11 INVESTIGASI KEBAKARAN

Investigasi kebakaran sebaiknya dilakukan secepatnya untuk memastikan tidak banyak faktor tempat kejadian kebakaran yang berubah dari kondisi asal setelah kebakaran, namun dengan tetap mempertimbangkan faktor keselamatan [10]. Hal paling penting dalam investigasi kebakaran adalah menemukan *Fire Origin* (titik asal kebakaran) dan *Fire Cause* (penyebab terjadinya kebakaran), sehingga didapatkan gambaran perkembangan api beserta efek kebakaran berdasarkan data dan teori yang ada untuk menentukan tindakan mitigasi resiko agar kejadian kebakaran tidak terulang. Kebakaran terkadang menimbulkan kerusakan yang sangat parah atau tempat kejadian sudah berubah dari kondisi asal (setelah kebakaran), sehingga akan semakin sulit untuk menentukan *Fire Origin* dan *Fire Cause*.

Metode ilmiah yang disarankan oleh *National Fire Protection Association* dalam melakukan investigasi kebakaran adalah melalui beberapa tahapan. Tahap ke-1 adalah "*Recognize the Need*", yaitu mengenali permasalahan yang ada sehingga terjadi

kebakaran. Tahap ke-2 adalah “*Define the Problem*”, yaitu menentukan penyebab timbulnya permasalahan terutama menentukan *Fire Origin* dan *Fire Cause*. Tahap ke-3 adalah “*Collect Data*”, yaitu pengumpulan data dengan melakukan pengamatan dan penyelidikan terhadap peralatan/obyek beserta tempat kejadian kebakaran (termasuk pengumpulan bukti fisik dan dokumentasi berupa foto atau video), wawancara saksi, penelusuran bukti/dokumen yang terkait (dapat berupa data perawatan, data spesifikasi teknis dan sebagainya) serta penelaahan referensi terkait *Fire Science* dan kejadian kebakaran yang pernah terjadi. Tahap ke-4 adalah “*Analyze the Data*”, yaitu melakukan analisa menggunakan metode ilmiah seperti metode pola jejak api (*Fire Pattern*) atau pola kerusakan (*Damage Pattern*) atau metode *Fire Dynamics and Modelling* atau melakukan penelitian lebih lanjut di laboratorium atau metode ilmiah lainnya serta melakukan evaluasi berdasarkan referensi terkait *Fire Science*. Tahap ke-5 adalah “*Develop Hypotheses*”, yaitu mengembangkan hipotesis (berdasarkan hasil analisa dan teori) yang merupakan jawaban sementara terhadap suatu permasalahan dan harus diuji kebenarannya. Tahap ke-6 adalah “*Test the Hypotheses*”, yaitu melakukan pengujian kebenaran terhadap hipotesis berdasarkan bukti/fakta dan teori referensi terkait *Fire Science*. Apabila terdapat dua (atau lebih) hipotesis tentang *Fire Origin* dan atau *Fire Cause* serta keduanya tidak dapat dibuktikan salah, maka tahapan investigasi harus kembali ke tahapan sebelumnya (tahap 3, tahap 4 dan atau tahap 5) atau melanjutkan ke tahap berikutnya. Tahap ke-7 adalah “*Select Final Hypotheses*”, yaitu menentukan hipotesis akhir yang merupakan kesimpulan hasil investigasi, dalam hal ini kesimpulan tidak bersifat absolut (pasti). Apabila masih terdapat dua (atau lebih) hipotesis serta keduanya tidak dapat dibuktikan salah, maka *level of certainty/confidence* (tingkat kepastian atau kepercayaan) hipotesis dapat dikurangi menjadi “*possible* (mungkin)” atau “*suspected* (diduga)” serta kesimpulan investigasi harus “*undetermined*” atau “belum dapat ditentukan” [11].

I.11.1 Kejadian Kebakaran

Uraian berikut ini merupakan rangkaian peristiwa terkait dengan kebakaran yang disusun berdasarkan keterangan saksi-saksi, terutama Teknisi Kereta Api (TKA), Kondektur, Asisten Masinis, Petugas Penjaga Perlindungan JPL99 (km 121+900), Petugas Penjaga Perlindungan JPL98 (km 119+119), Petugas Pengatur Perjalanan Kereta Api (PPKA) Stasiun Nganjuk (km 118+842) dan saksi-saksi lainnya.

Rangkaian KA7008 Gajayana Tambahan/Lebaran berangkat dari stasiun Madiun (km 165+783), TKA melakukan pemeriksaan *generator sets* serta dinyatakan dalam kondisi baik dan normal (pukul 10.32.)

KA7008 telah melewati stasiun Bagor (km 125+230) serta pada saat hampir bersamaan Asisten Masinis menengok ke belakang kearah rangkaian sesuai SOP dan menyatakan kondisi rangkaian (termasuk kereta pembangkit) masih aman. Hal tersebut diperkuat dengan keterangan Petugas Penjaga Perlindungan yang menyatakan tidak melihat kepulan asap atau indikasi kebakaran di kereta pembangkit P06811 saat rangkaian KA 7008 melintasi Perlindungan JPL99 (km 121+900) (pukul **11.04**).

Kondektur KA7008 menyatakan pada saat itu akan mengumumkan informasi bagi penumpang yang akan turun di stasiun Nganjuk (km 118+842), namun sistem

announcer dan kelistrikan lain tidak berfungsi (*off*). Kondektur kemudian mencoba menghubungi TKA melalui telepon genggam, tetapi tidak berhasil terhubung. Pada yang hampir saat bersamaan TKA sedang berada di kereta Eksa 9 (tepat di depan kereta pembangkit P06811) dan bergegas menuju kereta pembangkit karena mengetahui kelistrikan padam. Saat memasuki kereta pembangkit, TKA melihat kepulan asap di langit-langit/bagian atap ruangan kereta dan melihat api di lantai dekat baterai/aki (gambar 13, daerah yang ditunjukkan dengan “tanda panah” dan “lingkaran”) serta kondisi *engine* dan *generator* sudah dalam keadaan tidak beroperasi (*off*). TKA segera berlari ke ruangan panel (bagian belakang kereta pembangkit) untuk mengambil Alat Pemadam Api Ringan (APAR) 3,5 kg tipe *dry chemical* dan berusaha untuk memadamkan api tersebut. Usaha TKA tidak berhasil dan kondisi semakin memburuk (terutama asap semakin tebal, sehingga jarak pandang terganggu dan susah bernafas), kemudian TKA membuka pintu sisi kanan belakang kereta pembangkit sambil berpegangan pada pegangan di badan kereta. Hal ini diperkuat dengan keterangan JPL98 (km 119+119) yang menyaksikan kejadian tersebut serta menyatakan melihat kepulan asap sejak kereta melintas di daerah sekitar jembatan BH300 (km 119+462). Petugas tersebut juga menyatakan bahwa ada seseorang (masyarakat di sekitar jembatan BH300) yang memberikan informasi tentang kepulan asap dari kereta pembangkit P06811 saat melintasi jembatan BH300 (pukul **11.08**).



Sumber: Dokumentasi (Diolah)

Gambar 13. Lokasi Api Berdasarkan Keterangan Saksi TKA

KA7008 tiba di jalur 2 emplasemen stasiun Nganjuk (km 118+842), TKA meminta bantuan kepada awak sarana lainnya dan petugas di stasiun untuk memadamkan api. Selanjutnya TKA masuk kembali ke ruang panel di kereta pembangkit P06811 untuk mengambil tas peralatan (lihat gambar 14). Setelah mengambil peralatan, TKA melakukan pelepasan perangkat sambungan kereta pembangkit P06811 dengan kereta Eksa 9 (K109607) pada rangkaian KA 7008 (lihat gambar 15, detail pelepasan pada nomor 3 – 6). Sementara petugas PT. KAI lainnya berusaha untuk memadamkan api dengan menggunakan APAR, namun usaha pemadaman belum berhasil (pukul **11.10**.)



Sumber: Berbagai Sumber (Diolah)

Gambar 14. TKA Saat Keluar Kereta Pembangkit P06811



Sumber: Berbagai Sumber (Diolah)

Gambar 15. Situasi Pelepasan Perangkat Sambungan Kereta Pembangkit P06811

Petugas PPKA stasiun Nganjuk mencoba menghubungi Dinas Kebakaran Kabupaten Nganjuk tetapi tidak berhasil, sehingga melaporkan hal tersebut kepada Pusat Pengendalian Operasi PT. KAI di Madiun. Selanjutnya petugas Pusat Pengendalian Operasi menindaklanjuti dan berhasil menghubungi Dinas Kebakaran Kabupaten

Nganjuk, sementara petugas PT. KAI lainnya berusaha memadamkan kebakaran kereta pembangkit P06811 dengan menggunakan APAR (lihat gambar 16) (pukul 11.12.)



Sumber: Berbagai Sumber (Diolah)

Gambar 16. Upaya Pemadaman oleh Petugas PT. KAI

1 (satu) unit Truk Pemadam milik Dinas Kebakaran Kabupaten Nganjuk tiba di stasiun Nganjuk (km 118+842) dan segera berusaha untuk memadamkan api di kereta pembangkit P06811 rangkaian KA7008 yang berada di jalur 2 emplasemen stasiun (gambar 17) (pukul 11.20).



Sumber: Berbagai Sumber (Diolah)

Gambar 17. Upaya Pemadaman oleh Petugas Dinas Kebakaran

Dinas Kebakaran Kabupaten Nganjuk berhasil memadamkan api dan melakukan pendinginan kereta pembangkit P06811 yang berada di jalur 2 emplasemen stasiun (pukul **11.35**).

KA7008 melanjutkan perjalanan menuju stasiun Kertosono tanpa kereta pembangkit P06811 (yang berada di jalur 2 emplasemen stasiun Nganjuk) (pukul 11.42.)

I.11.2 Perlindungan Kebakaran (*Fire Protection*)

Beberapa bentuk perlindungan kebakaran (*Fire Protection*) pada kereta pembangkit P06811 diantaranya adalah perlindungan *hot surface area* dengan menggunakan material *fire retardant* (material yang memiliki dapat memperlambat penyebaran api) serta tersedia alat pemadam kebakaran yaitu berupa 1 (satu) tabung Alat Pemadam Kebakaran Ringan (APAR) dengan jenis *Dry Chemical* ukuran 3,5 kilogram.



Sumber: Dokumentasi

Gambar 18. Perlindungan *Hot Surface Area*

Investigasi menemukan perbedaan alat pemadam yang terdapat pada kereta pembangkit lain yang memiliki tipe *generator set* yang sama, yaitu *Caterpillar Generatos Sets C15*. Alat pemadam kebakaran yang tersedia di kereta pembangkit lain tersebut menggunakan tabung pemadam kebakaran tipe *Dry Chemical (powder)* dengan kapasitas yang lebih besar serta dilengkapi dengan selang pemadam kebakaran.



Sumber: Dokumentasi

Gambar 19. Alat Pemadam Kebakaran di Kereta Pembangkit Lain

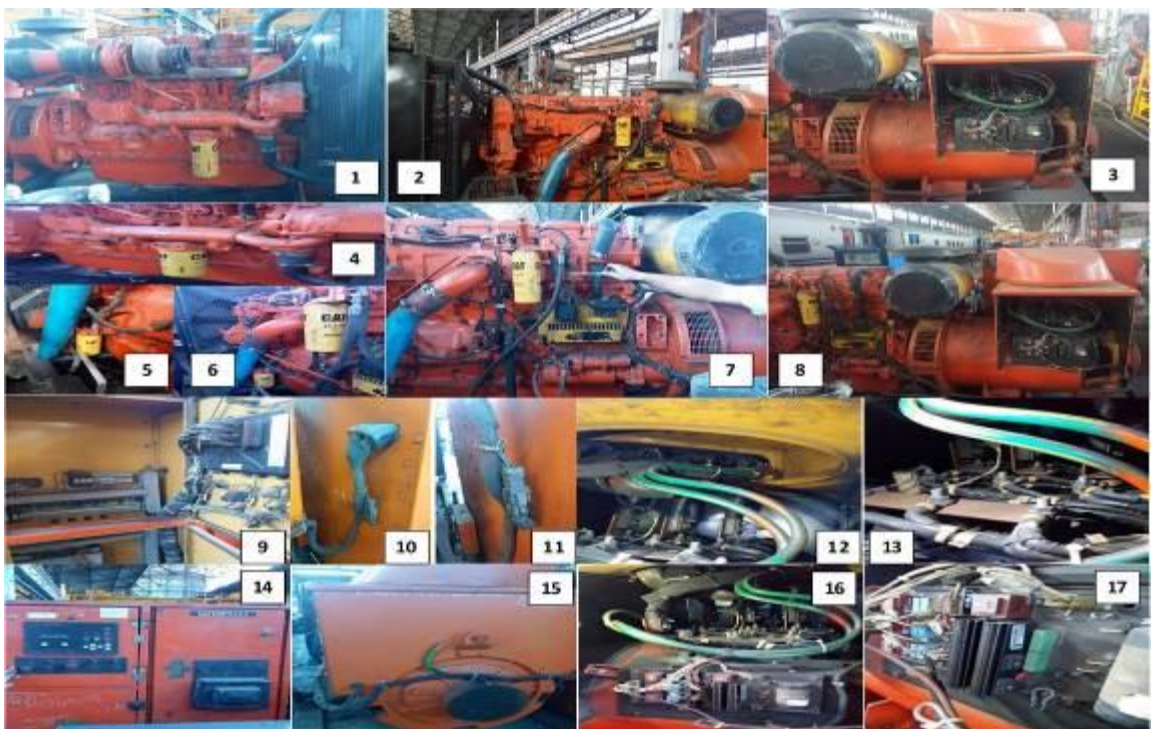
I.11.3 Kereta Pembangkit Lain dengan Generator Sets C15

PT. KAI memiliki beberapa *generator sets* Caterpillar C15 (tipe sama dengan *generator sets* di kereta pembangkit P06811 yang terbakar), diantaranya 1 (unit) beroperasi dengan lokasi di Dipo Kereta Surabaya Pasar Turi Sbi (gambar 20) dan 1 (unit) dalam perbaikan di Balai Yasa Yogyakarta (gambar 21). Kedua unit tersebut sangat berguna sebagai acuan pembanding kondisi sebelum kejadian kebakaran.



Sumber: Dokumentasi

Gambar 20. *Generator Sets* Caterpillar C15 di Dipo SBI



Sumber: Dokumentasi

Gambar 21. *Generator Sets* Caterpillar C15 di BYYK

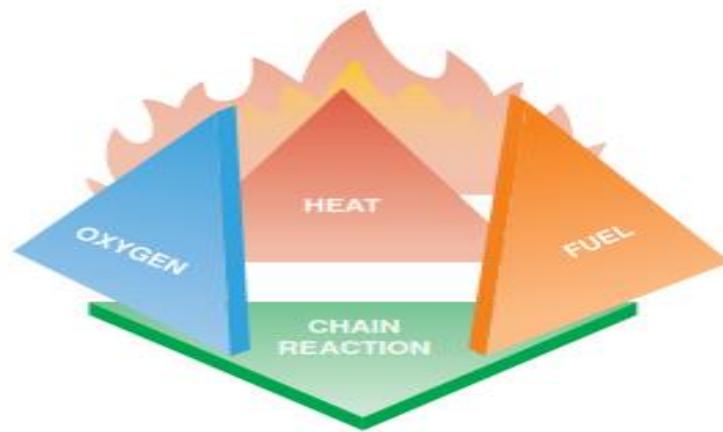
II. ANALISIS

II.1 BASIC FIRE SCIENCE

Definisi kebakaran (*fire*) menurut adalah sebuah proses oksidasi cepat (*rapid oxidation*) atau proses pembakaran (*combustion*) sesuatu melalui reaksi kimia eksotermis (*exothermic chemical reaction*) pada tingkat tertentu yang menghasilkan panas, cahaya dan produk pembakaran lain (asap, jelaga, dan lainnya) dengan intensitas tertentu [10]. Kebakaran terjadi pada kondisi dimana terdapat semua unsur-unsur yang terdiri atas:

1. Material yang dapat terbakar atau bahan bakar (*combustible fuel*)
Sebagian besar bahan bakar (*fuel*) adalah zat organik berbasis karbon dan mungkin mengandung unsur-unsur seperti hidrogen, oksigen, dan nitrogen dalam berbagai rasio. Sifat mudah terbakar ini sangat dipengaruhi oleh *flashing point* dan bentuk fisik (*Solid*, *Liquid* dan *Gases*) suhu penyalaan dan daerah yang bisa terbakar. Contoh bahan bakar adalah solar, bensin, kayu, plastik dan gas alam.
2. Oksidator dengan kuantitas yang cukup (*an oxidizer in sufficient quantity*)
Natural oxidizers (Pengoksidasi alami) adalah oksigen dari udara (porsi volume oksigen di atmosfer sebesar 21%), dimana ketika konsentrasi oksigen di udara kurang dari 15% di sekitar nyala api akan menyebabkan laju pembakaran menurun dan nyala api akan padam. Oksigen juga berada pada berbagai bahan bakar, sehingga bahan bakar ini mendukung terjadinya pembakaran. Selain natural oxidizers terdapat juga *chemical oxidizers* diantaranya *hydrogen peroxide* (H_2O_2).
3. Energi sarana penyalaan berupa panas (*energy as some means of ignition/heat*)
Panas yang menimbulkan uap bahan bakar akan memicu penyalaan (*ignition*) serta bereaksi dengan oksigen, kemudian menyebabkan pertumbuhan api serta penyebaran api. Contoh sumber panas antara lain adalah panas matahari, permukaan yang panas (*hot surface*), nyala terbuka, gesekan, energi listrik, percikan api listrik, gas yang dikompresi atau api las potong.
4. Terjadi reaksi berantai yang berkelanjutan (*self-sustaining chain reaction*)
Self-sustaining chain reaction dapat berawal dari api yang telah muncul kemudian menghasilkan kelebihan panas yang memancar kembali, selanjutnya diserap bahan bakar atau benda di sekitarnya untuk menghasilkan uap dan menyebabkan penyalaan tanpa adanya sumber pengapian asli.

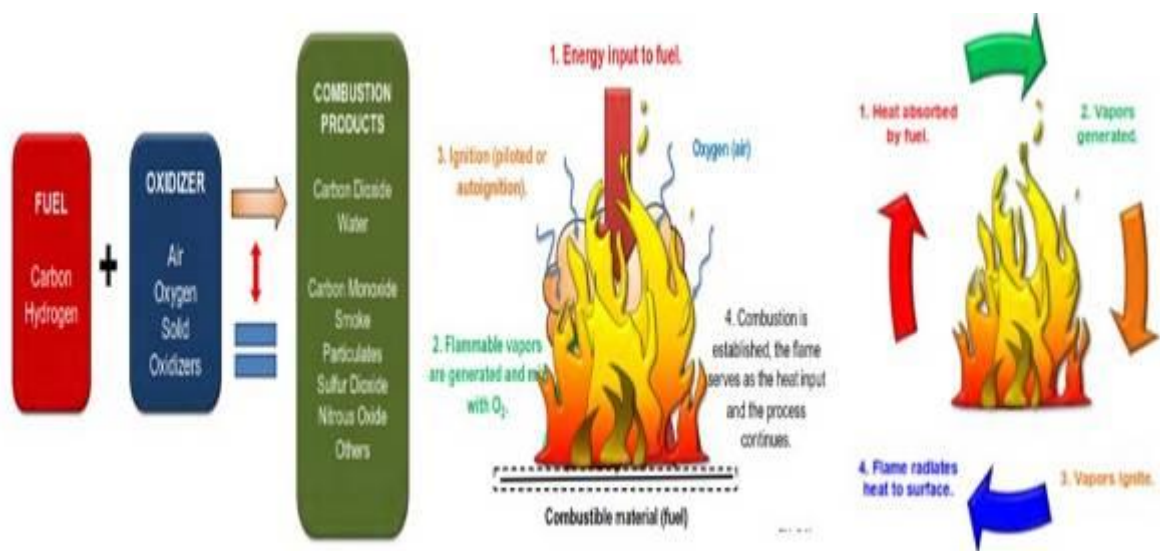
Ketiga unsur pertama yang disebutkan dalam uraian di atas dikenal dengan istilah segi tiga api atau *fire triangle* (*fuel*, *oxidizer* dan *heat*). Kebakaran akan terus terjadi apabila terdapat unsur *fire triangle* serta terjadi *self-sustaining chain reaction*, dimana proses tersebut dikenal dengan istilah *fire tetrahedron* [11] (lihat gambar 22). Semua materi dapat berada pada fase/bentuk padat (*solid*), cair (*liquid*) dan gas, bergantung pada *temperature* dan *pressure* serta dapat berubah karena kondisi yang bervariasi. Beberapa gas tertentu dapat membentuk campuran yang mudah terbakar di atmosfer selain udara atau oksigen, contohnya adalah campuran gas hidrogen.



Sumber: Kirk's Fire Investigation

Gambar 22. *Fire Tetrahedron*

Terdapat dua tipe *combustion* (pembakaran) yaitu *flaming* (nyala api) dan *smoldering* (bara api), dimana *flaming combustion* merupakan tipe yang umum pada kejadian kebakaran. *Flaming combustion* merupakan produk dari reaksi gas, dimana proses *combustion* dengan bahan bakar cair dan sebagian besar bahan bakar padat sebenarnya terjadi pada saat bahan bakar telah menjadi uap (*vapor*), yaitu daerah di atas permukaan bahan bakar yang dipengaruhi oleh panas [12]. *Combustion Reaction and Cycle* ditunjukkan pada gambar 23 berikut ini.



Sumber: USFA FEMA

Gambar 23. *Combustion Reaction and Cycle*

Sumber utama oksigen selalu tersedia di udara sekitar kereta, yaitu melalui ventilasi (yang berfungsi juga untuk membantu pendinginan dan pertukaran oksigen) di ruangan generator-set di dalam kereta pembangkit P06811. Ventilasi juga memainkan peranan yang sangat penting dalam perkembangan api, terutama pada kejadian kebakaran di ruangan yang tertutup. Sistem ventilasi pada kereta pembangkit terdiri dari sistem ventilasi natural/alami (contoh melalui pintu dan jendela) serta sistem ventilasi yang dikontrol/mekanikal (terdapat *exhaust fan* pada bagian atap kereta).

Sumber bahan bakar (*fuel*) di kereta pembangkit P06811 terdapat pada *fuel system* (solar di dalam *fuel filter/ piping/hose*), *lubricating system* (contoh berupa *engine oil* di dalam *oil filter/piping/hose*), *battery* (berupa gas hydrogen dan *material casing*), *cooling system* (*coolant*), *bearing di exciter generator* (*grease*) serta *combustible material* lainnya seperti *plastic cover/penutup*. Solar (*diesel fuel*) memiliki *flashing point* 38-62°C, AIT 254-260°C, *initial boiling point* 254-260°C, final boiling point 254-260°C, LFL 0,4 %, UFL 7 % serta *specific gravity* 5-6. *Engine/motor oil* memiliki *flashing point* 200-280°C, AIT 340-360°C, *initial boiling point* 299-333°C, final boiling point 472-513°C, LFL 1 %, UFL 7 % serta *specific gravity* 5-6. Gas hydrogen memiliki AIT 400-572°C, *boiling point* -253°C, LFL 4 %, UFL 75 % serta *specific gravity* 0,07. Sedangkan properti *combustible material* lainnya ditunjukkan pada tabel 7 [10].

Tabel 7. *Common Plastics*

Material	Ignition Temperature		Melting Temperature		ΔH_c kJ/g	Peak Heat Release Rate kW/m ²	Location in Vehicle
	°C	°F	°C	°F			
Acrylic fibers	560	1040	90-105	194-221	28	300	Floor covering
ABS	410	770	88-125	190-257	29	614-683	Body panels
Fiberglass (polyester resin)	560	1040	428-500	802-932			Resin burns but not glass body panels
Nylons	413-500	775-932	220-265	428-509	28	517-593	Trim, window gears, timing gears, HVAC unit, structure
Polycarbonate	440-522	824-972	265	510	22	16	Instrument panel, structure, headlights
Polyethylene	270-443	518-830	115-137	240-280	40	453-913	Wiring insulation, fuel tank, battery cover
Polypropylene	250-443	482-829	160-176	320-350	43	377-1170	Resonator, structure, air ducts, HVAC unit, battery cover
Polystyrene	346-365	655-689	120-240	248-465	36	723	Insulation, padding, trim
Polyurethanes	271-378	520-712	120-160	248-320	18	290	Seats, arm rests, padding, trim
Vinyl (PVC)	250-430	482-806	75-105	167-221	11	40-102	Wire insulation, upholstery, HVAC unit, bulkhead insulation

Sumber: NFPA 921

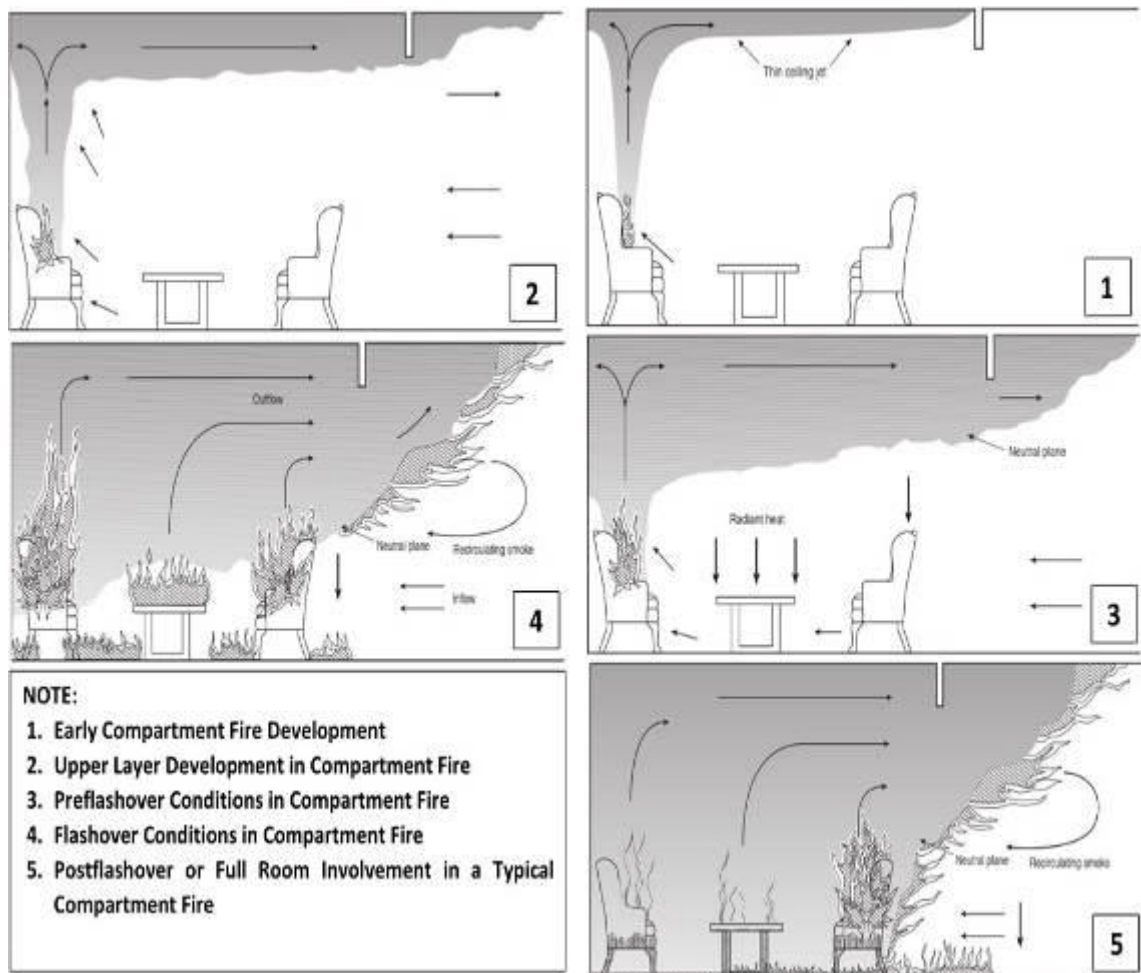
Sumber energi panas (*heat*) sebagai sarana *ignition* di kereta pembangkit P06811 terdapat pada *hot surface* (contoh *turbocharger, exhaust system - exhaust manifold/tail pipe*), *starting system* (contoh *starting motor/cable*), *charging system* (contoh *alternator/cable*), *control system* (contoh *ECM/EMCP/sensor*), *ignition system, battery, mechanical friction, komponen generator, electrical system* lainnya, *open flame* dan sumber panas lainnya. Suhu permukaan panas seperti *turbocharger* dan *exhaust system* pada saat operasi normal bisa mencapai > 500°C. Sedangkan untuk *Melting Temperatures of Common Materials* dari komponen-komponen yang terdapat di dalam kereta pembangkit ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. *Melting Temperatures of Metal Common - Vehicle*

Metals	Melting Temperature	
	°C	°F
Zinc Die Cast (Pot Metal)	300–400	562–752
Magnesium	650	1202
Aluminum	660	1220
Aluminum alloys	566–650	1050–1200
Copper	1082	1981
Gray Cast Iron	1350–1400	2460–2550
White Cast Iron	1050–1100	1920–2010

Sumber: NFPA 921

Perpindahan panas memegang peranan penting dalam *fire development*, dimana terdapat 3 jenis perpindahan panas yaitu *conduction* (konduksi), *convection* (konveksi) dan *radiation* (radiasi). Kebakaran kereta pembangkit merupakan *compartment fire* (kebakaran dalam ruangan), dimana faktor yang mempengaruhi *fire development* adalah *fuel properties*, *fuel quantity*, *ventilation (natural/mechanical)*, *compartment geometry*, *location of the fire within the compartment*, *ambient condition* dan *time* [12].



Sumber: NFPA 921

Gambar 24. Ilustrasi Fenomena *Compartment Fire*

Fenomena *Compartment Fire* pada gambar 24-1, menunjukkan awal kebakaran terjadi (fase *incipient*) dan terjadi perpindahan panas konduksi (pada sofa) dan konveksi (dibawa oleh asap yang menuju ke atap). Gambar 24-2 menunjukkan perkembangan lapisan atas berupa asap yang semakin tebal, dimana *thermal damage* masih terjadi akibat perpindahan panas konduksi dan konveksi. Gambar 24-3 menunjukkan kondisi *pre-flashover*, dimana perkembangan lapisan atas semakin tebal dan disertai *radiant heat* (terjadi perpindahan panas radiasi). Gambar 24-4 menunjukkan kondisi *flashover* (suhu berkisar 610°C dan nyala api keluar dari *compartment/ruangan*), dimana seluruh *fuel* yang ada mulai terbakar serta api mulai bergerak keluar ruangan. Gambar 24-2 hingga 24-4 masuk dalam fase *growth period*. Gambar 24-5 menunjukkan kondisi *post-flashover*, dimana hampir semua *fuel* yang tersedia mulai habis terbakar serta api sudah keluar ruangan. Fase berikutnya adalah *decay period*, dimana merupakan kondisi dimana api padam saat *fuel* sudah tidak tersedia lagi atau saat berhasil dipadamkan [10]. Berdasarkan fakta pada uraian di sub bab I.11.1, TKA masuk ke kereta pembangkit pada saat kebakaran berada pada fase yang ditunjukkan gambar 24-2 (fase *growth period* sebelum *pre-flashover*). Hal tersebut juga diperkuat dengan pernyataan TKA yang belum merasakan panas (*heat radiant*, seperti tampak pada gambar 24-3). Kebakaran berada pada fase yang ditunjukkan gambar 24-3 (fase *pre-flashover conditions*) kemungkinan terjadi pada saat TKA mengambil peralatan di dalam kereta pembangkit dan saat upaya Pelepasan Perangkat Sambungan Kereta Pembangkit hingga saat upaya pemadaman oleh petugas PT. KAI (berdasarkan fakta pada uraian serta gambar 14, 15 dan 16 di sub bab I.11.1). Bersamaan dengan itu, asap tampak semakin tebal, namun belum tampak api yang keluar dari ruangan kereta pembangkit P06811 melalui ventilasi yang ada (lihat gambar 25).



Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 25. Kondisi *Pre-flashover* pada Kebakaran Kereta Pembangkit P06811

Kebakaran kereta pembangkit P06811 berada pada fase yang ditunjukkan gambar 23-4 (fase *flashover conditions*) kemungkinan besar mulai terjadi pada saat upaya pemadaman yang dilakukan oleh Dinas Kebakaran Kabupaten Nganjuk (berdasarkan fakta pada uraian serta gambar 17 di sub bab I.11.1), hal tersebut

diperkuat dengan fakta nyala api yang tampak keluar dari ruangan kereta pembangkit (gambar 26).



Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 26. Kondisi *Flashover* pada Kebakaran Kereta Pembangkit P06811

Dampak kebakaran menunjukkan material yang *melting* (meleleh) diantaranya “plastics” (penutup/*cover* dan pembungkus kabel/*insulator*) yang memiliki *melting temperature* paling tinggi sebesar 500°C serta material *Aluminum (alloys)*, yaitu *engine valve cover* yang memiliki *melting temperature* 650°C. Sedangkan material *Copper* (inti kabel) yang memiliki *melting temperature* 1082°C tidak meleleh (**berdasarkan fakta pada uraian serta gambar 8-12 di sub bab I.11 dan lampiran**). Beberapa komponen yang mengalami *melting* (meleleh) serta *discoloration* (perubahan warna) akibat kebakaran kereta pembangkit P06811 menunjukkan kemungkinan panas berkisar antara suhu 650°–1000°C (lihat gambar 27).



Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 27. *Melting* dan *Discoloration*

Fire pattern pada Kereta Pembangkit P06811 meninggalkan jejak *V-pattern* (lihat gambar 28) pada beberapa bagian bekas kebakaran di kereta pembangkit P06811 (berdasarkan fakta pada uraian serta gambar 6 dan 7 di sub bab I.11), dimana terkadang pola tersebut dapat memberi petunjuk tentang *fire origin*.



Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 28. *Fire Pattern* Kereta Pembangkit P06811

Clean Burn dan *Line of Demarcation* ditemukan pada beberapa bagian bekas kebakaran di kereta pembangkit P06811 (berdasarkan fakta pada uraian serta gambar 6 dan 7 di sub bab I.11). *Clean Burn* dan *Line of Demarcation* dapat menunjukkan *heat exposure* yang tinggi di daerah tersebut, dimana kedua tanda tersebut bersama tanda lainnya menunjukkan pergerakan/penyebaran api dalam *fire development* [13]. Terlihat pada daerah permukaan bagian belakang *generator terminal box* (*non-combustible surface*) terlihat lapisan cat/paint (*combustible layer*) telah habis terbakar dan berubah warna (lihat perbandingan pada gambar 29 nomor 1 dan 2).



Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 29. *Clean Burn & Line of Demarcation*

II.2 FIRE ORIGIN

Penentuan *fire origin* harus mempertimbangkan data informasi saksi (informasi elektronik, seperti *surveillance system/CCTV*), *fire patterns* serta *fire dynamics* (atau *fire science*) termasuk unsur *fire tetrahedron* yang ada di sekitar daerah yang di duga sebagai *fire origin* [10]. Kebakaran yang terjadi di daerah tertutup dan melibatkan obyek *engine* (kendaraan), kemungkinan besar daerah dengan kerusakan paling parah akibat kebakaran menunjukkan lokasi atau berada di sekitar *fire origin* [13]. Berdasarkan fakta dan uraian pada sub bab II.1 dimana terlihat jejak *V-pattern* yang mengarah dari daerah bagian kanan engine, yaitu daerah di sekitar *battery/aki*, *starting motor* dan *generator terminal box* serta sesuai dengan keterangan saksi yang melihat api di sekitar daerah tersebut. KNKT berusaha untuk melakukan analisa terhadap beberapa kemungkinan *fire origin* pada kebakaran kereta pembangkit P06811 yang meliputi kemungkinan *fire origin* yang berada di komponen *engine* dan yang berada di komponen *generator*.

II.2.1 Kemungkinan Fire Origin - Engine

Pengamatan terhadap tingkat kerusakan akibat kebakaran di daerah bagian kanan *engine* menunjukkan daerah tersebut bukan merupakan *fire origin*. Tidak ditemukan bukti bahwa ada kemungkinan kebakaran yang disebabkan oleh uap/*vapor fuel* (misal solar atau oli pelumas) yang kontak langsung dengan *hot surface* di daerah bagian kanan *engine*, terutama di daerah potensi sumber *ignition* yaitu permukaan yang panas (*hot surface*) seperti *turbocharger* dan *exhaust system*. Berdasarkan fakta tersebut, **kemungkinan besar kerusakan pada daerah di bagian kanan engine merupakan kerusakan akibat dari kebakaran (lihat uraian serta gambar 8-11 di sub bab I.11 dan lampiran).**

Kerusakan yang cukup parah terjadi pada *valve mechanism cover* (engine bagian kiri dekat *radiator*). Kemungkinan hal tersebut disebabkan pergerakan api yang dipengaruhi oleh arah pergerakan angin/udara dari daerah *generator* (bagian depan kereta - searah perjalanan kereta) ke arah radiator (arah bagian belakang kereta pembangkit) serta adanya 2 buah *exhaust fan* di bagian belakang kereta. Berdasarkan fakta tersebut, **kemungkinan besar kerusakan pada *valve mechanism cover* merupakan kerusakan akibat dari kebakaran (lihat uraian serta gambar 27 di sub bab II.1 dan lampiran).**

Investigasi mendapatkan bahwa tingkat kerusakan akibat kebakaran yang paling parah terjadi pada daerah bagian kiri *engine*, terutama di daerah sekitar *battery/aki*, *starting motor* dan *Electronic Control Module (ECM)*, dimana ditemukan juga kondisi *primary fuel filter/water separator* yang *loosening* serta bersama *secondary fuel filter* dan *fuel return hose* yang mengalami kerusakan cukup parah (lihat uraian serta gambar 8-11 di sub bab I.11 dan lampiran). Kondisi tersebut didukung oleh fakta bahwa disekitar tempat tersebut juga tersedia potensi sumber *fuel* dan *ignition* yang cukup serta keterangan saksi yang melihat api di sekitar daerah tersebut (lihat gambar 30). **Berdasarkan fakta tersebut, kemungkinan *fire origin* pertama berada di daerah sekitar *battery/aki* dan *starting motor*.**



Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 30. Kemungkinan *Fire Origin* Pertama (*Engine*)

II.2.2 Kemungkinan *Fire Origin* - Generator

Investigasi tidak menemukan bukti kegagalan atau kerusakan atau gangguan akibat dari *short circuit* atau gangguan elektrikal lain pada komponen *stator & rotor* (contoh lilitan). Demikian juga tidak ditemukan kegagalan atau kerusakan atau gangguan akibat dari *short circuit* atau gangguan elektrikal lain pada *electric system protection device* (contoh circuit breaker) atau *output generator* (contoh terjadi beban berlebihan pada instalasi rangkaian KA7008). Berdasarkan fakta tersebut, **kecil kemungkinan *fire origin* berasal dari *stator* atau *rotor* serta *electric system protection device* atau *output generator* (lihat uraian serta gambar 12 di sub bab I.11 dan lampiran).**

Kerusakan di daerah tempat *exciter* berada serta daerah dekat *generator sets panel control* (tempat EMCP berada) kemungkinan merupakan akibat kebakaran, dimana isolator kabel meleleh (*melted*) dan *cover plate* dengan material sejenis plastik (tempat bearing berada) habis terbakar (*burn-out*). Tidak ditemukan kerusakan pada *bearing generator* (yang di dalamnya terdapat *grease* yang juga dapat berfungsi sebagai *fuel*) serta hanya sebagian casing kotak *control panel - generator sets* yang terbakar sehingga membentuk *line of demarcation*. Namun tanda *clean burn* tampak pada dinding *generator terminal box*. Kemungkinan rambatan api dapat berasal dari kabel yang mengarah ke daerah lokasi *battery/aki* dan *starting motor*. Berdasarkan fakta tersebut, **kecil kemungkinan *fire origin* berasal dari daerah tempat *exciter* berada (lihat uraian serta gambar 12 di sub bab I.11, uraian serta gambar 27 di sub bab II.1 dan lampiran).**

Discoloration warna pada kabel *copper* (menjadi *dark red/reddish red* dan *black*) dapat disebabkan juga karena terbakar api atau *electrical heat* [10]. Kerusakan di bagian atas *generator terminal box* terutama pada kabel dengan material *copper* dapat juga disebabkan oleh panas akibat terbakarnya *cable cover* dengan material plastik yang memiliki sifat mudah terbakar. Warna hitam yang tampak juga dapat merupakan hasil oksidasi dari terbakarnya pembungkus kabel/*insulator* (*insulator*). Namun terdapat kerusakan komponen yang cukup parah di bagian dalam *generator terminal box*, terutama tempat *Automatic Voltage Regulator* (AVR) berada serta disekitar tempat tersebut juga tersedia potensi sumber *fuel* dan *ignition* yang cukup (lihat gambar 31). Berdasarkan fakta tersebut, kemungkinan *fire origin* kedua berada di daerah sekitar *Automatic Voltage Regulator* (AVR).



Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 31. Kemungkinan *Fire Origin* Kedua (*Generator*)

II.3 FIRE CAUSE

Fire cause dapat ditentukan berdasarkan uraian pada sub bab I.6 dan sub bab II.2, dimana kemungkinan mengerucut pada kebakaran yang disebabkan oleh hal yang terkait dengan elektrik. Kebakaran terkait elektrik (contoh *electric heat*) sebagai *ignition source* harus disertai dengan tersedianya *fuel* di dekat sumber panas dan tentunya campuran yang tepat dengan oksigen [10]. Uraian berikut ini menjelaskan beberapa kemungkinan *fire cause* pada kebakaran kereta pembangkit P06811 berdasarkan kemungkinan *fire origin yang ada*.

II.3.1 Kemungkinan *Fire Cause* Pertama

Kemungkinan *fire cause* pertama adalah kegagalan atau kerusakan atau gangguan pada sistem/distribusi elektrik yang terkait komponen *starting motor* (termasuk *system grounding*) dengan *ignition source* berupa *electric heat (ignition by electrical energy)*. Hal ini diperkuat dengan bukti kabel positif dari *battery/aki* ke *solenoid starting motor* mengalami *discoloration* dari warna asli gold menjadi *ruddy red* – merah kemerahan dan kabel rusak/putus (*ripped cable*), *missing lug* (kepala/klem) serta keterangan saksi yang melihat api di sekitar daerah tersebut (lihat gambar 32). Kabel positif yang mengandung material *copper* (murni ataupun *alloy*) tidak menunjukkan indikasi *melting* dan tidak ada indikasi *fire melting* serta mengalami *discoloration* menjadi menjadi *dark red/reddish red* [10][13].



Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 32. Kemungkinan *Fire Cause* Pertama

Sebagai sumber *fuel* terdekat mungkin dapat berasal dari uap solar, dimana *hose fuel return* mengalami kerusakan yang parah (retak dan putus) serta *primary fuel filter* atau *water separator* yang juga mengalami kerusakan yang parah (termasuk *loosening*), terutama jika dibandingkan dengan *secondary fuel filter*. **Kemungkinan *fire cause* pertama menjadi tidak tepat jika melihat riwayat perawatan termasuk riwayat gangguan yang terjadi (lihat uraian pada sub bab I.6.6) dan durasi operasi yang telah dilalui pada saat kejadian (beroperasi hampir 12 jam tanpa laporan gangguan terkait komponen *starting motor*).**

II.3.2 Kemungkinan *Fire Cause* Kedua

Kemungkinan *fire cause* kedua adalah kegagalan atau kerusakan atau gangguan pada sistem/distribusi elektrik atau reaksi kimia yang terkait komponen *battery/aki* dengan *ignition source* berupa *internal* atau *external electric heat (ignition by electrical energy)*. Hal ini diperkuat dengan dengan bukti indikasi rumah baterai

retak/rusak (*broken case*) atau *melted*, terdapat tanda *corroded battery* serta keterangan saksi yang melihat api di sekitar daerah tersebut (lihat gambar 33).



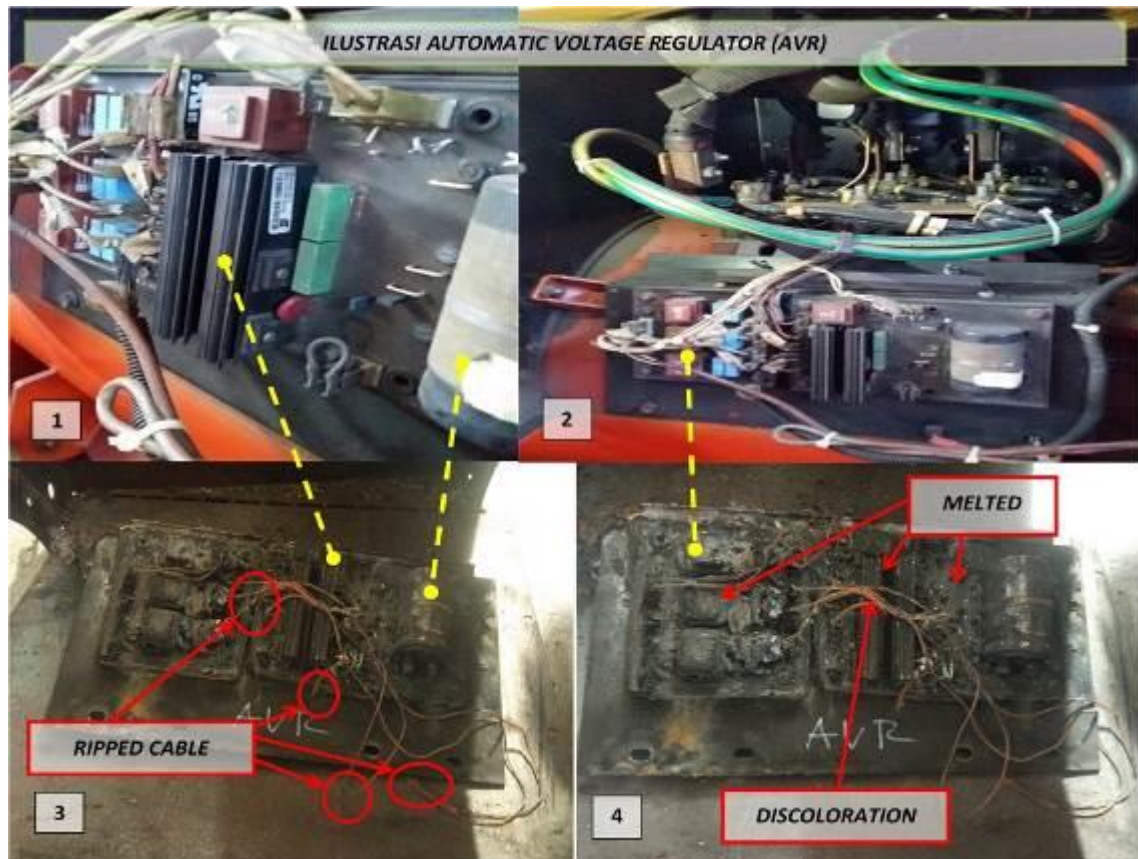
Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 33. Kemungkinan *Fire Cause* Kedua

Sebagai sumber *fuel* terdekat mungkin dapat berasal dari *hydrogen vapor*, dimana reaksi gas *hydrogen* (H_2) dari larutan elektrolit *battery* yang sangat *flammable/explosive* [13] atau sumber *fuel* dapat juga berasal dari uap solar, dimana hose *fuel return* mengalami kerusakan yang parah (retak dan putus) serta *primary fuel filter* atau *water separator* yang juga mengalami kerusakan yang parah (termasuk *loosening*), terutama jika dibandingkan dengan *secondary fuel filter*. **Kemungkinan *fire cause* kedua menjadi tidak tepat jika melihat riwayat perawatan termasuk riwayat gangguan yang terjadi ((lihat uraian pada sub bab I.6.6)) dan durasi operasi yang telah dilalui pada saat kejadian (beroperasi hampir 12 jam tanpa laporan gangguan terkait komponen *battery*).**

II.3.3 Kemungkinan *Fire Cause* Ketiga

Kemungkinan *fire cause* ketiga adalah kegagalan atau kerusakan atau gangguan pada sistem/distribusi elektrik yang terkait komponen *Automatic Voltage Regulator* (AVR) (termasuk *system grounding*) dengan *ignition source* berupa *electric heat* (*ignition by electrical energy*). Hal ini didukung dengan bukti bahwa sebagian besar komponen pada *Printed Circuit Board* - AVR meleleh (*melting*), kabel dengan material *copper* pada AVR menunjukkan *discoloration* dari warna asli *gold* menjadi *ruddy red* (merah-kemerahan) serta kabel yang putus (*ripped cable*). Namun tidak ditemukan bukti yang menunjukkan tanda *arcing damage* atau *fire melting* atau kerusakan kabel akibat kebakaran (lihat gambar 34, dimana nomor 1 dan 2 adalah AVR yang masih berfungsi serta nomor 3 dan 4 adalah AVR yang terbakar) [10][13].



Sumber: Analisa Data Faktual

Gambar 34. Kemungkinan *Fire Cause* Ketiga

Sebagai sumber *fuel* terdekat mungkin dapat berasal dari *cable cover* dengan material plastik (terletak diatas AVR), *insulator* pembungkus kabel serta *cover plate* dengan material sejenis plastik (tempat *exciter* berada). Daerah disekitar AVR atau *battery* atau starting motor yang menunjukkan *sign of electrical heat*. Komponen AVR, starting motor dan *battery* berada pada lokasi yang berdekatan dan terdapat kabel yang saling terhubung, yaitu *grounding AVR – starting motor/battery* serta kabel positif *battery – starting motor*. **Kemungkinan *fire cause* kedua menjadi tidak tepat jika melihat riwayat perawatan termasuk riwayat gangguan yang terjadi ((lihat uraian pada sub bab I.6.6)) serta durasi operasi yang telah dilalui pada saat kejadian (beroperasi hampir 12 jam tanpa laporan gangguan terkait komponen AVR).**

II.4 FIRE SAFETY

Fire Safety ditekankan pada tindakan *preventive*, namun juga terdapat tindakan *corrective* yang seharusnya dapat di hindari [10]. Sebagian tindakan *preventive* yang telah dilakukan oleh PT. KAI berdasarkan peraturan yang ada (lihat uraian pada sub bab I.10 dan sub bab I.11). Tindakan *preventive* yang dapat mengurangi resiko tingkat keparahan (*severity*) akibat kebakaran. Penyediaan alat pemadam kebakaran yang tepat merupakan salah satu tindakan *preventive* tersebut. Berikutnya adalah tersedianya *Active Fire Protection System*, diantaranya adalah *fire alarm system* (termasuk *smoke detector*) dan *Fire Suppression Systems*. Dapat juga ditambahkan suatu alat atau sistem pengawas seperti *surveillance system* (contoh CCTV) atau *firewatch* (orang yang

bertugas sebagai pengawas). Kemudian penyelenggaraan pelatihan dan simulasi untuk meningkatkan respon dan kemampuan petugas dalam menangani keadaan darurat akibat kebakaran. Berdasarkan uraian pada sub bab I.10 dan sub bab I.11, investigasi menemukan peralatan APAR di kereta yang tidak standar (berbeda untuk beberapa kereta pembangkit), tidak tersedia *lampu emergency* dan komunikasi dua-arah antara kondektur dengan TKA hanya melalui verbal (langsung) dan melalui telepon genggam. Koordinasi dan respon petugas PT. KAI dalam menangani keadaan darurat masih memerlukan perbaikan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh alat pemadam yang kurang/tidak sesuai, kurangnya pelatihan dan simulasi keadaan darurat (dokumentasi tidak ditemukan, kurangnya pengetahuan atau kurangnya koordinasi pada saat kebakaran dan pada saat pemadaman. Tingkat keparahan (*severity*) akibat kebakaran dapat berubah dalam kondisi yang berbeda, misalkan api dapat diketahui sejak awal atau kebakaran terjadi di tengah lintas (jauh dari stasiun) dan tidak ada akses untuk kendaraan unit pemadam kebakaran atau letak kereta pembangkit yang berbeda di rangkaian. Kondisi lingkungan atau lokasi sekitar pada saat pemadaman kebakaran juga berpengaruh tingkat keparahan (*severity*), misalkan lokasi yang tidak steril akan menimbulkan bahaya lainnya (lihat gambar 17-4 dan 17-6 pada sub bab I.11 serta gambar 35 berikut).



Sumber: Data Faktual

Gambar 35. Situasi Pemadaman Kereta Pembangkit P06811

II.5 FAKTOR MANUSIA

Berdasarkan uraian pada sub bab I.8, sub bab I.10, sub bab I.11 serta lampiran didapatkan bahwa TKA mulai dinas pada pada 17 Juni 2018 mulai pukul 7.30 dimana sebelumnya selesai dinas pada 17 Juni 2018 pukul 03.00, sehingga waktu istirahat (tidak bekerja) hanya 4 jam 30 menit. 1 (satu) orang TKA bertanggungjawab atas operasional generator sets pada kereta pembangkit serta melakukan pemeriksaan dan melakukan perbaikan apabila terdapat gangguan teknis pada rangkaian kereta. Secara normal manusia yang menjalankan shift malam akan mengalami konflik dengan kebutuhan tubuh untuk tidur yang diatur oleh jam tubuh (*body internal clock*), dimana orang yang menjalankan waktu jam kerja 7 – 8 jam pada malam hari akan mengalami konflik tersebut. Penjadwalan waktu kerja dan beban kerja TKA tersebut memiliki

resiko menimbulkan faktor kelelahan (*fatigue*). Definisi *fatigue* adalah akibat dari kekurangan istirahat (tidur) dalam kurun waktu tertentu serta *fatigue* berdampak pada penurunan kemampuan fisik dan mental yang dapat mempengaruhi tindakan dan produktivitas sehingga dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.

Faktor yang berpengaruh terhadap *fatigue* yaitu jam kerja yang panjang, shift malam dan kurang tidur, jumlah personil tidak mencukupi, penjadwalan pekerjaan/personil yang buruk, tekanan komersial terhadap perusahaan yang berdampak terhadap karyawan, pekerjaan yang berkaitan dengan stress, pekerjaan yang bersifat berulang-ulang dan tidak menarik serta faktor lingkungan pekerjaan. Dampak *Fatigue* yaitu tidak dapat melakukan tugasnya pada level kewaspadaan normal dan efisien, kemungkinan berkurangnya *response/reaction time*, mengurangi kehati-hatian, *memory lapse*, kurangnya perhatian terhadap tugas, *complacency*, kurangnya kesadaran, kurangnya komunikasi, perubahan suasana hati, kurangnya kemampuan memperkirakan, penurunan motivasi dan tertidur.

Berdasarkan pada gambar 14 dan 15 serta uraian sub bab I.11, tidak ditemukan adanya unsur kesengajaan dan unsur kelelahan (*fatigue*) yang mempengaruhi kecepatan respon/tindakan TKA atau awak sarana lain dalam menangani keadaan darurat berupa kebakaran kereta pembangkit. Namun unsur kelelahan (*fatigue*) mungkin berpengaruh pada efisiensi atas tindakan yang dilakukan, oleh karena itu diperlukan perbaikan dalam menyusun jadwal dan beban kerja untuk mengurangi resiko yang dapat terjadi.

II.6 LEVEL OF CERTAINTY

Berdasarkan uraian-uraian sebelumnya (sub bab I.11, sub bab II.1, sub bab II.2 serta sub bab II.3), KNKT tidak dapat menentukan *fire origin* dan *fire cause* yang pasti dikarenakan lokasi dan obyek kebakaran tidak berada pada kondisi yang sama dengan saat setelah pemadaman dan beberapa kendala teknis lainnya. Namun dapat dipertimbangkan kemungkinan bahwa *fire origin* berada di daerah sekitar *battery*/aki, *starting motor* atau AVR dengan *fire cause* kemungkinan berupa kegagalan atau kerusakan atau gangguan pada sistem/distribusi elektrik terkait komponen *starting motor*, AVR dan *battery* (dalam hal ini juga terkait reaksi kimia dalam *battery*). Kemungkinan *ignition source* adalah *electric heat (ignition by electrical energy)* serta kemungkinan *fuel source* adalah berupa uap solar atau uap gas hidrogen (H₂) atau material sejenis plastik atau material lainnya yang mudah terbakar. Dalam hal terdapat lebih dari satu hipotesa tentang *fire origin* atau *fire cause* [10][11], maka **level of certainty/confidence untuk kemungkinan - kemungkinan *fire origin* & *fire cause* adalah sama**. Untuk mencari *fire origin* dan *fire cause* yang pasti masih diperlukan penelitian atau penyelidikan lebih lanjut, misalkan melalui pengujian metalografi atau pengujian lainnya. **Sehingga kesimpulan akhir menyatakan bahwa *fire origin* dan *fire cause* yang pasti belum dapat ditentukan (*undetermined*).**

III. KESIMPULAN

Berdasarkan informasi faktual dan analisis dalam proses investigasi kecelakaan kebakaran kereta pembangkit P06811 KA 7008 di km. 119 + 0 di emplasemen Stasiun Nganjuk, Komite Nasional Keselamatan Transportasi mengambil kesimpulan sebagai berikut:

III.1 TEMUAN¹

1. *Generator Sets* pada kereta pembangkit P06811 menggunakan Caterpillar C15 yang dilengkapi dengan *Electronic Control Module* (ECM) untuk *engine* serta *Electronic Modular Control Panel* (EMCP) untuk *Generator Sets*.
2. Penggantian *battery/aki generator sets* dilakukan tanggal 31 Januari 2017.
3. Tanggal 19 – 29 Maret 2018 kereta pembangkit menjalani PB gangguan “*turbo/exhaust membara*” di Balai Yasa Yogyakarta.
4. Perawatan (pemeriksaan berkala) terakhir yang dilakukan adalah Pemeriksaan 3600 jam di Dipo Kereta Surabaya Pasar Turi tanggal 24 Mei 2018 (HM 13527).
5. Pemeriksaan harian terakhir kereta pembangkit dilakukan oleh Teknisi Kereta Api (TKA) pada rangkaian KA 7008 tanggal 16 – 17 Juni 2018.
6. Sebelum terjadinya kebakaran, terdapat beberapa gangguan teknis pada rangkaian antara Stasiun Madiun hingga Stasiun Nganjuk.
7. TKA mulai dinas pada rangkaian KA 7008 pada 17 Juni 2018 (lintas Yogyakarta-Malang) mulai pukul 7.30 WIB, dimana sebelumnya selesai dinas pada 17 Juni 2018 pukul 03.00 WIB (lintas Malang – Yogyakarta).
8. 1 (satu) orang TKA bertanggungjawab atas operasional *generator sets* pada kereta pembangkit serta melakukan pemeriksaan dan melakukan perbaikan apabila terdapat gangguan teknis pada rangkaian kereta.
9. Tidak ditemukan *checksheet* pemeriksaan harian saat operasi yang dilakukan TKA pada saat hari kejadian.
10. Alat Pemadam Api Ringan yang tersedia di kereta pembangkit berupa 1 tabung jenis *dry chemical* ukuran 3,5 kg dan terletak di ruang panel (bagian belakang kereta pembangkit).
11. Kereta pembangkit P06811 tidak dilengkapi dengan *Active Fire Protection System*.
12. Tidak ditemukan mekanisme/sistem pengawasan/*surveillance* (baik petugas pengawas/penjaga atau CCTV) untuk memantau kondisi di kereta pembangkit, terutama pada saat TKA tidak berada di tempat (sedang melakukan perbaikan di kereta lain).

¹ Temuan adalah pernyataan dari semua kondisi, kejadian atau keadaan yang signifikan dan biasanya disampaikan dalam urutan kronologis. Temuan merupakan langkah signifikan dalam urutan kecelakaan, namun tidak selalu kausal, atau menunjukkan kekurangan. Beberapa temuan menunjukkan kondisi yang mendahului urutan kecelakaan, namun biasanya penting untuk memahami kejadian.

13. Tidak ditemukan lampu darurat/*emergency lamp* terutama yang berada di kereta pembangkit P06811.
14. Investigasi menemukan peralatan APAR di kereta pembangkit yang tidak sama (berbeda untuk beberapa kereta pembangkit).
15. Komunikasi dua-arah antara kondektur dengan TKA hanya melalui verbal (jarak dekat) dan melalui telepon genggam (jarak jauh).
16. Tidak ditemukan bukti/dokumentasi pelatihan dan atau simulasi penanganan keadaan darurat di atas kereta yang telah dilaksanakan.
17. Tidak ditemukan unsur kesengajaan dan unsur *fatigue* yang menyebabkan terjadinya kebakaran kereta pembangkit P06811.
18. Lokasi pemadaman yang tidak steril sehingga dapat menimbulkan bahaya.
19. Kebakaran dapat dipadamkan oleh 1 unit truk Dinas Kebakaran Kabupaten Nganjuk.
20. Kemungkinan *fire origin* berada di daerah sekitar *battery*/aki, *starting motor* atau Automatic Voltage Regulator (AVR).
21. Kemungkinan *fire cause* berupa kegagalan atau kerusakan atau gangguan pada sistem/distribusi elektrik terkait komponen *starting motor*, AVR dan *battery* (dalam hal ini juga terkait reaksi kimia dalam *battery*).
22. Kemungkinan *ignition source* adalah *electric heat (ignition by electrical energy)*.
23. Kemungkinan *fuel source* adalah berupa uap solar atau uap gas hidrogen (H₂) atau material sejenis plastik atau material lainnya yang mudah terbakar.
24. **KNKT belum dapat menentukan *fire origin* dan *fire cause* yang pasti, sehingga kesimpulan akhir menyatakan bahwa *fire origin* dan *fire cause* yang pasti belum dapat ditentukan (*undetermined*).**
25. Terdapat perbedaan acuan jam kerja maksimum untuk wajib dilakukannya perawatan *generator sets*.
26. PT. KAI tidak memiliki manual lengkap terkait *generator sets* Caterpillar C15, tetapi mendapatkan dukungan teknis dari PT. Trakindo Utama selaku distributor Caterpillar di Indonesia.

III.2 FAKTOR YANG BERKONTRIBUSI ²

Tingkat keparahan (*severity*) akibat kebakaran yang terjadi dikarenakan api yang tidak diketahui sejak awal (saat fase *early compartment fire development*) serta kurang efektifnya pelaksanaan *emergency procedure* yang terkait dengan kebakaran.

² Faktor yang berkontribusi didefinisikan sebagai kejadian yang dapat menyebabkan kecelakaan. Jika kejadian tidak terjadi atau tidak ada maka kecelakaan itu mungkin tidak terjadi atau berakibat pada kejadian yang kurang parah

IV. TINDAKAN KESELAMATAN

Berdasarkan surat Ketua Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) Nomor: IK.003/1/6 KNKT/2021 perihal *Draft* Laporan Akhir Kebakaran Kereta Pembangkit P06811 Rangkaian KA7008 tanggal 17 Juni 2018, KNKT telah meminta pihak regulator dan operator, sebagai pihak penerima rekomendasi untuk memberi tanggapan terhadap *draft* laporan akhir investigasi kecelakaan KNKT dan tindakan keselamatan yang akan dan/atau telah dilakukan untuk mencegah terulangnya kecelakaan yang serupa.

IV.1 DIREKTORAT JENDERAL PERKERETAAPIAN

Direktorat Jenderal Perkeretaapian melalui surat Direktur Keselamatan Perkeretaapian Nomor: KA.008/5/25/KS/DJKA/2021 perihal Tanggapan dan *Safety Action* Rekomendasi KNKT, telah menyampaikan tanggapan terhadap *draft* laporan akhir investigasi KNKT Nomor: KNKT.1812.11.02, dengan tanggapan dan tindakan keselamatan sebagai berikut:

- a. Direktorat Jenderal Perkeretaapian telah menugaskan Tim Direktorat Keselamatan Perkeretaapian untuk melakukan penilaian *fire hazard*. Kegiatan tersebut diawali dengan inventarisasi Data Sarana Kereta Pembangkit (P) dengan tahun produksi 1968 di Dipo Jakarta Kota (lampiran Surat Perintah Tugas);
- b. Direktorat Jenderal Perkeretaapian akan melakukan penelaahan dan akan mengusulkan studi lebih lanjut terkait peraturan yang ada mengenai *fire protection* untuk TA 2022.

IV.2 PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO)

Sampai dengan berakhirnya masa tanggapan *draft* laporan akhir, KNKT belum menerima informasi mengenai tindakan keselamatan yang telah dilakukan oleh PT. Kereta Api Indonesia (Persero) terkait dengan kecelakaan dalam laporan akhir investigasi kecelakaan perkeretaapian ini.

V. REKOMENDASI

Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) menyusun rekomendasi keselamatan berdasarkan data faktual, identifikasi, analisis dan temuan pada kecelakaan kebakaran kereta pembangkit P06811 rangkaian KA 7008 agar kecelakaan serupa tidak terjadi dikemudian hari kepada:

V.1 DIREKTORAT JENDERAL PERKERETAAPIAN

1. Memastikan pelaksanaan penilaian potensi *fire hazard* terkait dengan peraturan yang ada serta melakukan perubahan peraturan jika diperlukan.
2. Memastikan pelaksanaan penelaahan dan studi lebih lanjut terkait peraturan yang ada mengenai *fire protection* serta melakukan perubahan peraturan jika diperlukan.

V.2 PT. KERETA API INDONESIA (PERSERO)



1. Memastikan pengoperasian, pemeriksaan dan perawatan peralatan harus dilaksanakan sesuai dengan manual dari pihak manufaktur.
2. Melakukan penilaian *fire hazard* serta membuat rencana mitigasi resiko, terutama terkait dengan sarana perkeretaapian.
3. Melakukan penelaahan dan studi lebih lanjut mengenai *fire protection* untuk mengurangi *severity* akibat kebakaran.
4. Mengadakan dan mendokumentasi pelatihan *emergency response* terhadap karyawan/awak sarana & prasarana, dalam hal ini terkait dengan kebakaran.
5. Mengadakan pengawasan agar peraturan keselamatan termasuk *emergency response* selalu dijalankan oleh karyawan/awak sarana & prasarana.

VI. DAFTAR REFERENSI

- [1] PT. Kereta Api Indonesia (Persero), Rekapitulasi Perawatan Kereta P 06811, Jakarta, Indonesia, 2018.
- [2] Caterpillar - PT. Trakindo Utama Tbk., Operation and Maintenance Manual SEBU7909-18 - C15 Generator Sets, United States, 2018.
- [3] Caterpillar - PT. Trakindo Utama Tbk., Systems Operation Testing Adjusting SENR9708-24 - C13, C15, and C18 Generator Set Engines, United States, 2018.
- [4] Caterpillar - PT. Trakindo Utama Tbk., Disassembly Assembly RENR8643-21 - C15 and C18 Generator Set Engines, United States, 2018.
- [5] Caterpillar - PT. Trakindo Utama Tbk., Systems Operation Testing Adjusting Disassembly Assembly UENR1283-04 - LC5000, LC6100, and LC7000 Electric Power Generation, United States, 2015.
- [6] Caterpillar - PT. Trakindo Utama Tbk., Parts Manual SEBP5551 - C15 Generator Sets, United States, 2009.
- [7] Caterpillar - PT. Trakindo Utama Tbk., Systems Operation Troubleshooting Testing Adjusting - EMCP 3 RENR7902-00, United States, 2004.
- [8] PT. Kereta Api Indonesia (Persero), Rekapitulasi Perawatan *Generator Sets* C15 P 06811, Jakarta, Indonesia, 2018.
- [9] Pemerintah Republik Indonesia, Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM. 24 Tahun 2015 Tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian, Jakarta, Indonesia, 2014.
- [10] National Fire Protection Association, NFPA 921 - Guide for Fire and Explosion Investigations 2021 Edition, [<https://link.nfpa.org/publications/921/2021> diakses pada 23 Juni 2021].
- [11] John D. DeHaan & David J. Icove, Kirk's Fire Investigation 7th ed, United States, 2012.
- [12] USFA FEMA, Fire Investigation: First Responders FI: FR-Student Manual 1st Edition, United States, 2020.
- [13] Gregory Barnett, SAE International - Vehicle Battery Fires: Why They Happen and How They Happen, United States, 2017.

VII.LAMPIRAN

VII.1 DATA PEMELIHARAAN BERKALA (PERAWATAN) BYYK

 UPT BALAI YASA YOGYAKARTA GOLONGAN FINAL TEST		No Prod. : F. 14 /015 / III/ 2018 Revisi : 0	
Perihal : Pemberitahuan BP selesai	Yogyakarta, 29 MARET 2018		
	Kepada : Yth. Asisten Manager Gol. KK di UPT Balai Yasa Yogyakarta		
Berdasarkan hasil pemeriksaan Golongan Final Test :			
BP	: P 0 68 11		
Dipo Induk	: SBI		
Tanggal masuk	: 19 MARET 2018		
Tanggal selesai	: 29 MARET 2018		
Sifat	: PB Genset (Manifold Membara)		
Jumlah Genset	: 1 buah		
Realisasi pekerjaan :			
- GANTI NOZZLE 1 BH, TES DINAMIS, KURAS HSD, LOADTEST 2 JAM OK			
Telah diperiksa dan ditindaklanjuti			
Demikian pemberitahuan ini, agar segera disampaikan kepada dipo bersangkutan untuk dioperasikan			
Catatan khusus :			
- beban maksimal saat dinas 290 kW			
- beban 300 kW Turbo dan Exhaust membara			
Manager Quality Control	Asistan Manager Final Test	Supervisor Final Test	Junior SPV Pengetesan
			
Bentuk F.14		halaman 1 dari 1	

VII.2 DATA PEMELIHARAAN BERKALA/PERAWATAN DIPO KERETA SBI

LEMBAR PERAWATAN BERKALA GENSET		3600 JAM	NO MO DEPO PERAWATAN TANGGAL PERAWATAN NO. SERI KERETA JAM ENGINE MOJOG, TERAKHIR	SBI 24-05-2018 1 068113527 MO 13-01-2017	
NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	STANDAR	HASIL PENGUKURAN	KETERANGAN
I SISTEM BAHAN BAKAR					
1.	Ganti filter bahan bakar	Bh	2	di ganti	Sesuai Jenis Genset
2.	Ganti fuel separator	Bh	1	di ganti	
3.	Periksa instalasi bahan bakar		Bersih dan tidak bocor	bersih	tidak bocor
4.	Periksa pipa injeksi		Kencang dan tidak bocor	kencang	tidak bocor
5.	Periksa pompa listrik dan pompa manual bahan bakar		Baik dan Berfungsi	baik	
6.	Periksa tangki bahan bakar atas (sekunder) dan bawah (primer)		Bersih dan tidak bocor	kotor	di bersihkan
7.	Periksa gelas duga tangki atas dan bawah		Bersih dan terlihat level bahan bakar	kotor	di bersihkan
8.	Kuras tangki bahan bakar atas (sekunder) dan bawah (primer)		Bersih	bersih	
II SISTEM PELUMASAN					
1.	Ganti filter pelumas	Bh	1	di ganti	
2.	Ganti minyak pelumasan	Ltr	20-60	60 ltr	Sesuai kapasitas genset
3.	Periksa bocoran minyak pelumas		Tidak bocor	tidak bocor	
4.	Periksa fleksibel/stang pelumas		Baik dan tidak bocor	baik	
5.	Periksa tekanan pelumas	Bar	3 - 8	6 bar	
III SISTEM PENDINGINAN					
1.	Flushing elemen radiator		Bersih dan tidak ada bocoran	kotor	di bersihkan
2.	Ganti air radiator	Ltr	50-100		Sesuai kapasitas genset
3.	Periksa kadar keasaman air radiator	PH	8-9	PH 6	
4.	Periksa kondisi water hose		Baik dan tidak bocor	baik	
5.	Periksa temperatur air radiator	°C	40 - 80	70°C	
6.	Periksa motor Fan radiator		Baik dan berfungsi	baik	
7.	Tambahkan coolant pada air radiator		min 1:10	-	Sesuai kapasitas genset
IV FILTER UDARA					
1.	Ganti filter	Bh	1	Ganti	
2.	Bersihkan filter udara basah		Bersih	-	
3.	Ganti pelumas filter udara basah	Ltr	1	-	
V V-BELT					
1.	Ganti V-Belt	Bh	1-3	Ganti	Sesuai jenis genset
2.	Periksa kekencangan V-Belt	Kg	30 - 40	35 kg	
VI ALTERNATOR PENGISIAN					
1.	Periksa alternator		Berfungsi baik	berfungsi	
2.	Ukur pengisian/charger Alternator				
-	Battery 12 Volt	Volt DC	13,5-16	13,5 VDC	
-	Battery 24 Volt	Volt DC	25,5-28	27,8 VDC	
3.	Ganti carbon brush Alternator	Bh	2	baik	
VII BATTERY					
1.	Periksa volume air pada battery		Berada dalam batas level	level max	
2.	Periksa klem battery		Kering dan kencang	kencang	
3.	Periksa kabel penghubung battery		Kering dan kencang	kencang	
4.	Periksa voltage battery	Volt DC	12 - 24	24 VDC	33

VII.3 DATA PEMERIKSAAN HARIAN

LEMBAR PERAWATAN HARIAN BERKALA KERETA			PH		UPT DEPO KERETA / PUR/S TGL PERAWATAN									
NO	ITEM PEMERIKSAAN	SATUAN	STANDAR	HASIL PENGUKURAN DAN PENGACEKAN NOMOR SERIE KERETA										
				9004	9513	9907	9608	8206	9404	9524	8102	8403	9607	6811
I BRAKE SYSTEM														
1	Handle Control Valve		Tertutup/Pada ON	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	Blok Rem	mm	38	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3	Selang Air Braka		Tidak bocor/pecah	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4	Plugh Kran (roasting cook)		Tidak bocor	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	Pipe Udara Tekan		Tidak bocor	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	Pengaman Tritisel dan stich adjuster		Lengkap dan baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	Mur baut triangle/stellar/mur baut wortel		Baik dan Tidak Kendor	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8	Control valve dan Tangki AR (Drain Air Condensasi)		Udara Kering	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
II ELECTRIC SYSTEM														
A. Kelistrikan														
1	Kontrol panel tiap kereta		Standar baik dan bersih	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	Kontak-kontak pada panel		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3	Lampu - lampu													
a.	Ruang penumpang		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
b.	Ruang bordes		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
c.	Ruang toilet		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
d.	Lampu baca		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
e.	Lampu informasi		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4	Exhaust fan di toilet		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	Televisi		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	Low speaker		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	Junction Box/Coupler													
a.	Kabel Coupler		Urutan fase R-S-T-R benar	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
b.	Mur Baut		Lengkap & Kencang	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
c.	Isolator		Lengkap dan berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
d.	MFB pada junction box		Pada ON berfungsi baik	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
e.	Tutup junction box		Tertutup rapat & kedap air	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
f.	Skun kabel coupler		Baik & tidak kendor	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8	Sembayan 21 malam		Lengkap dan berfungsi baik											6
9	Terminal dan skun di panel		Baik & tidak kendor	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10	Pompa air		Baik dan berfungsi	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
B. Genaet														
1	Battery, Air, Solar, & DI (BAGD)		Standar baik											6
a.	Level air accu pada battery		Diantara batas max dan min											6
b.	Keterkaitan mur & baut		Baik & tidak kendor											6
c.	Skun kabel penghubung battery		Baik & tidak kendor											6
d.	Voltage Battery	Volt DC	34											6
e.	Radiator		Baik & tidak kendor											6
f.	Level air radiator		Cukup											6
g.	Klem dan sambungan isolasi air pendingin, oli, dan solar		Baik & tidak kendor											6
h.	Level oli		Diantara batas max dan min											6
i.	Ketersediaan solar		Cukup											6

VII.4 JADWAL KERJA TKA

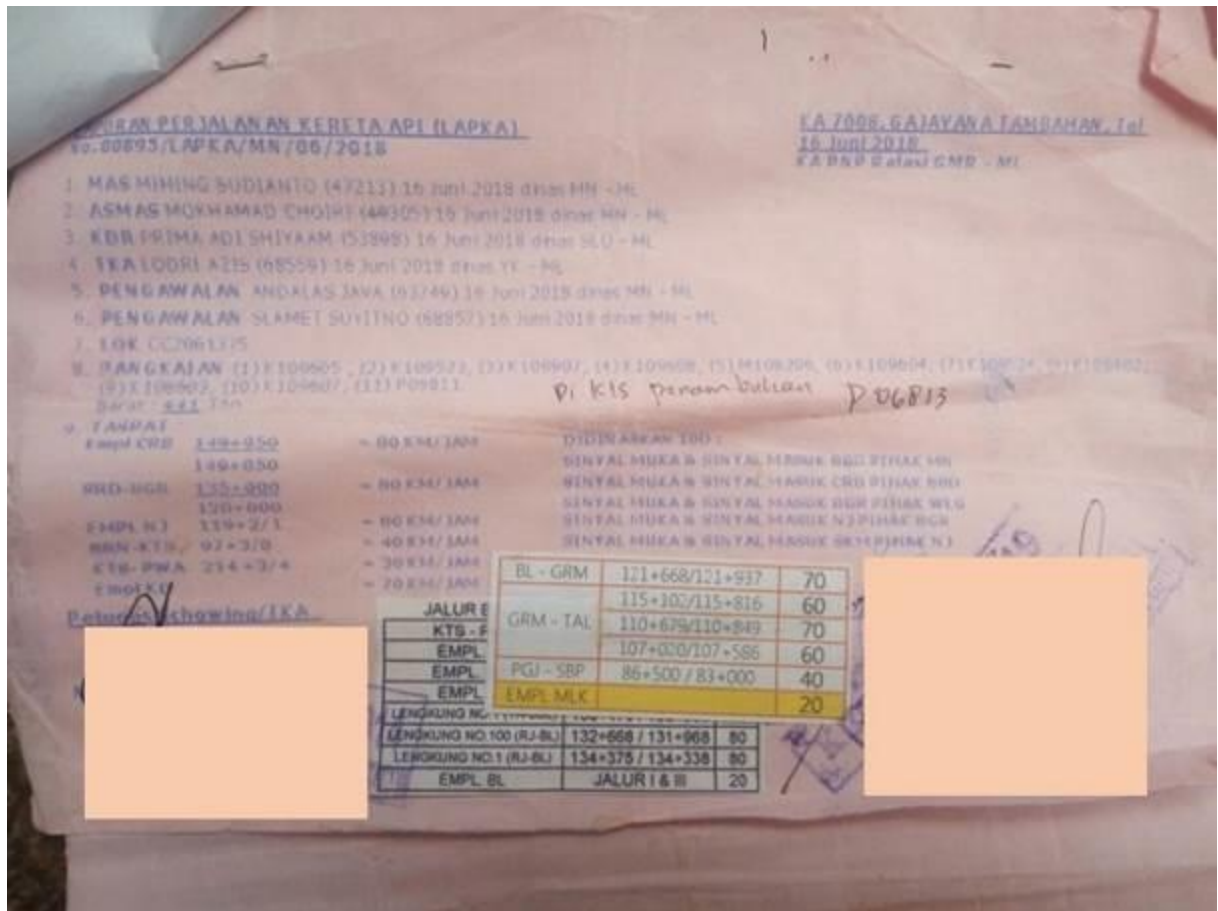
DINASAN TKA UPT DIPO KERETA BESAR B MALANG

JUNI 2018

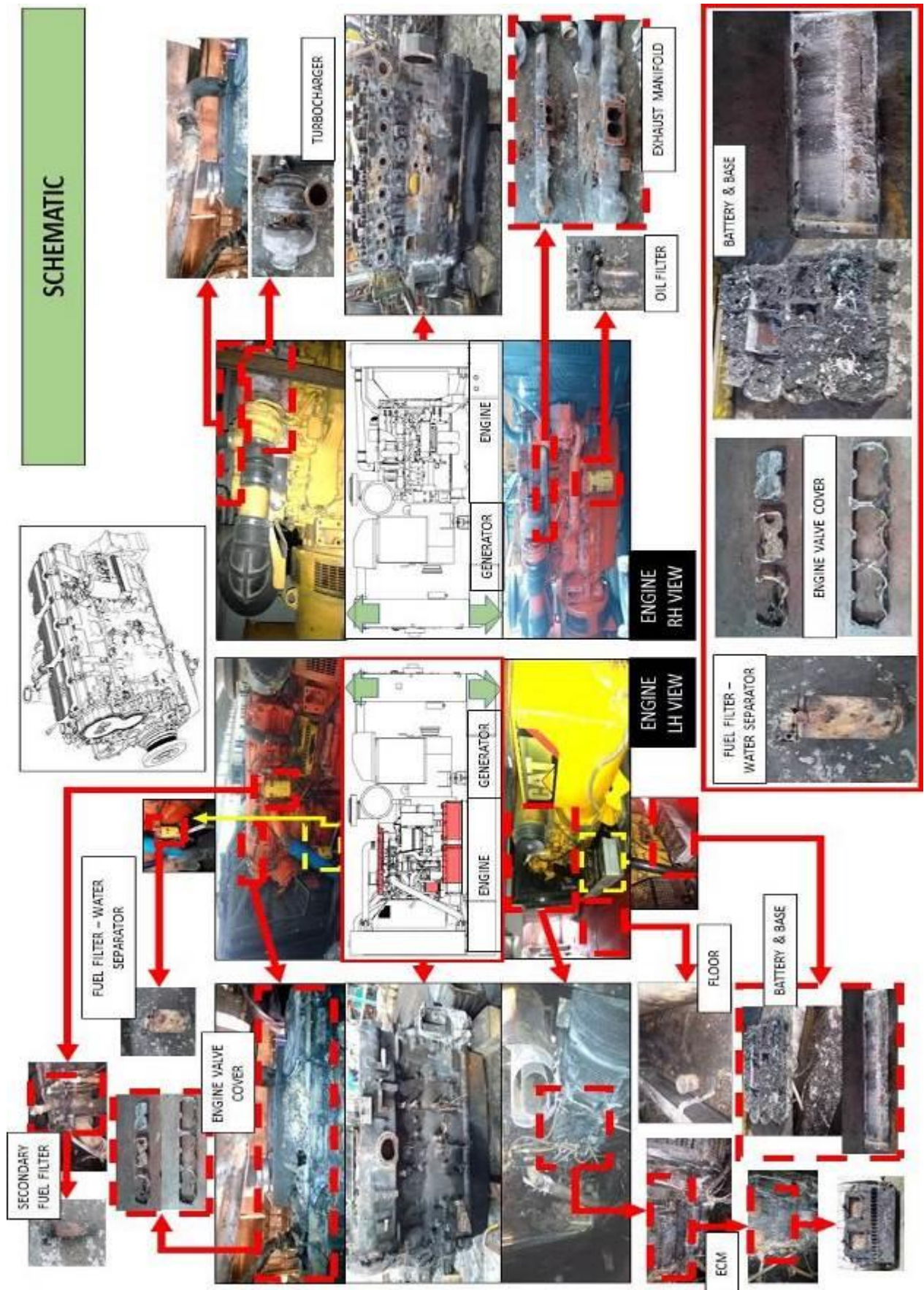
NO	NAMA	NIPP	JUNI 2018																							
			JUM	SAB	MSU	SEN	SEL	RAB	KAM	JUM	SAB	MSU	SEN	SEL	RAB	KAM	JUM	SAB	MSU	SEN	SEL	RAB	KAM	JUM	SAB	
1	SURILAM	54214	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
2	DARVAN KJ	44056	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
3	BUDIKAN	44064	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
4	BEMOND DHI	44101	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
5	RAHILIA	44089	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
6	BHANSI GIK	52718	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
7	SOPHIA	42718	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
8	YULIW	52825	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
9	PABALLA	42414	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
10	ADITYA J	42441	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
11	M BIKRAN	44471	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
12	AGUS M	52908	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
13	MALAKHA	52794	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
14	M BODOK	41479	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
15	ABDULLAH	50882	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
16	MUNTIRU	43172	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
17	SETIO A	44108	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
18	M BIRIB	52763	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
19	PUSKWI	54314	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
20	A-JANURON	42791	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
21	C BILAU	44428	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
22	LOHRI A	44005	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
23	SUSANNO	44049	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
24	OPORAT	54112	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194

KETERANGAN
 KA 7013 - 7014 KA MATARAMA TAMBAHAN BER.MU.19-9
 KA 7007 - 7008 KA GAJAYANA TAMBAHAN BER.MU.19-45

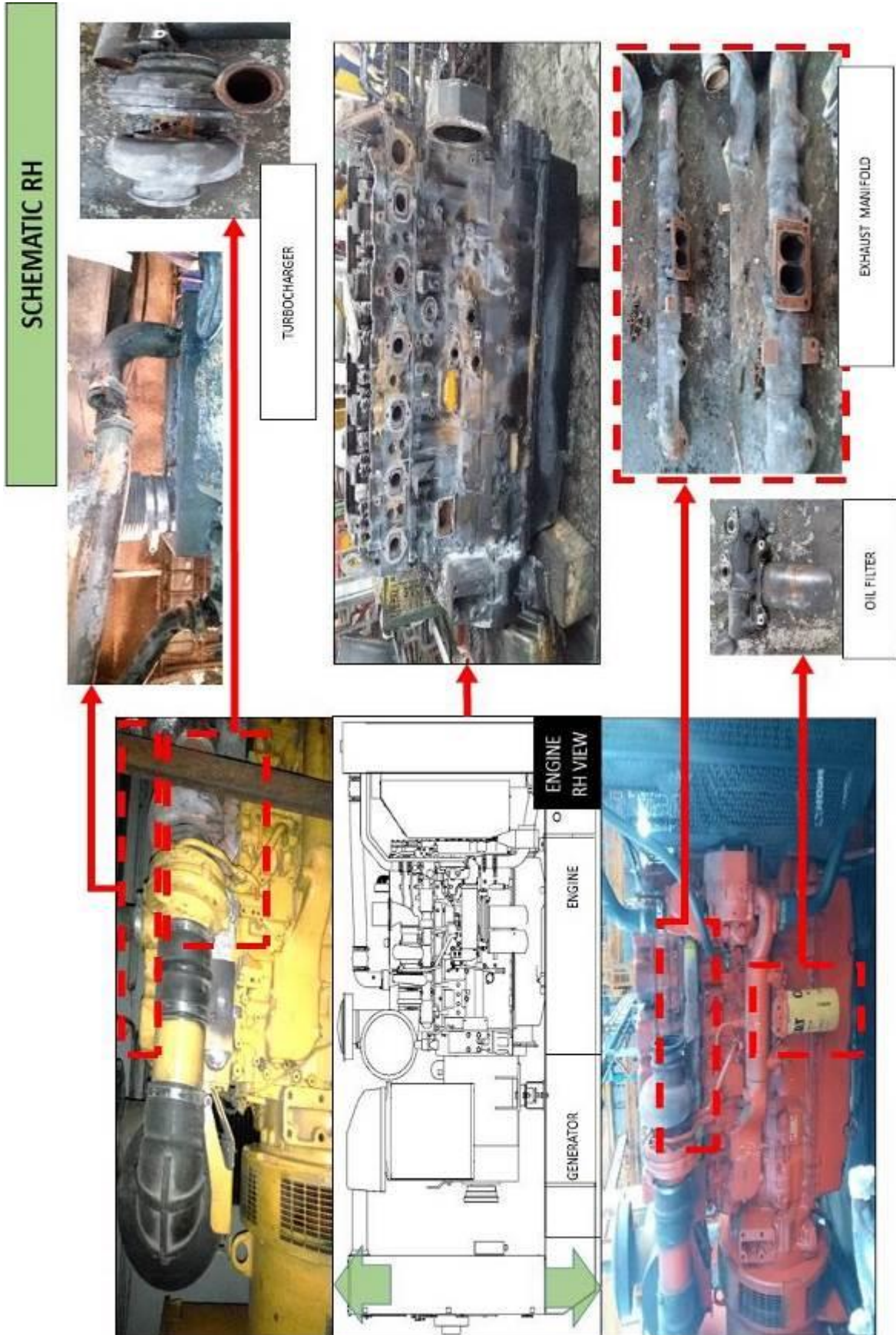
VII.5 LAPKA KA7008



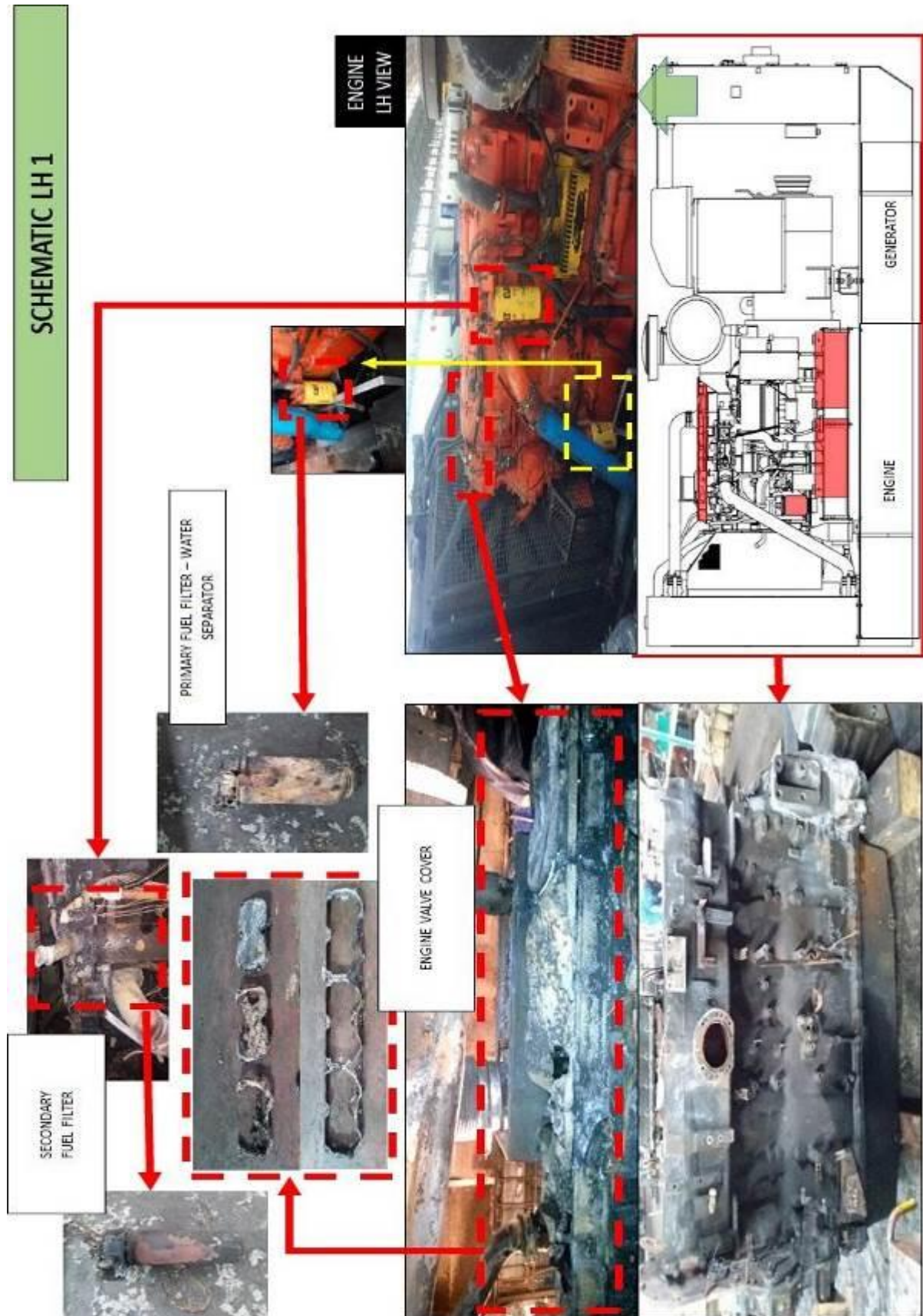
VII.7 SKEMA KEBAKARAN KOMPONEN ENGINE

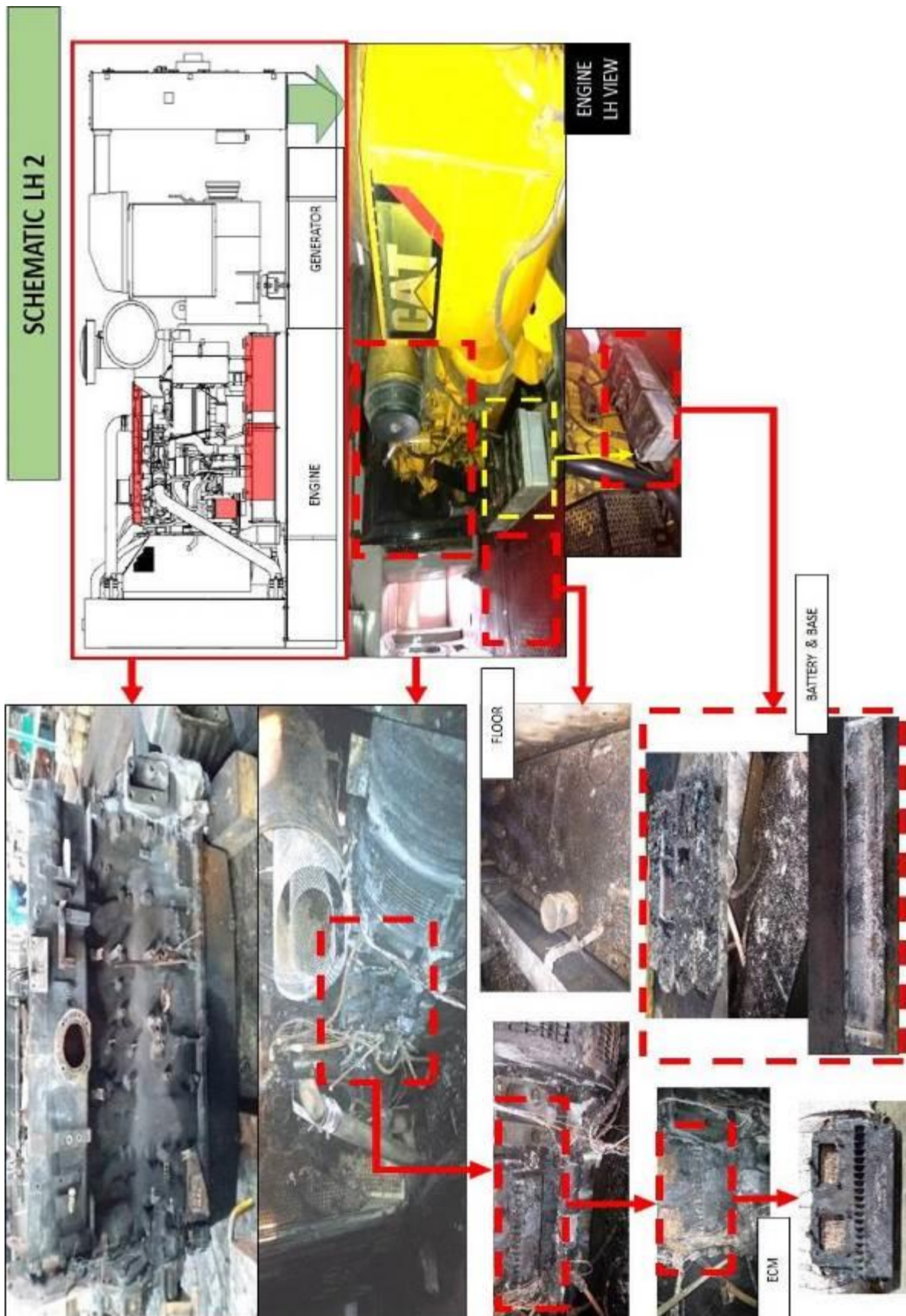


VII.8 SKEMA KEBAKARAN KOMPONEN ENGINE – SISI KANAN



VII.9 SKEMA KEBAKARAN KOMPONEN ENGINE – SISI KIRI





KOMITE NASIONAL KESELAMATAN TRANSPORTASI REPUBLIK INDONESIA

Jl. Medan Merdeka Timur No.5 Jakarta 10110 INDONESIA

Phone : (021) 351 7606 / 384 7601 Fax : (021) 351 7606 Call Center : 0812 12 655 155

website 1 : <http://knkt.dephub.go.id/webknkt/> website 2 : <http://knkt.dephub.go.id/knkt/>

email : knkt@dephub.go.id

ISBN
BARCODE