KAJIAN RISIKO DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP OPERASIONAL KA DAN BISNIS PERUSAHAAN

Pemetaan Risiko Iklim Fisik dan Transisi per Daerah Operasi

NOMOR : /AR-X/KR/KA-2026
TANGGAL : Oktober 2026

DIVISI MANAJEMEN RISIKO
PT KERETA API INDONESIA (PERSERO)
2026

DAFTAR ISI

RINGKASAN EKSEKUTIF 5
Konteks 5
Hasil Pemetaan Risiko Iklim Fisik 5
Risiko Prioritas per Wilayah Operasi 5
Risiko Lintas Wilayah dan Risiko Transisi 6
Indikasi Dampak Keuangan 6
Rekomendasi 6
Penguatan Pengungkapan 7
BAB I PENDAHULUAN 8
1.1 Dasar Penyusunan Kajian 8
1.2 Sinyal Perubahan Iklim yang Relevan bagi Perusahaan 8
1.2.1 Kondisi Iklim Tahun 2026 8
1.2.2 Suhu Udara 9
1.2.3 Curah Hujan 10
1.2.4 Hari Hujan 11
1.3 Keterkaitan Perubahan Iklim dengan Operasional Perkeretaapian 11
1.4 Tujuan 12
1.5 Permasalahan 12
1.6 Dokumen Pendukung 12
1.7 Pernyataan Kelengkapan Data 13
1.8 Ruang Lingkup 13
BAB II KERANGKA DAN METODOLOGI PENILAIAN RISIKO IKLIM 14
2.1 Acuan Pengungkapan 14
2.2 Taksonomi Risiko Iklim 14
2.3 Saluran Dampak 14
2.4 Unit Analisis 15
2.5 Penilaian Tingkat Risiko 15
2.6 Rentang Waktu 16
2.7 Data Iklim dan Analisis Skenario 16
BAB III PEMETAAN RISIKO IKLIM FISIK PER WILAYAH OPERASI 17
3.0 Ringkasan Pemetaan 17
Indikasi Dampak Keuangan dan Operasional 18
Estimasi Skenario Dampak Keuangan Bahaya Iklim Fisik 20
Rencana Mitigasi dan Adaptasi Portofolio 20
3.1 Daop 1 Jakarta 22
3.1.1 Banjir dan Genangan pada Jalur, Wesel, dan Emplasemen serta Dampak Keuangannya 22
3.1.2 Longsor dan Pergerakan Tanah pada Lereng di Sekitar Jalur 25
3.1.3 Peta Risiko Daop 1 Jakarta 28

3.2 Daop 2 Bandung 29
3.2.1 Longsor Lereng dan Tebing yang Menutup Jalur 29
3.2.2 Banjir dan Genangan pada Jalur yang Melemahkan Tubuh Baan 32
3.2.3 Penurunan Keandalan Bangunan Hikmat akibat Gerusan dan Peningkatan Debit Air 35
3.2.4 Peta Risiko Daop 2 Bandung 38
3.3 Daop 3 Cirebon 39
3.3.1 Penurunan Kepercayaan Pemangku Kepentingan akibat Gangguan Layanan dari Ketidakstabilan Tubuh Baan 39
3.3.2 Penurunan Geometri Jalan Rel akibat Siklus Basah Kering pada Tubuh Baan 42
3.3.3 Rel Spaten akibat Temperatur Rel Tinggi dan Perubahan Kondisi Termal 44
3.3.4 Penurunan Stabilitas Tanah Dasar dan Tubuh Baan akibat Curah Hujan Ekstrem 47
3.3.5 Banjir dan Genangan pada Jalur akibat Curah Hujan Ekstrem yang Melampaui Kapasitas Drainase 49
3.3.6 Peta Risiko Daop 3 Cirebon 52
3.4 Daop 4 Semarang 54
3.4.1 Penghentian Perjalanan akibat Genangan dan Luapan Air yang Melampaui Kapasitas Drainase 54
3.4.2 Penurunan Integritas Struktur Jembatan akibat Gerusan dan Korosi 57
3.4.3 Luapan Air di Balai Yasa, Depo, dan Kantor Pekerja 59
3.4.4 Banjir dan Luapan Sungai yang Memengaruhi Tubuh Baan, Jalan Rel, dan Jembatan 62
3.4.5 Longsor Tubuh Baan akibat Gerusan Air Sungai dan Aliran Permukaan 64
3.4.6 Gangguan Kelancaran Perjalanan akibat Banjir, Luapan Sungai, dan Genangan 67
3.4.7 Peta Risiko Daop 4 Semarang 70
3.5 Daop 5 Purwokerto 71
3.5.1 Gerusan Fondasi dan Pangkal Jembatan akibat Banjir 71
3.5.2 Ketidakstabilan Lereng yang Memicu Longsor dan Perubahan Geometri Jalur 74
3.5.3 Peta Risiko Daop 5 Purwokerto 78
3.6 Daop 6 Yogyakarta 79
3.6.1 Ketidakstabilan Lereng dan Tubuh Baan yang Memicu Amblesan dan Longsoran 79
3.6.2 Slip Roda akibat Penurunan Adhesi saat Gerimis pada Masa Peralihan Musim 82
3.6.3 Peta Risiko Daop 6 Yogyakarta 84
3.7 Daop 7 Madiun 85
3.7.1 Penurunan Tubuh Baan Labil yang Mengubah Geometri Rel 85
3.7.2 Runtuhan Material Tebing ke Ruang Bebas Jalur 88
3.7.3 Luapan Air pada Jembatan yang Menimbulkan Gerusan dan Kehilangan Balas 90
3.7.4 Peta Risiko Daop 7 Madiun 93
3.8 Daop 8 Surabaya 94
3.8.1 Banjir, Genangan, dan Aliran Lumpur pada Jalur, Emplasemen, dan Fasilitas Operasi 94
3.8.2 Pergerakan dan Runtuhan Material Lereng ke Ruang Bebas Jalur 97
3.8.3 Penurunan Tubuh Baan Labil yang Memengaruhi Geometri Rel 99

3.8.4 Peta Risiko Daop 8 Surabaya 102
3.9 Daop 9 Jember 103
3.9.1 Banjir dan Luapan Air pada Emplasemen 103
3.9.2 Penurunan Keandalan Struktur Terowongan akibat Rembesan Air 105
3.9.3 Luapan Air Sungai yang Mengancam Stabilitas Konstruksi Jembatan 108
3.9.4 Peta Risiko Daop 9 Jember 110
BAB IV RISIKO IKLIM LINTAS WILAYAH DAN RISIKO TRANSISI 112
4.1 Risiko Fisik Lintas Wilayah 112
4.2 Risiko Transisi 112
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI 113
5.1 Kesimpulan 113
5.2 Rekomendasi 113
5.2.1 Risiko Banjir, Genangan, dan Luapan Sungai 113
5.2.2 Risiko Longsor, Pergerakan Tanah, dan Penurunan Stabilitas Tubuh Baan 114
5.2.3 Risiko Penurunan Keandalan Bangunan Hikmat 114
5.2.4 Risiko Keandalan Jalan Rel akibat Temperatur Tinggi 115
5.2.5 Ketahanan Fasilitas Kerja dan Sarana terhadap Banjir dan Suhu Ekstrem 115
5.2.6 Perlindungan Pekerja terhadap Paparan Panas 116
5.2.7 Respons terhadap Risiko Transisi Kebijakan Energi dan Batu Bara 116
5.2.8 Tata Kelola dan Integrasi Risiko Iklim ke dalam Manajemen Risiko Perusahaan 116
5.3 Penguatan Pengungkapan Risiko Iklim 117

RINGKASAN EKSEKUTIF

Konteks

Perubahan iklim telah memengaruhi kondisi operasi perkeretaapian di Indonesia melalui kenaikan suhu udara yang konsisten selama lebih dari tiga dekade, perubahan pola curah hujan, serta meningkatnya frekuensi dan intensitas cuaca ekstrem. Pemutakhiran kajian tahun 2026 ini memetakan risiko iklim fisik dan transisi PT Kereta Api Indonesia (Persero) per wilayah operasi hingga tingkat lokasi aset, dengan struktur pengungkapan yang mencakup jenis bahaya, sifat akut atau kronis, saluran dan besaran dampak keuangan, serta rencana mitigasi dan adaptasi.

Hasil Pemetaan Risiko Iklim Fisik

Divisi Manajemen Risiko memetakan 29 risiko iklim fisik pada sembilan Daerah Operasi. Berdasarkan jenis bahaya, risiko tersebut terdiri atas curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai (15 risiko), gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan (11 risiko), suhu ekstrem dan kenaikan suhu (1 risiko), serta perubahan pola curah hujan (2 risiko).

Berdasarkan sifatnya, 25 risiko merupakan risiko fisik akut, 2 risiko fisik kronis, dan 2 risiko memiliki komponen akut sekaligus kronis. Seluruh risiko berada pada level Menengah ke Tinggi sebelum mitigasi (nilai inherent 16 sampai 19), dan diharapkan turun ke level Rendah atau Rendah ke Menengah (nilai residual 5 sampai 11) setelah tindakan mitigasi diselesaikan sesuai target, umumnya Triwulan III tahun 2027.

Risiko Prioritas per Wilayah Operasi

Tabel A Risiko Iklim Prioritas pada Setiap Daerah Operasi

Wilayah	Risiko prioritas	Jenis	Nilai inherent
Daop 1 Jakarta	Banjir dan Genangan pada Jalur, Wesel, dan Emplasemen serta Dampak Keuangannya	Fisik akut	19 (Menengah ke Tinggi)
Daop 2 Bandung	Longsor Lereng dan Tebing yang Menutup Jalur	Fisik akut	19 (Menengah ke Tinggi)
Daop 3 Cirebon	Banjir dan Genangan pada Jalur akibat Curah Hujan Ekstrem yang Melampaui Kapasitas Drainase	Fisik akut	19 (Menengah ke Tinggi)
Daop 4 Semarang	Banjir dan Luapan Sungai yang Memengaruhi Tubuh Baan, Jalan Rel, dan Jembatan	Fisik akut	19 (Menengah ke Tinggi)
Daop 5 Purwokerto	Ketidakstabilan Lereng yang Memicu Longsor dan Perubahan Geometri Jalur	Fisik akut	19 (Menengah ke Tinggi)
Daop 6 Yogyakarta	Ketidakstabilan Lereng dan Tubuh Baan yang Memicu Amblesan dan Longsoran	Fisik akut	19 (Menengah ke Tinggi)
Daop 7 Madiun	Luapan Air pada Jembatan yang Menimbulkan Gerusan dan Kehilangan Balas	Fisik akut	19 (Menengah ke Tinggi)
Daop 8 Surabaya	Banjir, Genangan, dan Aliran Lumpur pada Jalur, Emplasemen, dan Fasilitas Operasi	Fisik akut	19 (Menengah ke Tinggi)
Daop 9 Jember	Luapan Air Sungai yang Mengancam Stabilitas Konstruksi Jembatan	Fisik akut	19 (Menengah ke Tinggi)

Risiko Lintas Wilayah dan Risiko Transisi

Kajian tahun 2025 juga mengidentifikasi risiko fisik yang tidak terikat pada satu lokasi prasarana, yaitu penurunan keandalan lokomotif dan kereta pembangkit akibat temperatur tinggi serta gangguan kesehatan pekerja akibat paparan panas, dan risiko transisi berupa perubahan kebijakan energi dan pembatasan penggunaan batu bara yang dapat menurunkan volume angkutan, pendapatan, dan laba usaha. Risiko tersebut diuraikan pada Bab IV dan belum dikuantifikasi dalam pemutakhiran ini.

Indikasi Dampak Keuangan

Data yang tersedia menunjukkan besaran dampak keuangan bahaya iklim fisik, antara lain biaya penanganan banjir di Kedunggede-Lemahabang (Daop 1 Jakarta) sebesar Rp3.376.408.036 untuk beberapa tahap pekerjaan tahun 2022 dan 2025; penguatan bangunan hidraulika BH.1109 Linggapura (Daop 5 Purwokerto) sekitar Rp491.969.369, dibandingkan biaya Rp110.000.000.000 pada tahun 2019 ketika pilar jembatan runtuh dan jembatan harus diganti; penanganan longsor Karangsari-Karanggandul sebesar Rp1.155.077.000; serta gangguan perjalanan akibat banjir Porong-Bangil 24 Maret 2026 yang berdampak pada enam KA dengan total 702 menit-KA. Rincian disajikan pada Bab III.

Rencana mitigasi dan adaptasi atas 134 entri lokasi Dapsus disusun per kategori dengan biaya indikatif Rp25,11 miliar untuk mitigasi dan Rp344,50 miliar untuk adaptasi, atau total Rp369,61 miliar. Angka ini merupakan asumsi indikatif untuk penyaringan awal, bukan anggaran resmi; biaya aktual ditetapkan melalui survei teknis dan RAB.

Pada tingkat portofolio, estimasi skenario dampak keuangan atas 134 entri lokasi Dapsus berada pada rentang Rp379 miliar sampai Rp1,548 triliun, dengan kontribusi terbesar dari bahaya longsor (Rp205 miliar sampai Rp820 miliar).

Rekomendasi

Divisi Manajemen Risiko merekomendasikan kepada pihak terkait beberapa hal sebagai berikut:

a. Melakukan evaluasi dan peningkatan kapasitas drainase berdasarkan kajian hidrologi, hidraulika, topografi, dan proyeksi perubahan iklim; melaksanakan pembersihan serta pemeliharaan saluran secara berkala; dan memperkuat koordinasi dengan pemerintah daerah terkait pengelolaan aliran air serta penyelesaian infrastruktur drainase permanen.

b. Melakukan inspeksi dan pemantauan pergeseran tanah, retakan, erosi, serta perubahan geometri jalur secara berkala dengan memanfaatkan pengukuran terestrial, teknologi pemantauan, dan prakiraan curah hujan BMKG; memperbaiki drainase lereng, mengendalikan tata guna lahan, serta melakukan stabilisasi melalui bronjong, pancang rel, atau dinding penahan tanah (DPT) berdasarkan kajian geoteknik.

c. Melakukan inspeksi kondisi drainase dan jalur rel sebelum, selama, dan setelah hujan ekstrem; meningkatkan kapasitas saluran pembuangan serta memasang sistem pemantauan tinggi muka air dan peringatan dini pada lokasi rawan; dan memperbaiki kerusakan tubuh baan, balas, serta komponen jalan rel pascabanjir berdasarkan tingkat risiko dan urgensi keselamatan.

d. Memantau curah hujan, debit sungai, dan tinggi muka air serta memeriksa kondisi prasarana secara berkala; memperkuat tubuh baan, talud, tanggul, pangkal jembatan, fondasi, dan

struktur pelindung dari gerusan berdasarkan kajian teknis; serta mengevaluasi kebutuhan peninggian jalur rel atau jembatan untuk mengurangi dampak luapan air.

e. Menetapkan ambang peringatan dan prosedur pembatasan kecepatan atau penghentian perjalanan KA berdasarkan hasil pemantauan kondisi lereng dan geometri jalur; meningkatkan kesiapsiagaan petugas serta melaksanakan inspeksi khusus saat hujan lebat atau berkepanjangan; dan memprioritaskan penanganan permanen pada lokasi dengan tingkat risiko tinggi.

f. Mengintegrasikan pemantauan deformasi, retakan tubuh baan, pergeseran tanah, dan perubahan geometri rel dengan sistem peringatan dini berbasis kondisi lapangan dan prakiraan cuaca; memastikan tindakan perkuatan lereng dan tubuh baan mengatasi sumber ketidakstabilan; serta menetapkan kriteria eskalasi pengamanan perjalanan apabila ditemukan indikasi kondisi jalur tidak aman.

g. Melakukan pemantauan muka air dan penjagaan jembatan saat hujan lebat, membersihkan bukaan jembatan dari sampah, sedimentasi, dan material hanyut, serta berkoordinasi dengan pengelola sungai dan pemerintah daerah untuk menjaga kelancaran aliran air; menangani gerusan melalui pemasangan trucuk atau struktur pelindung sesuai kondisi lapangan; dan menindaklanjuti usulan penggantian BH 537 dengan jembatan baja berdasarkan kajian teknis.

h. Menyiagakan petugas dan menerapkan pembatasan atau penghentian perjalanan KA apabila jalur tidak aman; meningkatkan kapasitas drainase melalui pemasangan pipa dan saluran tambahan serta melakukan pembersihan berkala; berkoordinasi dengan pihak terkait untuk pengoperasian pompa air dan penanganan rembesan tanggul; serta memelihara bronjong dan peninggian jalur, sekaligus mengkaji penyediaan jalur alternatif yang terlindung dari banjir dan aliran lumpur.

Penguatan Pengungkapan

Untuk melengkapi pengungkapan risiko iklim, kajian berikutnya perlu dilengkapi dengan analisis skenario iklim berbasis proyeksi, penajaman estimasi dampak keuangan menjadi kerugian tahunan yang diharapkan, anggaran mitigasi dan adaptasi terkonsolidasi, kuantifikasi risiko transisi, dan identifikasi peluang iklim. Penilaian paparan telah mencakup seluruh (100%) aset di wilayah operasi. Rincian kesenjangan dan langkah penguatannya disajikan pada Bab V.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Dasar Penyusunan Kajian

a. Nota RDS Nomor 19/KP.202/X/KA/2026 tanggal 13 Oktober 2026 perihal Permohonan Penyusunan Kajian Risiko Perubahan Iklim merujuk pada Kebijakan Keberlanjutan Nomor KL.504/IX/13/KA-2024 tanggal 29 September 2024 tentang komitmen Perusahaan dalam mengintegrasikan aspek Environmental, Social, and Governance (ESG) dalam aktivitas operasional, Peraturan Direksi Nomor PER.DZ/KL.104/XI/1/KA-2025 tanggal 18 November 2025 tentang Pedoman Implementasi Environmental, Social & Governance (ESG), serta Usulan KPI Bersama 2026 PT Kereta Api Indonesia (Persero), salah satunya ESG Rating Improvement. Dalam rangka mendukung pemenuhan indikator penilaian dan peningkatan ESG Rating, Perusahaan memerlukan kajian risiko iklim yang relevan dengan kegiatan usaha dan operasional, yang mampu mengidentifikasi risiko dan peluang terkait iklim, menganalisis potensi dampaknya, serta menyusun rekomendasi mitigasi dan adaptasi sebagai dasar perencanaan dan pengambilan keputusan.

b. Kajian Risiko atas Perubahan Iklim terhadap Operasional Kereta Api dan Bisnis Perusahaan tahun 2025 menjadi dasar identifikasi dan analisis dampak perubahan iklim terhadap keberlangsungan operasional, keselamatan, pelayanan, keuangan, dan keberlanjutan bisnis PT Kereta Api Indonesia (Persero). Kajian tersebut telah mengidentifikasi risiko fisik dan risiko transisi, antara lain gangguan operasional akibat bencana hidrometeorologi, pembatasan penggunaan batu bara, penurunan kenyamanan penumpang akibat peningkatan temperatur, gangguan kinerja lokomotif dan pembangkit, perubahan geometri rel akibat temperatur tinggi, gangguan kesehatan pekerja akibat paparan panas, kerusakan atap atau kanopi akibat angin kencang, serta gangguan akibat banjir pada fasilitas perusahaan.

c. Perkembangan kondisi iklim, kebijakan pemerintah, teknologi, dan ekspektasi pemangku kepentingan menuntut pemutakhiran kajian pada tahun 2026. Pemutakhiran ini diarahkan agar profil risiko iklim PT KAI tidak hanya menggambarkan kejadian historis, tetapi juga memetakan paparan dan kerentanan yang sedang berlangsung di setiap wilayah operasi serta potensi perubahan paparan dalam jangka menengah dan panjang. Hasilnya diharapkan menjadi dasar penentuan prioritas penanganan risiko, kebutuhan investasi ketahanan infrastruktur, penguatan keandalan sarana dan prasarana, strategi keberlanjutan perusahaan, serta pengungkapan risiko iklim Perusahaan.

1.2 Sinyal Perubahan Iklim yang Relevan bagi Perusahaan

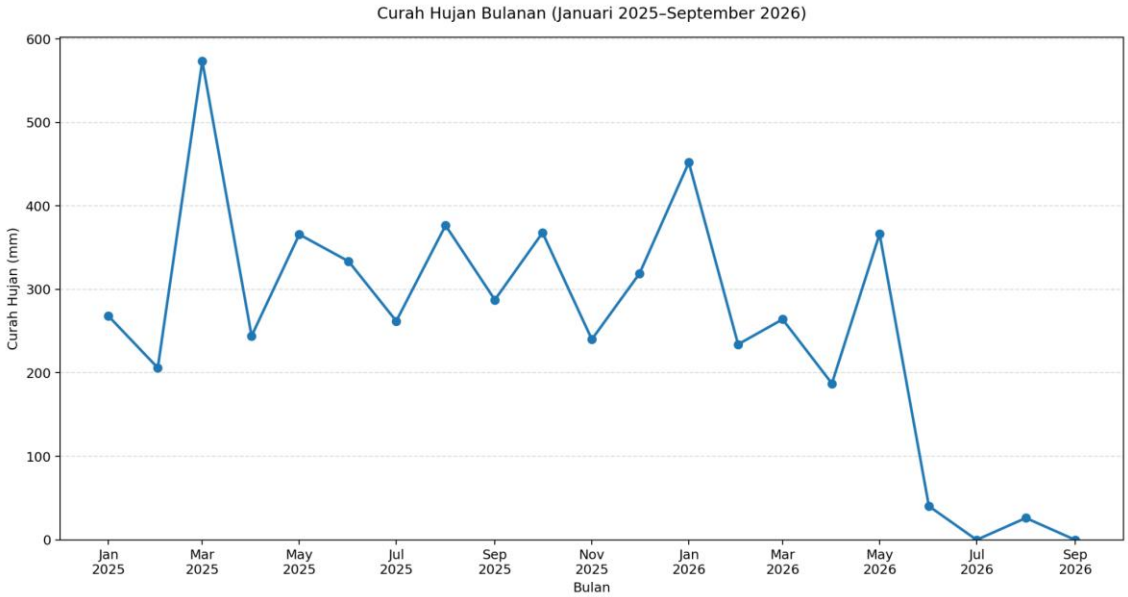
Perubahan iklim merupakan fenomena nyata yang dampaknya telah dirasakan secara luas dan berpengaruh signifikan terhadap pembangunan sosial ekonomi di Indonesia. Dampak tersebut antara lain berupa peningkatan suhu udara, kenaikan permukaan air laut, perubahan pola curah hujan, serta meningkatnya frekuensi dan intensitas kejadian cuaca ekstrem. Sinyal iklim yang paling relevan bagi operasional perkeretaapian diuraikan sebagai berikut.

1.2.1 Kondisi Iklim Tahun 2026

Perkembangan kondisi iklim tahun 2026 menunjukkan perlunya peningkatan perhatian terhadap kejadian cuaca dan iklim ekstrem. BMKG memprediksi musim kemarau 2026 cenderung lebih

kering dan berlangsung lebih panjang dibandingkan kondisi normal. Pada perkembangan musim kemarau tahun 2026, BMKG juga mencatat peningkatan pengaruh El Niño serta meluasnya kondisi kering di berbagai wilayah Indonesia. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko kekeringan, kebakaran, keterbatasan ketersediaan air, serta perubahan kondisi lingkungan yang dapat memengaruhi kegiatan operasional dan fasilitas perusahaan.

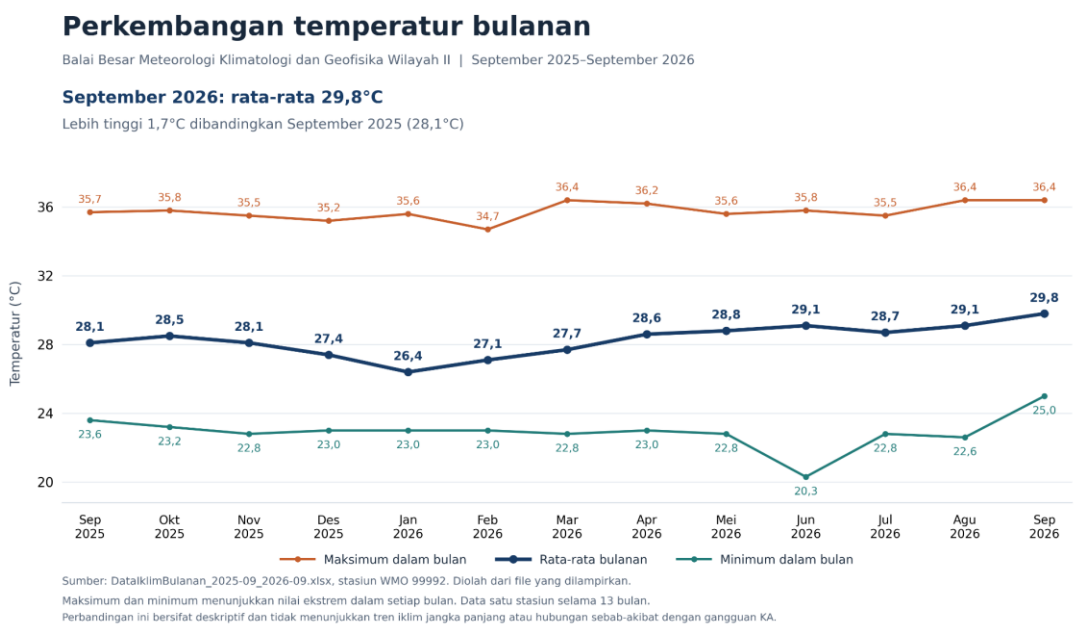
Bahaya iklim yang dihadapi PT KAI mencakup hujan ekstrem, banjir, dan longsor sebagaimana telah menjadi perhatian dalam kajian sebelumnya, serta peningkatan temperatur, periode kering yang lebih panjang, kekeringan, perubahan pola curah hujan, dan potensi perubahan karakteristik kejadian ekstrem. Pemutakhiran kajian karena itu memperluas analisis paparan dan kerentanan pada wilayah operasi dengan mempertimbangkan karakteristik setiap koridor, aset, fasilitas, dan lokasi yang memiliki tingkat kerawanan berbeda.



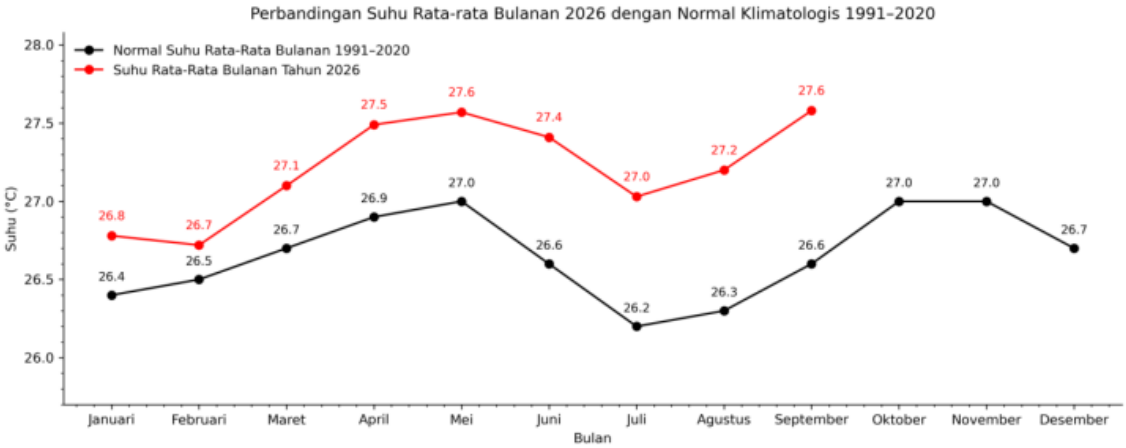
Gambar 1.1 Tren Curah Hujan Bulanan Periode Januari 2025 sampai September 2026 (Sumber: BMKG, 2026)

1.2.2 Suhu Udara

Pengamatan suhu udara BMKG melalui 115 stasiun pengamatan menunjukkan bahwa suhu udara rata rata periode 1991-2020 di Indonesia sebesar 26.7°C dan suhu udara rata rata tahun 2025 sebesar 27.05°C. Pada tahun 2026, suhu rata rata Januari sampai September berada pada rentang 26.8°C sampai 27.06°C. Data ini menunjukkan bahwa Indonesia mengalami kenaikan suhu yang konsisten selama lebih dari tiga dekade, yang dalam taksonomi risiko iklim termasuk bahaya fisik kronis.



Gambar 1.2 Grafik Perubahan Suhu Bulanan (Sumber: BMKG, 2026)

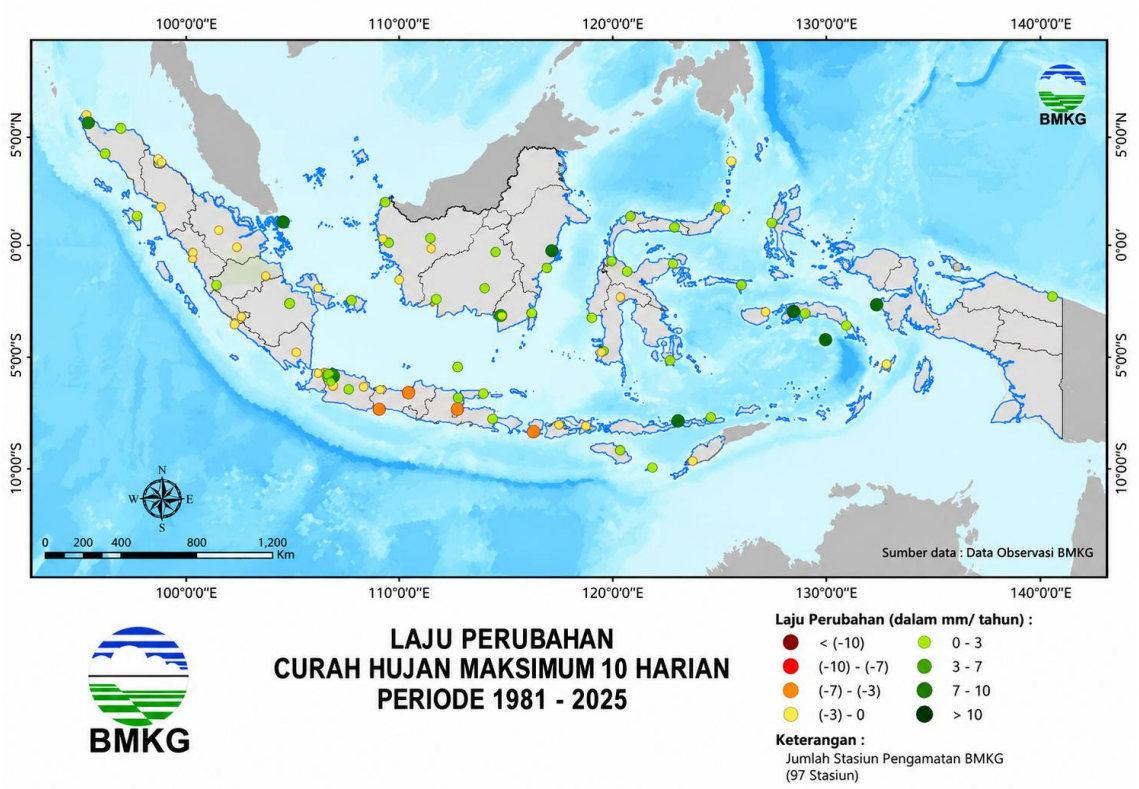


Gambar 1.3 Grafik Perbandingan Suhu Bulanan Tahun 2026 dengan 1991-2020 (Sumber: BMKG, 2026)

1.2.3 Curah Hujan

Laju perubahan curah hujan maksimum 10 harian di Indonesia selama periode 1981-2025 berdasarkan data 97 stasiun pengamatan BMKG menunjukkan perubahan yang bervariasi antarwilayah. Sejumlah stasiun di Sumatera dan Jawa menunjukkan kecenderungan penurunan, sedangkan beberapa stasiun di Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, hingga Papua menunjukkan peningkatan. Peningkatan curah hujan maksimum mengindikasikan potensi bertambahnya intensitas hujan lebat yang dapat meningkatkan risiko banjir, genangan, tanah longsor, serta gangguan operasional transportasi, khususnya pada wilayah dengan kondisi topografi dan drainase yang rentan.

Penurunan di sejumlah wilayah tidak serta merta menunjukkan berkurangnya risiko bencana hidrometeorologi karena kejadian hujan ekstrem tetap dapat terjadi. Pola ini menegaskan pentingnya pemantauan curah hujan dan evaluasi risiko secara spesifik berdasarkan lokasi, terutama untuk mengantisipasi dampak musim hujan terhadap keselamatan dan kelancaran operasional perkeretaapian.



Gambar 1.4 Laju Perubahan Curah Hujan Maksimum 10 Harian Periode 1981-2025 (Sumber: BMKG, 2026)

1.2.4 Hari Hujan

Hasil proyeksi mengindikasikan bahwa sebagian besar wilayah Indonesia berpotensi mengalami penurunan jumlah hari hujan pada akhir abad ke 21. Pola ini tidak serta merta berarti berkurangnya intensitas hujan, karena hujan ekstrem masih dapat terjadi meskipun frekuensi harinya menurun. Proyeksi tersebut memberikan gambaran bahwa iklim Indonesia ke depan cenderung lebih kering dengan kejadian hujan yang lebih terkonsentrasi.

Secara keseluruhan, perkembangan suhu udara, curah hujan, dan lamanya hari hujan selama 20 tahun terakhir menunjukkan bahwa iklim Indonesia telah berubah. Perubahan ini berdampak pada aktivitas ekonomi, sosial, dan lingkungan, termasuk subsektor perkeretaapian.

1.3 Keterkaitan Perubahan Iklim dengan Operasional Perkeretaapian

Pada subsektor perkeretaapian, dampak perubahan iklim memengaruhi sarana, prasarana, dan fasilitas pendukung sehingga dapat mengganggu operasional kereta api. Keterkaitan utamanya adalah sebagai berikut.

1) Peningkatan suhu udara berpotensi menimbulkan rel spaten, retaknya tubuh baan, hingga keluhan penumpang. Sebaliknya, penurunan suhu udara dapat memicu gangguan seperti slip roda, rel putus, maupun kecrotan. Kenaikan permukaan air laut dapat menimbulkan banjir rob yang berisiko merusak jalur kereta api, khususnya di wilayah pesisir.
2) Pada aspek sarana, peningkatan temperatur dan perubahan pola cuaca perlu dikaitkan secara sistematis dengan keandalan sarana. Kajian tahun 2025 telah menunjukkan gangguan pada lokomotif yang berkaitan dengan temperatur tinggi, antara lain engine shutdown, hot engine, gangguan radiator, dan kehilangan tenaga. Kondisi tersebut perlu

diperbarui dengan data kejadian operasional sampai tahun 2026 dan dianalisis berdasarkan lokasi, jenis sarana, frekuensi kejadian, durasi gangguan, biaya pemeliharaan, serta dampaknya terhadap ketepatan waktu dan keandalan perjalanan.

3) Pada aspek prasarana, peningkatan temperatur berkaitan dengan potensi perubahan geometri dan stabilitas jalan rel. Kajian sebelumnya telah mengidentifikasi potensi perubahan geometri rel akibat peningkatan temperatur serta kaitannya dengan gangguan perjalanan dan keselamatan. Pemutakhiran tahun 2026 mengembangkan analisis tersebut melalui pemetaan koridor dan lokasi yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap temperatur ekstrem, kondisi tanah, karakteristik konstruksi jalan rel, serta riwayat gangguan.
4) Perubahan iklim, khususnya kejadian iklim ekstrem, berdampak terhadap berbagai aspek kehidupan secara ekonomi, sosial, lingkungan, dan transportasi. Bagi Perusahaan, dampak tersebut bermuara pada keselamatan perjalanan, kontinuitas layanan dan pendapatan, biaya pemeliharaan dan pemulihan, nilai aset, serta reputasi.

1.4 Tujuan

Kajian ini bertujuan untuk:

a. mengidentifikasi dan memetakan risiko iklim fisik, baik akut maupun kronis, pada setiap Daerah Operasi (Daop) hingga tingkat lokasi;
b. menilai paparan, kerentanan, dan tingkat risiko inherent serta residual setiap risiko;
c. menguraikan saluran dampak setiap risiko terhadap keselamatan, kontinuitas layanan, keuangan, aset, dan reputasi, termasuk data biaya dan gangguan yang telah tercatat;
d. mengidentifikasi risiko transisi dan risiko fisik lintas wilayah yang relevan bagi model bisnis Perusahaan;
e. menetapkan tindakan mitigasi dan adaptasi, penanggung jawab, dan target waktu sebagai dasar program kerja dan anggaran; dan
f. menyediakan basis pengungkapan risiko iklim Perusahaan.

Pengelolaan risiko iklim PT KAI tidak hanya diarahkan untuk mengurangi kerugian akibat kejadian iklim, tetapi juga untuk memastikan bahwa Perusahaan memiliki kemampuan adaptasi dan ketahanan yang memadai dalam menghadapi perubahan lingkungan bisnis. Pendekatan tersebut diharapkan menjaga keselamatan perjalanan, keandalan layanan, keberlanjutan operasional, kesehatan keuangan, dan daya saing PT KAI dalam jangka panjang.

1.5 Permasalahan

Dampak perubahan iklim terhadap sarana, prasarana, dan fasilitas perkeretaapian selama ini tercatat di dalam register risiko korporat sebagai risiko operasional, keuangan, atau reputasi. Pencatatan tersebut belum memisahkan jenis bahaya iklim, sifatnya (akut atau kronis), rentang waktu, dan saluran dampaknya, sehingga belum terdapat pengelolaan dan pengungkapan yang secara khusus menggambarkan profil risiko iklim Perusahaan per wilayah operasi.

1.6 Dokumen Pendukung

a. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019 tentang Penyakit Akibat Kerja;
b. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri;

c. SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung;
d. Data Online Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika;
e. Data Online Badan Nasional Penanggulangan Bencana;
f. Poster "Track Information", Direktorat Pengelolaan Prasarana Divisi Track and Bridge;
g. Dokumen "RRT-Gangguan Lok 2024" dan "RRT-Gangguan Lok 2025";
h. Nota RDS Nomor 19/KP.202/X/KA/2026 tanggal 13 Oktober 2026 perihal Permohonan Penyusunan Kajian Risiko Perubahan Iklim;
i. Surat Rekomendasi PT Danantara Asset Management Nomor SR.410/DI-DAM/MDF/2026 tanggal 28 Agustus 2026 perihal Penyampaian Arahan Strategis dalam Penyusunan Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) 2027 Anak Perusahaan PT Danantara Asset Management (DAM);
j. Surat Keputusan Direksi Nomor KEP.U/KL.104/XI/1/KA-2016 tentang Peraturan Dinas 10A mengenai Perawatan Jalan Rel dengan Lebar 1.067 mm;
k. Peta Daerah Pemantauan Khusus Daop 1 hingga Daop 9 Tahun 2026;
l. Dokumen "Estimasi Taksiran Biaya Penanganan BCM's & BIA".

1.7 Pernyataan Kelengkapan Data

Kajian ini disusun berdasarkan data yang diperoleh pada tanggal 13 Oktober 2026 dan data yang diterima selama proses asesmen risiko. Sesuai salah satu prinsip manajemen risiko dalam ISO 31000:2018 International Standard Risk Management Guidelines, pengelolaan risiko dilakukan berdasarkan data atau informasi terbaik yang tersedia atau dapat diperoleh pada saat asesmen.

1.8 Ruang Lingkup

Ruang lingkup kajian meliputi identifikasi dan penilaian potensi dampak risiko iklim terhadap operasional kereta api dan bisnis Perusahaan, dengan cakupan sebagai berikut:

a. risiko iklim fisik akut dan kronis pada sembilan wilayah operasi, yaitu Daop 1 Jakarta, Daop 2 Bandung, Daop 3 Cirebon, Daop 4 Semarang, Daop 5 Purwokerto, Daop 6 Yogyakarta, Daop 7 Madiun, Daop 8 Surabaya, dan Daop 9 Jember;
b. penilaian paparan mencakup seluruh (100%) aset di wilayah operasi, dengan uraian rinci pada aset yang teridentifikasi rawan, yaitu jalan rel, tubuh baan, lereng dan tebing, jembatan dan bangunan hidraulika, terowongan, emplasemen, serta fasilitas perawatan sarana pada lokasi Daerah Pemantauan Khusus (Dapsus) tahun 2026;
c. risiko fisik lintas wilayah pada sarana dan pekerja, serta risiko transisi, yang diidentifikasi pada kajian tahun 2025 dan ditindaklanjuti melalui rekomendasi kajian ini.

BAB II
KERANGKA DAN METODOLOGI PENILAIAN RISIKO IKLIM

2.1 Acuan Pengungkapan

Pengungkapan dalam kajian ini mencakup identifikasi bahaya iklim fisik pada tingkat lokasi operasi, klasifikasi risiko fisik dan transisi, saluran dan besaran dampak keuangan, serta rencana mitigasi dan adaptasi beserta penanggung jawab dan biayanya. Struktur pengungkapan dibuat konsisten dengan kerangka empat pilar tata kelola, strategi, manajemen risiko, serta metrik dan target yang digunakan dalam rekomendasi TCFD dan PSPK 2 (pengungkapan terkait iklim). Proses penilaian risiko mengikuti prinsip ISO 31000:2018.

2.2 Taksonomi Risiko Iklim

Setiap risiko dalam kajian ini diklasifikasikan terlebih dahulu berdasarkan jenis bahaya iklim, bukan berdasarkan kategori risiko korporat. Klasifikasi akut atau kronis ditentukan oleh sifat bahaya iklimnya, bukan oleh kondisi atau proses yang terjadi pada aset. Kondisi aset seperti usia struktur, korosi, atau tanah dasar yang labil diperlakukan sebagai faktor kerentanan yang memperbesar dampak bahaya. Taksonomi yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Taksonomi Risiko Iklim yang Digunakan

Kategori	Pengertian	Bahaya yang relevan bagi PT KAI
Fisik akut	Kejadian cuaca ekstrem yang terjadi dalam waktu singkat dan dapat langsung merusak aset atau menghentikan operasi	Hujan lebat dan curah hujan ekstrem; banjir, genangan, dan luapan sungai; longsor dan gerakan tanah yang dipicu hujan lebat; gelombang panas dan episode suhu ekstrem; angin kencang
Fisik kronis	Perubahan pola iklim jangka panjang yang bekerja bertahap dan menurunkan kinerja atau umur aset	Kenaikan suhu rata rata; perubahan pola curah hujan dan siklus basah kering; kemarau lebih panjang; kenaikan muka air laut (rob)
Transisi	Risiko yang timbul dari proses peralihan menuju ekonomi rendah karbon	Kebijakan dan regulasi (pembatasan penggunaan batu bara, kebijakan energi); pasar (perubahan permintaan angkutan komoditas); teknologi; reputasi

2.3 Saluran Dampak

Kategori risiko korporat yang selama ini digunakan dalam register, yaitu risiko keuangan, operasional, dan reputasi, dalam kajian ini diperlakukan sebagai saluran dampak dari bahaya iklim. Kategori register tetap dicantumkan pada setiap risiko agar dapat ditelusuri ke sistem manajemen risiko perusahaan (ERM).

Tabel 2.2 Saluran Dampak Risiko Iklim

Saluran dampak	Bentuk dampak bagi Perusahaan
Keselamatan	Potensi anjlokan, benturan, tabrakan, korban jiwa atau cedera
Kontinuitas layanan dan pendapatan	Pembatasan kecepatan, penghentian perjalanan, penutupan lintas, keterlambatan dan pembatalan perjalanan, penurunan volume angkutan, kompensasi pelanggan
Biaya operasional dan investasi	Biaya penanganan darurat, pemompaan, perbaikan dan pemeliharaan berulang, serta belanja investasi ketahanan prasarana

Saluran dampak	Bentuk dampak bagi Perusahaan
Nilai dan umur aset	Kerusakan struktur, degradasi material, dan kebutuhan rehabilitasi atau penggantian aset
Reputasi	Penurunan kepercayaan pelanggan, regulator, dan pemangku kepentingan; peralihan pengguna ke moda lain

2.4 Unit Analisis

Unit analisis adalah wilayah operasi (Daop) dan lokasi aset di dalamnya. Lokasi yang dinilai bersumber dari Peta Daerah Pemantauan Khusus (Dapsus) tahun 2026, yaitu lokasi jalur dan bangunan yang ditetapkan memerlukan pemantauan khusus karena kerawanannya. Untuk setiap lokasi, kajian mencatat jenis bahaya, aset yang terpapar, faktor kerentanan, indikator pemantauan, dan tindakan mitigasi yang telah maupun akan dilakukan. Penilaian paparan telah mencakup seluruh (100%) aset di wilayah operasi Daop 1 sampai Daop 9. Lokasi yang teridentifikasi rawan dari penilaian tersebut ditetapkan sebagai Dapsus dan diuraikan secara rinci pada Bab III.

2.5 Penilaian Tingkat Risiko

Tingkat risiko dinilai dengan matriks 5 x 5 yang menggabungkan level kemungkinan (probabilitas) dan level dampak. Nilai inherent menggambarkan tingkat risiko sebelum tindakan mitigasi yang direncanakan, sedangkan nilai residual menggambarkan tingkat risiko yang diharapkan setelah tindakan mitigasi selesai dilaksanakan sesuai target waktu.

Tabel 2.3 Level Kemungkinan dan Dampak

Level	Kemungkinan	Level	Dampak
5	Hampir Pasti Terjadi	5	Sangat Tinggi
4	Sangat Mungkin Terjadi	4	Tinggi
3	Bisa Terjadi	3	Moderat
2	Jarang Terjadi	2	Rendah
1	Sangat Jarang Terjadi	1	Sangat Rendah

Tabel 2.4 Matriks Nilai Risiko (Kemungkinan x Dampak)

Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18	23
Jarang Terjadi (2)	2	6	11	16	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5	10	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

Tabel 2.5 Skala Level Risiko

Skala nilai risiko	Level risiko
1 sampai 5	Rendah
6 sampai 11	Rendah ke Menengah
12 sampai 15	Menengah
16 sampai 19	Menengah ke Tinggi
20 sampai 25	Tinggi

2.6 Rentang Waktu

Rentang waktu digunakan untuk menunjukkan horizon pelaksanaan rencana mitigasi dan adaptasi dengan definisi sebagai berikut.

Tabel 2.6 Definisi Rentang Waktu

Rentang waktu	Periode
Jangka pendek	0 sampai 2 tahun
Jangka menengah	3 sampai 5 tahun
Jangka panjang	lebih dari 5 tahun

Rentang waktu tersebut digunakan pada rencana tindakan setiap kategori lokasi Dapsus. Penetapan rentang waktu terjadinya dampak pada setiap risiko belum dilakukan dalam kajian ini dan akan ditetapkan bersama pemilik risiko.

2.7 Data Iklim dan Analisis Skenario

Penilaian paparan menggunakan data observasi dan prakiraan BMKG (suhu dari 115 stasiun, curah hujan maksimum dari 97 stasiun, prakiraan musim 2026, dan data Staklim), data kejadian bencana BNPB tahun 2026, Peta Dapsus 2026, riwayat gangguan operasional, serta dokumen biaya penanganan. Proyeksi jangka panjang yang digunakan adalah proyeksi BMKG mengenai jumlah hari hujan pada akhir abad ke 21.

Analisis skenario iklim kuantitatif, misalnya perbandingan skenario emisi tinggi dan skenario emisi rendah terhadap frekuensi banjir, intensitas hujan, dan suhu pada lokasi aset, belum dilakukan dalam pemutakhiran ini. Analisis tersebut ditetapkan sebagai langkah penguatan pada Bab V.

BAB III
PEMETAAN RISIKO IKLIM FISIK PER WILAYAH OPERASI

Bab ini menyajikan hasil pemetaan risiko iklim fisik pada sembilan Daerah Operasi berdasarkan data dan informasi yang tersedia. Setiap risiko diuraikan dengan urutan yang sama: deskripsi, klasifikasi risiko iklim, pemicu iklim dan faktor kerentanan, lokasi terpapar, indikator pemantauan, dampak, analisis paparan dan kerentanan, penilaian tingkat risiko, mitigasi beserta penanggung jawab, target waktu mitigasi, serta rencana mitigasi dan adaptasi kategori lokasi Dapsus.

3.0 Ringkasan Pemetaan

Sebaran risiko menurut wilayah operasi dan kelompok bahaya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Sebaran Risiko Iklim Fisik per Wilayah dan Kelompok Bahaya

Wilayah	Hujan ekstrem dan banjir	Gerakan tanah	Suhu	Pola hujan	Jumlah
Daop 1 Jakarta	1	1			2
Daop 2 Bandung	2	1			3
Daop 3 Cirebon	1	2	1	1	5
Daop 4 Semarang	5	1			6
Daop 5 Purwokerto	1	1			2
Daop 6 Yogyakarta		1		1	2
Daop 7 Madiun	1	2			3
Daop 8 Surabaya	1	2			3
Daop 9 Jember	3				3
Jumlah	**15**	**11**	**1**	**2**	**29**

Keterangan kolom: pengelompokan didasarkan pada jenis bahaya iklim, bukan pada aset yang terdampak. Hujan ekstrem dan banjir mencakup curah hujan ekstrem, banjir, genangan, luapan sungai, dan debit tinggi yang menimbulkan gerusan pada jembatan atau rembesan pada terowongan; Gerakan tanah mencakup longsor dan pergerakan tanah yang dipicu hujan; Suhu mencakup episode suhu ekstrem dan tren kenaikan suhu; Pola hujan mencakup perubahan pola curah hujan dan siklus basah kering.

Tabel 3.2 Register Risiko Iklim Fisik

No	Wilayah	Risiko iklim	Jenis	Inherent	Residual
3.1.1	Daop 1 Jakarta	Banjir dan Genangan pada Jalur, Wesel, dan Emplasemen serta Dampak Keuangannya	Fisik akut	19	11
3.1.2	Daop 1 Jakarta	Longsor dan Pergerakan Tanah pada Lereng di Sekitar Jalur	Fisik akut	19	11
3.2.1	Daop 2 Bandung	Longsor Lereng dan Tebing yang Menutup Jalur	Fisik akut	19	11
3.2.2	Daop 2 Bandung	Banjir dan Genangan pada Jalur yang Melemahkan Tubuh Baan	Fisik akut	19	6
3.2.3	Daop 2 Bandung	Penurunan Keandalan Bangunan Hikmat akibat Gerusan dan Peningkatan Debit Air	Fisik akut	19	11
3.3.1	Daop 3 Cirebon	Penurunan Kepercayaan Pemangku Kepentingan akibat Gangguan Layanan dari Ketidakstabilan Tubuh Baan	Fisik akut dan kronis	18	5
3.3.2	Daop 3 Cirebon	Penurunan Geometri Jalan Rel akibat Siklus Basah Kering pada Tubuh Baan	Fisik kronis	18	6

No	Wilayah	Risiko iklim	Jenis	Inherent	Residual
3.3.3	Daop 3 Cirebon	Rel Spaten akibat Temperatur Rel Tinggi dan Perubahan Kondisi Termal	Fisik akut dan kronis	18	6
3.3.4	Daop 3 Cirebon	Penurunan Stabilitas Tanah Dasar dan Tubuh Baan akibat Curah Hujan Ekstrem	Fisik akut	19	11
3.3.5	Daop 3 Cirebon	Banjir dan Genangan pada Jalur akibat Curah Hujan Ekstrem yang Melampaui Kapasitas Drainase	Fisik akut	19	11
3.4.1	Daop 4 Semarang	Penghentian Perjalanan akibat Genangan dan Luapan Air yang Melampaui Kapasitas Drainase	Fisik akut	19	6
3.4.2	Daop 4 Semarang	Penurunan Integritas Struktur Jembatan akibat Gerusan dan Korosi	Fisik akut	16	5
3.4.3	Daop 4 Semarang	Luapan Air di Balai Yasa, Depo, dan Kantor Pekerja	Fisik akut	16	10
3.4.4	Daop 4 Semarang	Banjir dan Luapan Sungai yang Memengaruhi Tubuh Baan, Jalan Rel, dan Jembatan	Fisik akut	19	11
3.4.5	Daop 4 Semarang	Longsor Tubuh Baan akibat Gerusan Air Sungai dan Aliran Permukaan	Fisik akut	19	11
3.4.6	Daop 4 Semarang	Gangguan Kelancaran Perjalanan akibat Banjir, Luapan Sungai, dan Genangan	Fisik akut	19	11
3.5.1	Daop 5 Purwokerto	Gerusan Fondasi dan Pangkal Jembatan akibat Banjir	Fisik akut	19	11
3.5.2	Daop 5 Purwokerto	Ketidakstabilan Lereng yang Memicu Longsor dan Perubahan Geometri Jalur	Fisik akut	19	11
3.6.1	Daop 6 Yogyakarta	Ketidakstabilan Lereng dan Tubuh Baan yang Memicu Amblesan dan Longsoran	Fisik akut	19	11
3.6.2	Daop 6 Yogyakarta	Slip Roda akibat Penurunan Adhesi saat Gerimis pada Masa Peralihan Musim	Fisik kronis	19	11
3.7.1	Daop 7 Madiun	Penurunan Tubuh Baan Labil yang Mengubah Geometri Rel	Fisik akut	19	11
3.7.2	Daop 7 Madiun	Runtuhan Material Tebing ke Ruang Bebas Jalur	Fisik akut	19	11
3.7.3	Daop 7 Madiun	Luapan Air pada Jembatan yang Menimbulkan Gerusan dan Kehilangan Balas	Fisik akut	19	11
3.8.1	Daop 8 Surabaya	Banjir, Genangan, dan Aliran Lumpur pada Jalur, Emplasemen, dan Fasilitas Operasi	Fisik akut	19	11
3.8.2	Daop 8 Surabaya	Pergerakan dan Runtuhan Material Lereng ke Ruang Bebas Jalur	Fisik akut	19	11
3.8.3	Daop 8 Surabaya	Penurunan Tubuh Baan Labil yang Memengaruhi Geometri Rel	Fisik akut	19	11
3.9.1	Daop 9 Jember	Banjir dan Luapan Air pada Emplasemen	Fisik akut	19	11
3.9.2	Daop 9 Jember	Penurunan Keandalan Struktur Terowongan akibat Rembesan Air	Fisik akut	19	11
3.9.3	Daop 9 Jember	Luapan Air Sungai yang Mengancam Stabilitas Konstruksi Jembatan	Fisik akut	19	11

Indikasi Dampak Keuangan dan Operasional

Data biaya penanganan dan gangguan perjalanan yang telah tercatat memberikan gambaran besaran dampak keuangan bahaya iklim fisik. Data ini merupakan biaya historis dan acuan biaya satuan. Estimasi skenario dampak keuangan per jenis bahaya disajikan sesudahnya.

Tabel 3.3 Biaya dan Gangguan Operasional yang Telah Tercatat akibat Bahaya Iklim Fisik

Wilayah	Lokasi dan kejadian	Bahaya	Besaran yang tercatat
Daop 1 Jakarta	Kedunggede-Lemahabang: bronjong batu kali tahap darurat (2022)	Banjir	Rp1.054.601.999
Daop 1 Jakarta	Kedunggede-Lemahabang: tiga unit box culvert sebagai saluran penyeimbang (2022)	Banjir	Rp1.070.229.478
Daop 1 Jakarta	Kedunggede-Lemahabang: bronjong lanjutan, 771 m³ (2025)	Banjir	Rp1.251.576.559
Daop 1 Jakarta	Kedunggede-Lemahabang: total beberapa tahap pekerjaan	Banjir	Rp3.376.408.036
Daop 5 Purwokerto	BH.1109 Linggapura: penguatan bangunan hidraulika sungai (pelindung abutment, pangkal pilar, main dam terjunan)	Banjir dan gerusan	sekitar Rp491.969.369
Daop 5 Purwokerto	BH.1109 Linggapura (2019): penggantian jembatan setelah pilar runtuh	Banjir dan gerusan	Rp110.000.000.000
Daop 5 Purwokerto	Karangsari-Karanggandul: penanganan longsoran tebing dan pembuatan tubuh baan galian	Longsor	Rp1.155.077.000
Daop 7 Madiun	Babadan-Madiun: taspat 120 menjadi 90 km/jam sepanjang 2 km	Tubuh baan labil	tambahan sekitar 20 detik per KA
Daop 8 Surabaya	Tanggulangin-Porong, 17 Juni 2025	Banjir	5 KA tertunda, akumulasi 366 menit
Daop 8 Surabaya	Porong-Bangil, 24 Maret 2026	Banjir	6 KA, total 702 menit-KA; pemulihan prasarana 210 menit; KA 2629 menunggu 64 menit setelah jalur normal

Tabel 3.4 Acuan Biaya Satuan Tindakan Mitigasi

Tindakan mitigasi	Acuan biaya	Referensi pekerjaan	Digunakan pada
Perkuatan lereng atau tubuh baan dengan pancangan rel (dan bronjong)	Rp14.288.356/msp; Rp14.288.356,01/msp	Doplang-Randublatung	Daop 2, 4, 6, 8
Perlindungan tubuh baan dengan bronjong	Rp14.288.356	Kedunggede-Lemahabang (2025)	Daop 2
Pemasangan bronjong baru	Rp1.623.315,90/m³	-	Daop 8
Peningkatan drainase dengan box culvert	Rp12.421.419/msp; Rp12.421.419,20/m³	Kedunggede-Lemahabang	Daop 2, 9
Rekondisi atau perkuatan tubuh baan; dinding penahan tanah	Rp28.576.712; Rp28.576.712,02/msp	-	Daop 3, 4, 7
Perbaikan dan perkuatan tanggul, talud, dan pengarah aliran	Rp14.288.356,01/msp	-	Daop 4
Peninggian jalur atau angkatan tinggi	Rp6.112.689,48/msp	-	Daop 4, 8
Penanganan material longsoran	Rp5.250.350/msp	Karangsari-Karanggandul	Daop 7
Penggantian jembatan dengan jembatan baja	Rp1.420.000.000/msp	BH 785 Niru	Daop 7 (BH 537)

Tindakan mitigasi	Acuan biaya	Referensi pekerjaan	Digunakan pada
Perkuatan fondasi jembatan	Rp491.969.369	BH.1109 Linggapura	Daop 9 (BH 298)

Estimasi Skenario Dampak Keuangan Bahaya Iklim Fisik

Entri lokasi Dapsus dikelompokkan menurut kategori risiko fisik. Total skenario pada setiap kategori merupakan hasil perkalian jumlah entri dengan rentang estimasi dampak per kejadian per entri.

Tabel 3.5 Estimasi Skenario Dampak Keuangan per Kategori Lokasi Dapsus

Kategori lokasi Dapsus	Jumlah entri	Estimasi dampak per kejadian per entri	Total skenario
Banjir	41	Rp2 miliar sampai Rp8 miliar	Rp82 miliar sampai Rp328 miliar
Longsor	41	Rp5 miliar sampai Rp20 miliar	Rp205 miliar sampai Rp820 miliar
Amblesan atau tanah labil	32	Rp1 miliar sampai Rp5 miliar	Rp32 miliar sampai Rp160 miliar
Bangunan hikmat rawan	20	Rp3 miliar sampai Rp12 miliar	Rp60 miliar sampai Rp240 miliar
Total	**134**	**-**	**Rp379 miliar sampai Rp1,548 triliun**

Berdasarkan tabel tersebut, bahaya longsor memberikan kontribusi terbesar, yaitu Rp205 miliar sampai Rp820 miliar atau sekitar 53% sampai 54% dari total skenario, diikuti banjir (sekitar 21% sampai 22%), bangunan hikmat rawan (sekitar 16%), serta amblesan atau tanah labil (sekitar 8% sampai 10%).

Rencana Mitigasi dan Adaptasi Portofolio

Rekapitulasi Dapsus yang ditelaah memuat 134 entri lokasi pada Daop 1 sampai Daop 9. Entri dikelompokkan menjadi empat kategori fisik, yaitu banjir, longsor, amblesan atau tanah labil, dan bangunan hikmat rawan, dengan menyatukan variasi penulisan nama kategori dalam rekapitulasi.

Tabel 3.6 Kategori Lokasi Dapsus

Kategori risiko fisik	Jumlah entri Dapsus	Catatan interpretasi
Banjir	41	Risiko akut: genangan, luapan sungai, drainase tidak memadai, dan gangguan lintas.
Longsor	41	Risiko akut: pergerakan lereng atau tanah yang dapat mengganggu tubuh baan dan keselamatan perjalanan.
Amblesan atau tanah labil	32	Risiko geoteknik yang dapat bersifat akut maupun kronis; memerlukan pemantauan geometri dan kestabilan tanah.
Bangunan hikmat rawan	20	Kerentanan struktur seperti jembatan, box culvert, dan bangunan hikmat; pemicu dapat berupa banjir, gerusan, atau kondisi struktur.
Total	**134**	**Jumlah entri, bukan konfirmasi jumlah lokasi fisik unik; potensi duplikasi lintas atau jalur perlu direkonsiliasi.**

Rekapitulasi Dapsus mencatat kondisi lokasi, skor Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR), mitigasi berjalan, tindak lanjut sementara, dan rencana permanen, tetapi tidak menyediakan RAB

atau biaya kerusakan aktual. Karena itu, angka biaya mitigasi dan adaptasi berikut merupakan asumsi indikatif untuk penyaringan awal, bukan anggaran resmi, nilai kerugian aktual, atau komitmen belanja Perusahaan.

Mitigasi mencakup inspeksi, pemantauan, pemeliharaan, normalisasi drainase, dan tindakan pengamanan rutin. Adaptasi mencakup pekerjaan peningkatan atau perkuatan permanen, sistem sensor, drainase atau perlindungan banjir, perkuatan lereng dan tubuh baan, serta rehabilitasi struktur. Biaya aktual ditetapkan melalui survei teknis, desain, volume pekerjaan, harga satuan setempat, dan RAB. Rencana tindakan per kategori diuraikan pada setiap risiko di subbab wilayah operasi berikut.

Tabel 3.7 Estimasi Biaya Indikatif Mitigasi dan Adaptasi

Kategori	Entri	Asumsi mitigasi per entri	Asumsi adaptasi per entri	Total mitigasi	Total adaptasi	Total biaya
Banjir	41	Rp150 juta	Rp1,50 miliar	Rp6,15 miliar	Rp61,50 miliar	Rp67,65 miliar
Longsor	41	Rp200 juta	Rp3,00 miliar	Rp8,20 miliar	Rp123,00 miliar	Rp131,20 miliar
Amblesan atau tanah labil	32	Rp180 juta	Rp2,50 miliar	Rp5,76 miliar	Rp80,00 miliar	Rp85,76 miliar
Bangunan hikmat rawan	20	Rp250 juta	Rp4,00 miliar	Rp5,00 miliar	Rp80,00 miliar	Rp85,00 miliar
Total indikatif	**134**	**-**	**-**	**Rp25,11 miliar**	**Rp344,50 miliar**	**Rp369,61 miliar**

Estimasi indikatif portofolio terdiri atas biaya mitigasi Rp25,11 miliar dan biaya adaptasi Rp344,50 miliar, dengan total gabungan Rp369,61 miliar. Total ini merupakan pendekatan biaya program jika setiap entri ditangani secara terpisah. Jika beberapa entri menunjuk lokasi fisik yang sama, biaya perlu dikonsolidasikan agar tidak terjadi penghitungan ganda.

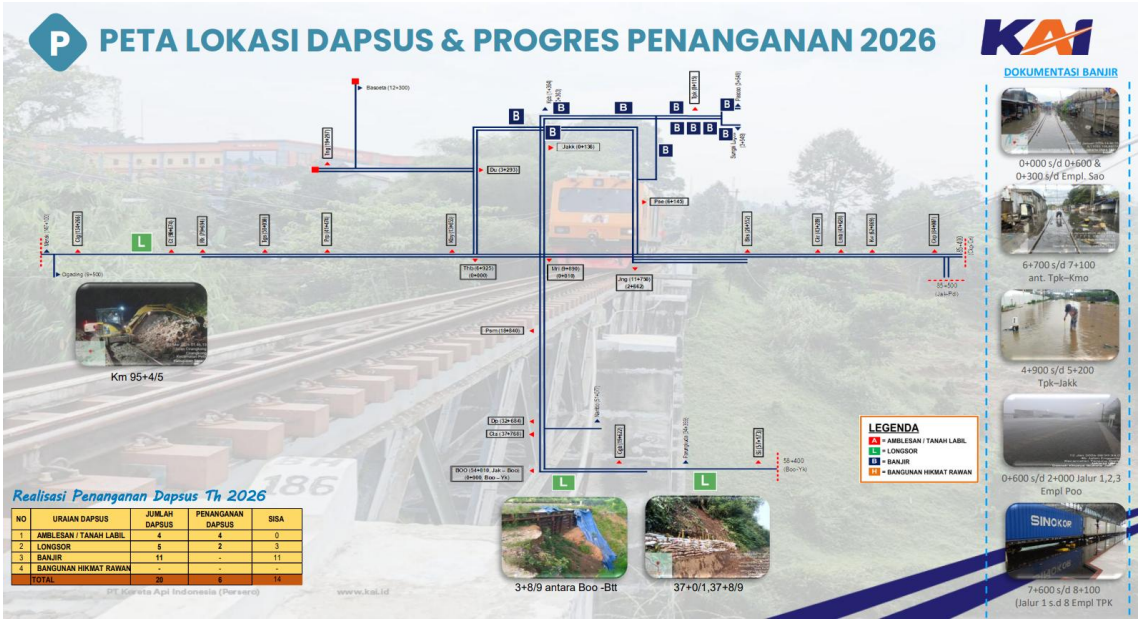
Pelaksanaan rencana disusun dalam empat tahap berikut.

Tabel 3.8 Tahapan Implementasi dan Tata Kelola

Tahap	Fokus kerja	Output minimum
0 sampai 6 bulan	Validasi data Dapsus; verifikasi koordinat dan lokasi unik; rekonsiliasi skor IBPR; identifikasi aset kritis dan riwayat kejadian.	Daftar prioritas lokasi; peta risiko; baseline biaya dan gangguan operasi.
6 sampai 24 bulan	Survei teknis dan penyusunan rencana anggaran biaya (RAB) untuk lokasi prioritas; quick wins pemeliharaan; sensor atau peringatan pada lokasi terpilih.	Desain teknis; RAB; paket pekerjaan prioritas; dashboard indikator risiko utama (KRI).
2 sampai 5 tahun	Pelaksanaan pekerjaan permanen bertahap berdasarkan risiko, dampak terhadap keselamatan, kritikalitas lintas, dan manfaat biaya.	Penurunan eksposur risiko; penyelesaian backlog mitigasi.
Lebih dari 5 tahun	Rekonstruksi aset berisiko tinggi, integrasi proyeksi iklim ke perencanaan investasi, dan evaluasi risiko residual.	Rencana investasi ketahanan iklim jangka panjang.

3.1 Daop 1 Jakarta

Wilayah Daop 1 Jakarta memiliki 2 risiko iklim fisik yang terpetakan, terdiri atas 1 risiko curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai dan 1 risiko gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan. Berdasarkan sifatnya, risiko di wilayah ini tergolong fisik akut. Lokasi Daerah Pemantauan Khusus yang menjadi dasar pemetaan ditunjukkan pada peta berikut.



Gambar 3.1 Peta Daerah Pemantauan Khusus Daop 1 Jakarta Tahun 2026

3.1.1 Banjir dan Genangan pada Jalur, Wesel, dan Emplasemen serta Dampak Keuangannya

a. Deskripsi Risiko

Potensi kerugian keuangan yang bersumber dari bahaya iklim fisik akut berupa banjir dan genangan pada jalur, wesel, dan emplasemen di wilayah Daop 1 Jakarta. Kejadian tersebut mengganggu keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api, sehingga menimbulkan peningkatan biaya perbaikan dan pemeliharaan, penurunan pendapatan angkutan, serta beban kompensasi kepada pelanggan.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Banjir dan genangan akibat hujan lebat berdurasi panjang yang melampaui kapasitas drainase
Aset dan lokasi terpapar	Jalur, wesel, dan emplasemen di wilayah Resort 1.1 Jakk dan Resort 1.2 TPK; 11 titik Dapsus banjir
Saluran dampak	Biaya pemompaan, penanganan darurat, perbaikan prasarana, dan pemulihan operasi; kehilangan pendapatan angkutan; beban pengembalian biaya atau kompensasi kepada pelanggan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Keuangan

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Kapasitas drainase tidak memadai untuk menampung debit air hujan.

2) Saluran tersumbat sampah dan puing sehingga aliran air terhambat.
3) Elevasi jalur atau emplasemen lebih rendah daripada lingkungan sekitar.
4) Pembuangan air bergantung pada saluran dan pompa, termasuk koordinasi dengan dinas SDA pemerintah daerah.
5) Hujan lebat yang berlangsung lama menyebabkan kapasitas drainase terlampaui.
6) Infrastruktur drainase permanen dan peninggian jalur belum selesai dibangun.

d. Lokasi Terpapar

1) Wilayah Resort 1.1 Jakk: Jakk-Kpb, Jakk-Tpk, Kpb-Ak, dan jalur masuk emplasemen.
2) Wilayah Resort 1.2 TPK: Tpk-POO, emplasemen Sao dan Poo, Tpk-Kmo, dan Tpk-Jakk.

e. Indikator Pemantauan Risiko

1) Frekuensi kejadian genangan atau banjir pada jalur, wesel, dan emplasemen.
2) Total durasi gangguan operasional dan penutupan jalur.
3) Jumlah perjalanan KA yang dibatalkan, terlambat, atau mengalami pembatasan kecepatan akibat banjir.
4) Total estimasi kerugian keuangan setiap terjadi banjir dan akumulasi kerugian tahunan. Lokasi yang menjadi perhatian

f. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Kehilangan pendapatan perusahaan akibat pembatalan perjalanan KA, penurunan jumlah penumpang, serta berkurangnya volume angkutan barang selama gangguan operasional.
2) Peningkatan biaya pemompaan, perbaikan prasarana, dan pemulihan operasi.
3) Potensi klaim pelanggan dan penurunan pendapatan apabila gangguan berkelanjutan.
4) Terganggunya pencapaian target pendapatan dan efisiensi biaya.

g. Analisis Paparan dan Kerentanan

Paparan bahaya banjir di Daop 1 Jakarta tercatat pada 11 titik Dapsus. Kerentanan lokasi tersebut bersumber dari kapasitas drainase yang terbatas, elevasi jalur dan emplasemen yang lebih rendah dari lingkungan sekitar, serta ketergantungan pada saluran dan pompa yang pengelolaannya melibatkan dinas SDA pemerintah daerah. Sebagian lokasi masih mengandalkan normalisasi saluran dan pemompaan, sementara penanganan permanen berupa pembangunan drainase dan peninggian jalur masih berstatus usulan. Kondisi ini membuka potensi pengeluaran berulang setiap kali banjir kembali terjadi.

Besaran dampak keuangan dapat ditelusuri dari rekap biaya pekerjaan di Kedunggede-Lemahabang, wilayah Daop 1 Jakarta, yang mencapai Rp3.376.408.036. Nilai tersebut terdiri atas pemasangan bronjong batu kali tahap darurat tahun 2022 sebesar Rp1.054.601.999, pembangunan tiga unit box culvert sebagai saluran penyeimbang tahun 2022 sebesar Rp1.070.229.478, dan pemasangan bronjong lanjutan tahun 2025 sebesar Rp1.251.576.559. Total tersebut merupakan gabungan beberapa tahap pekerjaan pada satu lokasi dan menunjukkan bahwa kebutuhan dana dapat berlanjut dari penanganan darurat hingga perkuatan permanen.

Di luar biaya pemulihan fisik, keterlambatan atau pembatalan perjalanan menambah biaya operasional, menimbulkan pengembalian biaya atau kompensasi sesuai ketentuan, dan mengurangi pendapatan. Saluran dampak keuangan bahaya banjir di wilayah ini mencakup

kebutuhan belanja pemulihan dan investasi ketahanan prasarana sekaligus potensi kehilangan pendapatan selama layanan terganggu.

h. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

i. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Mengevaluasi kapasitas drainase secara hidrologi dan hidraulika, dan meningkatkan dimensi atau kapasitas saluran dan gorong-gorong.
2) Melakukan pemeliharaan drainase secara berkala.
3) Melaksanakan kajian elevasi, topografi, dan pola aliran permukaan untuk menentukan kebutuhan peninggian jalur atau emplasemen, penataan elevasi, dan sistem perlindungan terhadap limpasan dari lingkungan sekitar.
4) Membangun saluran penghubung menuju saluran pembuangan yang memadai serta menyepakati pembagian tanggung jawab pemeliharaan, pengoperasian pompa, dan penanganan banjir dengan pemerintah daerah atau instansi terkait.
5) Merencanakan peningkatan kapasitas drainase berdasarkan karakteristik hujan, rencana dan proyeksi perubahan iklim yang relevan, serta memasang sensor tinggi muka air dan sistem peringatan dini pada lokasi prioritas.
6) Mempercepat penyelesaian pembangunan drainase permanen dan peninggian jalur berdasarkan tingkat risiko, urgensi keselamatan, dan kesiapan teknis serta melakukan uji fungsi dan evaluasi efektivitas setelah pekerjaan selesai.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

j. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

k. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Banjir

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Normalisasi dan pembersihan saluran, gorong gorong, serta inlet dan outlet drainase secara terjadwal dan sebelum musim hujan. b. Pemeriksaan lokasi Dapsus saat hujan intensif; menyiagakan petugas daerah rawan sesuai skor Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) dan SOP. c. Memastikan pompa, material darurat, komunikasi operasi, dan prosedur pembatasan kecepatan atau penutupan lintas siap digunakan.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Audit kapasitas drainase dan titik limpasan bersama pengelola sungai dan pemerintah daerah. b. Memasang sensor tinggi muka air atau sistem peringatan di lokasi prioritas yang memiliki data ambang batas operasional.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Mengintegrasikan peta bahaya banjir dan proyeksi iklim ke program pemeliharaan serta rencana investasi prasarana.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal saluran, crossing drain, inlet dan outlet, tanggul kecil, dan elevasi komponen kritis berdasarkan hasil survei. b. Menyiapkan material dan peralatan pemulihan cepat pada koridor dengan dampak gangguan operasi tinggi.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Peningkatan kapasitas drainase, pompa permanen, perlindungan tubuh baan, dan peninggian jalur pada lokasi yang dibuktikan membutuhkan. b. Implementasi sensor muka air, telemetri, dan integrasi peringatan ke pusat pengendalian operasi.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Solusi berbasis alam di area yang sesuai, pengelolaan limpasan daerah aliran sungai (DAS) bersama pemerintah daerah, serta rekayasa ulang titik banjir berulang.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp150 juta; adaptasi Rp1,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi banjir prioritas dengan drainase berfungsi; frekuensi genangan; durasi pembatasan atau penutupan lintas; waktu pemulihan operasi.

3.1.2 Longsor dan Pergerakan Tanah pada Lereng di Sekitar Jalur

a. Deskripsi Risiko

Potensi terjadinya gangguan keselamatan perjalanan kereta api akibat longsor, pergerakan tanah, atau material lereng yang masuk ke ruang bebas jalur.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Longsor, pergerakan tanah, dan material lereng yang masuk ke ruang bebas jalur, dipicu curah hujan tinggi yang meningkatkan kejenuhan tanah dan tekanan air pori
Aset dan lokasi terpapar	Lereng dan jalan rel pada lima titik longsor, tiga di antaranya masih tersisa dari penanganan tahun 2026
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; penutupan jalur dan penurunan kapasitas lintas; biaya penanganan darurat dan rehabilitasi prasarana
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan tinggi meningkatkan kejenuhan tanah dan tekanan air pori.
2) Kondisi lereng atau tanah dasar tidak stabil.
3) Drainase lereng tidak mampu mengalirkan air permukaan.
4) Erosi mengurangi kestabilan kaki lereng.
5) Penguatan lereng dan struktur penahan belum selesai.
6) Akses yang sulit memperlambat mobilisasi alat berat, material, dan personel.

d. Lokasi Terpapar

1) JR 1.17 Bogor, Bogorpaledang-Batutulis, KM 3+800-3+900.
2) JR 1.19 Sukabumi, Parungkuda-Cibadak, KM 36+800-38+900.

3) JR 1.24 Catang, Catang-Cikeusal, KM 96+100-96+300.

e. Indikator Pemantauan Risiko

1) Jumlah kejadian guguran tanah atau longsoran baru.
2) Perubahan posisi patok pantau, retakan lereng, atau deformasi tanah.
3) Intensitas hujan dan akumulasi hujan sebelum kejadian.
4) Jumlah temuan kondisi kritis dalam inspeksi PPJ, KUPT, dan petugas ekstra.
5) Persentase penyelesaian DPT atau bronjong.
6) Waktu yang diperlukan untuk mencapai lokasi dan melaksanakan penanganan darurat.

f. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Potensi anjlokan atau tabrakan apabila material menghalangi jalur dan tidak terdeteksi sebelum kereta melintas.
2) Korban jiwa atau cedera.
3) Penutupan jalur dan penurunan kapasitas lintas.
4) Kerusakan jalan rel dan prasarana pendukung.
5) Biaya penanganan darurat dan rehabilitasi meningkat.

g. Analisis Paparan dan Kerentanan

Rekapitulasi mencatat lima titik longsor di wilayah Daop 1 Jakarta, dengan tiga titik yang masih tersisa dari penanganan tahun 2026, yaitu di Bogor, Sukabumi, dan Catang.

Tingkat risiko dinilai tinggi hingga sangat tinggi pada penilaian awal karena konsekuensi terburuknya berkaitan langsung dengan keselamatan perjalanan. Kerentanan diperbesar oleh kondisi lereng dan tanah dasar yang tidak stabil, erosi pada kaki lereng, penguatan lereng dan struktur penahan yang belum selesai, serta akses yang sulit sehingga memperlambat mobilisasi alat berat, material, dan personel.

h. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

i. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Melaksanakan inspeksi lereng secara intensif setelah hujan lebat, serta memasang patok pantau, crack meter, atau instrumen geoteknik untuk mendeteksi perubahan kondisi lereng sejak dini.
2) Melakukan stabilisasi lereng sesuai desain teknis, serta menerapkan pembatasan kecepatan atau penutupan jalur bila hasil pemeriksaan menunjukkan kondisi tidak aman.
3) Menjaga kebersihan drainase lereng dan mengendalikan aliran air permukaan agar air tidak meresap dan menjenuhkan tanah.
4) Memasang bronjong dan perlindungan kaki lereng berdasarkan desain teknis, serta mengendalikan aliran air permukaan dengan estimasi biaya pemasangan bronjong sebesar Rp1.251.576.559, mengacu pada pekerjaan bronjong batu kali sebanyak 771 m^3 di Kedunggede-Lemahabang tahun 2025.

5) Menyelesaikan pembangunan DPT dan perkuatan lereng sesuai desain teknis, serta memverifikasi kestabilan lereng sebelum jalur dinyatakan aman untuk operasi normal.
6) Menyiapkan material darurat, alat berat, dan personel di lokasi yang sulit dijangkau (pre-positioning).

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

j. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

k. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Longsor

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi visual lereng dan drainase lereng, terutama sebelum dan sesudah hujan lebat; mendokumentasikan retakan, rembesan, runtuhan kecil, dan perubahan geometri. b. Menetapkan status waspada atau siaga dan penjagaan pada lokasi berisiko tinggi; melakukan pembatasan operasi sesuai hasil pemeriksaan teknis. c. Mengendalikan penempatan material dan beban di dekat lereng serta membersihkan saluran pembuangan air lereng.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Kajian geoteknik pada lokasi prioritas, termasuk pemetaan bidang gelincir dan evaluasi efektivitas bronjong, trucuk, atau dinding penahan yang sudah ada. b. Memasang sensor pergerakan lereng atau curah hujan pada lokasi prioritas berdasarkan rekomendasi teknis.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memperbarui model risiko lereng dan ambang tindakan operasional berbasis data hujan, kondisi tanah, dan riwayat kejadian.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan darurat drainase lereng, perlindungan kaki lereng, dan penanganan titik guguran sesuai desain teknis. b. Menyiapkan prosedur tanggap darurat, akses alat berat, dan material pengamanan di koridor rawan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan lereng dengan bronjong, soil nailing, dinding penahan, geotekstil atau geogrid, atau metode lain sesuai hasil desain. b. Revegetasi atau bioengineering pada lokasi yang layak secara geoteknik dan lingkungan.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Reprofiling atau terasering atau rekonstruksi permanen pada lereng dengan risiko tinggi; evaluasi alternatif trase jika risiko residual tidak dapat diterima.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp200 juta; adaptasi Rp3,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi longsor prioritas dengan kajian geoteknik; kejadian longsor; waktu penanganan; jumlah pembatasan operasi akibat pergerakan lereng.

3.1.3 Peta Risiko Daop 1 Jakarta

Tabel 3.9 Peta Risiko Daop 1 Jakarta

Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19 **R1** **R2**	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18	23
Jarang Terjadi (2)	2	6	11 **R1** **R2**	16	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5	10	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

R Posisi inherent **R** Posisi residual

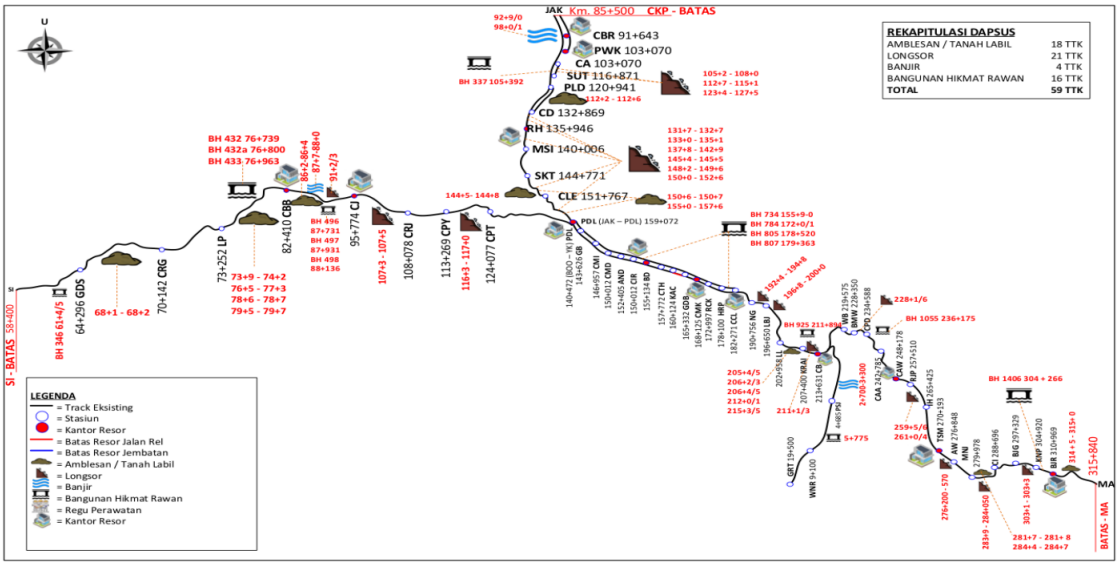
R1: Banjir dan Genangan pada Jalur, Wesel, dan Emplasemen serta Dampak Keuangannya (subbab 3.1.1)

R2: Longsor dan Pergerakan Tanah pada Lereng di Sekitar Jalur (subbab 3.1.2)

3.2 Daop 2 Bandung

Wilayah Daop 2 Bandung memiliki 3 risiko iklim fisik yang terpetakan, terdiri atas 1 risiko gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan dan 2 risiko curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai. Berdasarkan sifatnya, risiko di wilayah ini tergolong fisik akut. Lokasi Daerah Pemantauan Khusus yang menjadi dasar pemetaan ditunjukkan pada peta berikut.

PETA LOKASI DAPSUS WILAYAH DAOP 2 BANDUNG



Gambar 3.2 Peta Daerah Pemantauan Khusus Daop 2 Bandung Tahun 2026

3.2.1 Longsor Lereng dan Tebing yang Menutup Jalur

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api akibat longsor pada lereng atau tebing di sekitar jalur rel yang menyebabkan material tanah dan batuan menutup jalur, merusak prasarana, atau mengganggu stabilitas jalan rel.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Longsor pada lereng atau tebing di sekitar jalur akibat curah hujan tinggi yang meningkatkan kejenuhan tanah dan tekanan air pori
Aset dan lokasi terpapar	Lereng, tebing, dan jalan rel pada 21 titik longsor dari 59 titik Dapsus Daop 2 Bandung
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; pembatasan kecepatan, penghentian perjalanan, atau penutupan sementara lintas; biaya penanganan darurat, pemulihan prasarana, dan kompensasi
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan tinggi yang meningkatkan kejenuhan tanah dan tekanan air pori.
2) Kemiringan lereng dan kondisi geologi yang tidak stabil.

3) Erosi pada kaki lereng akibat aliran air atau drainase yang tidak memadai.
4) Retakan tanah, pelapukan batuan, dan penurunan kekuatan material lereng.
5) Saluran drainase tersumbat atau tidak mampu menampung debit air.
6) Keterlambatan deteksi pergerakan tanah atau tindak lanjut hasil inspeksi.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Jumlah kejadian longsor dan longsoran susulan pada titik DAPSUS.
2) Curah hujan dan durasi hujan dibandingkan ambang batas yang ditetapkan.
3) Pertambahan panjang atau lebar retakan lereng.
4) Perubahan pergerakan lereng berdasarkan pengukuran atau pemantauan.
5) Jumlah kejadian material longsor masuk ke ruang bebas jalur rel.
6) Persentase inspeksi dan tindakan korektif yang belum diselesaikan sesuai target.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Ancaman keselamatan perjalanan kereta api, termasuk potensi anjlokan atau tabrakan.
2) Kerusakan rel, bantalan, balas, tubuh baan, dan bangunan prasarana terkait.
3) Pembatasan kecepatan, penghentian perjalanan, atau penutupan sementara lintas.
4) Keterlambatan perjalanan, pembatalan KA, dan gangguan pelayanan pelanggan.
5) Peningkatan biaya penanganan darurat, pemulihan prasarana, dan kompensasi sesuai ketentuan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Dari 59 titik Dapsus Daop 2 Bandung tahun 2026, 21 titik merupakan lokasi longsor dan 18 titik merupakan lokasi amblesan atau tanah labil, ditambah 16 bangunan hikmat (BH) rawan dan 4 titik banjir.

Tabel 3.10 Jumlah Titik Dapsus Daop 2 Bandung Tahun 2026

Kategori titik	Jumlah
Titik Dapsus	59
Titik Longsor	21
Titik Amblesan/Tanah Labil	18
BH Rawan	16
Titik Banjir	4

Risiko longsor pada lereng atau tebing dinilai tinggi karena kegagalan lereng dapat terjadi secara cepat dan langsung memengaruhi keselamatan operasi. Penetapan nilai akhir pada setiap lokasi perlu mempertimbangkan riwayat kejadian, kondisi lereng, intensitas hujan, dan konsekuensinya. Tingkat risiko aktual ditentukan dengan menggabungkan probabilitas kejadian bahaya, tingkat paparan jalur, potensi konsekuensi keselamatan, dan efektivitas pengendalian yang sudah berjalan.

Gambar 3.3 Ilustrasi Longsoran di Bagian Tubuh Baan

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Melaksanakan inspeksi khusus setelah hujan lebat, serta menetapkan ambang peringatan dan prosedur pembatasan kecepatan atau penghentian perjalanan apabila kondisi tidak aman.
2) Melakukan stabilisasi lereng berdasarkan desain teknis, seperti penguatan lereng, proteksi permukaan, atau struktur penahan. Acuan estimasi apabila menggunakan pancangan rel sebesar Rp14.288.356/msp, referensi mengikuti pekerjaan Doplang-Randublatung dengan asumsi metode dan cakupan penanganan sama.
3) Memperbaiki perlindungan kaki lereng dan pengendalian erosi, serta drainase lereng dan saluran pembuangan.
4) Melakukan inspeksi lereng berkala dan menerapkan proteksi permukaan dan perkuatan lereng untuk memantau retakan, pelapukan, dan memulihkan kekuatan material.
5) Memperbaiki dan membersihkan drainase lereng dan saluran pembuangan, serta meningkatkan kapasitasnya sesuai kebutuhan teknis.
6) Memasang atau meningkatkan sistem pemantauan pergerakan lereng pada lokasi prioritas, menyiapkan petugas siaga dan komunikasi dengan Pusdal, serta menyelesaikan temuan inspeksi.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Longsor

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi visual lereng dan drainase lereng, terutama sebelum dan sesudah hujan lebat; mendokumentasikan retakan, rembesan, runtuhan kecil, dan perubahan geometri. b. Menetapkan status waspada atau siaga dan penjagaan pada lokasi berisiko tinggi; melakukan pembatasan operasi sesuai hasil pemeriksaan teknis. c. Mengendalikan penempatan material dan beban di dekat lereng serta membersihkan saluran pembuangan air lereng.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Kajian geoteknik pada lokasi prioritas, termasuk pemetaan bidang gelincir dan evaluasi efektivitas bronjong, trucuk, atau dinding penahan yang sudah ada. b. Memasang sensor pergerakan lereng atau curah hujan pada lokasi prioritas berdasarkan rekomendasi teknis.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memperbarui model risiko lereng dan ambang tindakan operasional berbasis data hujan, kondisi tanah, dan riwayat kejadian.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan darurat drainase lereng, perlindungan kaki lereng, dan penanganan titik guguran sesuai desain teknis. b. Menyiapkan prosedur tanggap darurat, akses alat berat, dan material pengamanan di koridor rawan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan lereng dengan bronjong, soil nailing, dinding penahan, geotekstil atau geogrid, atau metode lain sesuai hasil desain. b. Revegetasi atau bioengineering pada lokasi yang layak secara geoteknik dan lingkungan.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Reprofiling atau terasering atau rekonstruksi permanen pada lereng dengan risiko tinggi; evaluasi alternatif trase jika risiko residual tidak dapat diterima.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp200 juta; adaptasi Rp3,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi longsor prioritas dengan kajian geoteknik; kejadian longsor; waktu penanganan; jumlah pembatasan operasi akibat pergerakan lereng.

3.2.2 Banjir dan Genangan pada Jalur yang Melemahkan Tubuh Baan

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran perjalanan KA akibat genangan atau banjir pada jalur rel yang mengganggu kestabilan tubuh baan, mengikis balas, merusak drainase, atau menyebabkan jalur tidak dapat dilalui.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Genangan atau banjir akibat curah hujan tinggi dan peningkatan debit sungai atau saluran di sekitar jalur
Aset dan lokasi terpapar	Jalan rel, tubuh baan, balas, drainase, dan bangunan air; 4 titik banjir dalam Dapsus Daop 2 Bandung
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; penghentian, keterlambatan, dan pembatalan perjalanan; biaya penanganan darurat dan pemulihan operasi

Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan tinggi dan peningkatan debit sungai atau saluran di sekitar jalur.
2) Kapasitas drainase dan bangunan air yang tidak memadai.
3) Pendangkalan, sedimentasi, atau penyumbatan saluran air.
4) Limpasan dari daerah tangkapan air menuju tubuh baan.
5) Perubahan tata guna lahan yang meningkatkan aliran permukaan.
6) Keterlambatan pemantauan kenaikan muka air atau pelaksanaan tindakan pengamanan.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Curah hujan, debit aliran, dan tinggi muka air di lokasi rawan.
2) Jumlah kejadian genangan yang memasuki ruang bebas atau tubuh baan.
3) Frekuensi penyumbatan dan sedimentasi pada saluran drainase.
4) Jumlah kejadian erosi, gerusan, atau kehilangan material balas setelah banjir.
5) Durasi pembatasan kecepatan dan penutupan lintas akibat banjir.
6) Persentase drainase dan bangunan air yang telah diperiksa serta ditangani.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Tergerusnya balas dan melemahnya tubuh baan atau tanah dasar.
2) Kerusakan jalan rel dan bangunan prasarana.
3) Risiko anjlokan atau kecelakaan jika jalur tetap dilalui dalam kondisi tidak aman.
4) Penghentian perjalanan, keterlambatan, dan pembatalan KA.
5) Peningkatan biaya penanganan darurat dan pemulihan operasi.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Bahaya genangan dan banjir pada jalur dipicu oleh curah hujan tinggi dan peningkatan debit aliran yang melampaui kapasitas drainase. Kerentanan diperbesar oleh sedimentasi, penyumbatan saluran, dan peningkatan limpasan permukaan akibat perubahan tata guna lahan. Air yang menggenangi jalur mengikis balas dan melemahkan tubuh baan, terutama apabila pemantauan dan tindakan pengamanan terlambat dilakukan.

Curah hujan, tinggi muka air, frekuensi genangan, serta kejadian erosi dan gerusan dapat dipakai sebagai indikator untuk mendeteksi peningkatan paparan dan mengevaluasi kerentanan prasarana. Apabila tidak terkendali, kerusakan tubuh baan dan jalan rel meningkatkan risiko anjlokan, mengganggu keselamatan perjalanan, menyebabkan pembatasan atau penghentian operasi, dan menambah biaya pemulihan. Oleh karena itu, pengendalian perlu memprioritaskan lokasi rawan melalui pemantauan hidrologis, optimalisasi drainase, perlindungan tubuh baan, dan pengamanan operasi berbasis ambang batas risiko.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Residual	2 (Jarang Terjadi)	2 (Rendah)	6	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memantau curah hujan, aliran air, dan tinggi muka air selama serta setelah hujan, dan menetapkan ambang batas peringatan banjir dan kriteria pengamanan operasi.
2) Meningkatkan kapasitas drainase atau perlindungan tubuh baan berdasarkan evaluasi hidrologi dan hidraulika. Acuan estimasi apabila peningkatan drainase menggunakan box culvert sebesar Rp12.421.419/msp mengacu pada pengerjaan di Kedunggede-Lemahabang.
3) Membersihkan dan memperbaiki saluran drainase, gorong-gorong, serta bangunan air.
4) Meningkatkan perlindungan tubuh baan dan kapasitas drainase berdasarkan evaluasi hidrologi dan hidraulika, dan memeriksa potensi gerusan, erosi, dan penurunan tubuh baan. Acuan estimasi apabila perlindungan tubuh baan menggunakan bronjong sebesar Rp14.288.356, mengacu pada pengerjaan di Kedunggede-Lemahabang tahun 2025.
5) Mengevaluasi dampak kenaikan aliran permukaan, dan menyesuaikan kapasitas drainase dan perlindungan tubuh baan.
6) Memantau tinggi muka air, menyediakan sarana penanganan darurat dan komunikasi cepat dengan pengendali perjalanan KA, serta memeriksa jalur sebelum dinyatakan aman beroperasi kembali.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Banjir

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Normalisasi dan pembersihan saluran, gorong gorong, serta inlet dan outlet drainase secara terjadwal dan sebelum musim hujan. b. Pemeriksaan lokasi Dapsus saat hujan intensif; menyiagakan petugas daerah rawan sesuai skor Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) dan SOP. c. Memastikan pompa, material darurat, komunikasi operasi, dan prosedur pembatasan kecepatan atau penutupan lintas siap digunakan.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Audit kapasitas drainase dan titik limpasan bersama pengelola sungai dan pemerintah daerah. b. Memasang sensor tinggi muka air atau sistem peringatan di lokasi prioritas yang memiliki data ambang batas operasional.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Mengintegrasikan peta bahaya banjir dan proyeksi iklim ke program pemeliharaan serta rencana investasi prasarana.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal saluran, crossing drain, inlet dan outlet, tanggul kecil, dan elevasi komponen kritis berdasarkan hasil survei. b. Menyiapkan material dan peralatan pemulihan cepat pada koridor dengan dampak gangguan operasi tinggi.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Peningkatan kapasitas drainase, pompa permanen, perlindungan tubuh baan, dan peninggian jalur pada lokasi yang dibuktikan membutuhkan. b. Implementasi sensor muka air, telemetri, dan integrasi peringatan ke pusat pengendalian operasi.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Solusi berbasis alam di area yang sesuai, pengelolaan limpasan daerah aliran sungai (DAS) bersama pemerintah daerah, serta rekayasa ulang titik banjir berulang.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp150 juta; adaptasi Rp1,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi banjir prioritas dengan drainase berfungsi; frekuensi genangan; durasi pembatasan atau penutupan lintas; waktu pemulihan operasi.

3.2.3 Penurunan Keandalan Bangunan Hikmat akibat Gerusan dan Peningkatan Debit Air

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api akibat penurunan keandalan bangunan hikmat (BH), termasuk jembatan dan bangunan hidraulika, yang mengalami kerusakan struktur, gerusan, atau penurunan stabilitas akibat beban, kondisi lingkungan, dan pengaruh hidrologis.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Peningkatan debit air dan perubahan aliran sungai yang menimbulkan gerusan pada fondasi, pangkal, atau pilar jembatan, dengan faktor penguat berupa degradasi material
Aset dan lokasi terpapar	Bangunan hikmat (BH), termasuk jembatan dan bangunan hidraulika; 16 BH rawan dalam Dapsus Daop 2 Bandung
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; pembatasan kecepatan atau penghentian perjalanan; kebutuhan rehabilitasi besar; gangguan konektivitas lintas dan biaya pemulihan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Penurunan kondisi struktur akibat usia, kelelahan material, korosi, atau degradasi komponen.
2) Gerusan pada fondasi, pangkal, atau pilar jembatan akibat peningkatan debit air.
3) Perubahan aliran sungai, sedimentasi, dan penyumbatan bangunan hidraulika.
4) Retak, deformasi, atau penurunan pada komponen struktur.
5) Beban dan kondisi operasional yang tidak sesuai dengan kapasitas struktur.
6) Keterlambatan tindak lanjut atas hasil inspeksi atau rekomendasi teknis.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Jumlah temuan retak, korosi, deformasi, atau kerusakan struktur BH.
2) Perubahan kondisi pangkal, rasuk, pilar, dan fondasi jembatan.
3) Indikasi gerusan atau penurunan tanah di sekitar fondasi.
4) Tinggi muka air dan kondisi aliran pada bangunan hidraulika.

5) Jumlah temuan kritis yang belum ditangani sesuai tenggat.
6) Persentase inspeksi dan pemeliharaan BH yang terlaksana sesuai program.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Penurunan kapasitas dan keandalan struktur jembatan.
2) Pembatasan kecepatan atau penghentian perjalanan KA.
3) Kerusakan struktur dan kebutuhan rehabilitasi besar.
4) Potensi kegagalan struktur yang mengancam keselamatan penumpang, awak, dan aset.
5) Gangguan konektivitas lintas, keterlambatan, serta peningkatan biaya pemulihan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Komponen iklim pada risiko ini adalah gerusan fondasi akibat peningkatan debit dan perubahan aliran sungai saat hujan lebat atau banjir. Bahaya tersebut bekerja bersama faktor kerentanan non iklim, yaitu degradasi material akibat usia, korosi, dan beban berulang. Risiko juga dapat meningkat akibat ketidakstabilan tanah, perubahan beban operasional, keterbatasan inspeksi terhadap kerusakan tersembunyi, dan keterlambatan tindak lanjut temuan kritis.

Retak, deformasi, korosi, gerusan fondasi, dan temuan inspeksi yang belum ditangani merupakan indikator penurunan kondisi dan kapasitas struktur. Apabila tidak terdeteksi dan ditangani tepat waktu, kondisi tersebut dapat menyebabkan kerusakan struktural, pembatasan atau penghentian perjalanan, hingga kegagalan struktur yang mengancam keselamatan. Oleh karena itu, pengendalian perlu difokuskan pada inspeksi berbasis kondisi dan tingkat kritikalitas aset, pemantauan gerusan, evaluasi kapasitas struktur, dan percepatan penanganan temuan kritis.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memeriksa kondisi rasuk, pilar, pangkal, fondasi, sambungan, dan komponen struktural lainnya untuk mengidentifikasi kerusakan, korosi, keausan, serta indikasi penurunan kapasitas struktur.
2) Melaksanakan inspeksi khusus setelah hujan lebat atau banjir, terutama pada bagian yang terendam atau terdampak aliran deras.
3) Memeriksa perubahan aliran sungai, sedimentasi, dan sumbatan pada jembatan, serta melakukan pembersihan berdasarkan rekomendasi teknis.
4) Mengidentifikasi dan mendokumentasikan retakan, deformasi, dan penurunan struktur secara berkala.
5) Mengevaluasi kondisi struktur terhadap beban operasional yang bekerja serta menerapkan pembatasan kecepatan berdasarkan hasil evaluasi teknis dan prosedur keselamatan yang berlaku.
6) Menetapkan daftar temuan inspeksi berdasarkan tingkat kritikalitas, penanggung jawab, tenggat waktu penyelesaian, dan mekanisme eskalasi untuk memastikan setiap temuan ditindaklanjuti sesuai tingkat urgensi keselamatan.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Bangunan hikmat rawan

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi berkala struktur, pilar, abutment, lantai, sambungan, dan dasar sungai; pendugaan gerusan pada lokasi yang relevan. b. Memantau debit atau muka air saat hujan ekstrem dan menyiapkan pemeriksaan khusus pascakejadian. c. Menindaklanjuti temuan kerusakan dengan penilaian teknis dan pengamanan sementara yang disetujui fungsi prasarana.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Pemeriksaan struktur dan hidraulika yang lebih rinci untuk bangunan dengan skor tinggi atau riwayat kerusakan. b. Menggunakan sistem pemantauan kesehatan struktur (Structural Health Monitoring System) bila hasil analisis manfaat dan risiko mendukung.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memprioritaskan rehabilitasi atau penggantian berdasarkan kondisi struktur, konsekuensi kegagalan, dan kritikalitas lintas.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Proteksi darurat terhadap gerusan dan aliran, normalisasi saluran, serta perbaikan lokal sesuai rekomendasi engineer. b. Menyiapkan rencana pengalihan operasi dan respons darurat bila indikator struktur melewati ambang.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan pilar atau abutment, perlindungan dasar sungai, peningkatan kapasitas hidraulik, atau penggantian elemen berdasarkan desain. b. Perbaikan drainase dan perlindungan terhadap erosi di sekitar bangunan hikmat.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Penggantian jembatan atau bangunan hikmat yang tidak lagi memadai serta penyesuaian desain terhadap debit banjir dan proyeksi iklim.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp250 juta; adaptasi Rp4,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Persentase bangunan hikmat prioritas yang telah diinspeksi; jumlah temuan kritis terbuka; indeks kondisi struktur; kejadian pembatasan lintas.

3.2.4 Peta Risiko Daop 2 Bandung

Tabel 3.11 Peta Risiko Daop 2 Bandung

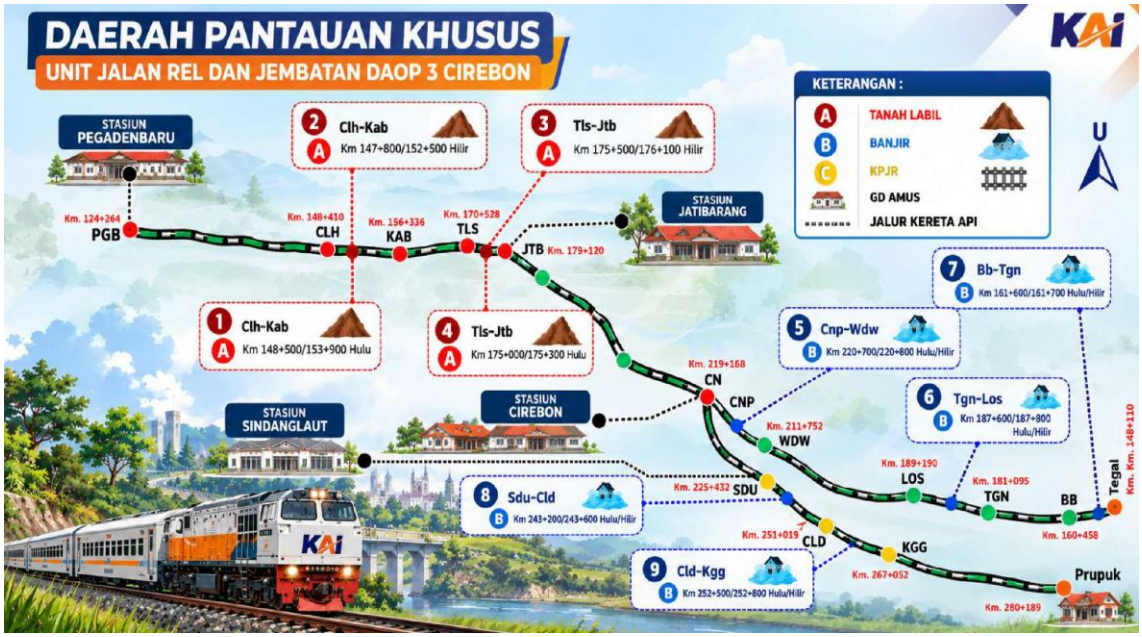
Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19 **R1** **R2** **R3**	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18	23
Jarang Terjadi (2)	2	6 **R2**	11 **R1** **R3**	16	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5	10	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

R Posisi inherent **R** Posisi residual

R1: Longsor Lereng dan Tebing yang Menutup Jalur (subbab 3.2.1)
R2: Banjir dan Genangan pada Jalur yang Melemahkan Tubuh Baan (subbab 3.2.2)
R3: Penurunan Keandalan Bangunan Hikmat akibat Gerusan dan Peningkatan Debit Air (subbab 3.2.3)

3.3 Daop 3 Cirebon

Wilayah Daop 3 Cirebon memiliki 5 risiko iklim fisik yang terpetakan, terdiri atas 2 risiko gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan, 1 risiko perubahan pola curah hujan, 1 risiko suhu ekstrem dan kenaikan suhu dan 1 risiko curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai. Berdasarkan sifatnya, risiko di wilayah ini tergolong fisik akut, fisik akut dan kronis, fisik kronis. Lokasi Daerah Pemantauan Khusus yang menjadi dasar pemetaan ditunjukkan pada peta berikut.



Gambar 3.4 Peta Daerah Pemantauan Khusus Daop 3 Cirebon Tahun 2026

3.3.1 Penurunan Kepercayaan Pemangku Kepentingan akibat Gangguan Layanan dari Ketidakstabilan Tubuh Baan

a. Deskripsi Risiko

Potensi menurunnya kepercayaan dan citra positif masyarakat, pelanggan, regulator, dan pemangku kepentingan terhadap keselamatan dan keandalan layanan kereta api. Risiko ini merupakan dampak lanjutan dari bahaya iklim fisik berupa penurunan stabilitas tubuh baan dan pergerakan tanah yang memicu gangguan perjalanan.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut dan kronis
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Penurunan stabilitas tubuh baan dan pergerakan tanah yang dipengaruhi curah hujan ekstrem dan siklus basah kering
Aset dan lokasi terpapar	Layanan perjalanan pada lintas dengan tubuh baan dan tanah labil di wilayah Daop 3 Cirebon
Saluran dampak	Reputasi dan kepercayaan pelanggan, regulator, serta pemangku kepentingan; peralihan pengguna ke moda lain; tekanan regulator
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Reputasi

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Keterlambatan mendeteksi potensi gangguan dan mengambil tindakan pengamanan atau penanganan darurat.
2) Gangguan perjalanan akibat pembatasan kecepatan, keterlambatan, pembatalan, atau perubahan pola operasi yang menimbulkan ketidaknyamanan pelanggan.
3) Keterlambatan penyampaian informasi dan ketidakakuratan komunikasi kepada pelanggan selama gangguan berlangsung.
4) Penanganan keluhan pelanggan yang lambat atau tidak memberikan solusi yang jelas selama dan setelah gangguan.
5) Penanganan gangguan yang berulang tanpa penyelesaian akar masalah sehingga memicu ketidakpuasan publik dan sorotan media.
6) Koordinasi yang kurang efektif dengan regulator, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan terkait penanganan pergerakan tanah atau kondisi lingkungan di sekitar jalur KA.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Jumlah keluhan pelanggan meningkat, baik melalui layanan pelanggan maupun media sosial.
2) Pemberitaan negatif tentang gangguan atau keselamatan KA meningkat di media massa dan media sosial.
3) Indeks kepuasan pelanggan atau penilaian layanan menurun.
4) Muncul teguran, pemeriksaan, atau permintaan klarifikasi dari regulator dan pemangku kepentingan.
5) Jumlah penumpang atau volume angkutan barang di lintas terdampak menurun.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Meningkatnya keluhan dan ketidakpuasan pelanggan.
2) Menurunnya citra keselamatan dan profesionalisme perusahaan.
3) Sorotan dan teguran dari regulator dan pemangku kepentingan.
4) Sulitnya memulihkan reputasi.
5) Berpindahnya pengguna jasa ke moda lain.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Dalam perspektif risiko iklim, reputasi diperlakukan sebagai saluran dampak dari bahaya fisik, bukan sebagai sumber risiko tersendiri. Dampak reputasi muncul ketika penurunan stabilitas tubuh baan dan pergerakan tanah memicu gangguan perjalanan atau mengancam keselamatan kereta api. Dampak tersebut makin besar apabila deteksi dan penanganan gangguan terlambat, gangguan terjadi berulang, dan koordinasi pemulihan layanan belum efektif.

Selain faktor teknis, keterlambatan penyampaian informasi yang akurat, kurangnya kejelasan perubahan perjalanan, dan lambatnya penyelesaian keluhan dapat memperburuk pengalaman pelanggan serta memperkuat persepsi negatif terhadap keandalan layanan KAI. Peningkatan keluhan, pemberitaan negatif, penurunan kepuasan pelanggan, dan teguran regulator menjadi indikator melemahnya kepercayaan pemangku kepentingan. Penelitian mengenai penumpang kereta api menunjukkan bahwa keterlambatan, pembatalan, dan kualitas informasi selama gangguan berkaitan dengan tingkat kepuasan pelanggan; penelitian terhadap penumpang KAI di

Bandung juga menemukan hubungan positif antara kualitas informasi perubahan layanan dan kepercayaan penumpang.

Apabila tidak dikelola secara efektif, kondisi tersebut dapat menurunkan citra keselamatan dan profesionalisme perusahaan, mendorong peralihan pengguna ke moda lain, dan meningkatkan tekanan dari regulator serta pemangku kepentingan. Oleh karena itu, mitigasi perlu mengintegrasikan pencegahan gangguan prasarana, respons darurat yang cepat, pemulihan layanan, komunikasi publik yang akurat dan berkala, serta penanganan keluhan hingga tuntas.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	3 (Bisa Terjadi)	4 (Tinggi)	18	Menengah ke Tinggi
Residual	1 (Sangat Jarang Terjadi)	2 (Rendah)	5	Rendah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Menetapkan ambang batas peringatan dan prosedur respons darurat, memperkuat sistem pemantauan, serta memastikan koordinasi cepat antara petugas prasarana dan pengendali perjalanan KA.
2) Menyiapkan rencana kontingensi operasi, menyampaikan informasi perubahan perjalanan secara cepat dan akurat, serta menyediakan alternatif layanan atau bantuan pelanggan sesuai kondisi gangguan.
3) Menetapkan mekanisme komunikasi krisis, menunjuk unit yang bertanggung jawab menyampaikan informasi resmi, serta memperbarui informasi melalui kanal komunikasi KAI secara berkala.
4) Menetapkan standar waktu respons dan penyelesaian keluhan, melakukan eskalasi untuk keluhan berdampak tinggi, serta memantau penyelesaian keluhan hingga tuntas.
5) Melakukan analisis akar masalah atas gangguan berulang, menetapkan rencana tindakan korektif dan tenggat waktunya, serta mengevaluasi efektivitas tindakan yang telah dilakukan.
6) Memperkuat koordinasi lintas pihak, menyepakati mekanisme pelaporan dan penanganan bersama, serta memantau tindak lanjut permasalahan yang berada di luar kewenangan langsung KAI.

Penanggung jawab: Division of Operation Area 1 (JO), Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ), dan Subdivision of Corporate Communication (ZSP).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Amblesan atau tanah labil

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Memeriksa geometri rel, elevasi, profil balas, dan kondisi tubuh baan secara berkala; mencatat laju perubahan pada lokasi Dapsus. b. Pemeliharaan geometri dan normalisasi tubuh baan sesuai prioritas, dengan pemantauan setelah pekerjaan. c. Menjaga drainase agar air tidak terakumulasi pada tubuh baan dan bahu jalur.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Investigasi geoteknik atau geofisika dan pemantauan deformasi untuk lokasi dengan amblesan berulang. b. Menetapkan ambang perubahan geometri dan pemicu untuk inspeksi khusus, pembatasan kecepatan, atau perbaikan.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memasukkan laju amblesan dan biaya pemeliharaan berulang ke keputusan perkuatan, penggantian tanah dasar, atau rekonstruksi tubuh baan.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal tubuh baan, penggemukan, penggantian material, geogrid atau geotekstil, dan penataan drainase berdasarkan desain. b. Pengukuran geometri pascaperbaikan untuk memastikan kestabilan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan tanah dasar, konstruksi dinding penahan, perbaikan drainase bawah permukaan, atau stabilisasi tanah sesuai hasil kajian.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Rekonstruksi menyeluruh pada lokasi dengan deformasi berulang dan evaluasi opsi teknis atau operasi jika risiko residual tetap tinggi.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp180 juta; adaptasi Rp2,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Laju perubahan elevasi atau geometri; frekuensi angkatan atau listring berulang; biaya pemeliharaan per lokasi; jam pembatasan kecepatan.

3.3.2 Penurunan Geometri Jalan Rel akibat Siklus Basah Kering pada Tubuh Baan

a. Deskripsi Risiko

Potensi memburuknya geometri jalan rel akibat penurunan, pergeseran, atau kehilangan daya dukung tubuh baan yang dipengaruhi kondisi tanah dan siklus basah-kering.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik kronis
Kelompok bahaya	Perubahan pola curah hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Siklus basah kering yang berulang akibat perubahan pola curah hujan dan musim kemarau, yang menurunkan daya dukung tanah
Aset dan lokasi terpapar	Tubuh baan dan geometri jalan rel pada lintas dengan kondisi tanah rentan di wilayah Daop 3 Cirebon
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; pembatasan kecepatan; biaya pemeliharaan berulang
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Perubahan kadar air tanah.
2) Penurunan atau deformasi tubuh baan.
3) Pergerakan dan kehilangan material balas.
4) Drainase tidak optimal.
5) Kerusakan berulang pada lokasi yang belum ditangani secara permanen.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Deviasi geometri jalan rel.

2) Frekuensi perawatan geometri meningkat.
3) Penambahan balas berulang.
4) Penurunan elevasi atau pergeseran lateral.
5) Taspat berulang pada lokasi yang sama.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Penurunan kualitas perjalanan.
2) Pembatasan kecepatan.
3) Peningkatan biaya pemeliharaan.
4) Penurunan ketersediaan prasarana.
5) Potensi gangguan keselamatan apabila penyimpangan melewati batas yang diizinkan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Kondisi tanah dan siklus basah kering mengakibatkan tubuh baan mengalami penurunan, pergeseran, dan kehilangan daya dukung. Saat musim hujan, kadar air tanah naik sehingga tanah melunak dan daya dukungnya turun. Saat musim kering, tanah mengering dan menyusut. Siklus tersebut membuat tubuh baan perlahan turun atau berubah bentuk (deformasi), sehingga geometri jalan rel memburuk.

Kerentanan diperparah oleh drainase yang tidak optimal karena air tidak mengalir keluar dan tetap menggenang di sekitar tubuh baan. Akibatnya tanah terus melunak dan material balas ikut bergerak atau hilang ke lapisan di bawahnya. Rel kehilangan tumpuan yang rata dan stabil, sehingga elevasinya turun atau posisinya bergeser ke samping. Masalah ini mudah berulang apabila lokasi yang rusak hanya diperbaiki sementara, misalnya dengan menambah balas atau mengangkat rel, tanpa menangani sumbernya di tubuh baan dan drainase.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	3 (Bisa Terjadi)	4 (Tinggi)	18	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	2 (Rendah)	6	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Melakukan pemeriksaan geometri sesuai standar KAI.
2) Melaksanakan perawatan geometri dengan KPJR.
3) Menambah atau mengganti balas berdasarkan hasil inspeksi.
4) Memperbaiki sumber ketidakstabilan, bukan hanya melakukan koreksi geometri.
5) Mengevaluasi tren kerusakan berulang dan efektivitas penguatan tubuh baan.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Amblesan atau tanah labil

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Memeriksa geometri rel, elevasi, profil balas, dan kondisi tubuh baan secara berkala; mencatat laju perubahan pada lokasi Dapsus. b. Pemeliharaan geometri dan normalisasi tubuh baan sesuai prioritas, dengan pemantauan setelah pekerjaan. c. Menjaga drainase agar air tidak terakumulasi pada tubuh baan dan bahu jalur.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Investigasi geoteknik atau geofisika dan pemantauan deformasi untuk lokasi dengan amblesan berulang. b. Menetapkan ambang perubahan geometri dan pemicu untuk inspeksi khusus, pembatasan kecepatan, atau perbaikan.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memasukkan laju amblesan dan biaya pemeliharaan berulang ke keputusan perkuatan, penggantian tanah dasar, atau rekonstruksi tubuh baan.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal tubuh baan, penggemukan, penggantian material, geogrid atau geotekstil, dan penataan drainase berdasarkan desain. b. Pengukuran geometri pascaperbaikan untuk memastikan kestabilan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan tanah dasar, konstruksi dinding penahan, perbaikan drainase bawah permukaan, atau stabilisasi tanah sesuai hasil kajian.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Rekonstruksi menyeluruh pada lokasi dengan deformasi berulang dan evaluasi opsi teknis atau operasi jika risiko residual tetap tinggi.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp180 juta; adaptasi Rp2,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Laju perubahan elevasi atau geometri; frekuensi angkatan atau listring berulang; biaya pemeliharaan per lokasi; jam pembatasan kecepatan.

3.3.3 Rel Spaten akibat Temperatur Rel Tinggi dan Perubahan Kondisi Termal

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keandalan jalan rel akibat temperatur rel yang tinggi dan perubahan kondisi termal yang dapat meningkatkan tegangan pada rel serta memengaruhi stabilitas geometri jalan rel (rel spaten).

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut dan kronis
Kelompok bahaya	Suhu ekstrem dan kenaikan suhu
Bahaya dan pemicu iklim	Episode suhu ekstrem (akut) yang terjadi di atas tren kenaikan suhu rata rata (kronis), sehingga mendorong pemuaian dan penyusutan Rel Panjang Menerus
Aset dan lokasi terpapar	Rel Panjang Menerus (RPM) dan geometri jalan rel di wilayah Daop 3 Cirebon
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan (potensi anjlokan); pembatasan kecepatan; biaya pemeliharaan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Peningkatan suhu maksimum dan periode panas berkepanjangan.
2) Ketidaksesuaian suhu netral rel (rail neutral temperature) yang meningkatkan tegangan.
3) Penurunan kestabilan lateral jalur.
4) Pemeliharaan dan perbaikan tidak sesuai prosedur pengendalian tegangan termal.
5) Peningkatan beban dinamis dan intensitas perjalanan KA pada jalur tidak stabil.
6) Degradasi prasarana akibat usia dan keausan.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Suhu maksimum udara.
2) Temperatur rel tidak sama dengan suhu pengaturan (35°-45°C).
3) Frekuensi hari panas di atas ambang yang ditetapkan.
4) Temuan deformasi atau ketidaklurusan rel.
5) Frekuensi inspeksi khusus atau pembatasan operasi akibat suhu tinggi.
6) Penambat longgar atau hilang.
7) Balas kurang padat, bahunya tidak memadai, atau tersingkap.
8) Rel tampak melengkung ke samping, atau terlihat retak pada badan rel.
9) Rel merayap (creep).

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Gangguan geometri jalan rel.
2) Peningkatan kebutuhan pemeliharaan.
3) Pembatasan kecepatan.
4) Keterlambatan perjalanan.
5) Potensi anjlokan jika terjadi deformasi kritis yang tidak ditangani.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Perubahan suhu yang ekstrem dapat menyebabkan Rel Panjang Menerus (RPM) memuai dan menyusut sehingga berpotensi mengalami buckling atau cracking (rel spaten). Suhu panas memicu buckling, sedangkan suhu dingin memicu cracking (retak) karena rel menyusut dan menimbulkan tegangan tarik.

Kedua kejadian berakar pada kondisi rel yang tidak lagi berada pada suhu pengaturan (stress free temperature) yang seharusnya dijaga pada kisaran 35° sampai 45°C. Kerentanan diperparah oleh balas yang kurang padat atau bahunya tidak memadai, penambat yang longgar atau hilang, pergeseran suhu pengaturan akibat rel merayap (creep), serta pekerjaan angkat listring yang tidak sesuai SOP atau dilakukan saat suhu rel tinggi. Biaya penanganan rel spaten pada dasarnya bergantung pada tingkat keparahan kejadian, termasuk kondisi fatality KKA anjlok atau terguling.

Gambar 3.5 Kondisi Rel Spaten

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	3 (Bisa Terjadi)	4 (Tinggi)	18	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	2 (Rendah)	6	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Melakukan pengukuran suhu secara berkala dan meningkatkan frekuensinya pada musim panas.
2) Melakukan pemeriksaan suhu netral dan kondisi tegangan rel sesuai metode teknis yang berlaku, mengukur versine (pengukuran anak panah).
3) Memeriksa tegangan, sambungan, penjangkaran, serta stabilitas balas.
4) Mengikuti prosedur teknis untuk pembatasan kecepatan atau tindakan keselamatan lainnya.
5) Memprioritaskan inspeksi pada segmen rawan, memastikan kestabilan jalur, menerapkan pembatasan kecepatan pada jalur rawan.
6) Melakukan perawatan preventif, mengganti komponen yang melewati batas kelayakan, memantau riwayat kerusakan, mengevaluasi secara berkala pada lokasi rawan.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus

Lokasi ini tidak termasuk dalam empat kategori lokasi Dapsus pada rencana mitigasi dan adaptasi portofolio, sehingga tindakan yang berlaku adalah mitigasi yang telah ditetapkan di atas.

3.3.4 Penurunan Stabilitas Tanah Dasar dan Tubuh Baan akibat Curah Hujan Ekstrem

a. Deskripsi Risiko

Potensi terjadinya penurunan stabilitas tanah dasar dan tubuh baan yang mengakibatkan perubahan geometri jalan rel serta mengganggu keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api, disebabkan oleh peningkatan intensitas dan durasi curah hujan ekstrem pada lokasi dengan kondisi tanah labil dan tubuh baan yang rentan.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Peningkatan intensitas dan durasi curah hujan ekstrem yang menaikkan kadar air tanah, memicu erosi, dan menurunkan kestabilan tubuh baan
Aset dan lokasi terpapar	Tanah dasar dan tubuh baan labil di wilayah UPT Resor 3.4 Haurgeulis, 3.5, dan 3.6 Jatibarang
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; pembatasan kecepatan (taspat); biaya normalisasi tubuh baan dan perkuatan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan dengan intensitas tinggi dan/atau durasi panjang
2) Karakteristik tanah dan tubuh baan yang rentan terhadap perubahan kadar air
3) Kondisi tubuh baan yang labil atau memiliki kemiringan curam sehingga rentan mengalami penurunan stabilitas.
4) Sistem drainase permukaan dan bawah permukaan yang belum mampu mengalirkan air secara optimal.
5) Kapasitas perlindungan dan perkuatan tubuh baan yang belum optimal untuk menghadapi sifat atau karakteristik tanah setempat
6) Pergerakan tanah dan penurunan tubuh baan.

d. Lokasi Terpapar

1) Wilayah UPT Resor 3.4 Haurgeulis: lokasi tubuh baan labil pada KM 139+100-139+400 jalur hilir antara Cilegeh-Haurgeulis serta lokasi tanah labil pada KM 148+625, KM 148+800, KM 149+625, KM 150+400, dan KM 151+000 jalur hilir.
2) Wilayah UPT Resor 3.6 Jatibarang: lokasi tanah labil di sekitar KM 175+000, KM 175+225, dan KM 175+250 jalur hilir, dan KM 176+000 jalur hulu.
3) Wilayah UPT Resor 3.5: KM 156+800 jalur hilir, yang diidentifikasi sebagai daerah tubuh baan curam. Aspek-aspek yang perlu dilakukan pemantauan:

e. Indikator Pemantauan Risiko

1) Intensitas dan durasi curah hujan serta akumulasi hujan beberapa hari pada lokasi rawan.
2) Jumlah kejadian penurunan, pergeseran, atau deformasi tubuh baan.
3) Perubahan geometri jalan rel yang terdeteksi melalui pemeriksaan dan pengukuran teknis.
4) Jumlah temuan retakan tanah, pergerakan lereng, atau indikasi penurunan stabilitas tubuh baan.

5) Frekuensi pemasangan atau perpanjangan pembatasan kecepatan (taspat) akibat kondisi tubuh baan yang tidak stabil.
6) Persentase penyelesaian pekerjaan normalisasi tubuh baan, pemasangan dinding penahan tanah (DPT), dan perbaikan drainase.
7) Jumlah temuan inspeksi yang belum ditindaklanjuti sesuai target.

f. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Penurunan kecepatan perjalanan KA akibat penerapan taspat.
2) Gangguan kelancaran perjalanan berupa keterlambatan atau penghentian sementara operasi.
3) Kerusakan atau penyimpangan geometri jalan rel yang meningkatkan kebutuhan pemeliharaan.
4) Peningkatan biaya penanganan darurat dan perbaikan permanen prasarana.
5) Penurunan keandalan dan ketersediaan prasarana untuk mendukung operasional KA.
6) Potensi anjlokan atau kecelakaan apabila terjadi perubahan geometri atau ketidakstabilan jalur yang tidak terdeteksi dan tidak ditangani.

g. Analisis Paparan dan Kerentanan

Peta Dapsus Unit Jalan Rel dan Jembatan Daop 3 Cirebon mengidentifikasi sejumlah lokasi tanah labil dan tubuh baan curam yang memerlukan pemantauan serta penanganan khusus. Di wilayah Haurgeulis dan Jatibarang terdapat kebutuhan pembatasan kecepatan, pemeriksaan geometri, penambahan balas, serta pekerjaan normalisasi tubuh baan dan pemasangan DPT dengan pancangan. Temuan tersebut menunjukkan kerentanan prasarana terhadap perubahan kondisi tanah.

Curah hujan ekstrem berperan sebagai pemicu yang memperburuk kerentanan tersebut melalui peningkatan kadar air tanah, erosi, dan penurunan kestabilan tubuh baan.

h. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

i. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Menginspeksi tubuh baan, drainase, serta geometri rel sebelum dan setelah hujan ekstrem, dan menetapkan batas kecepatan atau menghentikan operasi sesuai hasil evaluasi keselamatan.
2) Mengidentifikasi tanah rawan air, memperbaiki drainase untuk mengurangi infiltrasi, dan memantau deformasi secara berkala pada lokasi tanah labil.
3) Melakukan evaluasi geoteknik, memperkuat tubuh baan dan lereng, dan memantau retakan dan pergeseran tanah.
4) Melakukan perbaikan, penambahan jumlah dan volume dari drainase, serta mengevaluasi tingkat efektivitasnya pasca hujan.

5) Mengevaluasi dan memperkuat tubuh baan sesuai karakteristik tanah dengan mutu terkendali, lalu ukur efektivitasnya. Acuan biaya rekondisi perkuatan tubuh baan adalah sebesar Rp28.576.712.
6) Memantau deformasi tubuh baan secara berkala dengan ambang kewaspadaan, menangani penyebabnya secara permanen.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

j. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

k. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Amblesan atau tanah labil

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Memeriksa geometri rel, elevasi, profil balas, dan kondisi tubuh baan secara berkala; mencatat laju perubahan pada lokasi Dapsus. b. Pemeliharaan geometri dan normalisasi tubuh baan sesuai prioritas, dengan pemantauan setelah pekerjaan. c. Menjaga drainase agar air tidak terakumulasi pada tubuh baan dan bahu jalur.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Investigasi geoteknik atau geofisika dan pemantauan deformasi untuk lokasi dengan amblesan berulang. b. Menetapkan ambang perubahan geometri dan pemicu untuk inspeksi khusus, pembatasan kecepatan, atau perbaikan.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memasukkan laju amblesan dan biaya pemeliharaan berulang ke keputusan perkuatan, penggantian tanah dasar, atau rekonstruksi tubuh baan.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal tubuh baan, penggemukan, penggantian material, geogrid atau geotekstil, dan penataan drainase berdasarkan desain. b. Pengukuran geometri pascaperbaikan untuk memastikan kestabilan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan tanah dasar, konstruksi dinding penahan, perbaikan drainase bawah permukaan, atau stabilisasi tanah sesuai hasil kajian.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Rekonstruksi menyeluruh pada lokasi dengan deformasi berulang dan evaluasi opsi teknis atau operasi jika risiko residual tetap tinggi.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp180 juta; adaptasi Rp2,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Laju perubahan elevasi atau geometri; frekuensi angkatan atau listring berulang; biaya pemeliharaan per lokasi; jam pembatasan kecepatan.

3.3.5 Banjir dan Genangan pada Jalur akibat Curah Hujan Ekstrem yang Melampaui Kapasitas Drainase

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api akibat genangan atau banjir pada jalur rel yang mengganggu kestabilan tubuh baan, mengikis balas, dan merusak komponen prasarana, disebabkan oleh curah hujan ekstrem yang melampaui kapasitas drainase dan sistem pengaliran air pada lokasi rawan banjir di wilayah Daop 3 Cirebon.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut

Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Curah hujan ekstrem yang melampaui kapasitas drainase dan sistem pengaliran air pada lokasi rawan banjir
Aset dan lokasi terpapar	Jalur rel, tubuh baan, balas, dan komponen prasarana pada lima kelompok lokasi rawan banjir di wilayah Daop 3 Cirebon
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; pembatasan kecepatan atau penghentian perjalanan; biaya perbaikan prasarana pascabanjir
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan dengan intensitas tinggi dan/atau durasi panjang yang meningkatkan debit limpasan permukaan.
2) Kapasitas drainase dan saluran pembuangan yang tidak memadai untuk menampung debit air hujan.
3) Sedimentasi, sampah, atau material lain yang menghambat aliran air pada saluran drainase.
4) Elevasi jalur dan lingkungan sekitar yang meningkatkan kerentanan terhadap genangan.
5) Limpasan air dari daerah tangkapan menuju tubuh baan atau jalur rel.
6) Belum optimalnya sistem pemantauan tinggi muka air dan mekanisme peringatan dini di lokasi yang rawan.

d. Lokasi Terpapar

1) Cirebon-Prupuk (Cnp-Wdw) KM 220+700/220+800, jalur hulu dan hilir
2) Tegal-Losari (Tgn-Los) KM 187+600/187+800, jalur hulu dan hilir
3) Babakan-Tegal (Bb-Tgn) KM 161+600/161+700, jalur hulu dan hilir
4) Sindanglaut-Ciledug (Sdu-Cld) KM 243+200/243+600, jalur hulu dan hilir
5) Ciledug-Kejaksan/Kadogangabus (Cld-Kgg) KM 252+500/252+800, jalur hulu dan hilir. Aspek-aspek yang perlu dilakukan pemantauan:

e. Indikator Pemantauan Risiko

1) Intensitas dan durasi curah hujan pada lokasi rawan banjir.
2) Frekuensi dan durasi kejadian genangan yang memasuki jalur rel atau tubuh baan.
3) Tinggi muka air terhadap kepala rel serta laju kenaikan muka air, jika pengukuran tersedia.
4) Jumlah temuan erosi, gerusan, kehilangan material balas, atau penurunan geometri setelah banjir.
5) Frekuensi pembatasan kecepatan atau penghentian perjalanan akibat banjir.
6) Persentase penyelesaian pekerjaan perbaikan drainase dan mitigasi banjir.
7) Waktu respons petugas sejak peringatan banjir diterima hingga tindakan pengamanan operasi dilaksanakan.

f. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Pembatasan kecepatan atau penghentian sementara perjalanan KA.
2) Keterlambatan dan pembatalan perjalanan yang berdampak pada jadwal KA lainnya.
3) Kerusakan balas, bantalan, rel, tubuh baan, dan komponen prasarana pendukung.

4) Penurunan kapasitas lintas dan ketersediaan prasarana.
5) Potensi anjlokan atau kecelakaan apabila jalur tetap dilalui dalam kondisi tidak memenuhi persyaratan keselamatan.
6) Peningkatan biaya penanganan darurat, pemulihan prasarana, dan penanganan pelanggan.
7) Potensi penurunan pendapatan serta kepercayaan pelanggan apabila gangguan berlangsung lama.

g. Analisis Paparan dan Kerentanan

Peta Dapsus mengidentifikasi lima kelompok lokasi rawan banjir di wilayah Daop 3 Cirebon. Sebaran tersebut menunjukkan bahwa risiko banjir perlu ditangani berdasarkan karakteristik masing masing lokasi, terutama kondisi drainase, aliran limpasan, elevasi jalur, dan kondisi tubuh baan.

Curah hujan ekstrem meningkatkan volume limpasan dan memicu genangan apabila kapasitas sistem pengaliran air tidak mencukupi. Selain mengganggu perjalanan, banjir dapat menimbulkan kerusakan tersembunyi pada tubuh baan dan balas yang baru terlihat setelah air surut.

h. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

i. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Melakukan inspeksi drainase dan kondisi jalur pada lokasi rawan sebelum, selama, dan setelah hujan ekstrem.
2) Mengevaluasi kapasitas drainase dan saluran pembuangan serta meningkatkan kapasitasnya sesuai dengan kajian teknis.
3) Membersihkan saluran air dari sampah dan sedimentasi.
4) Memantau tinggi muka air dan kondisi genangan pada lokasi prioritas, serta menyusun prioritas penanganan permanen berdasarkan frekuensi kejadian, potensi konsekuensi, dan efektivitas pengendalian yang tersedia.
5) Mengevaluasi dan meningkatkan kapasitas drainase, memperbaiki kerusakan tubuh baan, balas, dan komponen jalan rel yang teridentifikasi pasca banjir.
6) Memasang alat pemantauan tinggi muka air dan EWS pada lokasi rawan.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

j. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

k. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Banjir

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Normalisasi dan pembersihan saluran, gorong gorong, serta inlet dan outlet drainase secara terjadwal dan sebelum musim hujan. b. Pemeriksaan lokasi Dapsus saat hujan intensif; menyiagakan petugas daerah rawan sesuai skor Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) dan SOP. c. Memastikan pompa, material darurat, komunikasi operasi, dan prosedur pembatasan kecepatan atau penutupan lintas siap digunakan.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Audit kapasitas drainase dan titik limpasan bersama pengelola sungai dan pemerintah daerah. b. Memasang sensor tinggi muka air atau sistem peringatan di lokasi prioritas yang memiliki data ambang batas operasional.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Mengintegrasikan peta bahaya banjir dan proyeksi iklim ke program pemeliharaan serta rencana investasi prasarana.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal saluran, crossing drain, inlet dan outlet, tanggul kecil, dan elevasi komponen kritis berdasarkan hasil survei. b. Menyiapkan material dan peralatan pemulihan cepat pada koridor dengan dampak gangguan operasi tinggi.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Peningkatan kapasitas drainase, pompa permanen, perlindungan tubuh baan, dan peninggian jalur pada lokasi yang dibuktikan membutuhkan. b. Implementasi sensor muka air, telemetri, dan integrasi peringatan ke pusat pengendalian operasi.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Solusi berbasis alam di area yang sesuai, pengelolaan limpasan daerah aliran sungai (DAS) bersama pemerintah daerah, serta rekayasa ulang titik banjir berulang.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp150 juta; adaptasi Rp1,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi banjir prioritas dengan drainase berfungsi; frekuensi genangan; durasi pembatasan atau penutupan lintas; waktu pemulihan operasi.

3.3.6 Peta Risiko Daop 3 Cirebon

Tabel 3.12 Peta Risiko Daop 3 Cirebon

Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19 **R4** **R5**	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18 **R1** **R2** **R3**	23
Jarang Terjadi (2)	2	6 **R2** **R3**	11 **R4** **R5**	16	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5 **R1**	10	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

R Posisi inherent R Posisi residual

R1: Penurunan Kepercayaan Pemangku Kepentingan akibat Gangguan Layanan dari Ketidakstabilan Tubuh Baan (subbab 3.3.1)

R2: Penurunan Geometri Jalan Rel akibat Siklus Basah Kering pada Tubuh Baan (subbab 3.3.2)

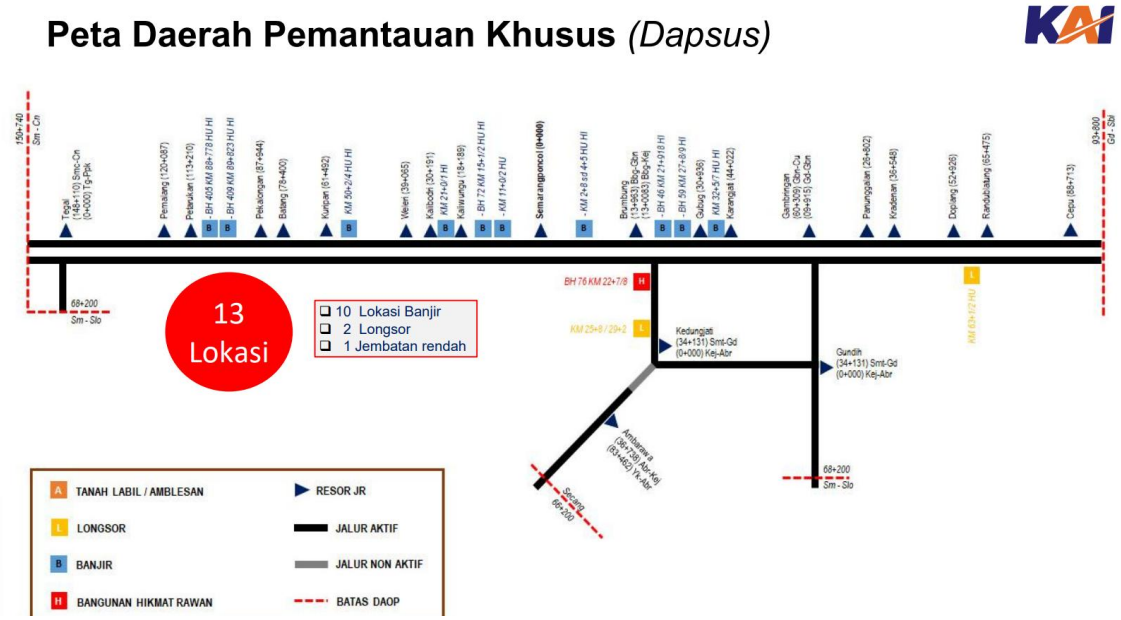
R3: Rel Spaten akibat Temperatur Rel Tinggi dan Perubahan Kondisi Termal (subbab 3.3.3)

R4: Penurunan Stabilitas Tanah Dasar dan Tubuh Baan akibat Curah Hujan Ekstrem (subbab 3.3.4)

R5: Banjir dan Genangan pada Jalur akibat Curah Hujan Ekstrem yang Melampaui Kapasitas Drainase (subbab 3.3.5)

3.4 Daop 4 Semarang

Wilayah Daop 4 Semarang memiliki 6 risiko iklim fisik yang terpetakan, terdiri atas 5 risiko curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai dan 1 risiko gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan. Berdasarkan sifatnya, risiko di wilayah ini tergolong fisik akut. Lokasi Daerah Pemantauan Khusus yang menjadi dasar pemetaan ditunjukkan pada peta berikut.



Gambar 3.6 Peta Daerah Pemantauan Khusus Daop 4 Semarang Tahun 2026

3.4.1 Penghentian Perjalanan akibat Genangan dan Luapan Air yang Melampaui Kapasitas Drainase

a. Deskripsi Risiko

Potensi terhentinya perjalanan kereta api, pembatasan kecepatan, atau penutupan sementara jalur akibat genangan dan luapan air yang melampaui kapasitas drainase, sungai, atau elevasi prasarana di wilayah Daop 4 Semarang

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Genangan dan luapan air yang melampaui kapasitas drainase, sungai, atau elevasi prasarana
Aset dan lokasi terpapar	Jalur, tubuh baan, dan balas pada lokasi rawan luapan air di wilayah Daop 4 Semarang
Saluran dampak	Kontinuitas layanan (penghentian perjalanan, pembatasan kecepatan, penutupan jalur); biaya pemulihan prasarana
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan tinggi yang meningkatkan debit sungai, saluran, dan kolam retensi.
2) Kapasitas saluran pembuangan atau bukaan hidraulis jembatan tidak memadai terhadap debit puncak.

3) Akumulasi sedimentasi dan sampah yang menghambat aliran air.
4) Elevasi rel dan badan jalan lebih rendah daripada muka air banjir pada kondisi tertentu.
5) Luapan atau perubahan pola aliran sungai yang meningkatkan beban hidraulis pada prasarana.
6) Belum selesainya pekerjaan permanen, seperti peninggian jalur, penambahan saluran penyeimbang, atau pembangunan bentang jembatan tambahan.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Kenaikan tinggi muka air sungai atau genangan terhadap kepala rel (kop rel).
2) Intensitas dan durasi hujan melampaui ambang peringatan yang ditetapkan untuk masing-masing lokasi.
3) Peningkatan frekuensi luapan air dan kejadian genangan di jalur.
4) Penurunan kecepatan KA atau penutupan jalur akibat banjir.
5) Peningkatan jumlah kejadian gogosan, erosi balas, dan penurunan geometri jalur setelah hujan.
6) Persentase pekerjaan mitigasi banjir yang belum selesai.
7) Waktu respons petugas sejak peringatan banjir diterima hingga tindakan operasional dilaksanakan.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Terhentinya perjalanan KA atau pembatasan kecepatan.
2) Keterlambatan perjalanan dan efek berantai pada jadwal KA lainnya.
3) Kerusakan balas, bantalan, rel, badan jalan, dan struktur jembatan.
4) Risiko anjlokan atau kecelakaan apabila kondisi jalur tidak layak tetapi perjalanan tetap dilakukan.
5) Penurunan pendapatan, peningkatan biaya pemulihan, serta biaya penanganan penumpang.
6) Penurunan kepercayaan pelanggan dan reputasi perusahaan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Risiko ini memiliki tingkat paparan awal sangat tinggi karena dokumen Dapsus mengidentifikasi beberapa lokasi rawan luapan air dan menunjukkan bahwa penanganan di sejumlah titik masih memerlukan pekerjaan lanjutan. Pada KM 25+7/8 terdapat potensi longsor badan jalan KA akibat gerusan air sungai yang merupakan imbas pembangunan proyek oleh PT Azam Laksana Intan Buana (ALIB).

Dampak risiko tidak terbatas pada terendamnya rel. Gerusan balas, hilangnya dukungan badan jalan, dan kerusakan struktur dapat tetap terjadi meskipun air sudah surut.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	2 (Rendah)	6	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memantau curah hujan dan tinggi muka air pada setiap titik Dapsus serta menetapkan ambang peringatan berdasarkan kondisi hidrologis setempat untuk mengantisipasi potensi banjir.
2) Melakukan evaluasi kapasitas hidraulis saluran dan jembatan serta menuntaskan peningkatan kapasitas melalui penambahan saluran penyeimbang, peninggian jalur, atau penambahan bukaan jembatan sesuai hasil kajian teknis.
3) Melaksanakan normalisasi sungai dan saluran, pembersihan sedimentasi, serta pengangkatan sampah secara berkala untuk menjaga kelancaran aliran air.
4) Melakukan kajian teknis terhadap alternatif penanganan banjir pada lokasi prioritas, termasuk peninggian jalur rel atau pembangunan elevated track apabila diperlukan, dengan mempertimbangkan kondisi tanah dasar, daya dukung tanah, stabilitas lereng dan tubuh baan, potensi penurunan tanah, serta dampaknya terhadap pola aliran air. Pelaksanaan penanganan harus didasarkan pada hasil kajian geoteknik dan hidraulika untuk memastikan keselamatan serta kestabilan jalur rel.
5) Memperkuat tubuh baan, talud, pangkal jembatan, dan struktur pelindung terhadap gerusan serta melakukan penanganan aliran sungai berdasarkan evaluasi kondisi hidraulis di lokasi terdampak.
6) Menyusun prioritas dan jadwal penyelesaian pekerjaan lanjutan/permanen, memantau progres pelaksanaannya.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Banjir

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Normalisasi dan pembersihan saluran, gorong gorong, serta inlet dan outlet drainase secara terjadwal dan sebelum musim hujan. b. Pemeriksaan lokasi Dapsus saat hujan intensif; menyiagakan petugas daerah rawan sesuai skor Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) dan SOP. c. Memastikan pompa, material darurat, komunikasi operasi, dan prosedur pembatasan kecepatan atau penutupan lintas siap digunakan.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Audit kapasitas drainase dan titik limpasan bersama pengelola sungai dan pemerintah daerah. b. Memasang sensor tinggi muka air atau sistem peringatan di lokasi prioritas yang memiliki data ambang batas operasional.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Mengintegrasikan peta bahaya banjir dan proyeksi iklim ke program pemeliharaan serta rencana investasi prasarana.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal saluran, crossing drain, inlet dan outlet, tanggul kecil, dan elevasi komponen kritis berdasarkan hasil survei. b. Menyiapkan material dan peralatan pemulihan cepat pada koridor dengan dampak gangguan operasi tinggi.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Peningkatan kapasitas drainase, pompa permanen, perlindungan tubuh baan, dan peninggian jalur pada lokasi yang dibuktikan membutuhkan. b. Implementasi sensor muka air, telemetri, dan integrasi peringatan ke pusat pengendalian operasi.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Solusi berbasis alam di area yang sesuai, pengelolaan limpasan daerah aliran sungai (DAS) bersama pemerintah daerah, serta rekayasa ulang titik banjir berulang.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp150 juta; adaptasi Rp1,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi banjir prioritas dengan drainase berfungsi; frekuensi genangan; durasi pembatasan atau penutupan lintas; waktu pemulihan operasi.

3.4.2 Penurunan Integritas Struktur Jembatan akibat Gerusan dan Korosi

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kontinuitas perjalanan KA akibat penurunan integritas struktur jembatan, kerusakan dudukan andas, korosi, pergeseran pangkal, atau gerusan pada pilar dan fondasi.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Peningkatan debit sungai saat hujan lebat yang menimbulkan gerusan pada pilar, fondasi, dan pangkal jembatan
Aset dan lokasi terpapar	Jembatan BH.405, BH.409, dan BH.76 di wilayah Daop 4 Semarang
Saluran dampak	Keselamatan dan kontinuitas perjalanan; biaya perbaikan atau penggantian jembatan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Air menggenang pada konstruksi jembatan dan pangkal jembatan sehingga mempercepat korosi.
2) Gerusan aliran sungai mengurangi kestabilan pangkal, pilar, atau tanah penyangga.
3) Talud pengarah arus rusak atau ambrol sehingga distribusi aliran air berubah.
4) Dudukan andas atau bearing mengalami kerusakan, kelonggaran, atau ketidakrataan.
5) Ketidaksesuaian elevasi rel terhadap elevasi konstruksi jembatan.
6) Umur dan kondisi struktur yang memerlukan evaluasi kelayakan serta penggantian.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Temuan korosi, retak, deformasi, atau penurunan komponen jembatan.
2) Pergeseran pangkal atau pilar dan perubahan kondisi fondasi.
3) Kedalaman gerusan meningkat dibandingkan hasil inspeksi sebelumnya.
4) Kelainan dudukan andas, celah, atau ketidakrataan pada pertemuan rel dan jembatan.
5) Peningkatan getaran, benturan, atau ketidakrataan lintasan pada area jembatan.
6) Jumlah temuan inspeksi kritis yang belum ditutup.
7) Keterlambatan pekerjaan perbaikan atau penggantian jembatan.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Pembatasan kecepatan atau penutupan jalur.
2) Kerusakan struktur dan meningkatnya biaya rehabilitasi.
3) Kegagalan struktur yang berpotensi menimbulkan kecelakaan serius.
4) Gangguan operasi jangka panjang jika jembatan memerlukan penggantian darurat.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Paparan bahaya pada risiko ini teridentifikasi pada tiga jembatan. Pada BH.405 terdapat potensi korosi dan masalah andas. Pada BH.409 terdapat potensi genjotan akibat kurangnya levelling antara rel dan jembatan. Pada BH.76 terdapat potensi pergeseran pangkal karena talud pengarah arus ambrol, sehingga struktur lebih rentan terhadap gerusan saat debit sungai meningkat.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	2 (Jarang Terjadi)	4 (Tinggi)	16	Menengah ke Tinggi
Residual	1 (Sangat Jarang Terjadi)	2 (Rendah)	5	Rendah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Melakukan inspeksi berkala terhadap konstruksi jembatan dan pangkalnya, serta melaksanakan pengecatan atau pelapisan anti korosi sesuai spesifikasi teknis.
2) Melakukan evaluasi tingkat gerusan serta memperkuat pangkal, pilar, dan tanah penyangga berdasarkan desain teknis yang sesuai dengan kondisi hidraulis dan struktur jembatan.
3) Memperbaiki dan memperkuat talud pengarah arus untuk menjaga pola aliran air serta mengurangi risiko gerusan pada pangkal dan fondasi jembatan.
4) Melakukan pemeriksaan kondisi dudukan andan atau bearing, memperbaiki bagian yang rusak atau longgar, serta memastikan posisi dan dudukannya memenuhi standar.
5) Melakukan pengukuran dan penyesuaian leveling rel-jembatan berdasarkan hasil evaluasi untuk memastikan kesesuaian geometri.
6) Melaksanakan evaluasi kelayakan struktur jembatan dan menetapkan prioritas penggantian serta mengawal usulan penggantian atau peninggian konstruksi kepada DJKA apabila memerlukan dukungan kewenangan atau pendanaan di luar Daop.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Bangunan hikmat rawan

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi berkala struktur, pilar, abutment, lantai, sambungan, dan dasar sungai; pendugaan gerusan pada lokasi yang relevan. b. Memantau debit atau muka air saat hujan ekstrem dan menyiapkan pemeriksaan khusus pascakejadian. c. Menindaklanjuti temuan kerusakan dengan penilaian teknis dan pengamanan sementara yang disetujui fungsi prasarana.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Pemeriksaan struktur dan hidraulika yang lebih rinci untuk bangunan dengan skor tinggi atau riwayat kerusakan. b. Menggunakan sistem pemantauan kesehatan struktur (Structural Health Monitoring System) bila hasil analisis manfaat dan risiko mendukung.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memprioritaskan rehabilitasi atau penggantian berdasarkan kondisi struktur, konsekuensi kegagalan, dan kritikalitas lintas.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Proteksi darurat terhadap gerusan dan aliran, normalisasi saluran, serta perbaikan lokal sesuai rekomendasi engineer. b. Menyiapkan rencana pengalihan operasi dan respons darurat bila indikator struktur melewati ambang.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan pilar atau abutment, perlindungan dasar sungai, peningkatan kapasitas hidraulik, atau penggantian elemen berdasarkan desain. b. Perbaikan drainase dan perlindungan terhadap erosi di sekitar bangunan hikmat.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Penggantian jembatan atau bangunan hikmat yang tidak lagi memadai serta penyesuaian desain terhadap debit banjir dan proyeksi iklim.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp250 juta; adaptasi Rp4,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Persentase bangunan hikmat prioritas yang telah diinspeksi; jumlah temuan kritis terbuka; indeks kondisi struktur; kejadian pembatasan lintas.

3.4.3 Luapan Air di Balai Yasa, Depo, dan Kantor Pekerja

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya proses operasional dan perawatan sarana akibat luapan air di Balai Yasa, Depo, atau Kantor Pekerja yang menghambat kegiatan perawatan, pengoperasian, dan administrasi.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan berintensitas tinggi dengan durasi panjang yang melampaui kapasitas drainase fasilitas
Aset dan lokasi terpapar	Fasilitas perawatan sarana: Balai Yasa, Depo (termasuk Depo Lokomotif Semarang Poncol), dan Kantor Pekerja
Saluran dampak	Produktivitas pekerja dan kesiapan sarana; kerusakan material dan peralatan (korosi, degradasi, korsleting)
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Intensitas hujan tinggi dengan durasi yang panjang.
2) Dimensi saluran drainase eksisting tidak mampu menampung debit aliran masuk (drainage inflow)

d. Indikator Pemantauan Risiko

Indikator utama adalah frekuensi kejadian banjir pada fasilitas dan kerusakan lanjutan yang ditimbulkannya. Sebagai contoh, Depo Lokomotif Semarang Poncol mengalami peristiwa banjir dengan laporan sebagai berikut:

Tabel 3.13 Daftar Laporan Historis Peristiwa Banjir di Depo Lokomotif Semarang Poncol

No	Tanggal Kejadian	Dokumentasi	Keterangan
1	19 November 2024		Lifting jack terendam air banjir
2	13 April 2024		Lantai los terendam air
3	6 Januari 2025		Kaki pilar gedung korosi
4	8 Februari 2025		Besi landasan lifting jack korosi
5	8 Februari 2025		Penambat rel spoor kolong korosi

No	Tanggal Kejadian	Dokumentasi	Keterangan
6	12 April 2025		Box hydrant korosi

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Menurunnya produktivitas pekerja
2) Terjadinya kerusakan pada material/alat seperti korosi, degradasi, korsleting, dan lain sebagainya.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Luapan air di area Balai Yasa, depo, dan kantor pekerja terjadi karena kapasitas saluran drainase eksisting belum memadai untuk menampung debit aliran masuk. Genangan mengganggu aktivitas operasional dan menurunkan produktivitas pekerja, serta merusak material dan peralatan melalui korosi, degradasi, korsleting, dan kerusakan lainnya.

Untuk menurunkan risiko, diperlukan penyesuaian dimensi dan tata letak drainase serta elevasi saluran sesuai kondisi lingkungan setiap lokasi, disertai penyediaan pompa air darurat untuk mempercepat pembuangan air saat terjadi genangan.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	2 (Jarang Terjadi)	4 (Tinggi)	16	Menengah ke Tinggi
Residual	1 (Sangat Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	10	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Penyediaan pompa air darurat untuk mempercepat pembuangan air.
2) Melakukan penyesuaian dimensi, tata letak drainase, dan penyesuaian elevasi sesuai dengan kondisi lingkungan masing-masing.

Penanggung jawab: Subdivision of Building And Mep Maintenance Area 1 (JTB).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus

Lokasi ini tidak termasuk dalam empat kategori lokasi Dapsus pada rencana mitigasi dan adaptasi portofolio, sehingga tindakan yang berlaku adalah mitigasi yang telah ditetapkan di atas.

3.4.4 Banjir dan Luapan Sungai yang Memengaruhi Tubuh Baan, Jalan Rel, dan Jembatan

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan perjalanan kereta api akibat banjir, genangan, dan luapan sungai yang memengaruhi kondisi tubuh baan, kestabilan jalan rel, serta konstruksi jembatan di wilayah Daop 4 Semarang.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Banjir, genangan, dan luapan sungai saat hujan lebat
Aset dan lokasi terpapar	Tubuh baan, jalan rel, dan konstruksi jembatan pada enam lokasi Dapsus banjir dan luapan sungai di wilayah Daop 4 Semarang
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; penghentian perjalanan; biaya perkuatan, peninggian jalur, dan penggantian jembatan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan tinggi atau berkepanjangan yang meningkatkan debit sungai dan volume limpasan air.
2) Luapan sungai yang menggenangi jalur rel dan menggerus tubuh baan.
3) Kapasitas saluran drainase atau penyeimbang yang tidak memadai untuk menampung aliran air.
4) Sedimentasi dan penumpukan sampah yang menghambat aliran air.
5) Kerusakan tanggul, talud, atau struktur pengarah aliran air yang mengurangi perlindungan terhadap prasarana.
6) Elevasi jalur rel atau konstruksi jembatan yang rentan terhadap kenaikan muka air.

d. Lokasi Terpapar

1) KM 88+4/7 dan KM 88+8 sampai KM 89+200, antara Pekalongan-Sragi: potensi luapan Sungai Bermi dan Meduri yang dapat menyebabkan perjalanan KA terhenti.
2) BH 46 KM 21+918, antara Brumbung-Tegowanu: potensi luapan Sungai Cabean.
3) BH 59 KM 27+920, antara Tegowanu-Gubug: potensi luapan Sungai Kiteh.
4) KM 20+744 sampai KM 21+100, antara Kalibodri-Kaliwungu: potensi luapan Sungai Waridin.
5) KM 50+100 sampai KM 51+000 jalur hulu, antara Pelabuhan-Krengseng: potensi genangan akibat meluapnya kolam retensi di Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB).
6) KM 2+8/9 jalur hulu, antara Semarang Tawang-Alastua: potensi genangan akibat luapan Sungai Tenggang.

e. Indikator Pemantauan Risiko

1) Peningkatan intensitas dan durasi curah hujan serta kenaikan debit atau tinggi muka air sungai.
2) Frekuensi dan durasi genangan pada jalur rel.
3) Kenaikan tinggi air terhadap kepala rel (kop rel).

4) Terjadinya gerusan, gogosan, atau pergeseran tubuh baan dan talud.
5) Perubahan geometri jalan rel, kehilangan balas, atau penurunan kestabilan jalur.
6) Peningkatan frekuensi penerapan pembatasan kecepatan (taspat) atau penghentian perjalanan KA.
7) Status penyelesaian pekerjaan penguatan tubuh baan, peninggian jalur, dan perbaikan sistem drainase.

f. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Meningkatnya potensi anjlokan atau kecelakaan KA akibat ketidakstabilan jalan rel yang dipicu oleh genangan, gerusan, atau kerusakan tubuh baan.
2) Terancamnya keselamatan penumpang dan petugas apabila kerusakan prasarana akibat banjir tidak terdeteksi sebelum KA melintas.
3) Meningkatnya potensi kegagalan atau kerusakan konstruksi jembatan dan bagian prasarana lainnya akibat gerusan serta pengaruh air.
4) Potensi cedera atau korban jiwa apabila kondisi prasarana yang terdampak banjir menyebabkan kecelakaan KA.

g. Analisis Paparan dan Kerentanan

Daop 4 Semarang mengidentifikasi enam lokasi Dapsus yang terpapar bahaya banjir dan luapan sungai, sebagaimana tercantum pada daftar lokasi terpapar. Sebagian besar paparan bersumber dari luapan sungai di sekitar jalur, sementara satu lokasi dipengaruhi meluapnya kolam retensi di kawasan industri.

Berdasarkan dokumen Dapsus Daop 4, tindakan yang telah dilakukan meliputi penambahan balas, peninggian jalur, perkuatan tubuh baan dan talud, pembersihan sedimentasi, serta pemantauan tinggi air. Pada beberapa lokasi, penanganan permanen masih berupa usulan, termasuk pembangunan elevated track dan penggantian jembatan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya paparan bahaya banjir terhadap prasarana.

h. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

i. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memantau curah hujan, debit sungai dan tinggi muka air pada lokasi rawan serta melaksanakan pemeriksaan kondisi prasarana sebelum dan sesudah hujan esktrem.
2) Memperkuat tubuh baan, talud, pangkal jembatan, dan struktur pelindung terhadap gerusan air pada lokasi terdampak berdasarkan kajian teknis. Adapun estimasi biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp28.576.712.
3) Mengevaluasi kapasitas drainase dan melakukan peningkatan kapasitas atau pembangunan saluran tambahan sesuai kebutuhan.
4) Membersihkan sampah dan sedimentasi secara berkala serta memastikan saluran drainase berfungsi dengan baik.

5) Memperbaiki dan memperkuat tanggul, talud, serta struktur pengarah aliran air untuk menjaga kestabilan tubuh baan dan mengurangi risiko gerusan dengan estimasi biaya sekitar Rp14.288.356,01/msp.
6) Melakukan peninggian jalur rel atau konstruksi jembatan berdasarkan kajian teknis dan prioritas risiko pada lokasi rawan banjir dengan estimasi biaya sekitar Rp6.112.689,48/msp.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

j. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

k. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Banjir

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Normalisasi dan pembersihan saluran, gorong gorong, serta inlet dan outlet drainase secara terjadwal dan sebelum musim hujan. b. Pemeriksaan lokasi Dapsus saat hujan intensif; menyiagakan petugas daerah rawan sesuai skor Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) dan SOP. c. Memastikan pompa, material darurat, komunikasi operasi, dan prosedur pembatasan kecepatan atau penutupan lintas siap digunakan.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Audit kapasitas drainase dan titik limpasan bersama pengelola sungai dan pemerintah daerah. b. Memasang sensor tinggi muka air atau sistem peringatan di lokasi prioritas yang memiliki data ambang batas operasional.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Mengintegrasikan peta bahaya banjir dan proyeksi iklim ke program pemeliharaan serta rencana investasi prasarana.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal saluran, crossing drain, inlet dan outlet, tanggul kecil, dan elevasi komponen kritis berdasarkan hasil survei. b. Menyiapkan material dan peralatan pemulihan cepat pada koridor dengan dampak gangguan operasi tinggi.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Peningkatan kapasitas drainase, pompa permanen, perlindungan tubuh baan, dan peninggian jalur pada lokasi yang dibuktikan membutuhkan. b. Implementasi sensor muka air, telemetri, dan integrasi peringatan ke pusat pengendalian operasi.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Solusi berbasis alam di area yang sesuai, pengelolaan limpasan daerah aliran sungai (DAS) bersama pemerintah daerah, serta rekayasa ulang titik banjir berulang.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp150 juta; adaptasi Rp1,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi banjir prioritas dengan drainase berfungsi; frekuensi genangan; durasi pembatasan atau penutupan lintas; waktu pemulihan operasi.

3.4.5 Longsor Tubuh Baan akibat Gerusan Air Sungai dan Aliran Permukaan

a. Deskripsi Risiko

Potensi ketidakstabilan atau longsornya tubuh baan akibat gerusan air sungai dan aliran permukaan yang dapat mengancam keselamatan perjalanan KA pada lokasi rawan di wilayah Daop 4 Semarang.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Gerusan air sungai dan aliran permukaan saat debit tinggi yang menurunkan kestabilan tubuh baan
Aset dan lokasi terpapar	Tubuh baan pada KM 63+1/2 Doplang-Randublatung dan KM 25+7/8 Tanggung-Kedungjati
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; biaya penguatan tubuh baan sementara dan permanen
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Aliran sungai yang menggerus kaki atau sisi tubuh baan.
2) Hujan dengan intensitas tinggi yang meningkatkan aliran permukaan dan kejenuhan tanah.
3) Kerusakan atau ketidakcukupan struktur pelindung lereng dan tubuh baan.
4) Kerusakan talud pengarah arus yang dapat mengubah pola aliran dan meningkatkan gerusan.
5) Perubahan kondisi lingkungan di sekitar jalur yang dapat memengaruhi kestabilan tubuh baan.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Intensitas dan durasi hujan serta peningkatan aliran air di sekitar tubuh baan.
2) Perubahan bentuk lereng, retakan, penurunan, atau pergeseran tubuh baan.
3) Peningkatan gerusan pada kaki lereng atau sisi tubuh baan.
4) Kerusakan talud, dinding penahan, dan struktur perlindungan lereng.
5) Perubahan geometri jalan rel pada lokasi rawan.
6) Frekuensi perbaikan darurat dan penerapan taspat akibat ketidakstabilan jalur.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Meningkatnya potensi longsor atau runtuhnya tubuh baan yang dapat membahayakan keselamatan perjalanan KA.
2) Meningkatnya potensi anjlokan atau kecelakaan apabila terjadi perubahan geometri atau kehilangan dukungan pada jalan rel.
3) Terancamnya keselamatan penumpang dan petugas apabila kerusakan tubuh baan tidak terdeteksi sebelum KA melintas.
4) Potensi cedera atau korban jiwa apabila longsor atau kerusakan jalur mengakibatkan kecelakaan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Dapsus Daop 4 mencatat potensi longsor dan ketidakstabilan tubuh baan akibat gerusan air sungai. Pada KM 63+1/2 antara Doplang-Randublatung, penanganan yang tercantum meliputi penguatan tubuh baan dengan pancangan rel, pembuatan saluran gunung, dan terasering. Usulan penanganan permanennya mencakup penguatan dengan SSP/CCSP (dinding penahan tanah yang ditanam ke dalam tanah berupa turap atau sheet pile) dan pembentukan lereng.

Pada KM 25+7/8 antara Tanggung-Kedungjati, dokumen mencatat potensi longsor akibat gerusan air sungai yang dikaitkan dengan dampak pembangunan proyek eksternal. Penanganan sementara dilakukan menggunakan trucuk bambu, sedangkan penanganan permanen diusulkan berupa penguatan tubuh baan dengan beton. Kondisi tersebut menunjukkan adanya ancaman terhadap kestabilan prasarana.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memperkuat kaki dan sisi tubuh baan dengan metode teknis yang sesuai, seperti pancangan rel, struktur beton, atau perkuatan lainnya berdasarkan kajian teknis. Estimasi perkuatan menggunakan pancangan rel dan bronjong sebesar Rp14.288.356,01/msp.
2) Melakukan pemeriksaan berkala pada lereng, tubuh baan, dan kaki lereng, serta memantau perubahan bentuk lereng dan indikasi gerusan, terutama setelah hujan esktrem.
3) Memperbaiki atau meningkatkan struktur pelindung lereng dan tubuh baan sesuai kondisi lapangan dan kajian teknis.
4) Memperbaiki talud pengarah arus serta menyediakan atau memperbaiki saluran untuk mengendalikan aliran air.
5) Melakukan evaluasi kondisi lingkungan dan kestabilan lereng, serta melaksanakan pembentukan lereng atau terasering sesuai kajian teknis.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Longsor

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi visual lereng dan drainase lereng, terutama sebelum dan sesudah hujan lebat; mendokumentasikan retakan, rembesan, runtuhan kecil, dan perubahan geometri. b. Menetapkan status waspada atau siaga dan penjagaan pada lokasi berisiko tinggi; melakukan pembatasan operasi sesuai hasil pemeriksaan teknis. c. Mengendalikan penempatan material dan beban di dekat lereng serta membersihkan saluran pembuangan air lereng.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Kajian geoteknik pada lokasi prioritas, termasuk pemetaan bidang gelincir dan evaluasi efektivitas bronjong, trucuk, atau dinding penahan yang sudah ada. b. Memasang sensor pergerakan lereng atau curah hujan pada lokasi prioritas berdasarkan rekomendasi teknis.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memperbarui model risiko lereng dan ambang tindakan operasional berbasis data hujan, kondisi tanah, dan riwayat kejadian.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan darurat drainase lereng, perlindungan kaki lereng, dan penanganan titik guguran sesuai desain teknis. b. Menyiapkan prosedur tanggap darurat, akses alat berat, dan material pengamanan di koridor rawan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan lereng dengan bronjong, soil nailing, dinding penahan, geotekstil atau geogrid, atau metode lain sesuai hasil desain. b. Revegetasi atau bioengineering pada lokasi yang layak secara geoteknik dan lingkungan.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Reprofiling atau terasering atau rekonstruksi permanen pada lereng dengan risiko tinggi; evaluasi alternatif trase jika risiko residual tidak dapat diterima.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp200 juta; adaptasi Rp3,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi longsor prioritas dengan kajian geoteknik; kejadian longsor; waktu penanganan; jumlah pembatasan operasi akibat pergerakan lereng.

3.4.6 Gangguan Kelancaran Perjalanan akibat Banjir, Luapan Sungai, dan Genangan

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya kelancaran perjalanan KA akibat banjir, luapan sungai, dan genangan air yang mengakibatkan pembatasan kecepatan, penghentian sementara, atau tidak dapat dilaluinya jalur rel pada wilayah Daop 4 Semarang.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Luapan sungai, genangan pada jalur rel, dan gerusan terhadap tubuh baan saat hujan lebat
Aset dan lokasi terpapar	Petak Pekalongan-Sragi, Kalibodri-Kaliwungu, Mangkang-Jerakah, Semarang Tawang-Alastua, dan lokasi lain dalam peta Dapsus Daop 4 Semarang
Saluran dampak	Ketepatan waktu dan kontinuitas perjalanan; biaya penanganan darurat dan lanjutan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan tinggi atau berkepanjangan yang meningkatkan volume air pada sungai dan saluran.
2) Luapan sungai, kolam retensi, atau saluran pembuangan menuju jalur rel.
3) Kapasitas drainase dan saluran penyeimbang yang belum memadai.
4) Elevasi jalur rel yang lebih rendah daripada lingkungan sekitarnya atau muka air banjir.
5) Sedimentasi dan sampah yang menghambat aliran air.
6) Kerusakan tubuh baan, talud, atau konstruksi jembatan akibat gerusan air.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Frekuensi kejadian banjir atau genangan pada jalur rel.
2) Tinggi muka air terhadap kepala rel dan durasi genangan.
3) Jumlah kejadian taspat, penghentian perjalanan, atau penutupan jalur akibat banjir.
4) Jumlah perjalanan KA yang terlambat, dibatalkan, atau dialihkan.
5) Durasi pemulihan jalur hingga dapat dilalui kembali.
6) Frekuensi perbaikan darurat pada jalan rel, balas, drainase, dan jembatan.
7) Persentase penyelesaian pekerjaan mitigasi pada lokasi rawan.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Penurunan kecepatan perjalanan KA akibat penerapan taspat.
2) Keterlambatan, pembatalan, atau penghentian sementara perjalanan KA.
3) Penurunan kapasitas dan ketersediaan jalur untuk melayani perjalanan KA.
4) Peningkatan kebutuhan penanganan darurat dan pemeliharaan prasarana.
5) Gangguan terhadap pelayanan penumpang dan angkutan barang.
6) Penurunan keandalan layanan dan potensi keluhan pelanggan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Gangguan operasional akibat banjir berpotensi terjadi pada beberapa petak jalan, antara lain Pekalongan-Sragi, Kalibodri-Kaliwungu, Mangkang-Jerakah, Semarang Tawang-Alastua, serta lokasi lain yang teridentifikasi dalam peta Dapsus. Bentuk bahaya mencakup luapan sungai, genangan pada jalur rel, dan gerusan terhadap tubuh baan.

Daop 4 telah melakukan penanganan darurat seperti penambahan balas, peninggian jalur, pembersihan sedimentasi, serta perbaikan saluran dan talud. Meski demikian, sejumlah lokasi masih memerlukan penanganan lanjutan atau permanen. Kondisi ini berpotensi mengganggu ketepatan waktu dan kelancaran perjalanan, terutama apabila banjir berulang atau waktu pemulihan prasarana cukup lama.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memantau kondisi jalur dan ketinggian air pada lokasi rawan secara berkala serta memastikan kesiapan prosedur tanggap darurat banjir.
2) Memantau ketinggian air di lokasi rawan dan menyusun prioritas penanganan permanen berdasarkan tingkat paparan serta dampaknya terhadap perjalanan KA.
3) Memelihara dan mengevaluasi kapasitas drainase serta saluran penyeimbang, termasuk menangani sedimentasi yang menghambat aliran air.
4) Melakukan perbaikan geometri jalan rel, penambahan balas, dan penguatan tubuh baan sesuai kebutuhan teknis serta prioritas risiko. Estimasi apabila perbaikan dilakukan melalui program angkatan tinggi sebesar Rp6.112.689,48/msp.

5) Membersihkan sedimentasi dan sampah serta memastikan drainase dan saluran penyeimbang berfungsi dengan baik.
6) Memeriksa dan memperbaiki tubuh baan, talud, atau konstruksi jembatan yang terdampak gerusan air sesuai hasil pemeriksaan dan kajian teknis.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Banjir

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Normalisasi dan pembersihan saluran, gorong gorong, serta inlet dan outlet drainase secara terjadwal dan sebelum musim hujan. b. Pemeriksaan lokasi Dapsus saat hujan intensif; menyiagakan petugas daerah rawan sesuai skor Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) dan SOP. c. Memastikan pompa, material darurat, komunikasi operasi, dan prosedur pembatasan kecepatan atau penutupan lintas siap digunakan.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Audit kapasitas drainase dan titik limpasan bersama pengelola sungai dan pemerintah daerah. b. Memasang sensor tinggi muka air atau sistem peringatan di lokasi prioritas yang memiliki data ambang batas operasional.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Mengintegrasikan peta bahaya banjir dan proyeksi iklim ke program pemeliharaan serta rencana investasi prasarana.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal saluran, crossing drain, inlet dan outlet, tanggul kecil, dan elevasi komponen kritis berdasarkan hasil survei. b. Menyiapkan material dan peralatan pemulihan cepat pada koridor dengan dampak gangguan operasi tinggi.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Peningkatan kapasitas drainase, pompa permanen, perlindungan tubuh baan, dan peninggian jalur pada lokasi yang dibuktikan membutuhkan. b. Implementasi sensor muka air, telemetri, dan integrasi peringatan ke pusat pengendalian operasi.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Solusi berbasis alam di area yang sesuai, pengelolaan limpasan daerah aliran sungai (DAS) bersama pemerintah daerah, serta rekayasa ulang titik banjir berulang.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp150 juta; adaptasi Rp1,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi banjir prioritas dengan drainase berfungsi; frekuensi genangan; durasi pembatasan atau penutupan lintas; waktu pemulihan operasi.

3.4.7 Peta Risiko Daop 4 Semarang

Tabel 3.14 Peta Risiko Daop 4 Semarang

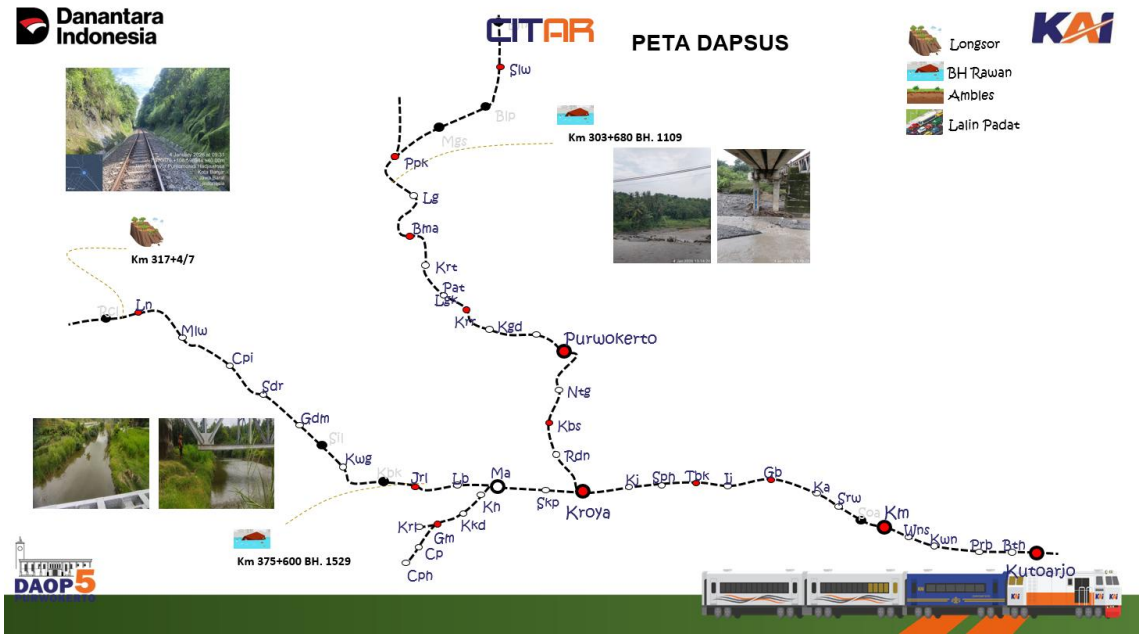
Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19 **R1** **R4** **R5** **R6**	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18	23
Jarang Terjadi (2)	2	6 **R1**	11 **R4** **R5** **R6**	16 **R2** **R3**	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5 **R2**	10 **R3**	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

R Posisi inherent **R** Posisi residual

R1: Penghentian Perjalanan akibat Genangan dan Luapan Air yang Melampaui Kapasitas Drainase (subbab 3.4.1)
R2: Penurunan Integritas Struktur Jembatan akibat Gerusan dan Korosi (subbab 3.4.2)
R3: Luapan Air di Balai Yasa, Depo, dan Kantor Pekerja (subbab 3.4.3)
R4: Banjir dan Luapan Sungai yang Memengaruhi Tubuh Baan, Jalan Rel, dan Jembatan (subbab 3.4.4)
R5: Longsor Tubuh Baan akibat Gerusan Air Sungai dan Aliran Permukaan (subbab 3.4.5)
R6: Gangguan Kelancaran Perjalanan akibat Banjir, Luapan Sungai, dan Genangan (subbab 3.4.6)

3.5 Daop 5 Purwokerto

Wilayah Daop 5 Purwokerto memiliki 2 risiko iklim fisik yang terpetakan, terdiri atas 1 risiko curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai dan 1 risiko gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan. Berdasarkan sifatnya, risiko di wilayah ini tergolong fisik akut. Lokasi Daerah Pemantauan Khusus yang menjadi dasar pemetaan ditunjukkan pada peta berikut.



Gambar 3.7 Peta Daerah Pemantauan Khusus Daop 5 Purwokerto Tahun 2026

3.5.1 Gerusan Fondasi dan Pangkal Jembatan akibat Banjir

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api akibat banjir yang meningkatkan beban hidraulis dan menimbulkan gerusan pada fondasi maupun pangkal jembatan.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Banjir dan debit sungai tinggi saat musim hujan yang meningkatkan beban hidraulis dan kecepatan arus
Aset dan lokasi terpapar	BH.1109 KM 303+680 petak PPK-LG (Linggapura) dan BH.1529 KM 375+600 petak KWG-JRL
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; perubahan elevasi dan geometri jalur; biaya penguatan bangunan hidraulika hingga penggantian jembatan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan ekstrem atau berkepanjangan meningkatkan debit sungai.
2) Arus sungai yang deras meningkatkan gerusan pada fondasi jembatan.
3) Kapasitas perlindungan fondasi dan pangkal jembatan yang tidak memadai.
4) Penurunan kondisi tanah pendukung dan fondasi jembatan.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Tinggi muka air dan debit sungai di sekitar jembatan meningkat hingga mendekati atau melampaui batas aman.
2) Arus yang semakin deras dan banjir yang semakin sering terjadi berpotensi memperbesar gerusan di sekitar fondasi dan pangkal jembatan.
3) Ditemukan pengikisan tanah atau material pelindung di sekitar fondasi dan pangkal jembatan.
4) Kondisi fisik struktur jembatan berubah, antara lain berupa retakan, pergeseran, penurunan fondasi, atau perubahan elevasi jembatan.
5) Geometri dan kestabilan jalur kereta api pada area jembatan berubah, termasuk adanya indikasi penurunan atau pergeseran posisi jalur.
6) BH.1109 KM 303+680 (HU/HI) yang berada di antara petak PPK-LG ditetapkan sebagai BH rawan banjir. Jembatan ini dijaga secara rutin oleh penjaga daerah dengan pemantauan khusus.
7) BH.1529 KM 375+600 yang berada di antara petak KWG-JRL juga ditetapkan sebagai BH rawan banjir. Jembatan ini dijaga secara rutin oleh penjaga daerah dengan pemantauan khusus.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Penurunan kestabilan fondasi dan struktur jembatan akibat gerusan yang mengurangi daya dukung tanah pendukung.
2) Perubahan elevasi dan geometri jalur kereta api yang berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian kondisi jalur terhadap standar keselamatan operasi.
3) Kerusakan pada fondasi, pangkal, atau elemen struktur jembatan yang dapat meningkatkan kebutuhan perbaikan dan pemeliharaan.
4) Pembatasan kecepatan atau penghentian sementara perjalanan kereta api untuk menjamin keselamatan apabila kondisi jembatan dinilai tidak aman.
5) Terganggunya keselamatan, kelancaran, dan keandalan operasional perjalanan kereta api, termasuk potensi keterlambatan dan pembatalan perjalanan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Bahaya banjir dan gerusan pada fondasi jembatan di Daop 5 Purwokerto dipicu oleh curah hujan dan debit sungai yang tinggi saat musim hujan, yang meningkatkan kecepatan arus dan gerusan pada fondasi serta pangkal jembatan. Akibatnya daya dukung tanah dapat menurun, struktur berpotensi turun atau bergeser, dan elevasi serta geometri jalur berubah. Paparan ini menjadi perhatian khusus pada BH.1109 KM 303+680 petak PPK-LG dan BH.1529 KM 375+600 petak KWG-JRL, yang telah teridentifikasi rawan banjir dan dipantau khusus secara berkala.

BMKG mencatat La Niña lemah pada awal tahun 2026 dan memproyeksikan hujan tinggi hingga sangat tinggi di Jawa Tengah. Karena itu, pemantauan perlu memadukan data curah hujan dan tinggi muka air sungai dengan inspeksi gerusan, kondisi fondasi, serta pengukuran elevasi dan geometri jalur.

Data penanganan sebelumnya memberikan gambaran besaran dampak keuangan. Penguatan bangunan hidraulika sungai di BH.1109 Linggapura (pelindung abutment, pangkal pilar, dan main dam terjunan) membutuhkan sekitar Rp491.969.369. Sebagai pembanding, pada tahun 2019 biaya

yang dikeluarkan mencapai Rp110.000.000.000. Nilai tersebut jauh lebih besar karena pilar jembatan runtuh sehingga jembatan harus diganti menjadi jembatan beton kantilever UN balance bentang 70 m + 90 m.

Gambar 3.8 Kondisi Bangunan Hikmat Linggapura

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memantau peringatan dini BMKG dan hujan di hulu, terutama puncak hujan, serta meningkatkan frekuensi monitoring berkala, serta berkoordinasi dengan BBWS, BPBD, dan pemda untuk normalisasi sungai dan pengendalian aktivitas di hulu.
2) Melakukan inspeksi pangkal, pilar, dan fondasi serta membersihkan sumbatan di bawah jembatan sebelum musim hujan.
3) Memasang perkuatan pelindung gerusan (riprap, bronjong, apron, atau sheet pile) pada titik terdampak.
4) Mengukur elevasi dan geometri jalur seta penurunan dan pergeseran abutment dan pilar, serta menginspeksi fondasi secara berkala.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Bangunan hikmat rawan

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi berkala struktur, pilar, abutment, lantai, sambungan, dan dasar sungai; pendugaan gerusan pada lokasi yang relevan. b. Memantau debit atau muka air saat hujan ekstrem dan menyiapkan pemeriksaan khusus pascakejadian. c. Menindaklanjuti temuan kerusakan dengan penilaian teknis dan pengamanan sementara yang disetujui fungsi prasarana.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Pemeriksaan struktur dan hidraulika yang lebih rinci untuk bangunan dengan skor tinggi atau riwayat kerusakan. b. Menggunakan sistem pemantauan kesehatan struktur (Structural Health Monitoring System) bila hasil analisis manfaat dan risiko mendukung.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memprioritaskan rehabilitasi atau penggantian berdasarkan kondisi struktur, konsekuensi kegagalan, dan kritikalitas lintas.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Proteksi darurat terhadap gerusan dan aliran, normalisasi saluran, serta perbaikan lokal sesuai rekomendasi engineer. b. Menyiapkan rencana pengalihan operasi dan respons darurat bila indikator struktur melewati ambang.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan pilar atau abutment, perlindungan dasar sungai, peningkatan kapasitas hidraulik, atau penggantian elemen berdasarkan desain. b. Perbaikan drainase dan perlindungan terhadap erosi di sekitar bangunan hikmat.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Penggantian jembatan atau bangunan hikmat yang tidak lagi memadai serta penyesuaian desain terhadap debit banjir dan proyeksi iklim.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp250 juta; adaptasi Rp4,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Persentase bangunan hikmat prioritas yang telah diinspeksi; jumlah temuan kritis terbuka; indeks kondisi struktur; kejadian pembatasan lintas.

3.5.2 Ketidakstabilan Lereng yang Memicu Longsor dan Perubahan Geometri Jalur

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api akibat ketidakstabilan lereng berpotensi menyebabkan material longsor menutupi jalur, pergeseran tanah penyangga rel, atau perubahan geometri jalur.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan berintensitas dan berdurasi tinggi yang meningkatkan kejenuhan tanah dan tekanan air pori sehingga kuat geser tanah menurun
Aset dan lokasi terpapar	Tebing KM 317+4/317+7 petak BJR-LN dan lintas berlereng di wilayah Daop 5 Purwokerto
Saluran dampak	Keselamatan dan kelancaran perjalanan; biaya penanganan longsoran dan pembuatan tubuh baan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Frekuensi dan durasi hujan tinggi meningkatkan kejenuhan tanah dan tekanan air pori.
2) Drainase retak, bocor, tersumbat, atau menyempit sehingga air meluap dan meresap ke lereng.
3) Kondisi geologi dan karakteristik tanah yang tidak stabil.
4) Perubahan kondisi lingkungan dan tata guna lahan.
5) Penguatan lereng dan struktur penahan belum selesai.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Intensitas dan akumulasi curah hujan harian serta beberapa hari sebelumnya
2) Jumlah kejadian guguran tanah atau longsoran baru.
3) Perubahan posisi patok pantau, retakan lereng, atau deformasi tanah.
4) Jumlah temuan kondisi kritis dalam inspeksi PPJ, KUPT, dan petugas ekstra.
5) Persentase penyelesaian DPT atau bronjong.
6) Tebing yang berada pada KM 317+4/317+7 pada petak BJR-LN mengalami longsor.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Potensi kecelakaan atau anjlokan apabila material longsor yang menutupi dan merubah geometri jalur tidak terdeteksi sebelum kereta melintas.
2) Korban jiwa atau cedera.
3) Kerusakan prasarana perkeretaapian.
4) Penutupan jalur dan penurunan kapasitas lintas.
5) Penurunan keandalan layanan dan kepercayaan pelanggan.
6) Peningkatan biaya pemeliharaan dan penanganan darurat.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Ketidakstabilan lereng berpotensi mengganggu keselamatan dan kelancaran perjalanan, terutama pada tebing KM 317+4/317+7 petak BJR-LN yang dilaporkan longsor. Faktor penyebabnya meliputi hujan berintensitas dan berdurasi tinggi, drainase rusak atau tersumbat, geologi dan tanah yang tidak stabil, perubahan tata guna lahan, serta penguatan lereng dan struktur penahan yang belum selesai.

Hujan berulang pada musim hujan awal 2026 meningkatkan kejenuhan tanah dan tekanan air pori sehingga kuat geser tanah menurun dan potensi longsor, pergerakan tanah penyangga rel, serta perubahan geometri jalur bertambah. Tingkat bahaya ditentukan oleh akumulasi hujan beberapa hari, kelembapan tanah sebelumnya, dan kemampuan drainase mengalirkan air, bukan hanya intensitas sesaat. BMKG memprakirakan puncak musim hujan 2025/2026 di sebagian besar Indonesia terjadi pada Januari sampai Februari 2026, dengan 70,2% wilayah berkategori hujan menengah dan 20,2% tinggi, serta peringatan dini hujan tinggi pada sejumlah wilayah Jawa Barat dan Jawa Tengah.

Sebagai indikasi dampak keuangan, kejadian longsor di petak Karangsari-Karanggandul membutuhkan biaya penanganan Rp1.155.077.000, yang mencakup penanganan longsoran tebing dan pembuatan tubuh baan galian.

Gambar 3.9 Kondisi Longsoran di Karanggandul

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memasang patok atau crack gauge dan mengukur pergeseran tanah dan perubahan geometri jalur (waterpass, total station) dengan baseline sebelum, saat, dan selama musim hujan.
2) Merawat dan membersihkan drainase (saluran tepi, cross drain), serta menginspeksi rutin lereng dan drainase, dengan inspeksi khusus sebelum musim hujan dan setelah hujan lebat.
3) Melakukan kajian geoteknik pada lereng (stabilitas, bidang gelincir) untuk menentukan desain penanganan permanen.
4) Mengendalikan perubahan tata guna lahan dan aktivitas di atas atau sekitar lereng melalui koordinasi dengan pemda dan pemilik lahan, serta meningkatkan penanaman vegetasi sepanjang lereng.
5) Mempercepat penyelesaian DPT atau bronjong sebagai penguatan lereng dan struktur penahan.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Longsor

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi visual lereng dan drainase lereng, terutama sebelum dan sesudah hujan lebat; mendokumentasikan retakan, rembesan, runtuhan kecil, dan perubahan geometri. b. Menetapkan status waspada atau siaga dan penjagaan pada lokasi berisiko tinggi; melakukan pembatasan operasi sesuai hasil pemeriksaan teknis. c. Mengendalikan penempatan material dan beban di dekat lereng serta membersihkan saluran pembuangan air lereng.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Kajian geoteknik pada lokasi prioritas, termasuk pemetaan bidang gelincir dan evaluasi efektivitas bronjong, trucuk, atau dinding penahan yang sudah ada. b. Memasang sensor pergerakan lereng atau curah hujan pada lokasi prioritas berdasarkan rekomendasi teknis.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memperbarui model risiko lereng dan ambang tindakan operasional berbasis data hujan, kondisi tanah, dan riwayat kejadian.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan darurat drainase lereng, perlindungan kaki lereng, dan penanganan titik guguran sesuai desain teknis. b. Menyiapkan prosedur tanggap darurat, akses alat berat, dan material pengamanan di koridor rawan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan lereng dengan bronjong, soil nailing, dinding penahan, geotekstil atau geogrid, atau metode lain sesuai hasil desain. b. Revegetasi atau bioengineering pada lokasi yang layak secara geoteknik dan lingkungan.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Reprofiling atau terasering atau rekonstruksi permanen pada lereng dengan risiko tinggi; evaluasi alternatif trase jika risiko residual tidak dapat diterima.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp200 juta; adaptasi Rp3,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi longsor prioritas dengan kajian geoteknik; kejadian longsor; waktu penanganan; jumlah pembatasan operasi akibat pergerakan lereng.

3.5.3 Peta Risiko Daop 5 Purwokerto

Tabel 3.15 Peta Risiko Daop 5 Purwokerto

Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19 **R1** **R2**	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18	23
Jarang Terjadi (2)	2	6	11 **R1** **R2**	16	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5	10	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

R Posisi inherent **R** Posisi residual

R1: Gerusan Fondasi dan Pangkal Jembatan akibat Banjir (subbab 3.5.1)

R2: Ketidakstabilan Lereng yang Memicu Longsor dan Perubahan Geometri Jalur (subbab 3.5.2)

3.6 Daop 6 Yogyakarta

Wilayah Daop 6 Yogyakarta memiliki 2 risiko iklim fisik yang terpetakan, terdiri atas 1 risiko gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan dan 1 risiko perubahan pola curah hujan. Berdasarkan sifatnya, risiko di wilayah ini tergolong fisik akut, fisik kronis. Lokasi Daerah Pemantauan Khusus yang menjadi dasar pemetaan ditunjukkan pada peta berikut.

Gambar 3.10 Daerah Pemantauan Khusus Daop 6 Yogyakarta Tahun 2026

3.6.1 Ketidakstabilan Lereng dan Tubuh Baan yang Memicu Amblesan dan Longsoran

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran perjalanan KA akibat ketidakstabilan lereng dan tubuh baan yang memicu amblesan, pergeseran tanah, atau longsoran.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Curah hujan tinggi hingga sangat tinggi (200-500 mm per bulan pada Januari sampai Maret 2026) yang meningkatkan infiltrasi, erosi permukaan, dan kejenuhan tanah
Aset dan lokasi terpapar	KM 75+6 s.d. 76+6 Resor Sumberlawang dan KM 506+7/8 Resor Wojo
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; pembatasan kecepatan, keterlambatan, atau penghentian perjalanan; biaya pemeliharaan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Intensitas hujan yang tinggi menyebabkan air meresap lebih banyak ke dalam tanah, sehingga memicu erosi dan menurunkan stabilitas lereng.
2) Karakteristik geoteknik tanah yang kurang stabil membuat lereng dan tubuh baan mudah mengalami pergerakan tanah.
3) Timbunan yang tinggi dapat memperbesar potensi lereng menjadi tidak stabil, terutama jika kualitas tanah dan daya dukungnya tidak mencukupi.

4) Pengikisan material tanah pada permukaan lereng akibat erosi dapat menjadi pemicu terjadinya longsoran.
5) Massa tanah berpotensi bergerak akibat terjadinya longsoran tipe rotasi.
6) Upaya penanganan yang belum menyentuh akar penyebab ketidakstabilan secara menyeluruh dapat mengakibatkan geometri jalur rel kembali turun secara berulang, walaupun perbaikan sudah dilakukan.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Peningkatan curah hujan berpotensi menyebabkan erosi, retaknya tubuh baan, serta penurunan geometri jalur.
2) Ditemukan retakan pada tubuh baan disertai penurunan geometri jalur yang terjadi secara berulang.
3) Pada area timbunan tinggi di KM 75+6 s.d. 76+6 Sumberlawang, teridentifikasi penurunan geometri jalur serta indikasi ketidakstabilan lereng.
4) Pada KM 506+7/8 Wojo, teridentifikasi pengikisan permukaan lereng yang disertai indikasi terjadinya longsoran.
5) Pada KM 75+6 s.d. 76+6 Sumberlawang, penurunan geometri jalur terjadi berulang pada area yang diduga mengalami longsoran rotasi.
6) Setelah dilakukan perbaikan, penurunan geometri jalur dan retakan pada tubuh baan kembali terjadi.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Kestabilan jalur rel menurun akibat amblesan, pergeseran tanah, atau longsoran, sehingga geometri jalur berubah.
2) Pembatasan kecepatan perjalanan KA untuk menjaga keselamatan pada segmen jalur yang mengalami penurunan geometri atau terindikasi tidak stabil.
3) Terganggunya kelancaran operasional perjalanan KA, termasuk kemungkinan terjadinya keterlambatan dan penghentian sementara perjalanan apabila kondisi jalur dinilai tidak aman.
4) Risiko kecelakaan KA meningkat apabila perubahan geometri dan ketidakstabilan jalur tidak terdeteksi atau tidak ditangani dengan memadai.
5) Biaya pemeliharaan dan penanganan prasarana meningkat karena tubuh baan, lereng, dan geometri jalur harus diperbaiki berulang kali.
6) Kebutuhan akan penanganan struktural dan pemulihan jalur meningkat, terutama apabila pergerakan tanah meluas menjadi longsoran yang lebih besar.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Ketidakstabilan lereng dan tubuh baan dikategorikan sebagai risiko tinggi karena berdampak langsung pada kelancaran dan keselamatan perjalanan. Paparan terbesar terdapat pada KM 75+6 s.d. 76+6 Resor Sumberlawang, dengan panjang longsoran sekitar 1 km, tinggi lereng sekitar 7,2 m, dan riwayat penurunan geometri jalur yang terjadi berulang. KM 506+7/8 Resor Wojo juga perlu diperhatikan karena ditemukan indikasi erosi permukaan, retakan pada tubuh baan, dan potensi sliding.

Berdasarkan pemantauan BMKG, wilayah Daop 6 pada tahun 2026 mengalami curah hujan tinggi hingga sangat tinggi pada Januari sampai Maret, dengan rentang 200-500 mm per bulan. Kondisi

tersebut menunjukkan tekanan hidrologis terhadap kestabilan lereng dan tubuh baan pada awal tahun, terutama melalui meningkatnya infiltrasi air, erosi permukaan, dan kejenuhan tanah.

Indikator yang perlu diwaspadai adalah munculnya atau bertambahnya retakan pada tubuh baan, penurunan geometri jalur yang berulang, perubahan elevasi rel, erosi permukaan, dan pergerakan tanah. Apabila indikator tersebut tidak terdeteksi dan ditangani dengan tepat, dampaknya meliputi menurunnya kestabilan jalur, pembatasan kecepatan, keterlambatan atau penghentian sementara perjalanan, meningkatnya biaya pemeliharaan, hingga potensi kecelakaan.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memperbaiki sistem drainase untuk mengurangi genangan, infiltrasi berlebihan, dan erosi lereng, serta meningkatkan kewaspadaan dan inspeksi saat hujan tinggi atau berkepanjangan dengan memanfaatkan prakiraan curah hujan BMKG.
2) Monitoring deformasi dengan InSAR, pengukuran terestrial, dan inspeksi lapangan untuk mendeteksi sekaligus memverifikasi pergerakan tanah, serta memperkuat lereng dan tubuh baan sesuai kondisi tiap lokasi.
3) Memperkuat lereng dan tubuh baan dengan bronjong pancang rel atau DPT bored pile sesuai kondisi lokasi. Adapun estimasi biaya yang akan dikeluarkan sebesar Rp14.288.356/msp.
4) Memantau retakan tubuh baan, erosi, dan pergeseran tanah secara berkala.
5) Memperkuat lereng dan tubuh baan serta menetapkan kriteria eskalasi pembatasan kecepatan atau penghentian perjalanan bila jalur tidak aman.
6) Memastikan setiap tindakan perbaikan menyasar sumber ketidakstabilan, serta memantau perubahan geometri rel secara berkala.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Longsor

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi visual lereng dan drainase lereng, terutama sebelum dan sesudah hujan lebat; mendokumentasikan retakan, rembesan, runtuhan kecil, dan perubahan geometri. b. Menetapkan status waspada atau siaga dan penjagaan pada lokasi berisiko tinggi; melakukan pembatasan operasi sesuai hasil pemeriksaan teknis. c. Mengendalikan penempatan material dan beban di dekat lereng serta membersihkan saluran pembuangan air lereng.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Kajian geoteknik pada lokasi prioritas, termasuk pemetaan bidang gelincir dan evaluasi efektivitas bronjong, trucuk, atau dinding penahan yang sudah ada. b. Memasang sensor pergerakan lereng atau curah hujan pada lokasi prioritas berdasarkan rekomendasi teknis.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memperbarui model risiko lereng dan ambang tindakan operasional berbasis data hujan, kondisi tanah, dan riwayat kejadian.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan darurat drainase lereng, perlindungan kaki lereng, dan penanganan titik guguran sesuai desain teknis. b. Menyiapkan prosedur tanggap darurat, akses alat berat, dan material pengamanan di koridor rawan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan lereng dengan bronjong, soil nailing, dinding penahan, geotekstil atau geogrid, atau metode lain sesuai hasil desain. b. Revegetasi atau bioengineering pada lokasi yang layak secara geoteknik dan lingkungan.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Reprofiling atau terasering atau rekonstruksi permanen pada lereng dengan risiko tinggi; evaluasi alternatif trase jika risiko residual tidak dapat diterima.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp200 juta; adaptasi Rp3,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi longsor prioritas dengan kajian geoteknik; kejadian longsor; waktu penanganan; jumlah pembatasan operasi akibat pergerakan lereng.

3.6.2 Slip Roda akibat Penurunan Adhesi saat Gerimis pada Masa Peralihan Musim

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran perjalanan KA akibat menurunnya adhesi antara roda dan rel saat gerimis, sehingga meningkatkan risiko slip roda yang dapat mengganggu traksi, memperpanjang jarak pengereman, serta menyebabkan keterlambatan perjalanan KAI.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik kronis
Kelompok bahaya	Perubahan pola curah hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Perubahan pola curah hujan: kemarau 2026 yang lebih kering dari normal diikuti gerimis pada masa peralihan yang bercampur kontaminan di permukaan rel
Aset dan lokasi terpapar	Lintas dengan gradien dan tikungan di wilayah Daop 6 Yogyakarta; sarana penggerak
Saluran dampak	Keselamatan operasional (jarak pengereman lebih panjang); keterlambatan perjalanan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Kondisi gerimis mengakibatkan rel menjadi basah sehingga dapat mengurangi daya cengkeram antara roda dan rel sehingga meningkatkan potensi slip roda.

2) Kontaminasi permukaan rel, seperti minyak, debu, residu daun, atau kotoran lain yang bercampur dengan air dan mengurangi daya cengkeram roda.
3) Perubahan kondisi adhesi saat kereta beroperasi, khususnya ketika akselerasi atau pengereman pada segmen rel yang licin.
4) Kondisi lintas dan karakteristik operasional, seperti gradien jalur, tikungan, serta perubahan kecepatan yang dapat meningkatkan kebutuhan traksi atau pengereman.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Intensitas dan durasi gerimis.
2) Frekuensi kejadian slip roda, berdasarkan laporan masinis, catatan operasional, atau rekaman gangguan sarana.
3) Lokasi kejadian slip berulang, terutama pada segmen lintas tertentu yang memiliki karakteristik permukaan rel atau kondisi lingkungan yang berpotensi meningkatkan risiko.
4) Gangguan traksi saat akselerasi, ditandai dengan roda berputar tanpa menghasilkan percepatan kereta secara optimal.
5) Penurunan efektivitas pengereman, yang ditunjukkan oleh kebutuhan jarak pengereman lebih panjang atau respons pengereman yang tidak optimal.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Keterlambatan perjalanan kereta api, akibat penurunan kecepatan, kebutuhan pengendalian operasional tambahan, atau gangguan traksi.
2) Penurunan keandalan operasional sarana, apabila kejadian slip berulang mengganggu kinerja perjalanan dan meningkatkan kebutuhan pemeriksaan.
3) Keausan atau kerusakan roda dan rel, terutama apabila terjadi slip berat atau berulang yang menimbulkan gesekan dan panas berlebih.
4) Peningkatan biaya pemeliharaan dan operasional, akibat pemeriksaan, penanganan gangguan, serta perawatan tambahan pada komponen yang terdampak.
5) Potensi gangguan perjalanan lanjutan, apabila keterlambatan satu perjalanan berdampak pada persilangan, penggunaan jalur, atau jadwal kereta lainnya.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Risiko slip roda di wilayah Daop 6 Yogyakarta meningkat saat gerimis. Permukaan rel yang basah mengurangi daya cengkeram antara roda dan rel, terutama apabila bercampur kontaminan seperti minyak, debu, atau sisa daun. Akibatnya traksi dan efektivitas pengereman menurun, terutama pada lintas dengan gradien dan tikungan, sehingga dapat menyebabkan keterlambatan dan meningkatkan risiko keselamatan operasional.

Risiko ini terkait langsung dengan pola curah hujan 2026. Setelah curah hujan tinggi hingga sangat tinggi pada Januari sampai Maret (200-500 mm per bulan), BMKG memperkirakan kemarau 2026 lebih kering dari normal sehingga debu dan kotoran dapat menumpuk di rel. Memasuki akhir tahun, hujan diprediksi mulai turun pada Oktober dan meluas ke sebagian besar Pulau Jawa pada November. Pada masa peralihan ini hujan umumnya masih ringan, dan gerimis yang bercampur kontaminan membuat rel lebih licin, sehingga kewaspadaan masinis dan pemantauan permukaan rel perlu ditingkatkan.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Menyesuaikan pola operasi saat gerimis berdasarkan prakiraan BMKG, dam memastikan sanding, pengereman, serta anti slip berfungsi baik.
2) Membersihkan permukaan rel secara berkala dari minyak, debu, dan sisa daun, serta memangkas vegetasi di sekitar jalur, terutama pada masa peralihan ke musim hujan.
3) Memastikan perangkat sarana dan roda berada dalam kondisi yang baik, serta menetapkan kriteria pembatasan kecepatan pada segmen licin.
4) Memetakan titik rawan slip, mencatat, serta mengevaluasi setiap kejadian slip untuk optimalisasi penanganan.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus

Lokasi ini tidak termasuk dalam empat kategori lokasi Dapsus pada rencana mitigasi dan adaptasi portofolio, sehingga tindakan yang berlaku adalah mitigasi yang telah ditetapkan di atas.

3.6.3 Peta Risiko Daop 6 Yogyakarta

Tabel 3.16 Peta Risiko Daop 6 Yogyakarta

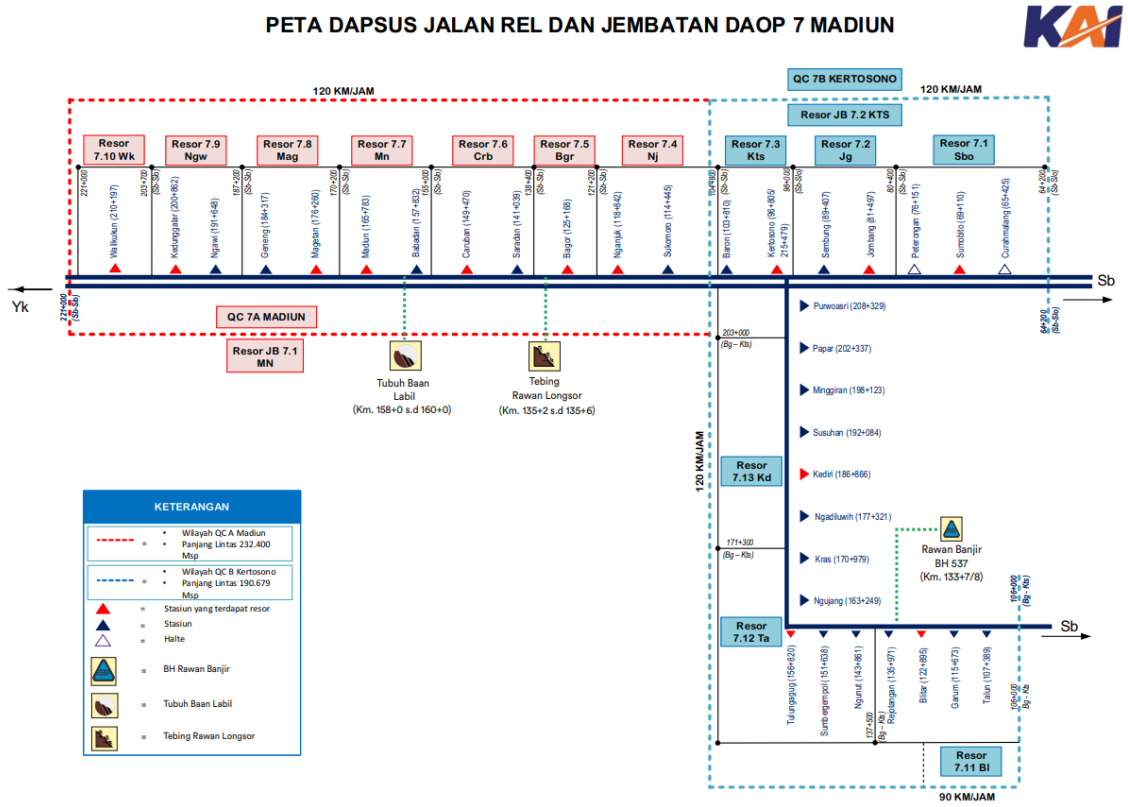
Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19 R1 R2	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18	23
Jarang Terjadi (2)	2	6	11 R1 R2	16	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5	10	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

R Posisi inherent R Posisi residual

R1: Ketidakstabilan Lereng dan Tubuh Baan yang Memicu Amblesan dan Longsoran (subbab 3.6.1)
R2: Slip Roda akibat Penurunan Adhesi saat Gerimis pada Masa Peralihan Musim (subbab 3.6.2)

3.7 Daop 7 Madiun

Wilayah Daop 7 Madiun memiliki 3 risiko iklim fisik yang terpetakan, terdiri atas 2 risiko gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan dan 1 risiko curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai. Berdasarkan sifatnya, risiko di wilayah ini tergolong fisik akut. Lokasi Daerah Pemantauan Khusus yang menjadi dasar pemetaan ditunjukkan pada peta berikut.



Gambar 3.11 Peta Daerah Pemantauan Khusus Daop 7 Madiun Tahun 2026

3.7.1 Penurunan Tubuh Baan Labil yang Mengubah Geometri Rel

a. Deskripsi Risiko

Potensi penurunan atau pergerakan tubuh baan yang menyebabkan perubahan geometri rel, pembatasan kecepatan, kebutuhan perbaikan berulang, serta gangguan keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan lebat yang membuat tanah dasar jenuh dan drainase tersumbat, diperberat beban dan getaran KA
Aset dan lokasi terpapar	Tubuh baan labil Km 158+0 hingga 160+0 Babadan-Madiun sepanjang 2 km
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; tambahan waktu tempuh akibat taspat; biaya perbaikan berulang
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Tanah dasar tubuh baan kurang kuat menopang beban sehingga mudah bergerak atau mengalami penurunan.
2) Hujan lebat membuat tanah jenuh air sehingga kekuatannya menurun dan tekanan air di dalam tanah meningkat.
3) Drainase samping dan gorong-gorong diduga kurang lancar akibat endapan atau sumbatan.
4) Beban dan getaran berulang dari KA yang sering melintas dengan kecepatan 120 km/jam dapat memperburuk kondisi tanah yang sudah tidak stabil.
5) Kegiatan perawatan dan pemantauan penurunan tanah belum dicatat secara rutin.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Curah hujan harian tinggi atau peringatan dini cuaca ekstrem BMKG di wilayah Madiun.
2) Penurunan ketinggian rel atau perubahan posisi, beda tinggi, dan jarak antar rel yang melebihi batas toleransi.
3) Retakan atau pergerakan pada bahu dan lereng balas.
4) Genangan air di samping tubuh baan.
5) Meningkatnya frekuensi pengangkatan rel atau penambahan balas pada segmen tersebut.
6) Laporan masinis mengenai guncangan atau ketidaknyamanan saat melintas di KM 158-160.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Perubahan posisi rel dan kerusakan berulang pada bantalan serta penambat.
2) Pembatasan kecepatan atau penghentian perjalanan.
3) Bertambahnya waktu tempuh dan keterlambatan berantai pada KA lintas Sb-Slo.
4) Potensi anjlokan KA yang membahayakan keselamatan awak dan penumpang.
5) Meningkatnya kebutuhan pengangkatan jalur, penambahan balas, perbaikan drainase, atau penguatan tanah.
6) Tambahan biaya pemeriksaan, pemeliharaan, perbaikan darurat, operasi, dan pelayanan pelanggan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Peta Dapsus Daop 7 menetapkan Km 158+0 hingga 160+0 (Babadan-Madiun) sebagai tubuh baan labil sepanjang 2 km, dan lokasi yang sama tercatat rawan amblesan dalam pemantauan KAI Desember 2025 (gelarfakta, Desember 2025). Tanah dasar yang kurang kuat dan mudah turun, terutama saat hujan lebat membuat tanah jenuh dan drainase tersumbat, ditambah beban dan getaran KA berkecepatan 120 km/jam, mengakibatkan penurunan tanah yang dapat mengubah geometri rel, memicu taspat, perbaikan berulang, dan dalam kondisi terburuk anjlokan atau penutupan lintas.

Penanganan pada lokasi ini meliputi pemantauan dan penjagaan, penggemukan tubuh baan, serta taspat 90 km/jam oleh Resor JR 7.7 Madiun, dengan usulan dinding penahan tanah untuk memperkuat badan jalan. Taspat mengamankan perjalanan selama tubuh baan belum stabil, tetapi menambah waktu tempuh. Sebagai ilustrasi dampak operasional, penurunan kecepatan dari 120 menjadi 90 km/jam sepanjang 2 km menambah sekitar 20 detik per KA, di luar pengereman, percepatan, dan antrean. Penggemukan tubuh baan dan tindak lanjut dinding penahan tanah

diarahkan untuk mengurangi penurunan berulang sehingga kebutuhan perawatan dan pembatasan perjalanan dapat ditekan.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Melaksanakan penggemukan tubuh baan pada Km 158+000-160+000 jalur hilir dan menindaklanjuti usulan pemasangan dinding penahan tanah dengan estimasi biaya sebesar Rp28.576.712,02/msp.
2) Membuat atau memperbaiki saluran samping pada lokasi genangan dan menyambungkannya ke gorong-gorong atau saluran pembuangan yang berfungsi, agar air tidak tertahan di kaki tubuh baan.
3) Membersihkan endapan serta sumbatan pada drainase samping dan gorong-gorong agar air mengalir lancar.
4) Melaksanakan tindak lanjut pembatasan kecepatan 90 km/jam serta memeriksa geometri rel selama masa penstabilan.
5) Menangani titik yang kembali turun dengan mengganti balas yang bercampur lumpur dan memulihkan lapisan penopang yang rusak saat penutupan jalur untuk perawatan, sesuai kondisi kerusakan yang ditemukan.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Amblesan atau tanah labil

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Memeriksa geometri rel, elevasi, profil balas, dan kondisi tubuh baan secara berkala; mencatat laju perubahan pada lokasi Dapsus. b. Pemeliharaan geometri dan normalisasi tubuh baan sesuai prioritas, dengan pemantauan setelah pekerjaan. c. Menjaga drainase agar air tidak terakumulasi pada tubuh baan dan bahu jalur.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Investigasi geoteknik atau geofisika dan pemantauan deformasi untuk lokasi dengan amblesan berulang. b. Menetapkan ambang perubahan geometri dan pemicu untuk inspeksi khusus, pembatasan kecepatan, atau perbaikan.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memasukkan laju amblesan dan biaya pemeliharaan berulang ke keputusan perkuatan, penggantian tanah dasar, atau rekonstruksi tubuh baan.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal tubuh baan, penggemukan, penggantian material, geogrid atau geotekstil, dan penataan drainase berdasarkan desain. b. Pengukuran geometri pascaperbaikan untuk memastikan kestabilan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan tanah dasar, konstruksi dinding penahan, perbaikan drainase bawah permukaan, atau stabilisasi tanah sesuai hasil kajian.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Rekonstruksi menyeluruh pada lokasi dengan deformasi berulang dan evaluasi opsi teknis atau operasi jika risiko residual tetap tinggi.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp180 juta; adaptasi Rp2,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Laju perubahan elevasi atau geometri; frekuensi angkatan atau listring berulang; biaya pemeliharaan per lokasi; jam pembatasan kecepatan.

3.7.2 Runtuhan Material Tebing ke Ruang Bebas Jalur

a. Deskripsi Risiko

Potensi runtuhan material tebing yang memasuki ruang bebas jalur, menghambat perjalanan, dan berpotensi menyebabkan benturan atau anjlokan KA.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan lebat dan limpasan yang mengerosi tebing curam dengan vegetasi dan penahan tanah minim
Aset dan lokasi terpapar	Tebing rawan longsor Km 135+2 hingga 135+6 Bagor-Saradan sepanjang 400 meter
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan (benturan atau anjlokan); penghentian perjalanan dan keterlambatan berantai; biaya pemulihan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Kemiringan tebing curam dan kestabilan lereng rendah.
2) Pembasahan dan penjenuhan tanah akibat hujan lebat atau cuaca ekstrem.
3) Konsentrasi limpasan dan erosi pada lereng.
4) Drainase terhambat atau tidak mengarahkan limpasan menjauhi jalur.
5) Minimnya vegetasi atau struktur penahan tanah, seperti retaining wall dan bronjong.
6) Retakan, material lepas, dan kondisi struktur penahan yang perlu diverifikasi di lapangan.
7) Pelapukan material tebing akibat kemarau panjang yang diikuti hujan intens.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Peringatan dini cuaca ekstrem atau hujan berkepanjangan di wilayah Nganjuk.
2) Munculnya retakan di bagian atas lereng atau rembesan air pada tebing.
3) Runtuhan kecil atau material jatuh di kaki tebing, di samping, atau di atas ballast yang ditemukan saat patroli.
4) Kerusakan atau penyumbatan saluran drainase di kaki tebing.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Tertutupnya sebagian atau seluruh jalur oleh material longsor.

2) Benturan KA dengan material longsor yang berpotensi menyebabkan anjlokan, korban jiwa, atau luka pada awak dan penumpang.
3) Taspat dan penutupan jalur Sb-Slo hingga pembersihan selesai.
4) Penghentian, penahanan, pengalihan, atau pembatalan perjalanan sesuai kondisi lintas.
5) Keterlambatan berantai yang dapat berlanjut setelah jalur dibuka.
6) Kerusakan prasarana dan biaya tambahan untuk pembersihan material, pemulihan, pengerahan alat, serta pelayanan pelanggan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Segmen Km 135+2 hingga 135+6 (Bagor-Saradan) sepanjang 400 meter ditandai sebagai tebing rawan longsor dalam peta Dapsus. Tebing yang curam, basah akibat hujan lebat, tererosi limpasan, dan minim vegetasi atau penahan tanah mudah melepaskan material ke ruang bebas jalur. Pada kecepatan 120 km/jam, masinis hanya memiliki waktu singkat untuk berhenti sehingga terdapat risiko benturan dan anjlokan. Pemantauan dan penjagaan oleh Resor JR 7.5 Bagor disertai pemasangan U-Ditch di atas tebing dan usulan pengeprasan tebing diarahkan untuk mengurangi kerawanan tersebut.

Data BNPB 2026 mencatat dua banjir di Nganjuk pada 12 Februari dan 16 Maret 2026, yang menggambarkan paparan hujan lebat di wilayah sekitar lokasi. Kondisi ini mendukung patroli saat dan setelah hujan, pembersihan saluran, serta pengamatan retakan dan material lapuk. U-Ditch mengalihkan limpasan, sedangkan pengeprasan tebing, pemeliharaan vegetasi, dan perbaikan penahan tanah mengurangi potensi material jatuh ke jalur.

Apabila material menutup jalur, perjalanan berhenti sampai jalur dinyatakan aman, dan antrean masih dapat menimbulkan keterlambatan setelah jalur dibuka. Sebagai ilustrasi, penutupan tiga jam setara 12,5% waktu sehari, dan bukan berarti 12,5% perjalanan pasti terdampak. Penanganan material longsoran juga menambah biaya pemulihan, dengan acuan Rp5.250.350/msp dari pekerjaan Karangsari-Karanggandul dengan asumsi penanganan sama. Angka tersebut berlaku untuk penanganan longsoran yang terjadi, bukan untuk pemasangan U-Ditch, pengeprasan preventif, atau kegiatan pelaporan.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Menindaklanjuti usulan pengeprasan tebing Km 135+200-135+600 jalur hilir untuk mengurangi bagian tebing yang rawan runtuh.
2) Melakukan patroli saat dan setelah hujan lebat serta memberlakukan taspat atau penghentian KA jika ditemukan tanda bahaya.
3) Melaksanakan tindak lanjut pemasangan U-Ditch di atas tebing untuk mengalihkan limpasan dari lereng.
4) Membersihkan U-Ditch dan saluran di kaki tebing serta memperbaiki bagian yang rusak agar air tidak mengalir ke jalur.

5) Memelihara vegetasi penutup dan memperbaiki bagian penahan tanah yang rusak tanpa menempatkan material tambahan pada bagian tebing yang tidak stabil.
6) Menandai retakan, menyingkirkan batu atau tanah lepas secara terkendali, dan melaporkan perubahan kondisi tebing pada setiap patroli.
7) Membersihkan material tebing yang lapuk menjelang musim hujan dan memeriksa ulang lokasi setelah hujan pertama yang lebat.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Longsor

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi visual lereng dan drainase lereng, terutama sebelum dan sesudah hujan lebat; mendokumentasikan retakan, rembesan, runtuhan kecil, dan perubahan geometri. b. Menetapkan status waspada atau siaga dan penjagaan pada lokasi berisiko tinggi; melakukan pembatasan operasi sesuai hasil pemeriksaan teknis. c. Mengendalikan penempatan material dan beban di dekat lereng serta membersihkan saluran pembuangan air lereng.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Kajian geoteknik pada lokasi prioritas, termasuk pemetaan bidang gelincir dan evaluasi efektivitas bronjong, trucuk, atau dinding penahan yang sudah ada. b. Memasang sensor pergerakan lereng atau curah hujan pada lokasi prioritas berdasarkan rekomendasi teknis.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memperbarui model risiko lereng dan ambang tindakan operasional berbasis data hujan, kondisi tanah, dan riwayat kejadian.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan darurat drainase lereng, perlindungan kaki lereng, dan penanganan titik guguran sesuai desain teknis. b. Menyiapkan prosedur tanggap darurat, akses alat berat, dan material pengamanan di koridor rawan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan lereng dengan bronjong, soil nailing, dinding penahan, geotekstil atau geogrid, atau metode lain sesuai hasil desain. b. Revegetasi atau bioengineering pada lokasi yang layak secara geoteknik dan lingkungan.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Reprofiling atau terasering atau rekonstruksi permanen pada lereng dengan risiko tinggi; evaluasi alternatif trase jika risiko residual tidak dapat diterima.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp200 juta; adaptasi Rp3,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi longsor prioritas dengan kajian geoteknik; kejadian longsor; waktu penanganan; jumlah pembatasan operasi akibat pergerakan lereng.

3.7.3 Luapan Air pada Jembatan yang Menimbulkan Gerusan dan Kehilangan Balas

a. Deskripsi Risiko

Potensi luapan air yang mengganggu perjalanan dan berpotensi menimbulkan kehilangan balas, perubahan geometri rel, atau gerusan pada bagian struktur dan pendekat jembatan.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan lebat yang menaikkan debit air dan meluap ke jalur ketika bukaan jembatan tersumbat atau kapasitasnya kurang
Aset dan lokasi terpapar	BH 537 Blitar-Rejotangan Km 133+723 serta struktur dan pendekat jembatan
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; taspat atau penghentian perjalanan dan keterlambatan berantai; biaya penggantian jembatan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Hujan lebat meningkatkan debit air yang melewati BH 537.
2) Endapan, sampah, atau material hanyut menyumbat bukaan bangunan.
3) Kapasitas bukaan bangunan berpotensi tidak mencukupi untuk mengalirkan debit banjir.
4) Perubahan tata guna lahan dan pola hujan berpotensi meningkatkan aliran dari wilayah sekitar menuju bangunan.
5) Aliran deras berpotensi mengikis tanah di sekitar fondasi dan bagian jalur menuju bangunan.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Curah hujan ekstrem atau peringatan dini banjir BMKG di Tulungagung dan sekitarnya.
2) Kenaikan muka air hingga mendekati bagian bawah gelagar atau memenuhi bukaan bangunan.
3) Penumpukan endapan, sampah, atau material hanyut pada bukaan BH 537.
4) Ditemukannya tanah fondasi yang terkikis atau balas yang hanyut di ujung bangunan.
5) Adanya laporan banjir dari BPBD atau warga sekitar.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Pembatasan kecepatan, taspat, atau penghentian perjalanan sampai jalur dinyatakan aman.
2) Hilangnya balas dan perubahan posisi rel pada bagian jalur menuju bangunan.
3) Kerusakan fondasi atau struktur yang berpotensi menyebabkan anjlokan KA.
4) Gangguan persinyalan atau wesel jika luapan air mencapai emplasemen stasiun terdekat.
5) Keterlambatan berantai pada KA lintas Bangil-Kertosono.
6) Tambahan biaya pemeriksaan, pembersihan, penanganan darurat, perbaikan aset, dan pelayanan pelanggan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

BH 537 (Blitar-Rejotangan, Km 133+723) ditandai rawan banjir dalam peta Dapsus 2026 dan tercantum dalam inventaris kerawanan banjir November 2021 (ANTARA, November 2021). Hujan lebat menaikkan debit air, dan apabila bukaan tersumbat atau kapasitasnya kurang, air meluap ke jalur serta mengikis tanah di sekitar fondasi dan pendekat jembatan. Kondisi ini mengganggu kestabilan jalur dan mengakibatkan taspat atau penghentian KA.

Penanganannya meliputi pemantauan dan penjagaan, pemasangan trucuk bambu, trucuk rel, atau sesek bambu jika terjadi gogosan, serta usulan penggantian jembatan sebagai penanganan

permanen. Data BNPB Januari sampai September 2026 mencatat sembilan banjir di delapan kabupaten/kota sekitar lintas Daop 7, yaitu Madiun satu kejadian, Magetan dua kejadian, Nganjuk dua kejadian, Jombang dua kejadian, dan Kediri dua kejadian. Enam catatan terjadi pada Maret, sementara cuaca ekstrem tercatat di Rejotangan pada 22 April dan di Kabupaten Blitar pada 3 Maret 2026.

Risiko utama pada lokasi ini adalah terganggunya fungsi bangunan air dan kestabilan jalur saat debit meningkat, dengan konsekuensi pembatasan perjalanan, kerusakan prasarana, dan keterlambatan berantai.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Menempatkan petugas pemantauan dan penjagaan BH 537 saat hujan lebat serta melaporkan kenaikan muka air kepada PPKA.
2) Membersihkan sampah, endapan, dan material hanyut dari bukaan BH 537 serta saluran di sekitarnya.
3) Menindaklanjuti usulan penggantian BH 537 dengan estimasi penggantian jembatan baja sebesar Rp1.420.000.000/msp, mengikuti BH 785 Niru, sesuai jenis konstruksi yang digunakan dan dengan asumsi penanganan sama.
4) Berkoordinasi dengan pengelola sungai dan pemerintah daerah untuk membersihkan hambatan aliran dari hulu menuju BH 537.
5) Memasang trucuk bambu, trucuk rel, atau sesek bambu jika terdapat gogosan, disertai pengamanan perjalanan sesuai kondisi jalur.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Bangunan hikmat rawan

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi berkala struktur, pilar, abutment, lantai, sambungan, dan dasar sungai; pendugaan gerusan pada lokasi yang relevan. b. Memantau debit atau muka air saat hujan ekstrem dan menyiapkan pemeriksaan khusus pascakejadian. c. Menindaklanjuti temuan kerusakan dengan penilaian teknis dan pengamanan sementara yang disetujui fungsi prasarana.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Pemeriksaan struktur dan hidraulika yang lebih rinci untuk bangunan dengan skor tinggi atau riwayat kerusakan. b. Menggunakan sistem pemantauan kesehatan struktur (Structural Health Monitoring System) bila hasil analisis manfaat dan risiko mendukung.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memprioritaskan rehabilitasi atau penggantian berdasarkan kondisi struktur, konsekuensi kegagalan, dan kritikalitas lintas.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Proteksi darurat terhadap gerusan dan aliran, normalisasi saluran, serta perbaikan lokal sesuai rekomendasi engineer. b. Menyiapkan rencana pengalihan operasi dan respons darurat bila indikator struktur melewati ambang.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan pilar atau abutment, perlindungan dasar sungai, peningkatan kapasitas hidraulik, atau penggantian elemen berdasarkan desain. b. Perbaikan drainase dan perlindungan terhadap erosi di sekitar bangunan hikmat.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Penggantian jembatan atau bangunan hikmat yang tidak lagi memadai serta penyesuaian desain terhadap debit banjir dan proyeksi iklim.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp250 juta; adaptasi Rp4,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Persentase bangunan hikmat prioritas yang telah diinspeksi; jumlah temuan kritis terbuka; indeks kondisi struktur; kejadian pembatasan lintas.

3.7.4 Peta Risiko Daop 7 Madiun

Tabel 3.17 Peta Risiko Daop 7 Madiun

Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19 **R1** **R2** **R3**	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18	23
Jarang Terjadi (2)	2	6	11 **R1** **R2** **R3**	16	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5	10	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

R Posisi inherent **R** Posisi residual

R1: Penurunan Tubuh Baan Labil yang Mengubah Geometri Rel (subbab 3.7.1)

R2: Runtuhan Material Tebing ke Ruang Bebas Jalur (subbab 3.7.2)

R3: Luapan Air pada Jembatan yang Menimbulkan Gerusan dan Kehilangan Balas (subbab 3.7.3)

3.8 Daop 8 Surabaya

Wilayah Daop 8 Surabaya memiliki 3 risiko iklim fisik yang terpetakan, terdiri atas 1 risiko curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai dan 2 risiko gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan. Berdasarkan sifatnya, risiko di wilayah ini tergolong fisik akut. Lokasi Daerah Pemantauan Khusus yang menjadi dasar pemetaan ditunjukkan pada peta berikut.

NO	RESOR	KM+HM	ANTARA	DAPSUS
1	JR 8.3 SRJ	140+9/0	SRJ - BWO	LABIL
2	JR 8.15 BG	32+7/1	TGA - PR	BANJIR
3	JR 8.16 LW	26+7/9	SN - LW	LONGSOR
4	JR 8.17 ML	49+0/2	BMG - ML	BANJIR
5	JR 8.17 ML	70+5/1	KPN - NB	LONGSOR
6	JR 8.17 ML	71+4/3	KPN - NB	LONGSOR
7	JR 8.18 WG	87+4/9	PGJ - KSB	LONGSOR

Gambar 3.12 Peta Daerah Pemantauan Khusus Daop 8 Surabaya Tahun 2026

3.8.1 Banjir, Genangan, dan Aliran Lumpur pada Jalur, Emplasemen, dan Fasilitas Operasi

a. Deskripsi Risiko

Potensi genangan, banjir, atau masuknya air dan material lumpur pada jalur, emplasemen, dan fasilitas operasi yang menyebabkan gangguan perjalanan serta kerusakan prasarana.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan lebat yang menambah akumulasi air di sekitar jalur dan tanggul, termasuk paparan air dan material lumpur di koridor Tanggulangin-Porong
Aset dan lokasi terpapar	Km 32+700 hingga 33+100 Tanggulangin-Porong dan Km 49+000 hingga 49+200 Blimbing-Malang; jalur, emplasemen, dan fasilitas operasi
Saluran dampak	Keterlambatan perjalanan (menit-KA) dan antrean pascapemulihan; kerusakan prasarana; biaya pemompaan dan drainase
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Hujan deras atau berkepanjangan yang meningkatkan debit dan akumulasi air.
2) Kapasitas drainase yang tidak mampu mengimbangi volume air masuk.
3) Hambatan saluran akibat sedimentasi, sampah, atau endapan lumpur.
4) Limpasan dari lingkungan sekitar menuju jalur dan fasilitas operasi.

5) Kedekatan jalur dengan tanggul Lumpur Sidoarjo yang memiliki catatan rembesan, dengan potensi pengaruh hujan terhadap tampungan yang perlu diperiksa.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Hujan lebat atau peringatan dini cuaca ekstrem pada wilayah lintas.
2) Kenaikan muka air di sekitar jalur atau tampungan lumpur hingga mendekati ambang pengamanan yang ditetapkan.
3) Genangan semakin luas atau membutuhkan waktu lebih lama untuk surut.
4) Saluran tersumbat atau mengalami penumpukan sedimen dan lumpur.
5) Peningkatan rembesan atau luapan air bercampur lumpur dari tanggul ke arah jalur.
6) Retakan atau penurunan tanggul pada sisi yang berdekatan dengan jalur.
7) Perubahan kondisi balas, badan jalan, atau fungsi fasilitas setelah genangan.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Pembatasan kecepatan atau penghentian sementara perjalanan.
2) Keterlambatan KA dan antrean pada lintas terkait.
3) Perubahan pelayanan fasilitas operasi.
4) Masuknya lumpur ke saluran dan balas yang memerlukan pembersihan serta pemeriksaan.
5) Potensi kerusakan badan jalan dan prasarana pendukung.
6) Tambahan biaya pengawasan, penanganan material, pemulihan, dan pelayanan pelanggan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Banjir di Tanggulangin-Porong dan Blimbing-Malang mengganggu perjalanan ketika air tidak segera terbuang dari jalur. Pada Km 32+700 hingga 33+100 Tanggulangin-Porong, bronjong dan peninggian jalur telah menjadi bagian dari penanganan, disertai koordinasi pompa air milik PT Lapindo untuk membantu pembuangan air. Pada Km 49+000 hingga 49+200 Blimbing-Malang, penanganannya meliputi normalisasi saluran, saringan bak kontrol, pemasangan pipa drainase melintang 10 inci, dan pengajuan tambahan drainase melintang.

Pada koridor Tanggulangin-Porong, kedekatan dengan tanggul Lumpur Sidoarjo menambah paparan air dan material lumpur. Pemkab Sidoarjo melaporkan peninggian tanggul P10D pada Juli 2026, dan pemberitaan Oktober 2026 memuat keluhan sedimentasi Sungai Porong (ngopibareng, Juli 2026; detikJatim, Oktober 2026). Dalam konteks risiko iklim, hujan lebat menambah akumulasi air di sekitar tanggul dan jalur, sehingga penguatan tanggul, pengerukan endapan, dan kelancaran pembuangan air menjadi pengendalian yang saling mendukung.

Dampak operasional bahaya ini telah terukur. Kejadian Tanggulangin-Porong 17 Juni 2025 menunda lima KA dengan akumulasi 366 menit (ANTARA, Juni 2025). Kejadian Porong-Bangil 24 Maret 2026, sebagaimana tercatat dalam naskah awal, berdampak pada enam KA dengan total 702 menit-KA dan pemulihan prasarana selama 210 menit, bahkan KA 2629 masih menunggu 64 menit setelah jalur normal. Data ini menunjukkan bahwa dampak tidak berhenti saat genangan surut karena antrean perjalanan masih harus diurai. Pemeliharaan bronjong, pengoperasian pompa, tambahan drainase, dan usulan jalur tambahan yang terlindung dari banjir serta lumpur diarahkan untuk mengurangi gangguan dan mempercepat pemulihan perjalanan.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Menyiagakan petugas di Tanggulangin-Porong dan Blimbing-Malang saat hujan lebat serta mengatur pembatasan atau penghentian KA ketika jalur tidak aman.
2) Menindaklanjuti pemasangan pipa drainase melintang ukuran 10 inci dan pengajuan tambahan drainase melintang di Blimbing-Malang Km 49+000-49+200.
3) Membersihkan lumpur, sampah, dan endapan pada drainase serta saringan bak kontrol sebelum dan setelah hujan lebat.
4) Berkoordinasi dengan pihak eksternal mengenai pengoperasian pompa air milik PT Lapindo untuk mengurangi genangan pada koridor Tanggulangin-Porong.
5) Memelihara bronjong dan peninggian jalur yang telah tercatat, berkoordinasi dengan PPLS untuk penanganan rembesan tanggul, serta mengusulkan jalur tambahan Tanggulangin-Porong yang terlindung dari banjir dan aliran lumpur sebagai alternatif operasi. Acuan biaya pemasangan bronjong baru apabila diperlukan adalah Rp1.623.315,90/m³.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Banjir

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Normalisasi dan pembersihan saluran, gorong gorong, serta inlet dan outlet drainase secara terjadwal dan sebelum musim hujan. b. Pemeriksaan lokasi Dapsus saat hujan intensif; menyiagakan petugas daerah rawan sesuai skor Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) dan SOP. c. Memastikan pompa, material darurat, komunikasi operasi, dan prosedur pembatasan kecepatan atau penutupan lintas siap digunakan.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Audit kapasitas drainase dan titik limpasan bersama pengelola sungai dan pemerintah daerah. b. Memasang sensor tinggi muka air atau sistem peringatan di lokasi prioritas yang memiliki data ambang batas operasional.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Mengintegrasikan peta bahaya banjir dan proyeksi iklim ke program pemeliharaan serta rencana investasi prasarana.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal saluran, crossing drain, inlet dan outlet, tanggul kecil, dan elevasi komponen kritis berdasarkan hasil survei. b. Menyiapkan material dan peralatan pemulihan cepat pada koridor dengan dampak gangguan operasi tinggi.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Peningkatan kapasitas drainase, pompa permanen, perlindungan tubuh baan, dan peninggian jalur pada lokasi yang dibuktikan membutuhkan. b. Implementasi sensor muka air, telemetri, dan integrasi peringatan ke pusat pengendalian operasi.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Solusi berbasis alam di area yang sesuai, pengelolaan limpasan daerah aliran sungai (DAS) bersama pemerintah daerah, serta rekayasa ulang titik banjir berulang.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp150 juta; adaptasi Rp1,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi banjir prioritas dengan drainase berfungsi; frekuensi genangan; durasi pembatasan atau penutupan lintas; waktu pemulihan operasi.

3.8.2 Pergerakan dan Runtuhan Material Lereng ke Ruang Bebas Jalur

a. Deskripsi Risiko

Potensi pergerakan atau runtuhan material lereng yang memasuki ruang bebas menyebabkan hambatan perjalanan, kerusakan badan jalan, serta benturan atau anjlokan KA.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan yang membasahi lereng dengan retakan, rembesan, atau drainase terhambat sehingga material bergerak ke ruang bebas jalur
Aset dan lokasi terpapar	Tiga kelompok lokasi rawan longsor: Sengon-Lawang, Kepanjen-Ngebruk, dan Kesamben-Pogajih
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan (benturan atau anjlokan); kerusakan badan jalan; penghentian perjalanan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Kerentanan lereng yang telah ditandai pada peta Dapsus.
2) Pembasahan lereng akibat hujan yang berpotensi memengaruhi kestabilan tanah.
3) Potensi konsentrasi limpasan, erosi, atau hambatan drainase yang perlu diperiksa.
4) Kondisi retakan dan material lepas pada lereng yang memerlukan pengamatan lapangan.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Hujan berkepanjangan atau peringatan dini cuaca ekstrem pada wilayah lokasi tebing rawan longsor.
2) Munculnya retakan baru atau bertambahnya lebar retakan pada mahkota dan badan lereng.
3) Rembesan air baru atau peningkatan aliran air dari lereng menuju jalur.
4) Runtuhan kecil berupa tanah atau batu di kaki tebing, saluran drainase, atau sekitar balas.
5) Pergeseran tanah, kemiringan pohon, atau perubahan bentuk struktur penahan pada lereng.
6) Kerusakan atau penyumbatan drainase lereng yang menyebabkan air melimpah ke bagian tebing dan jalur.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Tertutupnya jalur oleh material.

2) Potensi benturan atau anjlokan dan konsekuensi keselamatan.
3) Penghentian, penahanan, atau perubahan perjalanan.
4) Biaya pengerahan alat, pembersihan material, dan pemulihan prasarana.
5) Keterlambatan berantai setelah jalur dibuka.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Peta Dapsus Daop 8 menandai tiga kelompok lokasi rawan longsor, yaitu Sengon-Lawang, Kepanjen-Ngebruk, dan Kesamben-Pogajih. KAI juga melaporkan pemeriksaan lereng dan drainase di wilayah ini (ANTARA, Februari 2026). Hujan yang membasahi lereng, terutama yang memiliki retakan, rembesan, atau drainase terhambat, dapat menggerakkan material ke ruang bebas jalur sehingga KA terbentur atau anjlok, badan jalan rusak, dan perjalanan terhenti sampai jalur dinyatakan aman.

Pengendalian yang tercatat meliputi sensor longsor di Km 71+4/5 kanan dan 71+5/6 kiri Kepanjen-Ngebruk, penanganan bronjong serta pancangan rel di Km 70+900-71+050, dan perkuatan tubuh baan serta dinding penahan tanah di Pogajih-Kesamben. Data BNPB mencatat longsor di Ngadirenggo, Wlingi, Kabupaten Blitar pada 15 Maret 2026, sebagai gambaran bahaya di wilayah sekitar titik Dapsus. Pemeriksaan fungsi sensor membantu petugas menerima peringatan lebih awal, sementara pemeliharaan saluran dan perkuatan lereng mengurangi potensi material masuk ke jalur. Dengan demikian, pengamanan perjalanan dan penanganan fisik saling mendukung untuk membatasi kerusakan dan lamanya penghentian KA.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Menindaklanjuti program bronjong batu kali dan pancangan rel Kepanjen-Ngebruk, termasuk Km 70+900-71+050, serta memelihara perkuatan tubuh baan dan dinding penahan tanah Pogajih-Kesamben. Estimasi perkuatan lereng dengan pancangan rel sebesar Rp 14.288.356/msp, referensi mengacu pada pengerjaan di Doplang-Randublatung dengan asumsi penanganan sama.
2) Memeriksa fungsi sensor longsor yang tercatat pada Km 71+4/5 kanan dan 71+5/6 kiri Kepanjen-Ngebruk serta meneruskan peringatan kepada PPKA untuk pengamanan perjalanan.
3) Membersihkan saluran di atas dan kaki lereng serta memperbaiki bagian yang rusak agar air tidak mengikis tubuh baan.
4) Menandai retakan, menyingkirkan material lepas secara terkendali, serta memperbaiki bronjong, pancangan rel, dan dinding penahan tanah yang rusak.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Longsor

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi visual lereng dan drainase lereng, terutama sebelum dan sesudah hujan lebat; mendokumentasikan retakan, rembesan, runtuhan kecil, dan perubahan geometri. b. Menetapkan status waspada atau siaga dan penjagaan pada lokasi berisiko tinggi; melakukan pembatasan operasi sesuai hasil pemeriksaan teknis. c. Mengendalikan penempatan material dan beban di dekat lereng serta membersihkan saluran pembuangan air lereng.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Kajian geoteknik pada lokasi prioritas, termasuk pemetaan bidang gelincir dan evaluasi efektivitas bronjong, trucuk, atau dinding penahan yang sudah ada. b. Memasang sensor pergerakan lereng atau curah hujan pada lokasi prioritas berdasarkan rekomendasi teknis.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memperbarui model risiko lereng dan ambang tindakan operasional berbasis data hujan, kondisi tanah, dan riwayat kejadian.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan darurat drainase lereng, perlindungan kaki lereng, dan penanganan titik guguran sesuai desain teknis. b. Menyiapkan prosedur tanggap darurat, akses alat berat, dan material pengamanan di koridor rawan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan lereng dengan bronjong, soil nailing, dinding penahan, geotekstil atau geogrid, atau metode lain sesuai hasil desain. b. Revegetasi atau bioengineering pada lokasi yang layak secara geoteknik dan lingkungan.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Reprofiling atau terasering atau rekonstruksi permanen pada lereng dengan risiko tinggi; evaluasi alternatif trase jika risiko residual tidak dapat diterima.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp200 juta; adaptasi Rp3,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi longsor prioritas dengan kajian geoteknik; kejadian longsor; waktu penanganan; jumlah pembatasan operasi akibat pergerakan lereng.

3.8.3 Penurunan Tubuh Baan Labil yang Memengaruhi Geometri Rel

a. Deskripsi Risiko

Potensi penurunan atau pergerakan tubuh baan dan pergerakan tanah dapat memengaruhi geometri rel, menimbulkan pembatasan kecepatan, dan meningkatkan kebutuhan perawatan.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan lebat dan banjir yang menjenuhkan tanah, memicu erosi, dan menghambat drainase pada tubuh baan yang sudah labil
Aset dan lokasi terpapar	Tubuh baan labil Sumberrejo-Bowerno: Km 141+100-141+500 jalur hulu (400 m) dan Km 140+900-142+000 jalur hilir (1.100 m)
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; pembatasan kecepatan dan tambahan waktu tempuh; beban pemeliharaan berulang
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Kerentanan tubuh baan yang telah ditandai sebagai DAPSUS.
2) Potensi perubahan kadar air dan aliran pada badan jalan yang perlu diuji terhadap kondisi tanah.
3) Potensi erosi atau hambatan drainase.
4) Pembebanan perjalanan pada bagian badan jalan yang mengalami perubahan kestabilan.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Hujan berkepanjangan dan genangan di sekitar tubuh baan Km 140+900-144+000.
2) Penurunan elevasi rel atau perubahan hasil pengukuran geometri yang mendekati atau melampaui toleransi teknis.
3) Retakan, penurunan, atau pergeseran pada bahu badan jalan dan lapisan balas.
4) Perubahan posisi patok pemantauan yang menunjukkan pergerakan tanah.
5) Peningkatan frekuensi pengangkatan jalur, penambahan balas, atau perbaikan geometri pada lokasi yang sama.
6) Laporan masinis mengenai goyangan keras atau perubahan kenyamanan perjalanan pada segmen tersebut.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Perubahan geometri dan potensi gangguan keselamatan.
2) Pembatasan kecepatan dan tambahan waktu tempuh.
3) Perbaikan berulang serta tambahan kebutuhan material.
4) Biaya operasi dan pelayanan akibat keterlambatan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Peta Dapsus Daop 8 menandai tubuh baan labil Sumberrejo-Bowerno pada Km 141+100-141+500 jalur hulu sepanjang 400 meter dan Km 140+900-142+000 jalur hilir sepanjang 1.100 meter, sehingga total paparan mencakup 1.500 meter jalur. Perubahan kadar air, erosi, atau drainase terhambat dapat melemahkan tanah yang sudah labil, ditambah beban KA, sehingga tanah turun dan geometri rel berubah. Akibatnya terjadi pembatasan kecepatan, perbaikan berulang, dan potensi gangguan keselamatan.

Penanganan oleh Resor JR 8.3 Sumberrejo meliputi pemasangan geogrid dan penggemukan tubuh baan, pemantauan masa penstabilan, serta rencana tambah balas dan angkatan tinggi. Data BNPB mencatat banjir di Bojonegoro pada 4 Februari 2026 di Kecamatan Gondang dan 10 Mei 2026 di Kecamatan Kepohbaru, yang menunjukkan bahaya banjir di wilayah sekitar titik Dapsus. Geogrid dan penggemukan tubuh baan membantu mempertahankan kestabilan badan jalan, sedangkan tambah balas dan angkatan tinggi memperbaiki bagian jalur yang turun. Penanganan ini perlu disertai kelancaran drainase agar koreksi geometri tidak terus berulang akibat tanah yang kembali jenuh. Tanpa kestabilan yang terjaga, pembatasan kecepatan dapat berlangsung lebih lama dan menambah waktu tempuh serta beban pemeliharaan.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memelihara geogrid dan penggemukan tubuh baan yang tercatat pada Km 141+100-141+500 jalur hulu serta Km 140+900-142+000 jalur hilir, dengan menghindari pembongkaran lapisan penguat saat perawatan.
2) Memantau penurunan rel selama masa penstabilan dan mengalirkan genangan menjauhi badan jalan setelah hujan.
3) Membersihkan drainase serta memperbaiki bagian tepi tubuh baan yang terkikis agar material tanah dan balas tidak hanyut.
4) Melaksanakan rencana tambah balas dan angkatan tinggi pada bagian yang turun serta memberlakukan taspat sesuai hasil pemeriksaan geometri dengan estimasi angkatan tinggi Rp6.112.689,48/msp.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Amblesan atau tanah labil

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Memeriksa geometri rel, elevasi, profil balas, dan kondisi tubuh baan secara berkala; mencatat laju perubahan pada lokasi Dapsus. b. Pemeliharaan geometri dan normalisasi tubuh baan sesuai prioritas, dengan pemantauan setelah pekerjaan. c. Menjaga drainase agar air tidak terakumulasi pada tubuh baan dan bahu jalur.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Investigasi geoteknik atau geofisika dan pemantauan deformasi untuk lokasi dengan amblesan berulang. b. Menetapkan ambang perubahan geometri dan pemicu untuk inspeksi khusus, pembatasan kecepatan, atau perbaikan.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memasukkan laju amblesan dan biaya pemeliharaan berulang ke keputusan perkuatan, penggantian tanah dasar, atau rekonstruksi tubuh baan.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal tubuh baan, penggemukan, penggantian material, geogrid atau geotekstil, dan penataan drainase berdasarkan desain. b. Pengukuran geometri pascaperbaikan untuk memastikan kestabilan.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan tanah dasar, konstruksi dinding penahan, perbaikan drainase bawah permukaan, atau stabilisasi tanah sesuai hasil kajian.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Rekonstruksi menyeluruh pada lokasi dengan deformasi berulang dan evaluasi opsi teknis atau operasi jika risiko residual tetap tinggi.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp180 juta; adaptasi Rp2,50 miliar

KPI dan indikator pemantauan	Laju perubahan elevasi atau geometri; frekuensi angkatan atau listring berulang; biaya pemeliharaan per lokasi; jam pembatasan kecepatan.

3.8.4 Peta Risiko Daop 8 Surabaya

Tabel 3.18 Peta Risiko Daop 8 Surabaya

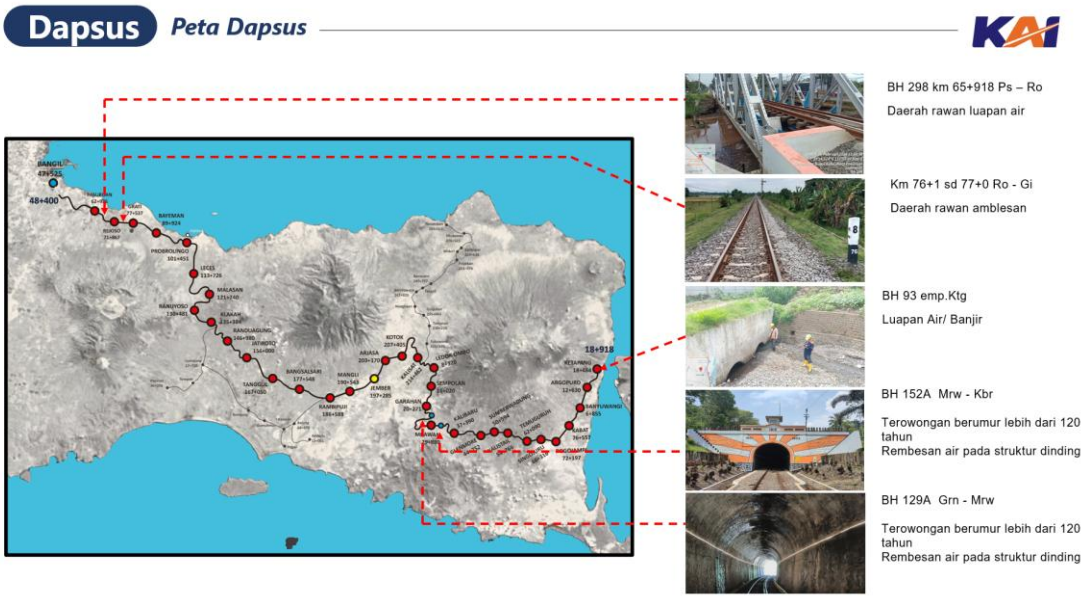
Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19 **R1** **R2** **R3**	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18	23
Jarang Terjadi (2)	2	6	11 **R1** **R2** **R3**	16	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5	10	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

R Posisi inherent **R** Posisi residual

R1: Banjir, Genangan, dan Aliran Lumpur pada Jalur, Emplasemen, dan Fasilitas Operasi (subbab 3.8.1)
R2: Pergerakan dan Runtuhan Material Lereng ke Ruang Bebas Jalur (subbab 3.8.2)
R3: Penurunan Tubuh Baan Labil yang Memengaruhi Geometri Rel (subbab 3.8.3)

3.9 Daop 9 Jember

Wilayah Daop 9 Jember memiliki 3 risiko iklim fisik yang terpetakan, terdiri atas 3 risiko curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai. Berdasarkan sifatnya, risiko di wilayah ini tergolong fisik akut. Lokasi Daerah Pemantauan Khusus yang menjadi dasar pemetaan ditunjukkan pada peta berikut.



Gambar 3.13 Peta Daerah Pemantauan Khusus Daop 9 Jember Tahun 2026

3.9.1 Banjir dan Luapan Air pada Emplasemen

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran operasional perjalanan kereta api akibat banjir atau luapan air pada emplasemen yang dapat menggenangi jalur dan fasilitas operasional perkeretaapian.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan tinggi dan limpasan dari wilayah sekitar yang tidak tertampung drainase akibat sedimentasi atau penyumbatan
Aset dan lokasi terpapar	Emplasemen Ketapang (BH 93), jalur, dan fasilitas operasional
Saluran dampak	Keterlambatan atau pembatasan perjalanan; penurunan keandalan prasarana; kerusakan fasilitas dan biaya pemeliharaan
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Peningkatan frekuensi dan durasi hujan.
2) Air dari saluran atau lingkungan sekitar meluap.
3) Penumpukan sedimentasi saluran pembuangan.
4) Kapasitas drainase yang tidak memadai.
5) Pemeliharaan drainase yang tidak efektif dan optimal.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Intensitas dan akumulasi hujan di sekitar emplasemen sebagai indikator potensi peningkatan limpasan air.
2) Jumlah kejadian genangan atau luapan air pada emplasemen dalam periode tertentu.
3) Lama genangan bertahan dan ketinggian air pada jalur maupun fasilitas operasional.
4) Tingkat sedimentasi, penyumbatan, serta kemampuan drainase mengalirkan air.
5) Terdapat luapan air/ banjir pada BH 93 emplasemen Ketapang.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Kerusakan prasarana dan fasilitas operasional.
2) Terganggunya aktivitas operasional emplasemen
3) Gangguan kelancaran perjalanan kereta api
4) Peningkatan biaya pemeliharaan dan penanganan darurat.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Banjir atau luapan air di emplasemen Ketapang (BH 93) berpotensi mengganggu keselamatan dan kelancaran perjalanan akibat hujan tinggi, limpasan dari wilayah sekitar, serta sedimentasi atau penyumbatan drainase yang menurunkan kapasitas pembuangan air. Intensitas hujan tinggi seperti pada awal tahun 2026, ditambah drainase yang tidak mampu menampung limpasan, dapat menimbulkan banjir.

Dampaknya berupa gangguan operasional seperti keterlambatan atau pembatasan perjalanan, penurunan keandalan prasarana, serta kerusakan fasilitas dan biaya pemeliharaan yang lebih tinggi, terutama apabila kapasitas saluran pembuangan tidak mampu menampung aliran air akibat sedimentasi.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memantau prakiraan dan peringatan dini BMKG, terutama puncak hujan Januari-Februari.
2) Membersihkan hambatan pada saluran masuk dan pembuangan di sekitar emplasemen agar luapan tidak mengarah ke jalur serta fasilitas operasional.
3) Mengeruk sedimen pada saluran pembuangan BH 93 menggunakan ekskavator pada bagian yang mengalami pendangkalan.
4) Memperbesar saluran atau gorong-gorong pada bagian yang tidak mampu mengalirkan debit air masuk menggunakan box culvert dengan estimasi Rp 12.421.419,20/m^3 .
5) Membersihkan dan memperbaiki saringan sampah serta saluran secara rutin sebelum dan setelah hujan lebat, lalu mengevaluasi hasilnya dari frekuensi, tinggi, dan durasi genangan.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Banjir

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Normalisasi dan pembersihan saluran, gorong gorong, serta inlet dan outlet drainase secara terjadwal dan sebelum musim hujan. b. Pemeriksaan lokasi Dapsus saat hujan intensif; menyiagakan petugas daerah rawan sesuai skor Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) dan SOP. c. Memastikan pompa, material darurat, komunikasi operasi, dan prosedur pembatasan kecepatan atau penutupan lintas siap digunakan.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Audit kapasitas drainase dan titik limpasan bersama pengelola sungai dan pemerintah daerah. b. Memasang sensor tinggi muka air atau sistem peringatan di lokasi prioritas yang memiliki data ambang batas operasional.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Mengintegrasikan peta bahaya banjir dan proyeksi iklim ke program pemeliharaan serta rencana investasi prasarana.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Perbaikan lokal saluran, crossing drain, inlet dan outlet, tanggul kecil, dan elevasi komponen kritis berdasarkan hasil survei. b. Menyiapkan material dan peralatan pemulihan cepat pada koridor dengan dampak gangguan operasi tinggi.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Peningkatan kapasitas drainase, pompa permanen, perlindungan tubuh baan, dan peninggian jalur pada lokasi yang dibuktikan membutuhkan. b. Implementasi sensor muka air, telemetri, dan integrasi peringatan ke pusat pengendalian operasi.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Solusi berbasis alam di area yang sesuai, pengelolaan limpasan daerah aliran sungai (DAS) bersama pemerintah daerah, serta rekayasa ulang titik banjir berulang.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp150 juta; adaptasi Rp1,50 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Jumlah lokasi banjir prioritas dengan drainase berfungsi; frekuensi genangan; durasi pembatasan atau penutupan lintas; waktu pemulihan operasi.

3.9.2 Penurunan Keandalan Struktur Terowongan akibat Rembesan Air

a. Deskripsi Risiko

Potensi menurunnya keandalan struktur terowongan kereta api akibat rembesan air pada dinding terowongan serta faktor usia struktur yang telah berumur lebih dari 120 tahun.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Hujan intensif dan berulang pada puncak musim hujan yang meningkatkan infiltrasi air ke tanah di sekitar terowongan dan memperbesar rembesan pada dinding
Aset dan lokasi terpapar	Terowongan BH 129A dan BH 152A yang berusia lebih dari 120 tahun
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; kebutuhan inspeksi dan pemeliharaan; pembatasan operasional bila struktur dinilai tidak aman
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Rembesan air pada dinding terowongan.
2) Usia struktur terowongan.
3) Frekuensi hujan tinggi sehingga ada paparan air dalam jangka panjang.
4) Kondisi drainase yang kurang optimal.
5) Siklus basah dan kering dan perubahan kondisi cuaca mempercepat pelapukan material tertentu.
6) Penyelesaian penanganan struktural yang masih memerlukan tindak lanjut.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Intensitas dan akumulasi curah hujan pada lingkungan sekitar yang tinggi.
2) Terdapat sejumlah titik rembesan, debit atau intensitas aliran air, luas area dinding yang basah, serta perubahan kondisi rembesan setelah hujan.
3) Adanya retakan, pengelupasan, pelapukan, kerusakan sambungan, perubahan bentuk, serta munculnya rembesan baru.
4) Terdapat indikasi korosi pada elemen logam, degradasi material pasangan atau beton, serta kerusakan lapisan pelindung.
5) Terdapat sedimentasi atau penyumbatan dan genangan air di dalam terowongan.
6) BH.129A dan BH.152A yang merupakan terowongan terindikasi mengalami penurunan kondisi struktur.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Penurunan stabilitas struktur terowongan.
2) Peningkatan kerentanan terhadap kerusakan struktur.
3) Gangguan keselamatan perjalanan kereta api apabila ditemukan kerusakan yang mengancam kestabilan struktur.
4) Peningkatan biaya pemeliharaan dan rehabilitasi.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Degradasi struktur terowongan akibat rembesan air dan penuaan berpotensi meningkat selama musim hujan, terutama pada terowongan berusia lebih dari 120 tahun, yaitu BH 129A dan BH 152A. Menurut BMKG 2026, Banyuwangi mengalami puncak hujan pada Januari sampai Februari dengan curah hujan tinggi hingga sangat tinggi. Hujan intensif dan berulang meningkatkan infiltrasi air ke tanah di sekitar terowongan dan memperbesar rembesan pada dinding, terlebih bila lapisan pelindung rusak atau drainase kurang optimal.

Rembesan yang berlangsung terus menerus mempercepat pelapukan material dan menurunkan keandalan struktur, dengan dampak pada keselamatan perjalanan, meningkatnya kebutuhan inspeksi dan pemeliharaan, serta pembatasan operasional bila ditemukan kondisi struktur yang tidak aman. Karena itu, diperlukan pemantauan berkala terhadap curah hujan, perubahan debit rembesan, kondisi dinding dan lapisan pelindung, serta kelancaran drainase, khususnya setelah hujan lebat atau berkepanjangan.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memperbaiki lapisan pelindung yang rusak dan mengarahkan rembesan aktif melalui talang atau saluran pengarah menuju drainase terowongan.
2) Memperbaiki bagian dinding dan sambungan yang retak atau terkelupas serta memantau perubahan retakan pada titik kritis.
3) Memantau peringatan dini BMKG dan memeriksa perubahan rembesan setelah hujan lebat untuk menentukan kebutuhan pengamanan perjalanan.
4) Membersihkan drainase di dalam dan di muka terowongan serta memperbaiki saluran melintang agar air rembesan tidak menggenang.
5) Mengganti material dinding yang lapuk dan memperbaiki lapisan pelindung pada bagian yang berulang kali basah dan mengering.
6) Menyelesaikan perbaikan struktural pada titik kerusakan yang telah diidentifikasi dan memantau perubahan bentuk melalui alat pemantauan yang tersedia.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Target waktu belum dicantumkan dalam data sumber dan perlu ditetapkan bersama penanggung jawab.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Bangunan hikmat rawan

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi berkala struktur, pilar, abutment, lantai, sambungan, dan dasar sungai; pendugaan gerusan pada lokasi yang relevan. b. Memantau debit atau muka air saat hujan ekstrem dan menyiapkan pemeriksaan khusus pascakejadian. c. Menindaklanjuti temuan kerusakan dengan penilaian teknis dan pengamanan sementara yang disetujui fungsi prasarana.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Pemeriksaan struktur dan hidraulika yang lebih rinci untuk bangunan dengan skor tinggi atau riwayat kerusakan. b. Menggunakan sistem pemantauan kesehatan struktur (Structural Health Monitoring System) bila hasil analisis manfaat dan risiko mendukung.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memprioritaskan rehabilitasi atau penggantian berdasarkan kondisi struktur, konsekuensi kegagalan, dan kritikalitas lintas.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Proteksi darurat terhadap gerusan dan aliran, normalisasi saluran, serta perbaikan lokal sesuai rekomendasi engineer. b. Menyiapkan rencana pengalihan operasi dan respons darurat bila indikator struktur melewati ambang.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan pilar atau abutment, perlindungan dasar sungai, peningkatan kapasitas hidraulik, atau penggantian elemen berdasarkan desain. b. Perbaikan drainase dan perlindungan terhadap erosi di sekitar bangunan hikmat.

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Penggantian jembatan atau bangunan hikmat yang tidak lagi memadai serta penyesuaian desain terhadap debit banjir dan proyeksi iklim.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp250 juta; adaptasi Rp4,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Persentase bangunan hikmat prioritas yang telah diinspeksi; jumlah temuan kritis terbuka; indeks kondisi struktur; kejadian pembatasan lintas.

3.9.3 Luapan Air Sungai yang Mengancam Stabilitas Konstruksi Jembatan

a. Deskripsi Risiko

Potensi terganggunya keselamatan dan kelancaran perjalanan kereta api akibat luapan air sungai yang dapat menghantam dan mengancam stabilitas konstruksi jembatan.

b. Klasifikasi Risiko Iklim

Jenis risiko iklim	Fisik akut
Kelompok bahaya	Curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai
Bahaya dan pemicu iklim	Curah hujan tinggi yang meningkatkan debit sungai, memperbesar paparan aliran terhadap bangunan, dan memicu gerusan di sekitar fondasi
Aset dan lokasi terpapar	BH 298 km 65+918 Ps-Ro
Saluran dampak	Keselamatan perjalanan; pembatasan kecepatan hingga penghentian sementara; biaya perkuatan fondasi
Kategori dalam register risiko korporat	Risiko Operasional

c. Pemicu Iklim dan Faktor Kerentanan

1) Curah hujan dengan intensitas yang tinggi dan dalam waktu yang lama yang meningkatkan debit sungai dan memicu luapan air.
2) Perubahan kondisi aliran air akibat pelebaran jembatan jalan raya yang menyebabkan kondisi di sekitar jembatan menjadi rawan luapan air yang dapat mengancam konstruksi jembatan.
3) Paparan luapan air berpotensi memengaruhi stabilitas konstruksi, terutama apabila aliran air memberikan tekanan atau memicu gerusan di sekitar fondasi.
4) Penanganan belum optimal dan mitigasi belum terealisasi.

d. Indikator Pemantauan Risiko

1) Intensitas dan akumulasi hujan di daerah aliran sungai sebagai indikator potensi peningkatan debit.
2) Perubahan debit serta kecepatan aliran sungai.
3) Ketinggian air terhadap elevasi kritis konstruksi jembatan mendekati batas aman.
4) Indikasi gerusan, penggerusan lokal, atau perubahan kondisi tanah di sekitar fondasi yang dapat memengaruhi stabilitas jembatan.
5) Perubahan posisi, retakan, deformasi, kerusakan elemen struktur, atau indikasi penurunan stabilitas.

6) BH.298 KM 65+917 yang berada diantara petak PS-RO ditetapkan sebagai BH rawan banjir.

e. Dampak terhadap Operasional dan Keuangan

1) Penurunan stabilitas konstruksi jembatan.
2) Kerusakan pada elemen jembatan atau komponen pendukungnya.
3) Penurunan keandalan prasarana perkeretaapian.
4) Pembatasan kecepatan perjalanan kereta api.
5) Penghentian sementara perjalanan kereta api.
6) Peningkatan biaya pemeliharaan dan perbaikan.

f. Analisis Paparan dan Kerentanan

Risiko pada BH 298 km 65+918 Ps-Ro bersumber dari potensi luapan air sungai yang dapat menghantam dan mengancam stabilitas konstruksi jembatan, terutama saat curah hujan tinggi meningkatkan debit sungai, memperbesar paparan aliran terhadap bangunan, dan memicu gerusan di sekitar fondasi. Paparan hujan tersebut tergambar dari data BMKG Staklim Jatim yang mencatat curah hujan Jawa Timur sangat tinggi, yaitu 500 mm sampai 1039 mm pada awal tahun 2026.

Kerawanan ini menjadi perhatian khusus karena jembatan telah diangkat 30 cm, tetapi peninggian dan pelebaran jembatan jalan raya oleh Dinas PU pada Agustus 2026 membuat lokasi kembali rawan luapan air yang menghantam konstruksi. Jika stabilitas konstruksi terganggu, dampaknya mencakup kerusakan struktur jembatan, penurunan keandalan prasarana, pembatasan kecepatan, hingga penghentian sementara perjalanan demi keselamatan.

g. Penilaian Tingkat Risiko

Penilaian	Kemungkinan	Dampak	Nilai	Level risiko
Inherent	4 (Sangat Mungkin Terjadi)	4 (Tinggi)	19	Menengah ke Tinggi
Residual	2 (Jarang Terjadi)	3 (Moderat)	11	Rendah ke Menengah

h. Mitigasi dan Penanggung Jawab Pelaksanaan Mitigasi Risiko

1) Memantau peringatan dini BMKG dan kondisi hujan di hulu, memasang papan duga atau sensor muka air dengan ambang siaga, waspada, dan bahaya, serta melakukan patrol saat hujan lebat.
2) Mengangkat jembatan berdasarkan kajian teknis untuk meningkatkan kapasitas ruang aliran air di bawah jembatan.
3) Memasang pengaman penahan rasuk pokok, membersihkan sedimen, sampah, dan vegetasi di bawah serta sekitar jembatan, dan memasang perkuatan fondasi apabila ditemukan gerusan dengan estimasi biaya Rp491.969.369.
4) Merealisasikan tindakan mitigasi yang direncanakan, termasuk pengangkatan jembatan dan pemasangan pengaman penahan rasuk pokok, serta melakukan patroli saat hujan lebat, terutama pada Desember 2026-2027.

Penanggung jawab: Subdivision of Track Maintenance Area 1 (JTJ).

i. Target Waktu Mitigasi

Triwulan III tahun 2027.

j. Rencana Mitigasi dan Adaptasi Kategori Lokasi Dapsus Bangunan hikmat rawan

Komponen	Horizon	Rencana tindakan
Mitigasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Inspeksi berkala struktur, pilar, abutment, lantai, sambungan, dan dasar sungai; pendugaan gerusan pada lokasi yang relevan. b. Memantau debit atau muka air saat hujan ekstrem dan menyiapkan pemeriksaan khusus pascakejadian. c. Menindaklanjuti temuan kerusakan dengan penilaian teknis dan pengamanan sementara yang disetujui fungsi prasarana.
Mitigasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Pemeriksaan struktur dan hidraulika yang lebih rinci untuk bangunan dengan skor tinggi atau riwayat kerusakan. b. Menggunakan sistem pemantauan kesehatan struktur (Structural Health Monitoring System) bila hasil analisis manfaat dan risiko mendukung.
Mitigasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Memprioritaskan rehabilitasi atau penggantian berdasarkan kondisi struktur, konsekuensi kegagalan, dan kritikalitas lintas.
Adaptasi	Jangka pendek (0 sampai 2 tahun)	a. Proteksi darurat terhadap gerusan dan aliran, normalisasi saluran, serta perbaikan lokal sesuai rekomendasi engineer. b. Menyiapkan rencana pengalihan operasi dan respons darurat bila indikator struktur melewati ambang.
Adaptasi	Jangka menengah (3 sampai 5 tahun)	a. Perkuatan pilar atau abutment, perlindungan dasar sungai, peningkatan kapasitas hidraulik, atau penggantian elemen berdasarkan desain. b. Perbaikan drainase dan perlindungan terhadap erosi di sekitar bangunan hikmat.
Adaptasi	Jangka panjang (lebih dari 5 tahun)	a. Penggantian jembatan atau bangunan hikmat yang tidak lagi memadai serta penyesuaian desain terhadap debit banjir dan proyeksi iklim.

Biaya indikatif per entri Dapsus	Mitigasi Rp250 juta; adaptasi Rp4,00 miliar
KPI dan indikator pemantauan	Persentase bangunan hikmat prioritas yang telah diinspeksi; jumlah temuan kritis terbuka; indeks kondisi struktur; kejadian pembatasan lintas.

3.9.4 Peta Risiko Daop 9 Jember

Tabel 3.19 Peta Risiko Daop 9 Jember

Hampir Pasti Terjadi (5)	7	12	17	22	25
Sangat Mungkin Terjadi (4)	4	9	14	19 **R1** **R2** **R3**	24
Bisa Terjadi (3)	3	8	13	18	23
Jarang Terjadi (2)	2	6	11 **R1** **R2** **R3**	16	21
Sangat Jarang Terjadi (1)	1	5	10	15	20
Probabilitas / Dampak	**Sangat Rendah (1)**	**Rendah (2)**	**Moderat (3)**	**Tinggi (4)**	**Sangat Tinggi (5)**

R Posisi inherent **R** Posisi residual

R1: Banjir dan Luapan Air pada Emplasemen (subbab 3.9.1)

R2: Penurunan Keandalan Struktur Terowongan akibat Rembesan Air (subbab 3.9.2)
R3: Luapan Air Sungai yang Mengancam Stabilitas Konstruksi Jembatan (subbab 3.9.3)

BAB IV
RISIKO IKLIM LINTAS WILAYAH DAN RISIKO TRANSISI

Selain risiko fisik yang terpetakan per lokasi pada Bab III, kajian tahun 2025 mengidentifikasi risiko iklim yang tidak terikat pada satu lokasi prasarana tertentu, yaitu risiko fisik pada sarana, fasilitas, dan pekerja, serta risiko transisi. Risiko ini belum dipetakan per wilayah dalam pemutakhiran tahun 2026, tetapi tetap dicakup melalui rekomendasi pada Bab V.

4.1 Risiko Fisik Lintas Wilayah

Tabel 4.1 Risiko Fisik Lintas Wilayah dari Kajian Tahun 2025

Risiko	Jenis	Uraian dan saluran dampak
Penurunan keandalan lokomotif dan kereta pembangkit akibat temperatur tinggi	Fisik kronis	Gangguan engine shutdown, hot engine, gangguan radiator, dan kehilangan tenaga yang memengaruhi ketepatan waktu, keandalan perjalanan, dan biaya pemeliharaan sarana
Gangguan kesehatan pekerja akibat paparan panas	Fisik kronis	Penurunan konsentrasi, produktivitas, dan keselamatan kerja, khususnya pada pekerjaan fisik di ruang terbuka
Penurunan kenyamanan penumpang akibat peningkatan temperatur	Fisik kronis	Keluhan penumpang dan penurunan kualitas layanan
Kerusakan atap atau kanopi akibat angin kencang	Fisik akut	Kerusakan fasilitas dan biaya perbaikan
Gangguan akibat banjir pada fasilitas perusahaan	Fisik akut	Gangguan aktivitas perawatan dan kerusakan peralatan; contoh terpetakan pada Daop 4 Semarang (Balai Yasa, Depo, dan Kantor Pekerja)

4.2 Risiko Transisi

Risiko transisi yang relevan bagi model bisnis PT KAI adalah perubahan kebijakan energi dan pembatasan penggunaan batu bara. Sebagai penyedia jasa angkutan batu bara, Perusahaan terpapar pada penurunan permintaan angkutan komoditas tersebut seiring arah transisi energi nasional.

Tabel 4.2 Profil Risiko Transisi

Unsur	Uraian
Kategori transisi	Kebijakan dan regulasi; pasar
Pemicu	Perubahan kebijakan energi, regulasi lingkungan, dan arah transisi energi nasional, termasuk pembatasan penggunaan batu bara
Saluran dampak	Penurunan volume angkutan batu bara, pendapatan, dan laba usaha; potensi tidak tercapainya target RKAP
Status penilaian	Diidentifikasi pada kajian tahun 2025; besaran dampak keuangan belum dikuantifikasi
Arah respons	Pemantauan kebijakan, analisis sensitivitas volume dan pendapatan, serta strategi adaptasi bisnis melalui evaluasi portofolio angkutan dan diversifikasi (rekomendasi butir 7 pada Bab V)

BAB V
KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Perubahan iklim berpotensi menimbulkan risiko terhadap keselamatan perjalanan kereta api, keandalan prasarana, kelancaran operasional, keselamatan pekerja, serta keberlangsungan bisnis PT Kereta Api Indonesia (Persero). Pemetaan tahun 2026 mengidentifikasi 29 risiko iklim fisik pada sembilan Daerah Operasi, dengan bahaya dominan berupa curah hujan ekstrem, banjir, dan luapan sungai (15 risiko) serta gerakan tanah dan longsor yang dipicu hujan (11 risiko). Bahaya tersebut terpapar pada jalan rel, tubuh baan, lereng, jembatan, terowongan, emplasemen, dan fasilitas perawatan sarana. Bahaya suhu ekstrem dan kenaikan suhu (1 risiko) serta perubahan pola curah hujan (2 risiko) juga telah teridentifikasi. Di luar risiko fisik, Perusahaan terpapar risiko transisi akibat perubahan kebijakan terkait pengangkutan batu bara.

Sebagian besar risiko tergolong fisik akut, dan pada sejumlah lokasi penanganan permanen masih berstatus usulan. Pada beberapa lokasi, kerawanan juga berkaitan dengan pembangunan oleh pihak lain di sekitar jalur, yaitu proyek PT Azam Laksana Intan Buana pada KM 25+7/8 Daop 4 Semarang dan peninggian serta pelebaran jembatan jalan raya oleh Dinas PU di sekitar BH 298 Daop 9 Jember. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan risiko iklim yang terintegrasi melalui penetapan prioritas mitigasi berdasarkan tingkat risiko, penguatan pemantauan dan sistem peringatan dini, penyelesaian penanganan permanen pada lokasi prioritas, serta peningkatan koordinasi dengan pihak terkait. Penilaian paparan telah mencakup seluruh (100%) aset di wilayah operasi, dan estimasi skenario dampak keuangan atas 134 entri lokasi Dapsus berada pada rentang Rp379 miliar sampai Rp1,548 triliun. Hasil kajian ini menjadi dasar penentuan program mitigasi, kebutuhan anggaran, penanggung jawab, dan pemantauan berkala guna meningkatkan ketahanan Perusahaan terhadap dampak perubahan iklim.

5.2 Rekomendasi

Untuk menjaga keberlanjutan bisnis Perusahaan atas dampak perubahan iklim, Divisi Manajemen Risiko merekomendasikan kepada pihak terkait hal hal sebagai berikut.

5.2.1 Risiko Banjir, Genangan, dan Luapan Sungai

Untuk mengantisipasi potensi risiko gangguan keselamatan dan kelancaran perjalanan KA akibat banjir, genangan, luapan sungai, serta kerusakan sistem drainase yang berdampak pada kerusakan prasarana, pembatasan kecepatan KA, peningkatan biaya perbaikan, dan penurunan pendapatan perusahaan, maka direkomendasikan:

a. Melakukan evaluasi dan peningkatan ketahanan infrastruktur terhadap risiko hidrometeorologi melalui kajian kapasitas drainase, elevasi jalur, kondisi tubuh baan, bangunan air, dan konstruksi jembatan berdasarkan karakteristik hidrologi serta kondisi lingkungan masing-masing lokasi. Penanganan perlu diprioritaskan pada lokasi yang memiliki tingkat kerawanan tinggi, frekuensi kejadian berulang, serta konsekuensi besar terhadap keselamatan dan kontinuitas perjalanan KA. Selain pemeliharaan dan normalisasi saluran secara berkala, pembangunan drainase permanen, peninggian jalur, penguatan tubuh baan, dan perlindungan terhadap gerusan perlu dilaksanakan berdasarkan hasil kajian teknis dengan mempertimbangkan proyeksi perubahan pola hujan dan potensi peningkatan debit air.

b. Memperkuat sistem pemantauan dan peringatan dini melalui pemanfaatan informasi cuaca BMKG, pemantauan tinggi muka air, serta pemasangan perangkat pemantauan pada lokasi yang menjadi prioritas. Sistem tersebut perlu diintegrasikan dengan prosedur respons operasional yang menetapkan ambang kewaspadaan, mekanisme pelaporan, pelaksanaan inspeksi, serta kriteria pembatasan kecepatan atau penghentian sementara perjalanan KA. Pemeriksaan kondisi jalur dan bangunan prasarana juga perlu dilakukan setelah kejadian banjir, termasuk pemeriksaan terhadap potensi gerusan, kehilangan balas, penurunan tubuh baan, dan kerusakan tersembunyi yang dapat mengancam keselamatan meskipun genangan telah surut.

5.2.2 Risiko Longsor, Pergerakan Tanah, dan Penurunan Stabilitas Tubuh Baan

Untuk mengantisipasi potensi risiko longsor, pergerakan tanah, amblesan, dan penurunan stabilitas tubuh baan akibat curah hujan ekstrem yang berdampak pada perubahan geometri jalan rel, pembatasan kecepatan, kerusakan prasarana, hingga potensi anjlokan KA, maka direkomendasikan:

a. Memperkuat pengelolaan risiko geoteknik melalui pemeriksaan kondisi lereng, tebing, tanah dasar, dan tubuh baan secara berkala, terutama sebelum dan setelah periode hujan ekstrem. Pemeriksaan perlu didukung dengan kajian geoteknik, pemantauan retakan dan deformasi, serta pengukuran geometri jalan rel untuk mendeteksi perubahan kondisi sejak dini. Penanganan permanen berupa perbaikan drainase lereng, normalisasi tubuh baan, pembangunan dinding penahan tanah (DPT), pemasangan bronjong, serta perkuatan lereng perlu ditentukan berdasarkan karakteristik tanah dan hasil evaluasi teknis agar penanganan tidak hanya mengatasi gejala kerusakan, tetapi juga sumber ketidakstabilannya.
b. Mengoptimalkan pengawasan dan tindak lanjut terhadap lokasi Daerah Pemantauan Khusus (Dapsus) melalui pencatatan kondisi prasarana, pemantauan tren kerusakan berulang, serta penetapan prioritas penanganan berdasarkan tingkat risiko dan urgensi keselamatan. Pada lokasi yang sulit dijangkau, kesiapan personel, material, peralatan, dan akses penanganan darurat perlu diperhatikan untuk mempercepat respons ketika terjadi longsor atau pergerakan tanah. Apabila ditemukan indikasi kondisi jalur yang tidak aman, tindakan pengamanan operasional perlu segera dilaksanakan sesuai prosedur keselamatan yang berlaku.

5.2.3 Risiko Penurunan Keandalan Bangunan Hikmat

Untuk mengantisipasi potensi risiko penurunan keandalan bangunan hikmat (BH), termasuk jembatan dan bangunan hidraulika, akibat peningkatan debit air, gerusan fondasi, perubahan aliran sungai, korosi, dan degradasi struktur yang dapat mengancam keselamatan perjalanan KA, maka direkomendasikan:

a. Melaksanakan pemeriksaan dan evaluasi kelayakan struktur bangunan hikmat secara berkala, meliputi kondisi rasuk, pilar, pangkal, fondasi, dudukan andas, sambungan, serta komponen pendukung lainnya. Pemeriksaan juga perlu dilakukan setelah banjir atau hujan ekstrem untuk mengidentifikasi potensi gerusan, pergeseran struktur, retakan, deformasi, dan kerusakan lain yang dapat menurunkan kapasitas bangunan. Hasil pemeriksaan perlu menjadi dasar pelaksanaan perawatan, perlindungan fondasi, perbaikan struktur, atau penggantian komponen sesuai kebutuhan teknis.

b. Memperkuat koordinasi dengan instansi eksternal, seperti Kementerian Pekerjaan Umum, BBWS, pemerintah daerah, dan pihak terkait lainnya, khususnya apabila perubahan tata guna lahan, pembangunan infrastruktur di sekitar jalur, atau perubahan pola aliran sungai berpotensi meningkatkan risiko terhadap prasarana perkeretaapian. Koordinasi tersebut perlu diarahkan pada pertukaran informasi teknis, evaluasi dampak pembangunan, serta penyelarasan tindakan pengendalian banjir dan gerusan. Dengan demikian, perlindungan terhadap bangunan hikmat dapat dilakukan secara terpadu dan tidak hanya bergantung pada tindakan pemeliharaan di lingkungan internal perusahaan.

5.2.4 Risiko Keandalan Jalan Rel akibat Temperatur Tinggi

Untuk mengantisipasi potensi risiko terganggunya keandalan jalan rel akibat temperatur tinggi dan perubahan kondisi termal yang dapat meningkatkan tegangan rel, mengganggu geometri jalan rel, serta meningkatkan potensi anjlokan dan biaya pemeliharaan, maka direkomendasikan:

a. Memperkuat pengendalian risiko suhu ekstrem melalui pemantauan temperatur rel dan suhu udara, pemeriksaan tegangan rel, sambungan, serta stabilitas balas sesuai prosedur teknis yang berlaku. Pada periode dengan suhu tinggi, inspeksi tambahan perlu dilakukan pada lokasi yang dinilai rentan untuk mengidentifikasi deformasi atau perubahan geometri sejak dini. Ambang temperatur dan tindakan operasional harus mengacu pada standar teknis KAI yang berlaku agar pelaksanaan inspeksi, pemeliharaan, dan pembatasan kecepatan dilakukan secara konsisten dan tepat.
b. Mengintegrasikan informasi iklim dan riwayat gangguan prasarana ke dalam perencanaan pemeliharaan jalan rel. Evaluasi berkala terhadap lokasi yang mengalami kerusakan berulang diperlukan untuk menentukan kebutuhan perbaikan permanen, penyesuaian metode pemeliharaan, serta penguatan pengawasan pada periode cuaca ekstrem. Langkah ini diharapkan dapat menjaga stabilitas jalan rel, mengurangi kebutuhan perbaikan berulang, dan mempertahankan keandalan perjalanan KA.

5.2.5 Ketahanan Fasilitas Kerja dan Sarana terhadap Banjir dan Suhu Ekstrem

Untuk mengantisipasi potensi risiko kerusakan material, peralatan, dan fasilitas kerja akibat luapan air di Balai Yasa, depo, dan kantor pekerja, serta risiko penurunan keandalan mesin lokomotif dan kereta pembangkit akibat suhu ekstrem, maka direkomendasikan:

a. Melakukan evaluasi ketahanan fasilitas kerja dan peralatan terhadap risiko banjir melalui penyesuaian dimensi, tata letak, dan elevasi drainase sesuai kondisi lingkungan masing-masing lokasi, serta penyediaan pompa air darurat untuk mempercepat penanganan genangan. Peralatan dan komponen penting yang rentan terhadap air perlu mendapat perlindungan yang memadai, disertai inspeksi berkala terhadap korosi, degradasi material, kerusakan kelistrikan, dan penurunan fungsi peralatan. Selain itu, perawatan sistem pendinginan dan komponen mesin lokomotif maupun kereta pembangkit perlu dilaksanakan sesuai standar teknis untuk menjaga keandalan sarana ketika beroperasi dalam kondisi temperatur tinggi.
b. Memastikan kesiapan fasilitas, peralatan, dan prosedur penanganan darurat melalui pemeriksaan sebelum periode cuaca ekstrem, pencatatan kerusakan, serta tindak lanjut terhadap temuan inspeksi. Upaya tersebut perlu diarahkan tidak hanya untuk memulihkan kondisi setelah kejadian, tetapi juga untuk mengurangi potensi kerusakan berulang dan gangguan terhadap aktivitas perawatan sarana. Dengan demikian, produktivitas pekerja,

ketersediaan peralatan, dan kesiapan sarana untuk mendukung perjalanan KA dapat tetap terjaga.

5.2.6 Perlindungan Pekerja terhadap Paparan Panas

Untuk mengantisipasi potensi risiko gangguan kesehatan pekerja akibat paparan suhu panas dan kondisi iklim kerja ekstrem yang berdampak pada penurunan konsentrasi, produktivitas, dan keselamatan kerja, maka direkomendasikan:

a. Memperkuat penerapan pengendalian risiko kesehatan dan keselamatan kerja melalui evaluasi kondisi lingkungan kerja, khususnya pada area terbuka dan lokasi dengan paparan panas tinggi. Upaya pengendalian dapat dilakukan melalui penyediaan air minum yang mudah diakses, pengaturan waktu istirahat dan pola kerja sesuai tingkat paparan panas, penyediaan area istirahat yang memadai, serta peningkatan ventilasi atau sistem pendingin udara pada ruang kerja yang membutuhkan. Edukasi mengenai kecukupan cairan, tanda-tanda gangguan akibat panas, dan prosedur penanganan kondisi darurat perlu dilaksanakan secara berkala agar pekerja mampu mengenali dan mengantisipasi risiko sejak dini.
b. Melakukan pemantauan kondisi kerja dan evaluasi efektivitas pengendalian secara berkala, terutama bagi pekerja yang menjalankan pekerjaan fisik di ruang terbuka atau memiliki durasi paparan panas yang tinggi. Hasil pemantauan perlu digunakan untuk menyesuaikan pengaturan kerja dan kebutuhan fasilitas berdasarkan tingkat paparan aktual. Dengan pendekatan tersebut, perusahaan dapat menjaga kesehatan pekerja sekaligus mempertahankan produktivitas dan keselamatan pelaksanaan pekerjaan.

5.2.7 Respons terhadap Risiko Transisi Kebijakan Energi dan Batu Bara

Untuk mengantisipasi potensi risiko transisi perubahan iklim akibat perubahan kebijakan energi dan pembatasan penggunaan batu bara yang berdampak pada penurunan volume angkutan, pendapatan, dan laba usaha perusahaan, maka direkomendasikan:

a. Melakukan pemantauan secara berkala terhadap perkembangan kebijakan energi, regulasi lingkungan, dan arah transisi energi nasional yang berpotensi memengaruhi permintaan jasa angkutan batu bara. Hasil pemantauan perlu digunakan sebagai dasar penyusunan skenario risiko bisnis, termasuk analisis sensitivitas terhadap perubahan volume angkutan, pendapatan, biaya operasional, dan pencapaian target RKAP. Dengan demikian, perusahaan dapat mengidentifikasi potensi penurunan kinerja keuangan lebih awal dan menyiapkan langkah antisipasi secara terukur.
b. Menyusun strategi adaptasi bisnis melalui evaluasi portofolio angkutan, pengembangan peluang pendapatan dari komoditas atau sektor lain, serta penguatan kerja sama dengan pelanggan dan pemangku kepentingan terkait. Inisiatif diversifikasi perlu mempertimbangkan kelayakan pasar, kesiapan kapasitas operasional, kebutuhan investasi, dan potensi kontribusi terhadap kinerja keuangan perusahaan. Langkah tersebut diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap satu jenis komoditas, menjaga daya saing layanan angkutan, dan memperkuat ketahanan bisnis dalam menghadapi perubahan kebijakan energi.

5.2.8 Tata Kelola dan Integrasi Risiko Iklim ke dalam Manajemen Risiko Perusahaan

Untuk memastikan pelaksanaan mitigasi risiko dampak perubahan iklim berjalan efektif, terukur, dan berkelanjutan, maka direkomendasikan:

a. Memperkuat tata kelola pengelolaan risiko melalui penetapan prioritas penanganan berdasarkan tingkat risiko, urgensi keselamatan, frekuensi kejadian, potensi kerugian, dan efektivitas pengendalian yang tersedia. Setiap rencana mitigasi perlu dilengkapi dengan kejelasan penanggung jawab, target waktu, kebutuhan anggaran, indikator keberhasilan, serta mekanisme pemantauan dan eskalasi apabila pelaksanaan mengalami keterlambatan. Pekerjaan yang belum terealisasi atau masih berupa penanganan sementara perlu mendapatkan perhatian khusus agar tidak menimbulkan ketergantungan berkepanjangan pada tindakan darurat.

b. Mengoptimalkan koordinasi antara Divisi Manajemen Risiko, unit teknis terkait, Daerah Operasi, serta fungsi perencanaan dan penganggaran untuk memastikan hasil kajian risiko menjadi dasar dalam penyusunan program kerja dan prioritas investasi perusahaan. Koordinasi dengan instansi eksternal juga perlu diperkuat untuk menangani risiko yang dipengaruhi kondisi di luar kewenangan perusahaan. Di samping itu, hasil inspeksi, riwayat kejadian, biaya penanganan, serta efektivitas mitigasi perlu didokumentasikan secara konsisten sebagai bahan evaluasi risiko dan penyempurnaan rencana adaptasi iklim.

c. Melakukan evaluasi berkala terhadap tingkat risiko residual berdasarkan kondisi aktual setelah mitigasi dilaksanakan, bukan hanya berdasarkan rencana atau target penyelesaian pekerjaan. Evaluasi tersebut perlu mempertimbangkan perubahan tingkat paparan iklim, kondisi fisik prasarana, kejadian berulang, dan efektivitas pengendalian yang telah diterapkan. Dengan demikian, hasil kajian risiko dapat terus diperbarui dan digunakan sebagai instrumen pengambilan keputusan dalam menjaga keselamatan operasional, keandalan layanan, efisiensi biaya, dan keberlanjutan bisnis perusahaan.

5.3 Penguatan Pengungkapan Risiko Iklim

Tabel berikut memetakan kesesuaian kajian ini terhadap elemen pengungkapan risiko iklim, beserta langkah penguatan untuk siklus kajian berikutnya.

Tabel 5.1 Kesesuaian Kajian terhadap Elemen Pengungkapan Risiko Iklim

Elemen pengungkapan	Status dalam kajian ini	Langkah penguatan
Identifikasi bahaya fisik per lokasi operasi	Terpenuhi: 29 risiko pada 9 Daop dengan lokasi kilometer dan bangunan	Memperbarui peta paparan setiap tahun berdasarkan Dapsus dan riwayat kejadian
Klasifikasi akut, kronis, dan transisi	Terpenuhi untuk seluruh risiko	Memasukkan klasifikasi ke register ERM sebagai atribut tetap
Rentang waktu dampak	Sebagian: definisi ditetapkan dalam Bab II dan digunakan pada rencana tindakan; penetapan rentang waktu dampak per risiko belum dilakukan	Menetapkan rentang waktu setiap risiko bersama pemilik risiko dan mengesahkan definisinya dalam pedoman manajemen risiko
Analisis skenario iklim	Belum dilakukan; masih berbasis data observasi dan prakiraan BMKG	Melakukan analisis skenario emisi tinggi dan rendah hingga 2050 untuk bahaya banjir, hujan ekstrem, dan suhu pada lokasi aset prioritas
Cakupan aset yang dinilai	Terpenuhi: seluruh (100%) aset di wilayah operasi Daop 1 sampai Daop 9 telah dinilai paparannya; lokasi rawan ditetapkan sebagai Dapsus	Mempertahankan cakupan 100% dan memutakhirkan penilaian setiap tahun

Elemen pengungkapan	Status dalam kajian ini	Langkah penguatan
Kuantifikasi dampak keuangan	Terpenuhi pada tingkat jenis bahaya: estimasi skenario Rp379 miliar sampai Rp1,548 triliun atas 134 entri lokasi Dapsus, didukung biaya historis dan data gangguan perjalanan	Menajamkan estimasi menjadi kerugian tahunan yang diharapkan dengan memperhitungkan probabilitas kejadian, serta menambahkan kehilangan pendapatan dan kompensasi
Rencana mitigasi, adaptasi, dan biayanya	Terpenuhi secara indikatif: tindakan per lokasi dengan penanggung jawab dan target waktu, rencana per kategori dengan horizon dan KPI, serta biaya indikatif Rp369,61 miliar	Menetapkan biaya resmi melalui survei teknis dan RAB, merekonsiliasi entri Dapsus yang menunjuk lokasi sama, dan memantau realisasi
Risiko transisi	Teridentifikasi; belum dikuantifikasi	Melakukan analisis sensitivitas volume dan pendapatan angkutan batu bara
Peluang iklim	Belum diidentifikasi	Mengidentifikasi peluang, misalnya peralihan permintaan ke moda rendah emisi dan diversifikasi angkutan

Kajian ini menegaskan bahwa dampak perubahan iklim, bersama faktor teknis infrastruktur, merupakan tantangan nyata yang harus diantisipasi secara serius oleh PT KAI. Risiko iklim memiliki implikasi luas, mulai dari potensi penurunan pendapatan, peningkatan biaya pemeliharaan, hingga dampak terhadap reputasi dan kepercayaan publik.

Implementasi langkah mitigasi yang bersifat preventif, adaptif, dan berkelanjutan perlu dilakukan, baik dalam bentuk peningkatan ketahanan infrastruktur, penguatan sistem pemeliharaan, maupun penyediaan fasilitas yang mendukung kenyamanan dan keselamatan. Upaya tersebut perlu dilaksanakan secara konsisten dan terintegrasi dengan dukungan kolaborasi bersama instansi eksternal seperti BMKG dan pemerintah daerah. Dengan pendekatan tersebut, PT KAI diharapkan mampu menjaga keandalan layanan, meningkatkan keselamatan perjalanan, dan memastikan keberlanjutan bisnis dalam menghadapi tantangan perubahan iklim saat ini maupun di masa mendatang.