

Penanganan Dampak Perubahan Iklim Global pada Bidang Perkeretaapian Melalui Pendekatan Mitigasi dan Adaptasi

Ridwan

Kelompok Keahlian Pengelolaan Pembangunan dan Pengembangan Kebijakan, Sekolah Arsitektur Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa 10 Bandung, E-mail: ridwan223@yahoo.com

Nurul Chazanah

Kelompok Keahlian Teknologi Pengelolaan Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa 10 Bandung, E-mail: nurul.chaza@yahoo.com

Abstrak

Aktivitas manusia yang terus meningkat (khususnya transportasi) menyebabkan meningkatnya limbah dan polusi yang dihasilkan. Diantaranya adalah berupa emisi gas buang CO₂ (Carbon dioksida). Karbon dioksida yang dihasilkan terus menerus dan dilepas ke udara akan merusak lapisan ozon di atmosfer berdampak pada terjadinya perubahan iklim global. Beberapa faktor yang terjadi diantaranya berupa: peningkatan suhu udara, kenaikan permukaan air laut, perubahan curah hujan dan peningkatan frekuensi serta intensitas kejadian cuaca ekstrem. Tentu hal ini akan mempengaruhi kembali aktivitas manusia diantaranya sektor transportasi, khususnya bidang perkeretaapian. Oleh karena itu perlu adanya penanganan preventif dan kuratif untuk mengurangi dampak yang terjadi tersebut. Salah satunya adalah dalam bentuk kebijakan Adaptasi dan Mitigasi. Studi ini akan menerangkan bagaimana pendekatan Adaptasi dan Mitigasi yang bisa dilakukan bidang perkeretaapian dalam menghadapi perubahan iklim global yang diperkirakan terjadi dimasa-masa yang akan datang.

Kata-kata Kunci: *Iklim global, mitigasi, adaptasi.*

Abstract

The ever growing human activities (particularly transportation) caused the increase in pollution and waste such as CO₂. The continuous emission of CO₂ into the air can destroy ozone layer in the atmosphere which will result in global climate change. Some factors that have already happened are among others: increase in air temperature, increase in sea surface level, changes in rainfall, and increase in the frequency and intensity of extreme weather condition. These will certainly affect human activities such as transportation, particularly train sector. Therefore, preventive and curative actions are needed to reduce the impact. One of the actions is the in the form of adaptation and mitigation policy. This study will explain the approach of adaptation and mitigation that can be done in train sector in dealing with global climate change which is predicted to occur in the future.

Keywords: *Global, climate change, mitigation, adaptation.*

1. Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan suatu fenomena yang telah terjadi dan dampaknya sudah dirasakan oleh berbagai pihak. Perubahan iklim memberikan dampak yang cukup besar terhadap pembangunan sosial ekonomi Indonesia. Untuk itu strategi mengutamakan isu perubahan iklim ke dalam perencanaan pembangunan nasional termasuk koordinasi, sinergi, monitoring dan evaluasi merupakan tantangan dalam mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Sektor transportasi merupakan salah satu faktor yang secara signifikan memberikan kontribusi terhadap penyebab terjadinya perubahan iklim. Transportasi merupakan setor yang mengkonsumsi bahan bakar

minyak (BBM) cukup besar di Indonesia. Ketergantungan sektor transportasi terhadap BBM telah menimbulkan kekhawatiran karena jumlah cadangan dan produksi minyak bumi Indonesia terbatas dan pembakaran BBM menimbulkan pencemaran berat di kota besar dan juga berdampak pada perubahan iklim.

Sementara itu sebagai faktor yang memberikan dukungan terhadap hampir semua sektor lainnya, transportasi menjadi sangat penting bagi kegiatan ekonomi masyarakat. Oleh karena itu, sektor transportasi sebagai salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar memerlukan upaya-upaya agar pencemaran dari sektor ini dapat ditekan dan tanpa mengurangi peranan sektor ini bagi pendukung kegiatan ekonomi.

Untuk dampak perubahan iklim yang mungkin dan sudah terjadi diantaranya berupa peningkatan suhu udara, kenaikan permukaan air laut, perubahan curah hujan dan peningkatan frekuensi serta intensitas kejadian cuaca ekstrem. Peningkatan suhu udara secara global akan meningkatkan permukaan air laut yang dapat berakibat pada tenggelamnya prasarana transportasi di wilayah pesisir. Demikian pula kejadian iklim ekstrem atau anomali iklim seperti intensitas curah hujan yang sangat tinggi pada waktu singkat yang menyebabkan banjir dan longsor atau sebaliknya tidak ada hujan dalam waktu lama akan menyebabkan kekeringan atau bencana alam lainnya.

Secara khusus, sub sektor transportasi perkeretaapian memegang peranan penting dalam strategi untuk mengantisipasi perubahan iklim. Pengembangan transportasi perkeretaapian sebagai angkutan massal yang hemat energi dan ramah lingkungan (beban polutan lebih kecil) dapat merupakan salah satu upaya mitigasi untuk mengurangi ancaman perubahan iklim. Hal tersebut khususnya pada pengembangan kereta api perkotaan/komuter dengan program elektrifikasi serta modifikasi sarana kereta api untuk penggunaan energi yang lebih hemat dan ramah lingkungan.

Selain hal tersebut di atas, transportasi perkeretaapian juga dapat menjadi objek yang terkena dampak terhadap perubahan iklim, hal tersebut diantaranya berupa peningkatan suhu/temperatur serta bencana banjir akibat kenaikan muka air laut yang dapat mengganggu operasional kereta api maupun kinerja prasarana/sarana kereta api.

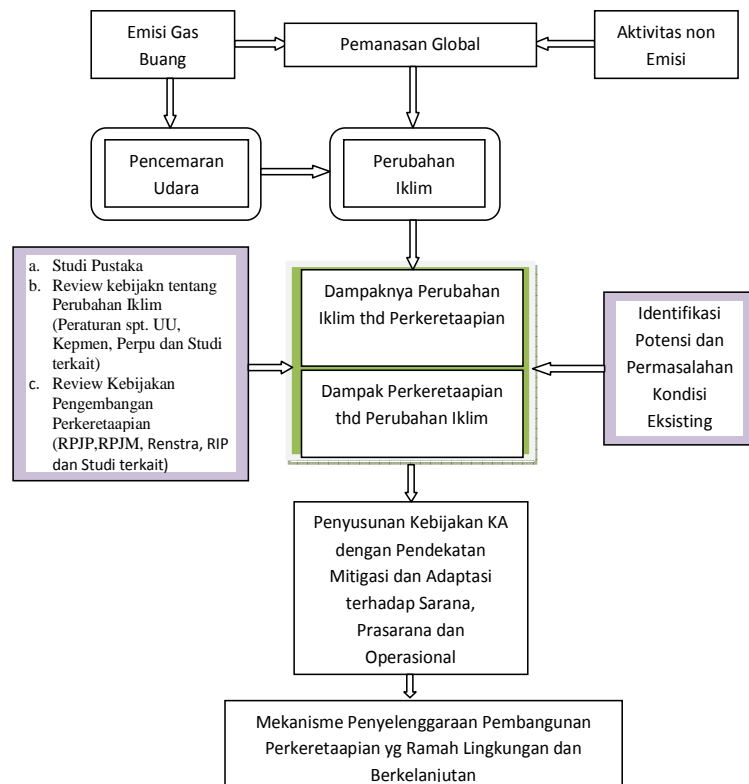
Permasalahan yang timbul adalah sejauh manakah perubahan iklim global terjadi di Indonesia, bagaimanakah pengaruhnya terhadap bidang perkeretaapian dan bagaimana upaya pendekatan Adaptasi dan Mitigasi bidang perkeretaapian yang bisa dilakukan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim global tersebut. Bab berikut akan menerangkan tentang terjadinya fenomena perubahan iklim global di Indonesia, dampaknya terhadap bidang perkeretaapian serta penanganannya melalui pendekatan Adaptasi dan Mitigasi.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengkaji dampak perubahan iklim terhadap transportasi kereta api di Indonesia baik ditinjau dari aspek prasarana, sarana dan operasional yang kemudian menjadi dasar untuk menyusun kebijakan penanganan perubahan iklim di bidang perkeretaapian.

2. Metodologi

Metode penelitian yang dilakukan adalah:

1. Mempelajari isu-isu tentang perubahan iklim global.
2. Mengamati potensi dan permasalahan dampak perubahan iklim global terhadap bidang perkeretaapian.
3. Melakukan kajian studi pustaka dan kebijakan yang terkait dengan perubahan iklim dan pengembangan perkeretaapian.
4. Menyusun kebijakan perkeretaapian dengan pendekatan Mitigasi dan Adaptasi. Lebih jelas dapat dilihat pada **Gambar 1** di bawah ini.



Gambar 1. Metode Penelitian

3. Fenomena Perubahan Iklim Global di Indonesia

3.1 Fenomena pemanasan global

Berdasarkan tulisan Laksdya TNI (Purn) Numberi (2009), Menteri Kelautan dan Perikanan RI, saat ini peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer dalam kurun waktu 1000 tahun terakhir masih stabil pada level 270-290 ppm, namun tahun 1994 telah mencapai 358 ppm. Kenaikan level konsentrasi CO₂ di atmosfer dikarenakan salah satunya oleh emisi bahan bakar fosil dan perubahan bentang alam. Fenomena ini dilaporkan bertanggung jawab terhadap kenaikan muka air laut setinggi 1-2 mm/tahun di wilayah Greenland dalam kurun waktu 50 tahun terakhir karena 27% lapisan es di kutub utara telah mencair.

Dampak akibat pencairan lapisan es ini tidak hanya bersifat lokal di belahan bumi utara saja, namun juga berpengaruh hingga ke wilayah equator sebagai bagian dari gaya sentrifugal rotasi bumi. Di Indonesia sendiri menurut tulisannya menyatakan:

1. Kenaikan suhu tahunan di Indonesia dari tahun 1970 - 2004 antara 0,2 – 1^oC.
2. Dampak pemanasan global akan terjadi kenaikan rata-rata suhu dunia per 1^oC dalam rentang kenaikan 1-5^oC.
3. Wilayah pesisir semakin rentan terhadap erosi pantai maupun naiknya permukaan air laut, dan kerusakan akan dipeparah akibat perbuatan manusia.
4. Diperkirakan tahun 2080, jutaan orang akan terkena banjir setiap tahun karena naiknya permukaan air laut. Resiko terbesar adalah dataran rendah yang

padat penduduk dengan kapasitas beradaptasi yang rendah, terutama berada di delta-delta besar di Asia dan penduduk di pulau-pulau kecil termasuk di Indonesia (Tabel 1).

5. Adaptasi untuk daerah pesisir lebih sulit dilakukan di negara berkembang karena terbatasnya kapasitas beradaptasi mereka.

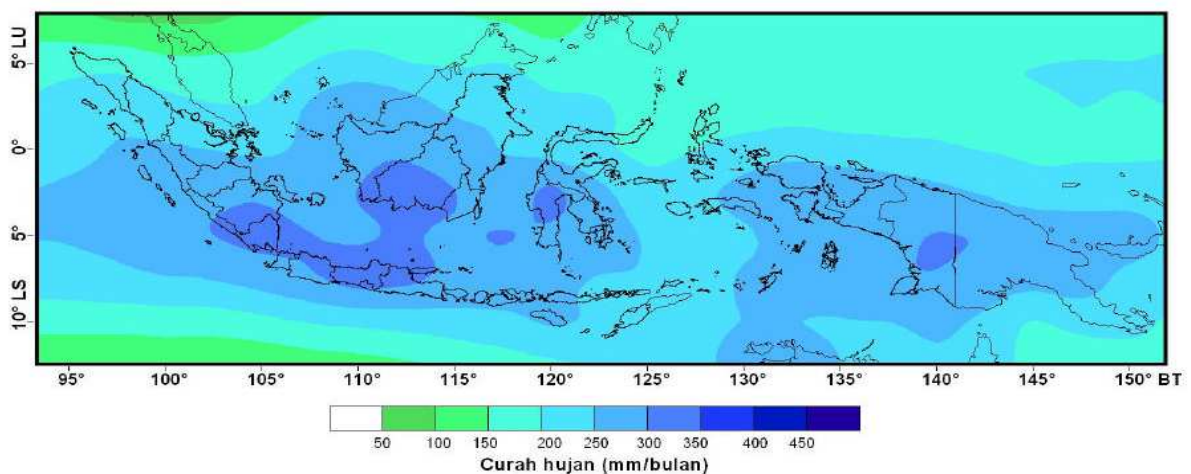
3.2 Gambaran umum perubahan iklim di Indonesia

Perubahan iklim secara umum dapat dilihat pada indikator antara lain: suhu udara curah hujan, hari hujan dan kecepatan angin yang terjadi di wilayah Indonesia. Dari keempat indikator tersebut Curah hujan merupakan faktor yang paling banyak mempengaruhi timbulnya bencana alam seperti banjir dan longsor. Selama tahun 1983 hingga 2003 distribusi curah hujan di Indonesia berdasarkan data pemantauan satelit yang dilakukan oleh LAPAN dan BMG menunjukkan keadaan normal, curah hujan >250 mm/bulan tersebar di wilayah sebagian Pulau Sumatra. Selatan, Pulau Jawa, Kalimantan dan Papua yang terjadi pada selama bulan Januari, tetapi pada bulan Juni keadaan ini berubah dimana curah hujan ≥ 250 mm/bulan berada pada wilayah Sumatra Utara dan, Sumatra Barat dan Sebagian Kalimantan dan Papua. Lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

Tabel 1. Proyeksi kenaikan muka laut di Indonesia

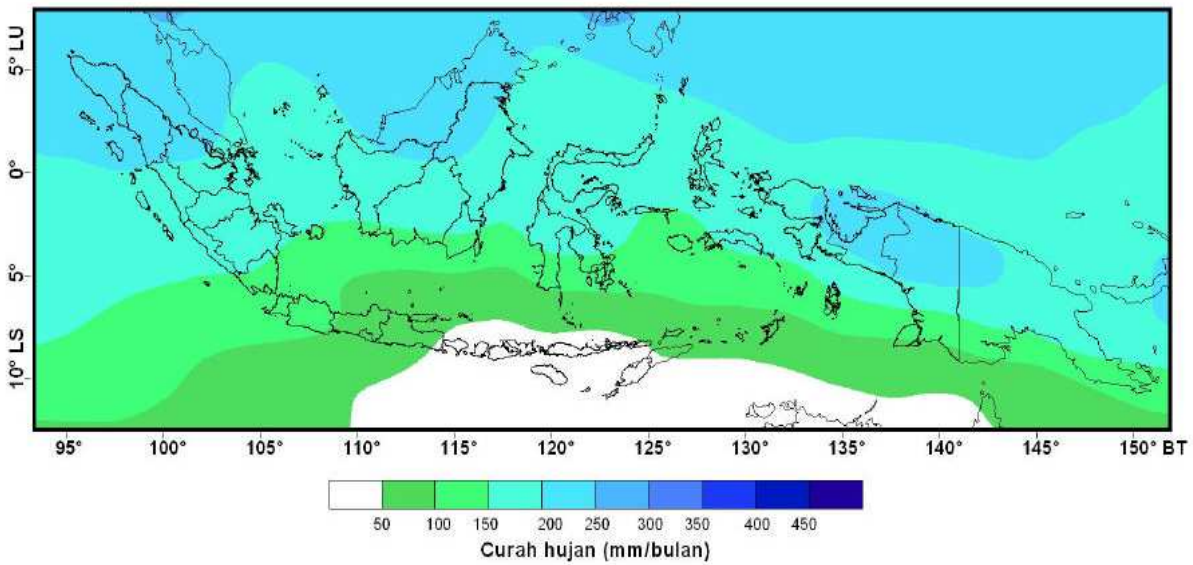
Year	Luas Area yang Hilang (km ²)	Kenaikan Muka Laut (m)
2010	7,408	0,4
2050	30,120	0,56
2100	90,260	1,1

Sumber: Freddy Numberi dkk. Kementerian Kelautan dan Perikanan RI Tahun 2009 (diolah)



Sumber: Outgoing Longwave Radiation (1982 – 2003) bulan Juni, LAPAN dan BMG Tahun 2010

Gambar 2. Akumulasi curah hujan di Indonesia Bulan Januari Tahun 1983-2003



Sumber: Outgoing Longwave Radiation (1982 – 2003) bulan Juni, LAPAN dan BMG Tahun 2010

Gambar 3. Akumulasi curah hujan di Indonesia Bulan Juni Tahun 1983-2003

4. Hasil dan Pembahasan

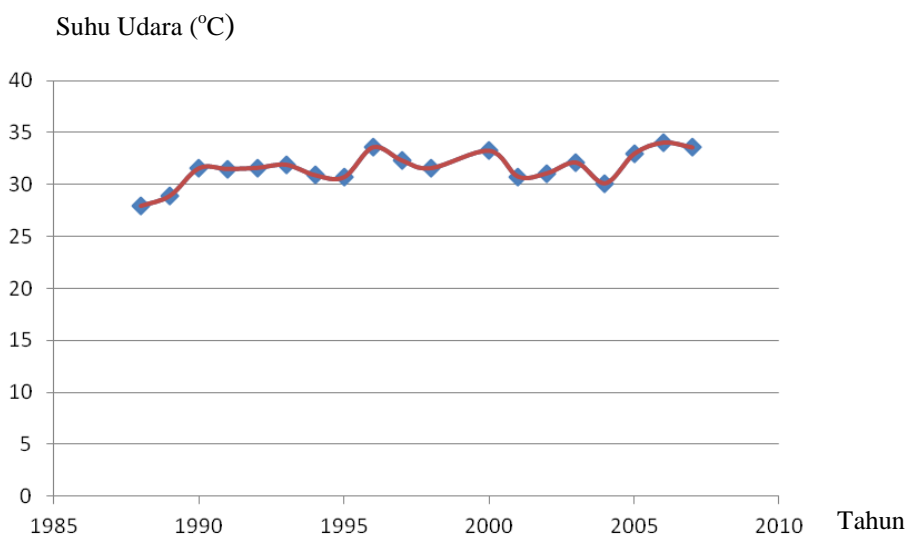
4.1 Perubahan iklim mikro di Indonesia

4.1.2 Suhu

Suhu Udara di Indonesia dari tahun 1988 sampai dengan 2007 (19 tahun) terakhir dari hasil rekapitulasi Statistik Indonesia, bahwa suhu maksimum tertinggi pada tahun 2006 sebesar 34,05 °C dan terendah pada tahun 1988 sebesar 27,92 °C. Dari Gambar suhu udara mengalami peningkatan yang berarti sekitar 7°C. Perubahannya dapat dilihat pada **Gambar 4**.

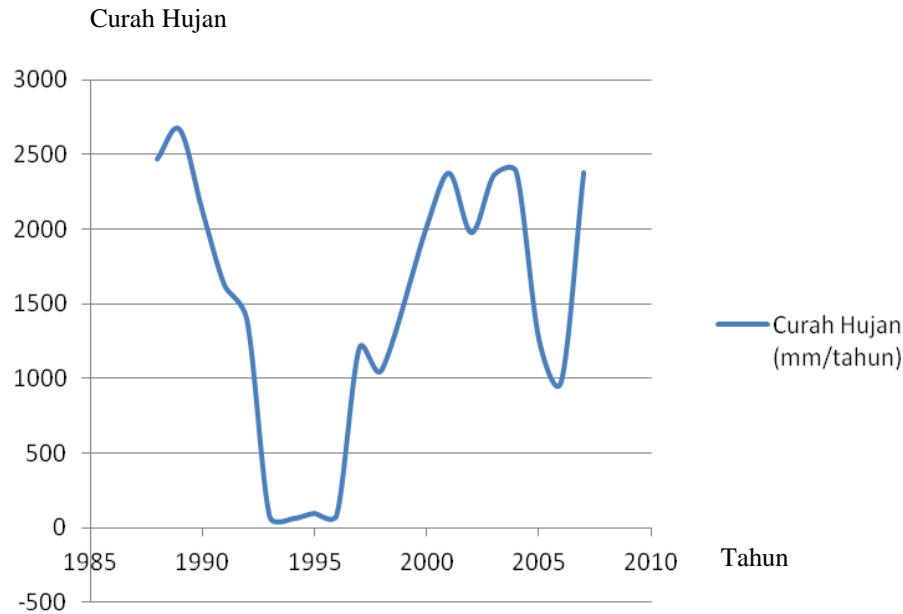
4.1.3 Curah hujan

Curah hujan di Indonesia dari tahun 1988 sampai dengan 2007 (19 tahun) terakhir dari hasil rekapitulasi Statistik Indonesia, bahwa curah hujan tertinggi pada tahun 1989 sebesar 2.669,73 mm/tahun dan terendah pada tahun 1994 sebesar 59,1 mm/tahun. Dari **Tabel 4** rata-rata curah hujan mengalami fluktuasi. Perubahan yang sangat tajam terjadi pada tahun 2004 hingga 2007. Perubahan fluktuasi dapat dilihat pada grafik **Gambar 5**.



Sumber: BPS, Hasil Rekapitulasi Statistik Indonesia, 2009 (diolah)

Gambar 4. Grafik suhu udara Indonesia dari Tahun 1988-2007



Sumber: BPS, Hasil Rekapitulasi Statistik Indonesia, 2009 (diolah)

Gambar 5. Grafik curah hujan di Indonesia

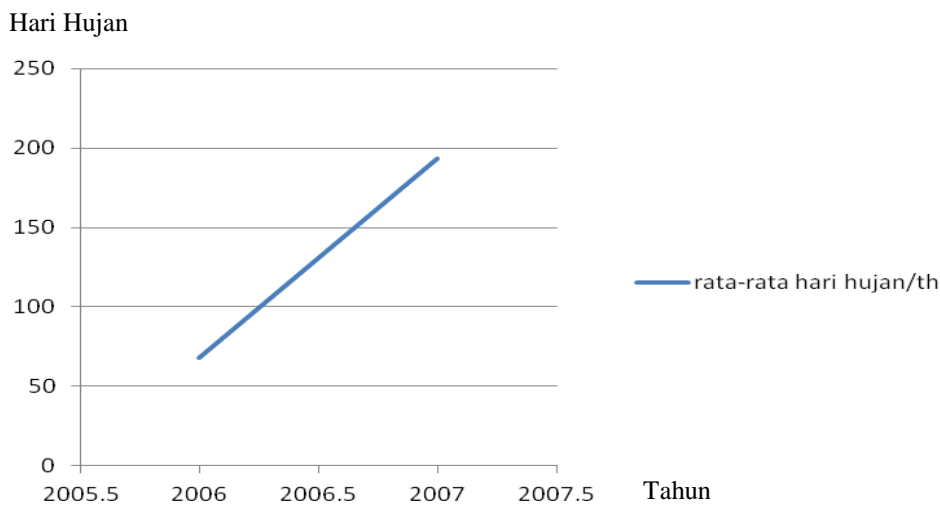
4.1.4 Hari hujan

Hari hujan di Indonesia dari tahun 2006 sampai dengan 2007 (2 tahun) terakhir dari hasil rekapitulasi Statistik Indonesia, bahwa hari hujan tertinggi pada tahun 2007 sebesar 193,44 hari hujan selama setahun. Dari tabel dan grafik di bawah ini terlihat ada peningkatan jumlah hari hujan sebesar 125,75.

Tabel 2. Rata- rata hari hujan di Indonesia

No	Tahun	Rata- Rata Hari Hujan
1	2006	67,69
2	2007	193,44

Sumber: BPS, Hasil Rekapitulasi Statistik Indonesia, 2009 (diolah)



Gambar 6. Grafik hari hujan di Indonesia Tahun 2006-2007

Dari trend data yang ada perubahan iklim di Indonesia secara umum telah mengalami perubahan. Indikatornya dapat dilihat pada perkembangan suhu udara, curah hujan dan lamanya hari hujan yang terjadi selama 20 tahun terakhir. Hal ini tentunya akan berdampak pada aktivitas manusia termasuk didalamnya sub sektor perkeretaapian.

5. Dampak Perubahan Iklim Global terhadap Perkeretaapian

Perubahan iklim (*climate change*) berdampak terhadap berbagai aspek kehidupan baik secara ekonomi, sosial, lingkungan dan juga transportasi. Secara social ekonomi perubahan iklim khususnya perubahan iklim secara ekstrem telah menyengsarakan kehidupan

manusia, dampak yang ditimbulkan sangat merugikan sehingga manusia sangat kesulitan baik dalam usaha ekonomi maupun dalam interaksi dengan sesamanya. Hujan salju di USA dan Cina, hujan lebat yang mendatangkan banjir di sebagian besar wilayah Indonesia (pada musim hujan), kekeringan dan kebakaran hutan (di Australia) telah mendatangkan kerugian yang sangat besar, aktivitas ekonomi dan interaksi manusia mengalami hambatan.

Perubahan iklim juga dapat mendatangkan dampak bagi transportasi, mencairnya es di kutub telah menyebabkan naiknya permukaan air laut menyebabkan terjadinya rob di daerah pesisir. Sebagian besar jaringan jalan (jalan raya), pelabuhan laut, pelabuhan udara, jalan kereta api berada di pesisir, ada beberapa jalan raya, pelabuhan laut dan rel tergenang bila rob datang.

Perubahan iklim menyebabkan hujan yang sangat lebat mendatangkan banjir di berbagai tempat berpengaruh terhadap aktivitas social dan ekonomi, juga berpengaruh terhadap transportasi. Banyak dijumpai jalan amblas, tanah longsor, rel kereta api terendam banjir atau menggantung karena longsor.

Disamping itu perubahan iklim juga mendatangkan kemarau berkepanjangan dan mendatangkan kebakaran. Di Indonesia, Australia dan negara lain sering mengalami kebakaran (khususnya hutan, kawasan perkebunan, kawasan perkotaan) berdampak pada transportasi dimana kehadiran asap mengganggu jarak pandang bagi para penumpang.

Dibidang sub sector perkeretaapian sendiri dampak perubahan iklim akan berpengaruh kepada sarana dan parasana kereta api serta fasilitas lainnya yang akan mengganggu operasional kereta api. Hingga Tahun 2010 karakteristik bencana alam seperti banjir, longsor, amblesan serta luapan lumpur sudah 537 titik kejadian (sigi lapangan tahun 2010) yang tersebar di seluruh Devisi Regional (DIVRE) Sumatera dan Daerah Operasi (DAOP) Jawa. Hal ini sudah barang tentu dapat mengganggu kinerja pelayanan perkeretaapian jika



Gambar 7. Lokasi rel KA yg terkena banjir di Semarang Tahun 2010

tidak segera dilakukan antisipasi dan penanganannya. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 3.

6. Konsep Pendekatan Mitigasi dan Adaptasi Bidang Perkeretaapian Terkait Perubahan Iklim Global

Sistem transportasi yang handal (*reliable*) harus dapat dikembangkan sehingga kesiapannya (*preparedness*) untuk menghadapi bencana dapat ditingkatkan.

Untuk mengantisipasi perubahan iklim dilakukan dengan 2 pendekatan kebijakan yakni:

1. Mitigasi merupakan program pembangunan untuk mengurangi atau mereduksi emisi gas rumah kaca dengan adanya intensitas pertumbuhan penggunaan energi
2. Adaptasi merupakan pengembangan pola pembangunan yang tahan terhadap dampak perubahan iklim dan gangguan anomali cuaca yang terjadi saat ini dan antisipasi ke depan

Sesuai dengan kajian atas permasalahan yang ada di daerah, maka Kebijakan antisipasi perubahan iklim dalam kebijakan Adaptasi dan Kebijakan Mitigasi Kebijakan Adaptasi:

1. Redesain konstruksi jembatan dan jalan rel, terutama pada lokasi yang terkena longsor, banjir dan ambles.
2. Penyesuaian konstruksi fisik jalan rel pada posisi yang aman terhadap banjir dan longsor seperti mengangkat track/ jembatan, peninggian spoor emplasemen, perbaikan badan jalan rel dan sebagainya.

a. Kebijakan Mitigasi:

1. Pemantauan dan evaluasi lokasi jalan rel tergenang didukung sistem informasi yang akurat
2. Pemantauan dan evaluasi lokasi potensi longsor jalan rel didukung sistem informasi yang akurat
3. Pengembangan angkutan massal berbasis kereta api di wilayah perkotaan
4. Pengalihan angkutan barang ke kereta api.

Sesuai dengan Rencana Aksi Nasional Pengurangan Emisi yang akan diInpreskan, bahwa secara nasional harus dilakukan pengurangan emisi sebesar 26% atau sebesar 0,008 giga ton untuk sektor transportasi. Bidang perkeretaapian sendiri telah berupaya untuk turut berkontribusi mengurangi emisi gas buang. Antara lain melalui pelaksanaan berbagai kebijakan dan strategi dalam Jangka Pendek (5 tahun), Jangka Menengah (10 tahun) dan Jangka Panjang (20 tahun), yaitu:

Tabel 3. Dampak perubahan iklim terhadap transportasi dan perkeretaapian

Perubahan Iklim	Dampak terhadap Transportasi	Dampak terhadap Perkeretaapian
Kenaikan muka air laut	a. Ancaman banjir pada infrastruktur yang berada di topografi rendah b. Erosi pada struktur pendukung jembatan dan pelabuhan c. Perubahan layout dan infrastruktur pelabuhan dan dermaga penyeberangan d. Ancaman bagi keamanan landasan pacu dan fasilitas bandara udara yang berada dekat laut e. Bahaya rob air laut pada infrastruktur jalan, pelabuhan, bandar udara, rel yang berada di pesisir/tepi pantai	f. Rel terganggu karena banjir g. Rel menggantung karena erosi pada struktur pendukung h. Rel tertimbun karena adanya longsor tebing i. Stasiun dan fasilitas penunjang terganggu banjir
Peningkatan suhu udara	a. Kembang susut akibat perubahan suhu yang ekstrem antara siang dan malam hari berpengaruh pada kekuatan struktur prasarana perhubungan seperti jembatan, jalan, dermaga, pelabuhan b. Kerusakan perkerasan c. Penurunan usia konstruksi d. Lift off limits at hot weather airports	e. Kembang susutnya rel akibat perubahan suhu ekstrem siang dan malam f. Deformasi pada rel kereta api
Perubahan pola cuaca	a. Gangguan navigasi dan visibility perjalanan b. Peningkatan penundaan jadwal penerbangan dan pelayaran akibat gangguan cuaca c. Ancaman banjir	d. Ancaman banjir e. Penundaan jadwal f. Keterlambatan perjalanan
Perubahan pola dan intensitas curah hujan	a. Kerusakan bandara dan pelabuhan b. Semakin banyaknya infrastruktur yang rusak	c. Kerusakan rel, stasiun dan fasilitas pendukung

Sumber: Rencana pembangunan sarana dan prasarana transportasi terkait perubahan iklim. Th 2009, sekjen Departemen Perhubungan

Tabel 4. Rekapitulasi jumlah dan jenis bencana alam pada lokasi jaringan kereta api sampai Tahun 2010

No	WILAYAH KERJA	JENIS BENCANA TERHADAP PRASARANA KA								JUMLAH	
		LONGSOR	%	BANJIR	%	AMBLESAN	%	LUMPUR	%		%
A. PULAU SUMATERA											
1	SUMUT	39	16	21	17	0	0	0	0	60	11
2	SUMBAR	14	6	9	7	0	0	0	0	23	4
3	SUMSEL	51	21	0	-	95	56	0	0	146	27
	JUMLAH	104	43	30	24	95	56	0	0	229	43
B. PULAU JAWA											
4	JAKARTA	5	2	5	4	0	0	0	0	10	2
5	BANDUNG	13	5	5	4	0	0	0	0	18	3
6	CIREBON	0	0	0	0	2	1	0	0	2	0
7	SEMARANG	39	16	51	40	0	0	0	0	90	17
8	PURWOKERTO	4	2	7	6	11	7	0	0	22	4
9	YOGYAKARTA	10	4	7	6	12	7	0	0	29	5
10	MADIUN	29	12	1	1	29	17	0	0	59	11
11	SURABAYA	33	14	17	13	20	12	1	100	71	13
12	JEMBER	3	1	4	3	0	0	0	0	7	1
	JUMLAH	136	57	97	76	74	44	1	100	308	57
		240	100	127	100	169	100	1	100	537	100

Sumber: Sigi Lapangan tahun 2010

b. Kebijakan Penghematan Serta Minimalisir Emisi Gas Buang

Untuk mengurangi emisi gas buang kebijakan yang dilaksanakan antara lain:

1. Bidang Prasarana (jangka menengah) yaitu:

- 1) Disain jaringan yang mampu mendorong efisiensi penggunaan bahan bakar
- 2) Mendorong Peningkatan kualitas track.
- 3) Pengembangan konsep dan teknologi sinyal (prasarana) yang meningkatkan efisiensi.
- 4) Mendorong adanya teknologi prasarana Kereta api antar kota yang hemat waktu dan cepat.

2. Bidang Operasional (jangka Pendek) yaitu:

- 1) Melakukan efisiensi operasi KA seperti mengurangi keterlambatan, melakukan perawatan sesuai dengan guided maintenance.
- 2) Penguasaan teknologi utama (bogie, badan kereta aluminium, sistem propulsi, train controlling and monitoring system) kereta cepat.
- 3) Setup Line Production komponen utama kereta cepat.

3. Bidang Sarana (jangka Panjang) yaitu:

- 1) Pengembangan Teknologi kereta ramah lingkungan dan hemat energi.
- 2) Pengembangan teknologi konstruksi ringan dan modular.
- 3) Pengembangan teknologi kereta Tilting dan active/semi active suspension.
- 4) Setup Line Production sistem produksi kereta dengan teknologi modular.
- 5) Pengembangan teknologi konstruksi ringan dan modular.
- 6) Penguasaan teknologi kereta ringan dan new transportation system (LRT, Monorail, Tram, dan lain-lain).

c. Strategi penghematan serta minimalisir emisi gas buang antara lain:

1. Perencanaan prasarana (jangka menengah) yaitu:

- 1) Jaringan jalur KA dibuat selurus mungkin (memperpendek jarak) pembuatan shortcut.

- 2) Elektrifikasi jalur kereta api;
- 3) Memperkecil gradien (kelandaian) jalur kereta api;
- 4) Memperbesar radius lengkung.
- 5) Kebijakan teknologi prasarana meliputi::

1. Teknologi prasarana yaitu Pengembangan teknologi sinyal, telekomunikasi dan listrik untuk mendukung pengoperasian yang aman (*fail-safe*);
2. Teknologi prasarana Kereta api antar kota dengan kecepatan 120-140 km/jam :
3. Pengembangan teknologi perangkat luar support elektrifikasi
4. Peningkatan kualitas track
5. Pembangunan elektrifikasi 25kV
6. Pengembangan konsep&teknologi sinyal (MOBIS, Electronic Interlocking, Automatic Train Stop)
7. Setup line production untuk MOBIS dan Automatic Train Stop
8. Pengembangan teknologi automatic train protection
9. Teknologi prasarana Angkutan Perkotaan meliputi:

- 1) Pengembangan teknologi perangkat luar support elektrifikasi
- 2) Peningkatan kualitas track
- 3) Pembangunan elektrifikasi
- 4) Pengembangan konsep & teknologi sinyal (*MOBIS, electronic interlocking, automatic train stop*), pengembangan teknologi sinyal (*electronic interlocking*)
- 5) Pengembangan teknologi *centralized train control*
- 6) Pengembangan teknologi sinyal (*electronic interlocking*)
- 7) Pengembangan teknologi automatic train control
- 8) *Setup line production dan automatic train control*

9) *Setup line production untuk MOBIS dan automatic train stop*

10) *Pengembangan teknologi automatic train protection*

11) *Setup untuk electronic site inspection*

2. Manajemen operasional (jangka pendek) yaitu:

Melakukan efisiensi operasi KA seperti mengurangi keterlambatan, melakukan perawatan sesuai dengan guided maintenance.

3. Rekayasa Teknologi Sarana dengan Penerapan Kebijakan (jangka panjang) yaitu:

- 1) Penguasaan teknologi utama (bogie, badan kereta aluminium, sistem propulsi, train controlling and monitoring system) kereta cepat
- 2) Setup Line Production komponen utama kereta cepat
- 3) Pengembangan Teknologi kereta ramah lingkungan dan hemat energi
- 4) Pengembangan teknologi konstruksi ringan dan modular
- 5) Pengembangan teknologi kereta Tilting dan active/semi active suspension
- 6) Setup Line Production sistem produksi kereta dengan teknologi modular

4. Teknologi sarana angkutan perkotaan (jangka Panjang) meliputi:

- 1) Pengembangan teknologi kereta ramah lingkungan dan hemat energi
- 2) Pengembangan teknologi konstruksi ringan dan modular
- 3) Pengembangan teknologi bogie low floor
- 4) Penguasaan teknologi kereta ringan dan new transportation system (LRT, Monorail, Tram, dan lain-lain).

7. Kesimpulan

1. Untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim yang ekstrim ini, maka bidang perkeretaapian perlu merumuskan dua kebijakan yaitu kebijakan Mitigasi dan kebijakan Adaptasi. upaya mitigasi dapat dilakukan dengan pengembangan meminimalisas emisi gas buang pada bidang sarana, prasarana dan operasional. Hal tersebut khususnya pada Kereta

Api perkotaan/komuter dengan program elektrifikasi serta modifikasi sarana KA untuk penggunaan energi yang lebih hemat dan ramah lingkungan.

2. Transportasi perkeretaapian dapat menjadi objek yang terkena dampak terhadap perubahan iklim, diantaranya berupa peningkatan suhu/temperatur serta bencana banjir akibat kenaikan muka air laut yang dapat mengganggu operasional kereta api maupun kinerja prasarana/sarana kereta api. Untuk mengatasi hal tersebut diantaranya dengan melakukan penyesuaian kondisi fisik prasarana kereta api seperti: kegiatan mengangkat jalur kereta api (*track*) secara bertahap termasuk stasiun dan fasilitas lainnya pada posisi aman terhadap ancaman banjir, modifikasi desain bangunan stasiun serta prasarana lainnya.
3. Studi ini masih belum sempurna, disebabkan oleh berbagai kendala seperti data yang relevan masih kurang, misalkan tentang seberapa besar emisi lokomotif, belum adanya uji emisi lokomotif, belum adanya standar baku emisi khusus untuk lkereta api di Indonesia. dari pengamatan yang telah dilakukan bahwa bencana alam seperti banjir, longsor, emblem-an yang terjadi pada wilayah yang memiliki sarana dan prasana kereta api, bukanlah semata-mata akibat perubahan iklim. Ada faktor lain yang dapat menimbulkan bencana alam tersebut, misalkan perubahan tata guna lahan dan kondisi geomorfologi masing-masing wilayah. Oleh karena itu upaya penanganannya memerlukan kajian yang lebih spesifik sesuai kondisi wilayahnya. Selain masalah teknis yang perlu dikaji, tak kalah pentingnya mengantisipasi dampak perubahan iklim terhadap perkeretaapian, perlu dibuat prosedur dan koordinasi penanganan bencana alam yang lebih komprehensif yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan antara pemerintah pusat dan pemerintah daerah, sehingga dirasa perlu kajian lebih lanjut untuk melengkapi studi ini.

Daftar Pustaka

- Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), 2010, Laporan Tahunan tentang Perubahan Iklim di Indonesia Th.1983-2007. Bandung.
- Badan Pusat Statistik (BPS), 2009, Hasil Rekapitulasi Statistik Indonesia (diolah), Jakarta.
- Dewan Nasional Perubahan Iklim-Indonesia, 2009, *Indonesia's Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. Jakarta.
- Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perkeretaapian, 2009, *Studi Kebutuhan Energi Sub Sektor Perkeretaapian*. Jakarta.

Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perkeretaapian, 2009, Tentang Rencana Strategis Kementerian Perhubungan tahun 2010-2014 Bidang Perkeretaapian, Keputusan Dirjen Perkeretaapian NO. PR.004/SK.86/DJKA/04/10.

Kementerian Perhubungan Dirjen Perkeretaapian, 2010, *Studi Penyusunan Kebijakan Perkeretaapian Terkait Perubahan Iklim Global*, Jakarta

Lembaga Antariksa Penerbangan Nasional (LAPAN), 2010, Laporan Tahunan tentang Perubahan Tutupan Lahan di Indonesia. Bandung

Numberi, F., 2009, *Peran Pembangunan Kelautan Dalam Mengantisipasi Isu Perubahan Iklim*, Paparan Makalah pada Seminar Nasional Perubahan Iklim dan Prospek Ketahanan Nasional Jangka Panjang, Jakarta

Sekretariat Jenderal Departemen Perhubungan, 2009, Rencana Pembangunan Sarana dan Prasarana Transportasi terkait Perubahan Iklim (Climate Change). Jakarta.

Sigi Lapangan Tahun 2010.