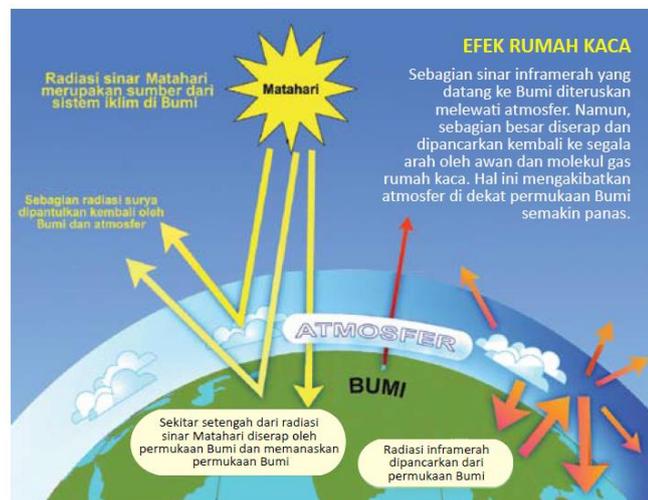


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanasan Global

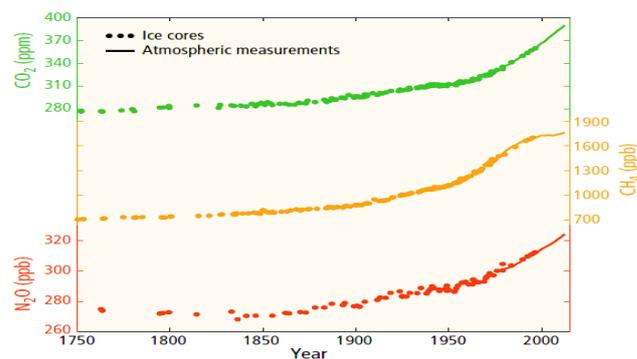
Pemansan global adalah kenaikan temperatur udara rata-rata di dekat permukaan Bumi dan lautan yang terjadi sejak pertengahan abad ke-19 dan diproyeksikan terus berlangsung. Pemanasan global terjadi karena adanya gas yang menyebabkan efek rumah kaca (Gambar 1).



Gambar 1. Efek rumah kaca (Sumber : IPCC, 2007)

Efek rumah kaca terjadi ketika sinar matahari yang masuk bumi sebagian dipancarkan kembali ke atmosfer. Sebagian besar radiasi termal yang dipancarkan oleh daratan dan lautan diserap oleh atmosfer, termasuk awan dan pantulkan kembali ke bumi dan menghangatkan permukaan bumi. Tanpa efek rumah kaca alami, temperatur udara rata-rata di permukaan bumi akan berada di bawah titik beku air. Dengan demikian, efek rumah kaca alami bumi memungkinkan kehidupan seperti yang sekarang ini. Namun, kegiatan manusia, terutama pembakaran bahan bakar fosil dan penggundulan hutan, telah sangat meningkatkan efek rumah kaca alami, yang menyebabkan pemanasan global (IPCC, 2007).

Menurut laporan kajian ke-lima dari IPCC tahun 2014, suhu permukaan global terus meningkat dan Gas Rumah Kaca (GRK) menjadi faktor utama peningkatan suhu permukaan bumi. Hal ini dapat diamati dari konsentrasi GRK terus meningkat sejak pertengahan abad 18 sampai dengan abad 20. Peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan nitrous oxide (N₂O) di atmosfer yang belum pernah tercapai setidaknya selama 800.000 tahun terakhir seiring dengan kemakmuran dan pertumbuhan penduduk. Konsentrasi CO₂, CH₄ dan N₂O semuanya menunjukkan peningkatan besar sejak 1750 (masing-masing 40%, 150%, dan 20%) (Gambar 2). Konsentrasi CO₂ meningkat pada laju perubahan tingkat tercepat yang diamati ($2,0 \pm 0,1$ ppm / tahun) untuk 2002– 2011. Setelah hampir satu dekade konsentrasi CH₄ stabil sejak akhir 1990-an, pengukuran atmosfer telah menunjukkan peningkatan baru sejak 2007. Konsentrasi N₂O terus meningkat pada tingkat $0,73 \pm 0,03$ ppb / yr selama tiga dekade terakhir. Gas tersebut dengan faktor pendorong antropogenik lainnya telah terdeteksi dalam sistem iklim, dan menjadi sangat mungkin menjadi faktor utama pendorong pemanasan global sebagaimana telah teramati sejak pertengahan abad 20 yang selaras dengan kenaikan suhu permukaan bumi. Peningkatan GRK dihasilkan oleh industrialisasi, transportasi, kebakaran hutan dan deforestasi. Sehingga dengan tingkat kepercayaan 95 % dapat dikatakan bahwa manusia menjadi faktor utama perubahan iklim saat ini (IPCC, 2014b).



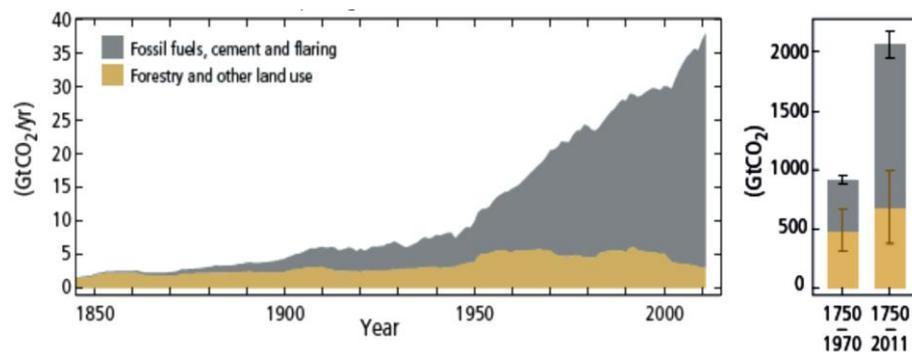
Gambar 2. Konsentrasi GRK di atmosfer Konsentrasi Gas CO₂ (hijau), Metana (kuning) dan N₂O (merah). Data dari inti es (titik) dan pengukuran langsung dari atmosfer (garis) (sumber : IPCC, 2014).

Pemanasan global diproyeksikan akan terus meningkat mengingat emisi GRK yang terus naik dan sisi lain beberapa usia life time GRK mencapai ratusan tahun yang akan terakumulasi di atmosfer dengan daya rusak yang berbeda (tabel 2)

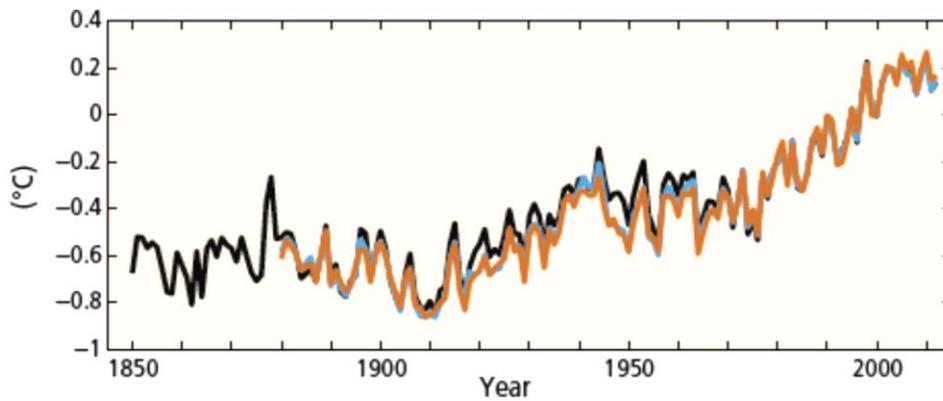
Tabel 1. Usia (*life time*) beberapa jenis GRK di atmosfer dan potensi daya rusak terhadap pemanasan global (sumber IPCC, 2007)

GRK	Usia (Tahun)	Potensi daya rusak (100 tahun)
Karbon dioksida (CO ₂)	ratusan	1
Metana (CH ₄)	12	25
Nitrogen Oksida (N ₂ O)	114	298
Hidrofluorokarbon (CHF ₃)	264	14.800
Sulfur hexafluorida (SF ₆)	3.200	22.800
PFC-14 (CF ₄)	50.000	7.390

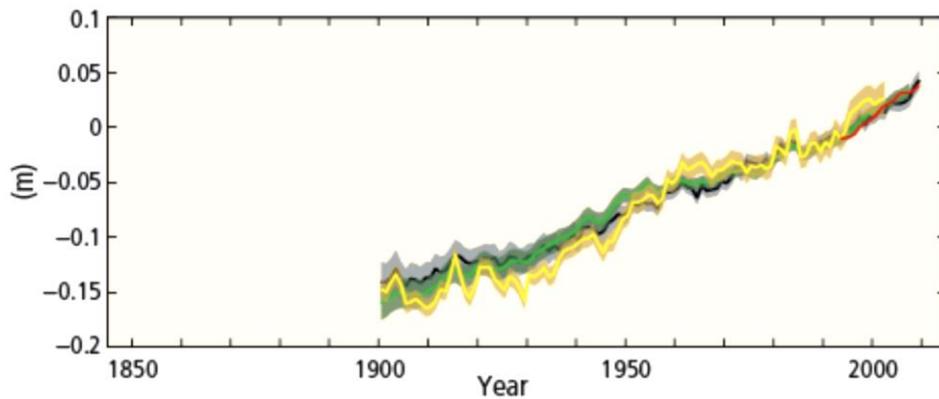
Gambar 3 berikut menunjukkan kenaikan CO₂ antropogenik dari bahan bakar fosil, produksi semen dan pembakaran, kehutanan dan penggunaan lahan dan CO₂ kumulatif tahun 1850-1970 dan 1970-2011. Kenaikan CO₂ kumulatif periode 1850-1970 dan 1970-2011 sangat tinggi dibandingkan periode 1850-1970 hal ini menunjukkan semakin tingginya aktivitas manusia yang menghasilkan GRK. Kenaikan ini diikuti pula oleh kenaikan suhu permukaan bumi dan kenaikan paras muka air pada akhir abad 20.



Gambar 3. Emisi CO₂ antropogenik dari bahan bakar fosil, produksi semen dan pembakaran, kehutanan dan penggunaan lahan dan CO₂ kumulatif tahun 1750-1970 dan 1970-2011 (gambar kanan)



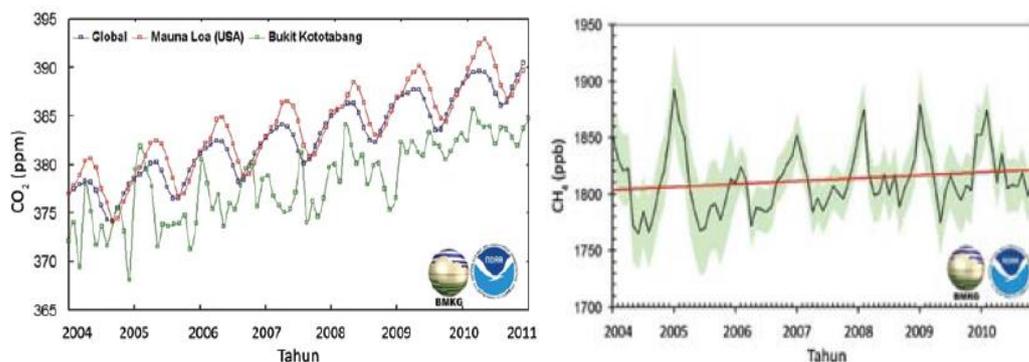
Gambar 4. Anomali rata-rata temperatur permukaan daratan dan permukaan air laut global terhadap rata-rata periode 1986-2005.



Gambar 5. Anomali rata-rata tahunan perubahan paras muka air laut global terhadap rata-rata periode 1986-2005

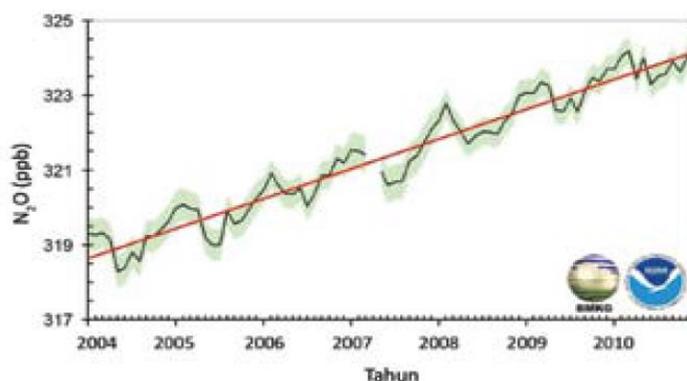
Menurut (Aldrian, 2011) di Indonesia pemanasan global dapat diamati pada beberapa hal berikut :

1. Kenaikan emisi gas rumah kaca



Gambar 6. Konsentrasi CO₂ dan CH₄ (Aldrian, 2011)

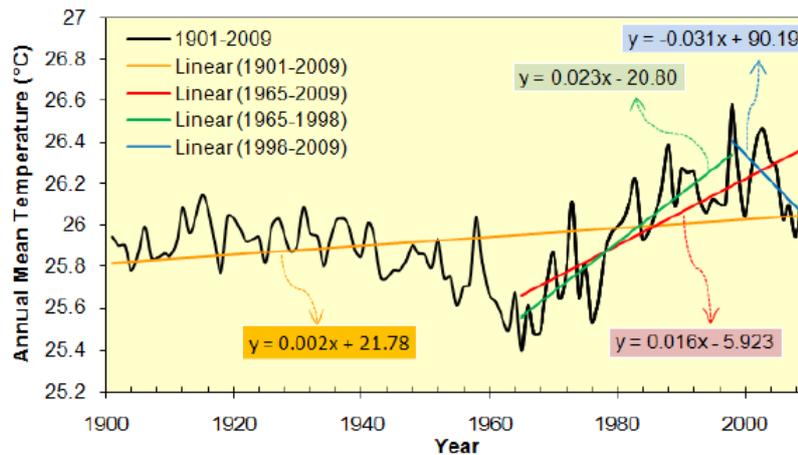
Telah diketahui GRK merupakan faktor utama dalam kenaikan suhu global, sehingga konsentrasi GRK dapat menjadi indikator pemanasan global. Dari Gambar 6 terlihat kenaikan CO_2 dari tahun 2004-2011 di dua stasiun pengamatan, dimana persentase jumlah CO_2 yang teramati pada stasiun Bukit Kutotabang (Indonesia) dibawah persentase rata-rata CO_2 Global, sedangkan pada stasiun Mauna Loa (USA) menunjukan nilai yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata nilai global. Selain karbondioksida CH_4 merupakan salah satu gas rumah kaca yang mengalami kenaikan persentase di atmosfer. Hal yang sama juga terjadi pada gas CH_4 mengalami kenaikan (garsi merah) tahun 2004 s.d 2011. Gas rumah kaca lainnya yang juga mengalami kenaikan diantaranya adalah N_2O pada rentang 2004-2010 (Gambar 7)



Gambar 7. Konsentrasi N_2O di Indoensia (Aldrian, 2011)

2. Kenaikan Temperatur Udara

Kenaikan temperatur udara rata-rata (gambar 8), hasil pengamatan dan rekontruksi data terlihat tren yang naik dari tahun 1900-2005 dengan tren 0.002, dan tren yang lebih tinggi ditunjukkan oleh rentang waktu 1962-2000 dengan tren 0.023 dan lima tahun terakhir menunjukan tren menurun -0.031, namun secara umum kenaikan tajam terjadi 50 tahun terakhir sebesar 0.016 $^{\circ}\text{C}/\text{tahun}$.



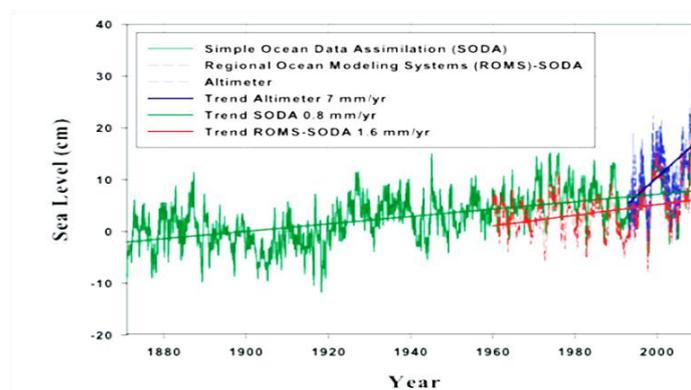
Gambar 8. Tren temperatur tahunan daratan Indonesia. (Aldrian, 2011)

3. Lapisan salju menipis

Lapisan salju dapat menjadi indikator pemanasan global. Penyempitan tutupan salju abadi menjadi bukti peningkatan temperatur permukaan bumi. Tutupan salju yang menjadi indikator yaitu salju abadi di daerah tropis, yaitu di puncak gunung klimanjaro, pegunungan andes di Peru dan Pegunungan Jaya Wijaya di Indonesia. Tutupan salju/es abadi di pegunungan jaya wijaya yang terus menyusut dari tahun 1936 sampai dengan tahun 2000 (Aldrian et al., 2011)

4. Kenaikan paras muka air laut.

Kenaikan paras muka air laut menjadi indikator pemanasan global, kenaikan paras muka air laut merupakan kenaikan permukaan air laut secara terus menerus yang dibandingkan dengan nilai yang tetap atau rata-rata jangka panjang tahunan (Bappenas, 2014). Gambar 9 menunjukkan kenaikan paras muka air laut indonesia pada rentang waktu 1860-2010. Tinggi muka air laut memiliki pola-pola 30 sampai 50 tahun. Secara keseluruhan tinggi muka laut mengalami kenaikan sebesar 0.8 mm/tahun (SODA), naik 1,6mm/tahun sejak periode 1960 (ROMS-SODA) dan naik menjadi 8 mm/tahun berdasarkan data altimeter.



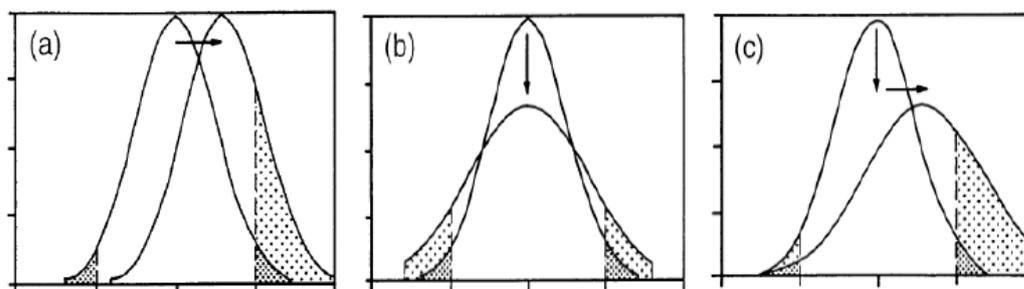
Gambar 9. Variasi anomali TML rata-rata di perairan Indonesia tahun 1860–2010, yang dihitung dari data SODA (garis penuh hijau), ROMSSODA (garis putus-putus merah), dan altimeter (garis putus-putus biru), dan tren linier tiap-tiap data tersebut (BAPPENAS, 2010).

2.2 Perubahan Iklim

Selama satu abad terakhir suhu permukaan bumi terus meningkat $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$, telah banyak diamati perubahan yang sebelumnya tidak pernah terjadi bahkan hingga ribuan tahun yang lalu. Atmosfer dan lautan semakin menghangat, jumlah tutupan salju dan es bekurang dan permukaan air laut telah meningkat dan kejadian ekstrim sebagai tanda iklim telah berubah (IPCC, 2014). Perubahan iklim mengacu pada perubahan keadaan iklim yang dapat diidentifikasi, misalnya dengan menggunakan uji statistik (Gambar 10), oleh perubahan rata-rata dan / atau variabilitas sifat-sifatnya, dalam periode yang panjang, biasanya dekade atau lebih lama baik karena variabilitas alami atau sebagai hasil aktivitas manusia (IPCC, 2007). Penggunaan berbeda dari Konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim (UNFCCC), disebutkan bahwa perubahan iklim mengacu pada perubahan iklim yang dikaitkan secara langsung atau tidak langsung dengan aktivitas manusia yang mengubah komposisi atmosfer global. Sementara menurut UU 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang disebabkan langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia sehingga mengakibatkan perubahan komposisi atmosfer secara global,

selain itu juga, berupa perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan.

Perubahan iklim dapat diidentifikasi dari beberapa perubahan unsur iklim, seperti suhu udara naik, lapisan es mencair, perubahan curah hujan, kenaikan paras muka air laut perubahan iklim mengakibatkan semakin seringnya bencana iklim, menurut IPCC (2014) dampak dari iklim ekstrim saat ini diantaranya berupa kejadian cuaca ekstrim (*fast on set events*) berupa peningkatan curah hujan ekstrim, gelombang badai, angin siklon tropis, dan kejadian bencana bersifat kronis (*slow on set events*) seperti kenaikan muka air laut, kenaikan temperatur udara, pengasaman laut, salinisasi, degradasi hutan dan lahan, kehilangan keanekaragaman hayati. Menurut *World Geometerological Organisation (WGO)* dampak dari perubahan iklim telah secara konsisten terlihat pada skala global sejak 1980-an dengan meningkatnya temperatur udara global, baik diatas tanah ataupun dipermukaan laut, kenaikan muka air laut, dan mencairnya es. Ini telah meningkatkan risiko kejadian ekstrim seperti gelombang panas, kekeringan, curah hujan tinggi, dan banjir yang merusak (WGO, 2016).



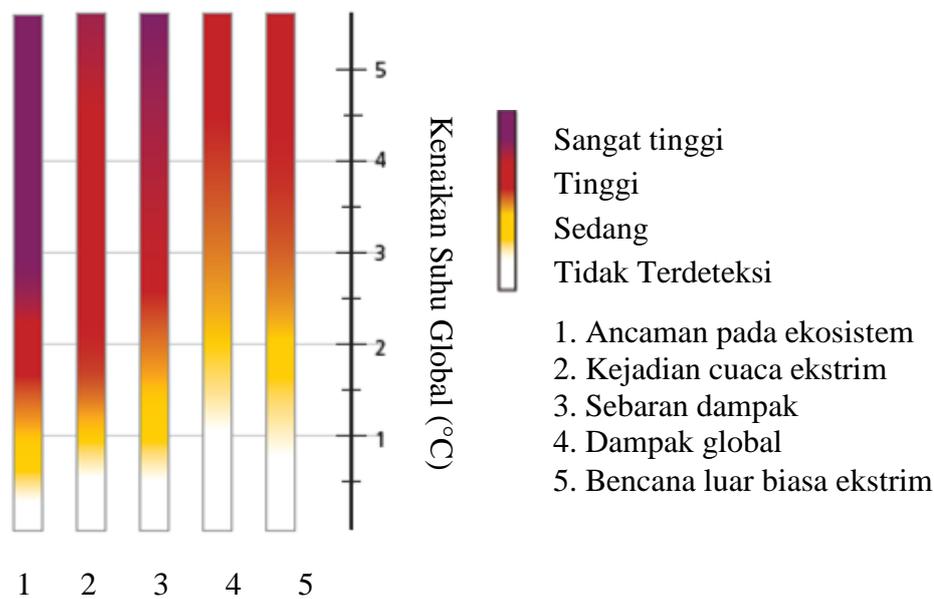
Gambar 10. Identifikasi Perubahan Iklim secara statistik (a) perubahan rerata, b) Perubahan Variasi, dan (c) Perubahan nilai rata-rata dan variasi, Sumbu vertikal menyatakan peluang, sedangkan sumbu horizontal menyatakan nilai parameter iklim (KLH, 2008).

Perubahan iklim di Indonesia berakibat pada : (1) Kenaikan temperatur udara di seluruh wilayah Indonesia dengan laju yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah subtropis; (2) Kenaikan curah hujan di musim kemarau di wilayah utara khatulistiwa, sedangkan wilayah selatan khatulistiwa mengalami penurunan curah

hujan (Tim Sintesis Kebijakan, 2008). Beberapa kajian mengidentifikasi telah terjadi perubahan pada parameter iklim. Setiawan (2012) pada kajiannya menyimpulkan bahwa iklim di pulau Bali mengalami perubahan, yaitu terjadinya pergeseran tipe iklim menurut klasifikasi Schmidt- Ferguson dari relatif basah menjadi cenderung kering, adanya tren peningkatan temperatur udara dan curah hujan bulanan dan tahunan, teridentifikasi adanya pergeseran bulan basah dan bulan kering. Dampak kondisi tersebut pada ekosistem belum diketahui pasti, namun demikian kondisi tersebut berimplikasi pada sektor kehutanan berupa kebakaran dan perubahan jadwal tanam.

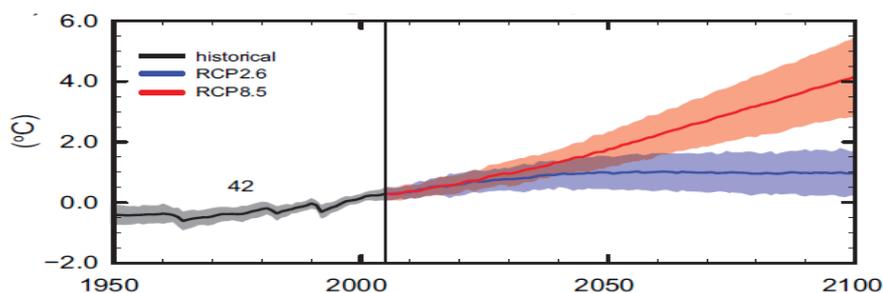
Kajian KLH (2008) mengelompokkan tahun menjadi tahun kering, normal, dan basah berdasarkan *comulative distribution function* (CDF) curah hujan pada musim penghujan NDJF. Hasil kajiannya menunjukkan terjadi perubahan curah hujan drastis pada bulan Januari yaitu 300 mm pada periode 1960-1990 sedangkan pada periode 1991-2007 menjadi 175 mm, meskipun tidak rutin, namun fenomena ini akan sangat terasa dampaknya jika belum ada kewaspadaan ketika fenomena ini terjadi.

Identifikasi perubahan iklim juga dilakukan terhadap perubahan curah hujan dan temperatur kota Jakarta dengan menggunakan regresi linear dan Mann-Kendal. Hasil kajian menunjukkan bahwa telah terjadi kenaikan temperatur udara pada 100 tahun terakhir (1901-2007) dengan kenaikan $0,152^{\circ}$ C per dekade dengan kenaikan yang konsisten. Sementara untuk curah hujan diidentifikasi telah terjadi perubahan pola pada musim basah (DJF), rata-rata dan keragamannya yang terdeteksi dari fungsi kerapatan probabilitas (PDF) yang berubah dari bentuk gamma (2) dengan rata-rata 264 mm/bulan pada 30 tahun periode awal menjadi bentuk logistik dengan rata-rata 285 mm/bulan pada 30 tahun periode akhir (Subarna, 2017).



Gambar 11. Risiko Perubahan Iklim (Sumber: IPCC, 2014)

Menurut IPCC (2014) resiko kenaikan suhu global relatif terhadap suhu rata-rata pra-industri dapat menyebabkan resiko perubahan iklim (Gambar 11), kenaikan 2°C akan sangat berdampak (tinggi) pada ekosistem menimbulkan kejadian cuaca ekstrem dengan sebaran sedang, dan berpotensi dampak global serta mengarah pada bencana luar biasa ekstrem. Oleh sebab itu telah ada kesepakatan global pada *conference of party* yang ke 21 (COP 21) yang diadakan di paris (*paris agreement*) yaitu untuk menahan laju perubahan suhu dibawah 2° dan diupayakan dibawah $1,5^{\circ}\text{C}$. Hal ini memperhatikan hasil proyeksi dengan simulasi model CMIP5 yang dilakukan (IPCC, 2013) untuk 2081–2100 dibandingkan periode 1986–2005 menunjukkan kenaikan suhu (Gambar 12), yaitu 0.3°C - 1.7°C (RCP2.6 dan 2.6°C - 4.8°C (RCP 8.5).



Gambar 12. Proyeksi suhu global berdasar RCP 2.6 dan RCP 8.5

2.3 Variabilitas Iklim

Variabilitas Iklim adalah kondisi rata-rata tahunan bahkan antar dekade (KLH, 2010). Variasi musiman yang sangat mempengaruhi kondisi cuaca di Indonesia terutama curah hujan ialah sirkulasi monsun. Monsun digerakkan oleh adanya sel tekanan tinggi dan sel tekanan rendah di benua Asia dan Australia secara bergantian. Pada bulan Desember sampai Februari di belahan bumi utara terjadi musim dingin akibatnya ada sel tekanan tinggi di benua Asia dan sel tekanan rendah di benua Australia, sehingga angin akan bertiup dari tekanan tinggi (Benua Asia) ke tekanan rendah (Benua Australia) yang biasa disebut sebagai monsun barat laut. Monsun barat laut biasanya lebih lembap daripada monsun tenggara karena saat terjadi monsun ini, udara naik diatas Australia dan juga arus udara bergerak di atas laut dengan jarak yang cukup jauh sehingga lebih banyak mengandung uap air. Variabilitas iklim juga dipengaruhi oleh kejadian iklim ekstrim seperti ENSO dan IOD dan fenomena iklim lainnya.

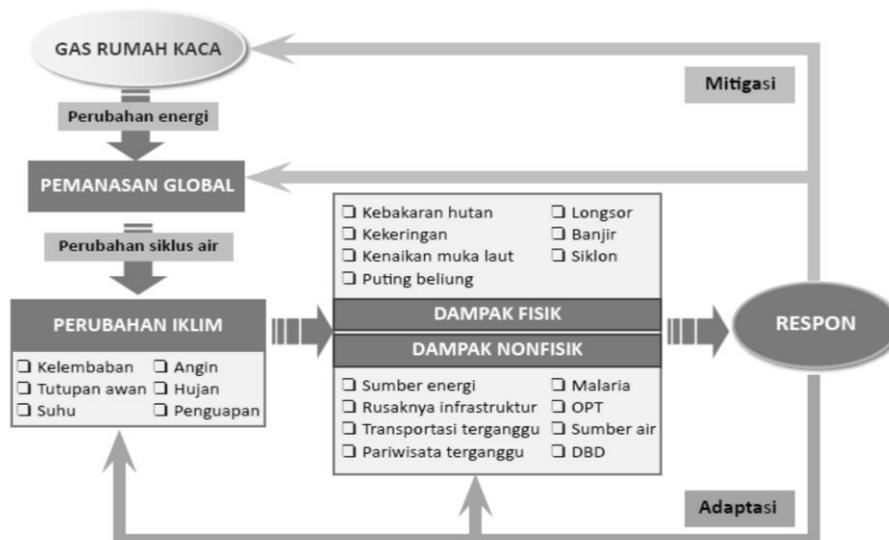
Pada umumnya siklus ENSO tidak beraturan, namun kejadiannya mengalami kenaikan. Periode ulang ENSO pada tahun 1950-1976 rata-rata terjadi antara 6 -12 tahun, namun pada periode 1976 - 2000 mengalami kenaikan 3-4 tahun sekali (Irawan, 2006).

El Nino kuat akan mempengaruhi intensitas curah hujan di wilayah Indonesia terutama di wilayah Indonesia bagian barat termasuk wilayah Jabodetabek jika didukung dengan kondisi indeks IOD positif dan Angin Monsun Timur. Akan tetapi El Nino kuat tidak akan mempengaruhi intensitas curah hujan jika kondisi indeks IOD negatif dan terdapat angin monsun barat seperti yang telah terjadi pada puncak musim hujan tahun 2015/2016 (November 2015 hingga Februari 2016) (Yananto & Dewi, 2016).

Menurut IPCC (2014) tren jangka pendek akan sangat dipengaruhi variabilitas internal iklim, sehingga tren jangka pendek (10-15 tahun) dimungkinkan berbeda dengan tren jangka panjangnya (>30 tahun).

2.4 Dampak Perubahan Iklim

Di Indonesia faktor utama untuk mengidentifikasi perubahan iklim adalah temperatur udara dan curah hujan, yang diukur dari pola dan intensitasnya (Aldrian, et all. 2011). Perubahan suhu permukaan rata-rata akan mempengaruhi kisaran normal pola cuaca untuk wilayah utama dunia. Meningkatkan peristiwa cuaca ekstrim terkait dengan meningkatnya suhu permukaan, variabilitas dan iklim ekstrim merupakan hal yang paling mengancam dari perubahan iklim global (Freeman & Warner, 2001)



Gambar 13. Komponen dan Alur Perubahan Iklim

Perubahan suhu udara terutama peningkatan yang ekstrim dapat meningkatkan risiko kekeringan, gagal panen, kerusakan infrastruktur dan material bangunan, penurunan kualitas air, meningkatkan risiko gangguan kesehatan dan meningkatkan risiko kebakaran. Penelitian Yananto & Dewi (2016) menunjukkan peningkatan suhu udara yang disebabkan pengaruh anomali iklim ENSO yang telah meningkatkan titik api di Propinsi Sumatera Selatan dan Kalimantan Tengah. Peningkatan ini merupakan tertinggi selama 10 tahun terakhir. Peningkatan suhu juga akan meningkatkan evapotranspirasi yang akan meningkatkan permintaan pengairan lahan dan meningkatkan permintaan air untuk penduduk (Major et al, 2011). Di sektor kesehatan hasil penelitian Tarmana (2011) menunjukkan bahwa di DKI Jakarta berdasarkan proyeksi perubahan iklim periode 2014-2038 adanya kenaikan

suhu sebesar 0.3 °C. Kondisi ini akan berpengaruh pada percepatan reproduksi *Aedes aegypti* penyebab demam berdarah dengue dan berpotensi meningkatnya DBD di masa yang akan datang.

Perubahan suhu ekstrim juga dapat menyebabkan gangguan kesehatan terkait jantung, seperti disritmia dan stroke dan gangguan pernafasan. Dampak tidak langsungnya berupa kecemasan dan stres terhadap cuaca ekstrim yang memicu serangan jantung, kematian jantung mendadak, dan kardiomiopati (Cowie, 2007).

Perubahan curah hujan berdampak pada meningkatnya kejadian banjir dan longsor, kekeringan dan penurunan ketersediaan air yang mempengaruhi pasokan air untuk wilayah perkotaan dan pertanian. Menurut WMO (2016) pada tahun 2011 banjir yang melanda Asia Tenggara telah menewaskan 800 orang dan menimbulkan kerugian ekonomi sekitar US \$ 40 miliar. Sementara di Indonesia dari tahun 2002-2015 menunjukkan tren kenaikan bencana dan selama tahun 2015 terdapat 1.681 kejadian bencana alam yang didominasi oleh bencana hidrometeorologi dengan bencana banjir yang paling sering terjadi (BNPB, 2016b).

Sektor perikanan tangkap, dampak perubahan iklim terutama dirasakan oleh nelayan tangkap yang masih menggunakan alat tradisional, nelayan pesisir Kota Semarang menyatakan bah 3-5 tahun terakhir terjadi angin semakin kencang, intensitas curah hujan semakin tinggi, gelombang semakin tinggi yang berdampak pada perubahan waktu melaut, volume tangkapan yang menurun dan biaya peningkatan biaya untuk melaut. Selain dampak langsung perubahan iklim juga menimbulkan dampak tidak langsung seperti nelayan yang tinggal di pesisir rawan terkena banjir, menimbulkan gangguan kesehatan, dan nelayan harus mencari usaha sampingan untuk menambah pemasukan. Dampak sampingan ini yang menjadi perhatian lebih karena sangat dirasakan tekanan bagi nelayan ketika penghasilan sebagai nelayan terdampak perubahan iklim diperparah dengan kondisi lingkungan yang tidak luput dari dampak tidak langsung perubahan iklim (Aditya et al, 2016)

Dalam Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (Bappenas, 2010) menguraikan beberapa potensi dampak perubahan iklim pada berbagai bidang (tabel 3)

Tabel 2 Bahaya Potensial Perubahan Iklim

Indikator Perubahan Iklim	Bahaya Potensial Perubahan Iklim	Bidang Terkena dampak								
		Pangan	Energi	Kesehatan	Infrastruktur	Permukiman	Ekosistem	Kehutanan	Perkotaan	Pesisir
Temperatur Permukaan	Peningkatan evapotranspirasi dapat menyebabkan kekeringan	√	√				√			
	Penurunan produksi pertanian akibat kenaikan temperatur	√		√						
	Pemanasan setempat akibat meningginya suhu udara pada siang hari		√	√		√	√		√	
	Meluasnya sebaran populasi serangga vektor penyakit			√		√			√	√
	Meningkatnya penyebaran penyakit medium udara			√		√				
	Perubahan pola perkembangan populasi dan migrasi hama dan penyakit tumbuhan			√		√				
Curah hujan (CH)	Kekeringan akibat jumlah presipitasi yang defisit	√	√	√			√	√	√	
	Penurunan ketersediaan air (PKA) akibat jumlah presipitasi yang defisit	√	√		√	√		√	√	√
	Banjir akibat peningkatan jumlah, durasi, dan intensitas hujan.	√	√	√	√	√			√	
	Tanah longsor	√		√	√	√		√	√	
	Penurunan produksi pertanian akibat perubahan curah hujan	√		√						
	Meningkatnya populasi nyamuk akibat banyaknya genangan			√		√			√	√
	Meningkatnya penyebaran penyakit melalui medium udara dan genangan air			√		√			√	√
Suhu permukaan laut (SPL)	Perubahan pola migrasi ikan yang disebabkan oleh perubahan sirkulasi arus laut akibat distribusi kenaikan SPL	√				√	√		√	√
	Rusaknya terumbu karang (coral bleaching) karena peningkatan SPL dan keasaman air laut	√					√			√
Tinggi Muka Laut	Meluasnya genangan air laut di daerah pesisir dapat menyebabkan mundurnya garis pantai	√		√	√	√	√		√	√
	Meluasnya daerah intrusi air laut melalui air tanah dan sungai	√		√	√	√	√			√
Kejadian Iklim ekstrim - ENSO - IOD/DMI - PIO/IPO	Terjadinya tahun kering secara berturut-turut				√					√
	Perubahan/pergeseran pola hujan musiman	√	√					√	√	
	Peningkatan peluang terjadinya hujan lebat, angin kencang, badai dan gelombang tinggi.	√			√					√
Kejadian cuaca ekstrim - Hujan Lebat - Badai - Angin Kencang - Gelombang Badai	Meningkatnya frekuensi dan intensitas erosi dan abrasi (akibat perubahan arus sejajar dan tegak lurus pantai) sehingga menyebabkan perubahan garis pantai	√					√			√
	Meningkatnya peluang kejadian banjir rob akibat badai dan gelombang badai	√	√	√	√	√	√		√	√
	Meningkatnya kerusakan pada sarana dan prasarana publik	√	√		√	√			√	√

Sumber : Bappenas (2010)

Menurut IPCC (2014) dampak potensial perubahan iklim (temperatur/curah hujan) bagi perkotaan sebagai berikut :

- **Temperatur Permukaan.** Kenaikan temperatur udara dapat meningkatkan pemanasan setempat pada siang hari, meluasnya sebaran populasi serangga vektor penyakit.
- **Curah Hujan.** Defisit curah hujan dapat menyebabkan kekeringan, penurunan ketersediaan air (PKA), sedangkan peningkatan jumlah, durasi dan intensitas curah hujan dapat menyebabkan banjir, tanah longsor, meningkatnya populasi nyamuk akibat banyaknya genangan air, dan meningkatnya penyebaran penyakit melalui medium udara dan genangan.
- **Kejadian Iklim ekstrim** (ENSO, IOD/DMI/PIO/IPO). Kejadian ini dapat menyebabkan perubahan/pergeseran pola hujan musiman.
- **Kejadian cuaca ekstrim.** Kejadian ini dapat berupa hujan lebat, badai, angin kencang, gelombang badai, dapat meningkatkan peluang banjir genangan/tob dan meningkatnya kerusakan pada sarana dan prasarana publik.

Prutsch et al., (2014) mengungkapkan bahwa perubahan iklim berupa kenaikan rata-rata temperatur dan perubahan curah hujan berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan khususnya bagi kawasan perkotaan seperti : Kenaikan suhu rata-rata dapat meningkatkan kebutuhan air dan perawatan di ruang terbuka hijau dan areal terbuka lainnya; Mendorong pada perubahan kebutuhan spesies tanaman kota; Jumlah hari panas akan berdampak pada kesehatan dan meningkatkan konsumsi air minum, air untuk industri dan kebutuhan akan naungan; Curah hujan yang tinggi merusak bangunan/struktur bangunan/infrastruktur kota; Kawasan terbangun dan drainase perkotaan yang berlebihan; Banjir semakin mengancam pemukiman penduduk terutama yang dekat dengan bantaran sungai; Berpeluang meningkatkan konflik pada area yang akan digunakan untuk penanggulangan banjir, perlindungan dan perluasan wilayah berbahaya dan menghasilkan pilihan ruang pembangunan yang terbatas.

Dalam menghadapi potensi dampak perubahan iklim IPCC (2014) menyarankan beberapa tindakan adaptasi dan mitigasi sebagai tindakan manajemen menghadapi perubahan iklim.

1. Adaptasi

Adaptasi adalah penyesuaian dalam sistem alam atau sistem buatan manusia untuk menjawab rangsangan atau pengaruh iklim, baik yang bersifat aktual ataupun perkiraan, dengan tujuan mengontrol bahaya yang ditimbulkan atau memberikan kesempatan yang menguntungkan. Adaptasi dapat juga didefinisikan sebagai usaha alam atau manusia menyesuaikan diri untuk mengurangi dampak perubahan iklim yang sudah atau mungkin terjadi (Bappenas, 2014). Adaptasi perlu dilakukan karena beberapa hal (Cavan, 2011) : a) Perubahan iklim tidak dapat dihindari; b) Perubahan iklim mungkin terjadi lebih cepat dari yang diperkirakan hasil proyeksi beberapa skenario; c) Adaptasi terencana dapat lebih menghemat daripada langkah-langkah darurat dan perbaikan; d) Adaptasi terencana dapat menurunkan resiko kemungkinan mal adaptasi (Mencegah atau mengurangi kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan iklim); e) Perbaikan segera dapat memberi perlindungan dari iklim ekstrim dan memberikan manfaat lain; f) Adaptasi yang direncanakan menangkap manfaat dari perubahan iklim; dan, g) Adaptasi perubahan iklim yang direncanakan mengembangkan kebijakan lingkungan yang reseptif.

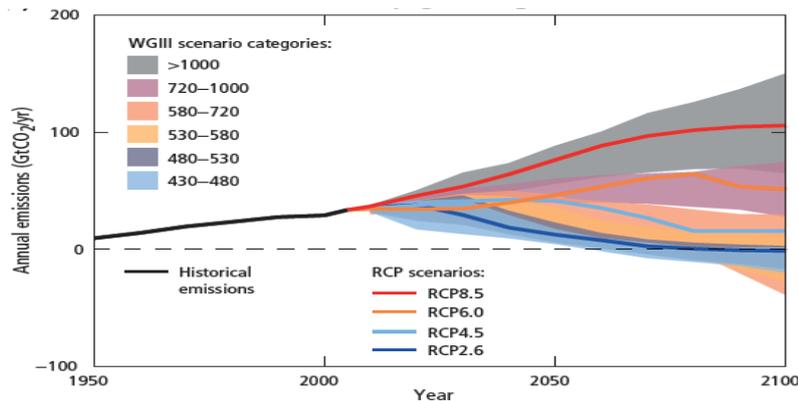
Karakteristik adaptasi dapat mengurangi risiko dampak perubahan iklim, tetapi ada batas efektivitasnya, terutama dengan besaran dan laju perubahan iklim yang lebih besar. Dalam perspektif jangka panjang, dalam hal ini terkait pembangunan berkelanjutan, meningkatkan kemungkinan bahwa tindakan adaptasi yang lebih cepat juga akan meningkatkan opsi dan kesiapan di masa depan. Adaptasi dapat berkontribusi pada kesejahteraan populasi saat ini dan masa depan, keamanan aset dan pemeliharaan ekosistem, fungsi dan layanan sekarang dan di masa depan. Tempat dan konteks adaptasi adalah spesifik, tanpa pendekatan tunggal untuk mengurangi risiko di semua situasi. Beberapa faktor umum yang menentukan kapasitas adaptif (Carter et al., 2015) yaitu : a) Tingkat

pendapatan dan kesetaraan dalam distribusi pendapatan; b) Ketersediaan, akses, dan distribusi sumber daya; c) Ketersediaan dan akses ke informasi tentang dampak perubahan iklim dan potensi respon adaptasi; d) Kesadaran dan persepsi risiko perubahan iklim; e) Kapasitas dan jangkauan teknologi; f) Pilihan adaptasi teknologi tersedia; g) Faktor lingkungan, termasuk ketersediaan dan kualitas tanah, air, bahan mentah, keanekaragaman hayati, dll; h) Kualitas dan ketentuan infrastruktur; i) Kapasitas organisasi dan kelembagaan untuk menerapkan tanggapan adaptasi; j) Kualitas dan transparansi proses pengambilan keputusan, dan; k) Kemampuan masyarakat untuk bertindak secara kolektif untuk mengembangkan dan menerapkan respons adaptasi.

2. Mitigasi

Hal-hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca atau menyerap gas rumah kaca. Upaya ini tidak akan berhasil jika masing-masing pihak bekerja sendiri-sendiri untuk mencapai kepentingannya sendiri diperlukan upaya bersama secara global. Hal ini karena perubahan iklim memiliki karakteristik sebagai masalah global bersama sehingga perlu dilakukan upaya mengatasi secara bersama-sama dan berlaku dalam skala global (IPCC (syr) 2014).

Ada beberapa jalur mitigasi yang cenderung membatasi pemanasan hingga di bawah 2 ° C relatif terhadap tingkat pra-industri. Jalur-jalur ini akan membutuhkan pengurangan emisi yang besar selama beberapa dekade mendatang dan mendekati nol emisi CO₂ dan gas rumah kaca berumur panjang lainnya pada akhir abad ini (Gambar 14). Menerapkan pengurangan tersebut menimbulkan tantangan teknologi, ekonomi, sosial dan kelembagaan yang besar, yang meningkat seiring dengan penundaan dalam mitigasi tambahan dan jika teknologi kunci tidak tersedia (IPCC, 2014).



Gambar 14. Skenario emisi GRK tahunan

Beberapa kota dunia telah mengidentifikasi sektor kunci untuk menerapkan langkah adaptasi dan mitigasi. Kota Maputo misalnya dalam menghadapi perubahan iklim, manajemen perubahan iklim berupa adaptasi dan mitigasi, khusus daerah kota pesisir beberapa langkah strategi yang dapat dilakukan.

Tabel 3 Identifikasi sektor kunci dan langkah adaptasi/mitigasi

Sektor kunci	Tipe langkah adaptasi dan/atau mitigasi
Perencanaan dan Infrastruktur kota	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan sistem drainase/banjir • Penguatan tanggul perlindungan garis pantai • Pembangunan dan penerapan perencanaan adaptasi dan mitigasi kota
Perumahan dan kode pembangunan	<ul style="list-style-type: none"> • Pembangunan rumah sosial yang ramah lingkungan • Pembangunan dan penerapan bangunan yang tahan terhadap bencana alam
Air, sanitasi dan kesehatan	<ul style="list-style-type: none"> • Keberlanjutan penggunaan dan pasokan sumberdaya air • Penyediaan pelayanan dasar untuk masyarakat miskin kota • Sosialisasi dan pendidikan kesehatan
Kualitas lingkungan kota dan RTH	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan management sampah padat • Mendukung pembangunan pertanian kota • Perlindungan area hijau dan rawa (lahan basa) • Instalasi sistem pengelolaan air secara ekologis

Sumber :Maputo Municipal Council, 2009

Respon adaptasi dan mitigasi ditopang oleh faktor-faktor umum sebagai faktor pemungkin seperti lembaga dan tata kelola yang efektif, inovasi dan investasi dalam teknologi dan infrastruktur yang ramah lingkungan, mata pencaharian yang berkelanjutan dan pilihan perilaku dan gaya hidup sedangkan faktor penghambat adalah sebagaimana tabel 5.

Tabel 4 Faktor penghambat adaptasi dan mitigasi perubahan iklim

Faktor penghambat	Dampak potensial bagi Adaptasi	Dampak Potensial bagi Mitigasi
Dampak negatif dari pertumbuhan penduduk dan urbanisasi	Meningkatkan paparan populasi manusia terhadap variabilitas iklim dan perubahan serta tuntutan untuk, dan tekanan pada, sumber daya alam dan layanan ekosistem	Mendorong pertumbuhan ekonomi, permintaan energi dan konsumsi energi, menghasilkan peningkatan emisi gas rumah kaca
Tidak memadainya pengetahuan, pendidikan, dan modal manusia	Mengurangi persepsi nasional, kelembagaan dan individu dari risiko yang ditimbulkan oleh perubahan iklim serta biaya dan manfaat dari berbagai opsi adaptasi	Mengurangi persepsi risiko nasional, kelembagaan dan individu, kesediaan untuk mengubah pola dan praktik perilaku dan mengadopsi inovasi sosial dan teknologi untuk mengurangi emisi
Perbedaan dalam sikap, nilai dan perilaku sosial dan budaya	Mengurangi kesepakatan masyarakat mengenai risiko iklim dan karena itu memerlukan kebijakan dan tindakan adaptasi khusus	Mempengaruhi pola emisi, persepsi masyarakat tentang manfaat kebijakan dan teknologi mitigasi, dan kemauan untuk mencapai perilaku dan teknologi yang berkelanjutan
Tantangan dalam pengaturan tata kelola dan kelembagaan	Mengurangi kemampuan untuk mengkoordinasikan kebijakan dan tindakan adaptasi dan untuk memberikan kapasitas kepada para pelaku untuk merencanakan dan mengimplementasikannya	Menggangu kebijakan, insentif dan kerja sama terkait pengembangan kebijakan mitigasi dan penerapan teknologi energi yang efisien, bebas karbon, dan terbarukan
Kurangnya akses ke pendanaan iklim nasional dan internasional	Mengurangi kemampuan untuk mengkoordinasikan kebijakan dan tindakan adaptasi dan untuk memberikan kapasitas kepada para pelaku untuk rencana dan pelaksanaan adaptasi	Mengurangi kapasitas negara maju dan, terutama, negara berkembang untuk mengejar kebijakan dan teknologi yang mengurangi emisi.
Teknologi yang tidak memadai	Mengurangi berbagai opsi adaptasi yang tersedia serta keefektifannya dalam mengurangi atau menghindari risiko dari peningkatan tingkat atau besaran perubahan iklim	Memperlambat laju di mana masyarakat dapat mengurangi intensitas karbon dari layanan energi dan transisi menuju teknologi rendah karbon dan netral karbon
Kurangnya kualitas dan / atau kuantitas sumber daya alam	Mengurangi berbagai aktor, kerentanan terhadap faktor-faktor non-iklim dan potensi persaingan untuk sumber daya yang meningkatkan kerentanan	Mengurangi keberlangsungan jangka panjang dari berbagai teknologi energi
Kekurangannya adaptasi dan pengembangan	Meningkatkan kerentanan terhadap variabilitas iklim saat ini juga perubahan iklim di masa depan	Mengurangi kapasitas mitigatif dan melemahkan upaya kerja sama internasional pada iklim karena warisan kontroversial dari pembangunan yang kontroversial
Ketidaksetaraan	Menempatkan dampak perubahan iklim dan beban adaptasi secara tidak proporsional pada yang paling rentan dan / atau mentransfernya ke generasi mendatang	Menghambat kemampuan negara berkembang dengan tingkat pendapatan rendah, atau komunitas atau sektor di beberapa negara, untuk berkontribusi pada mitigasi gas rumah kaca

Sumber : IPCC, 2014

Untuk dapat terlaksananya implementasi pengelolaan perubahan iklim dibutuhkan tata pemerintahan yang baik (*good governance*) dari pemerintah. *Good governance* dipengaruhi oleh faktor organisasi, kebijakan dan *stakeholder* terkait. Tata kelola pemerintahan yang baik dapat mendukung manajemen perubahan iklim. Untuk meningkatkan tata pemerintahan yang baik (kapasitas kota) dalam melaksanakan manajemen perubahan iklim, dianalisis melalui faktor-faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi.

Pemerintahan telah lama diidentifikasi sebagai bagian penting dari pemecahan masalah lingkungan. Pemerintahan yang efektif mendukung dan mendorong kapasitas adaptasi untuk mempertahankan atau meningkatkan kondisi sistem sosio-ekologis. Karena kota pesisir adalah salah satu sistem yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim (misalnya kenaikan permukaan laut/banjir/genangan), kapasitas adaptasi masyarakat pesisir terhadap ancaman perubahan iklim akan menjadi sangat penting. Populasi manusia akan merespon baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap ancaman dan dampak ini; misalnya dengan mengadaptasi penggunaan dan praktik sumber daya (misalnya mengubah target ikan). Menurut Dutra et al., (2015) dalam kajiannya di masyarakat pesisir Australia menyimpulkan faktor pendorong utama terkait dengan isu-isu organisasi dan manajemen yang diperlukan untuk membangun dan memperkuat kapasitas adaptasi masyarakat yaitu: (a) Kepemimpinan; (b) Tanggung jawab yang jelas dan kerangka kerja organisasi yang fleksibel; (c) Integrasi pengetahuan dan wawasan yang efektif; (d) Pendekatan pembelajaran untuk pengelolaan sumber daya alam; dan (e) Kapasitas manusia dan partisipasi terkoordinasi dalam pengambilan keputusan. Temuan lainnya meskipun organisasi mengkhawatirkan kondisi dan ketidakpastian masa depan dan mengakui perlunya kerjasama dan dukungan kinerja organisasi yang baik. Namun demikian masih kurang dalam integrasi pengetahuan dan perencanaan jangka panjang untuk menghadapi proyeksi perubahan iklim.

2.5 Proyeksi Iklim

Proyeksi adalah tanggapan (perubahan) sistem iklim terhadap pemanasan global (*global warming*) yang diakibatkan oleh emisi gas rumah kaca dan polutan lain (KLH, 2010). Untuk memproyeksikan iklim di pada tahun 2100, IPCC (2014) telah memperkenalkan beberapa skenario perubahan iklim baru yaitu skenario RCP (*Representative Concentration Pathway*) yang terdiri dari RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 dan RCP 8.5. RCP merupakan penggambaran dari besarnya radiasi yang terjadi dalam setiap meter persegi yaitu 2.5, 4.5, 6.0 dan 8.5 Watt/m² pada akhir tahun 2100. Alur perubahan keempat skenario RCP tersebut sebagaimana (Tabel 5).

Untuk memahami proses yang terjadi dalam sistem iklim dan perubahan yang terjadi diperlukan model iklim baik model iklim global (*Global Circulation Model*, GCM) atau model iklim regional (*Regional Climate Model*, RCM). Data iklim tersebut masih bersifat kasar dan diperlukan penaikan skala dari skala dengan grid kasar menjadi grid dengan resolusi tinggi, teknik ini dikenal dengan *downscaling*. Terdapat dua teknik *downscaling* yaitu *statistical downscaling* dan *dynamic downscaling* dan memerlukan koreksi bias sebelum dapat dimanfaatkan (Faqih, 2016)

Tabel 5 Skenario RCP dan Alur Perubahannya

Skenario	Radiative Forcing	Konsentrasi (ppm)	Alur
RCP8.5	>8,5 Wm-2 pada tahun 2100	>1.370 CO ₂ -ekiv. pada 2100	Meningkat
RCP6.0	~6 Wm-2 pada setelah tahun 2100	~850 CO ₂ -ekiv. (stabilisasi setelah 2100)	Stabilisasi tanpa melampaui batas
RCP4.5	~4,5 Wm-2 pada stabilisasi setelah 2100	~650 CO ₂ -ekiv. (stabilisasi setelah 2100)	Stabilisasi tanpa melampaui batas
RCP2.6	Naik ~3 Wm-2 sebelum 2100 dan kemudian turun	Naik ~490 CO ₂ -ekiv. sebelum 2100 dan kemudian turun	Naik dan turun

Sumber : (Moss et al., 2010)

2.6 Pembangunan Berkelanjutan dan Perubahan Iklim

Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang berusaha memenuhi kehidupan saat ini tanpa mengurangi kesempatan kemampuan manusia yang akan datang dalam memenuhi kehidupannya. Dengan adanya perubahan iklim berpotensi mengancam pembangunan berkelanjutan. Untuk menghindari hal

tersebut maka langkah-langkah adaptasi dan Mitigasi dan strategi integrasi keduanya perlu dilakukan sehingga tercipta pembangunan yang berketahanan iklim untuk mewujudkan tujuan pembangunan berkelanjutan (Denton et al., 2014). Integrasi ini diharapkan dapat menurunkan tekanan perubahan iklim terhadap sumberdaya alam, menurunkan risiko lingkungan, dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat miskin (UNFCCC, 2007).

Disisi lain dengan tercapainya pembangunan berkelanjutan dapat mengurangi tingkat kerentanan terhadap perubahan iklim dengan meningkatkan kapasitas adaptasi dan meningkatkan ketahanan iklim. Adaptasi perubahan iklim sendiri merupakan penyesuaian terhadap iklim aktual dan atau prediksi. Dalam sistem manusia berusaha untuk menyesuaikan atau menghindari bahaya atau memanfaatkan peluang yang menguntungkan, sementara dalam sistem alam dapat dilakukan intervensi manusia dalam menyesuaikan terhadap iklim dan dampaknya (Alrustamani, 2014)

Interaksi antara mitigasi, adaptasi dan pembangunan berkelanjutan adalah sebagai berikut (IPCC, 2014):

1. Perubahan iklim menimbulkan ancaman yang meningkat terhadap pembangunan yang adil dan berkelanjutan.
2. Menyelaraskan kebijakan iklim dengan pembangunan berkelanjutan membutuhkan perhatian terhadap adaptasi dan mitigasi
3. Adaptasi dan mitigasi dapat membawa manfaat tambahan yang besar. Sebagai contoh tindakan dengan manfaat tambahan mencakup (i) peningkatan kualitas udara; (ii) peningkatan keamanan energi, (iii) mengurangi konsumsi energi dan air di daerah perkotaan melalui kota penghijauan dan daur ulang air; (iv) pertanian berkelanjutan dan kehutanan; dan (v) perlindungan ekosistem untuk penyimpanan karbon dan layanan ekosistem lainnya.
4. Strategi dan tindakan dapat dikejar sekarang yang akan bergerak menuju jalur tahan iklim untuk pembangunan berkelanjutan, sementara pada saat

yang sama membantu meningkatkan mata pencaharian, kesejahteraan sosial dan ekonomi serta manajemen lingkungan yang efektif.

5. Prospek untuk jalur yang tahan terhadap iklim terkait secara mendasar dengan apa yang dilakukan dunia dengan mitigasi perubahan iklim. Karena mitigasi mengurangi tingkat serta besarnya pemanasan, itu juga meningkatkan waktu yang tersedia untuk adaptasi ke tingkat perubahan iklim tertentu, berpotensi oleh beberapa dekade. Menunda aksi mitigasi dapat mengurangi pilihan untuk jalur yang tahan cuaca di masa depan.

2.7 Pengelolaan Lingkungan Hidup

Undang-undang UU 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan lingkungan hidup menyatakan bahwa perubahan iklim sebagai akibat dari pemanasan global dapat memperparah penurunan kualitas lingkungan hidup, sehingga upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup perlu dilakukan. Perlindungan dan Pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan dan penegakan hukum. Undang undang tersebut kemudian dijabarkan dengan beberapa peraturan turunannya seperti Permen LH No. 9 Tahun 2011 tentang Pedoman Umum Kajian Lingkungan Hidup Strategis dimana pemerintah daerah wajib menyusun KLHS, Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan no 33/ Menlhk/Setjen/Kum.1/3/2016 tentang Pedoman Penyusunan Aksi Adaptasi Perubahan Iklim.

Peraturan tersebut mengarahkan pembangunan menuju arah pembangunan berkelanjutan karena selama ini strategi perencanaan, dan modifikasi yang terkait bentuk perkotaan dan desain bangunan dan infrastruktur, hanya berdasarkan pada data tren dan risiko ancaman saat ini saja sehingga mengarah pada perkembangan kota menuju model yang tidak cocok untuk iklim di masa yang akan datang (Carter et al.,2015). Hal ini senada dengan pendapat Adger et al., (2011), bahwa respon

adaptasi perubahan iklim yang hanya didasarkan pada pengalaman masa lalu akan mengarahkan pada penurunan pilihan-pilihan dimasa yang akan datang. Untuk meningkatkan ketahanan terhadap perubahan yang terjadi, maka dalam perencanaan dan desain perlu untuk mempertimbangkan implikasi potensi perubahan iklim secara lebih rinci.

Menurut *The Committee on Approaches to Climate Change Adaptation* (2010) bahwa secara umum faktor dasar dalam perencanaan awal dan implementasi adaptasi perubahan iklim perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Masing-masing sektor penting dan mendesak untuk merespon perubahan iklim yang telah terjadi baik dengan langkah adaptasi jangka pendek (0-10 tahun), ataupun langkah jangka menengah (10-30) dan panjang (30-100 tahun) dengan penilaian iklim masa depan berdasarkan penelitian terbaru.
2. Penilaian risiko dampak perubahan iklim dengan memanfaatkan data dan informasi yang tersedia secara efektif.
3. Mempublikasikan hasil penilaian risiko pada tahap awal dan meningkatkan kesadaran akan risiko tersebut.
4. Membangun infrastruktur untuk mempromosikan adaptasi dan memberi prioritas yang cukup dalam kebijakan, rencana dan program.
5. Sangat penting untuk memulai upaya mendesak untuk mencegah dan / atau mengurangi dampak jangka pendek, dan juga untuk memberikan pertimbangan yang lebih tinggi untuk langkah-langkah di mana manfaat sosial ekonomi jelas lebih unggul dari segi biaya.

United Nation framework Convention on Climate Change mengelompokan adaptasi kedalam lima sektor yaitu : Sumberdaya air, agrikultur dan ketahanan pangan, kesehatan, ekosistem terestis, dan kawasan pantai. Tabel 7 merupakan bentuk adaptasi pada sektor-sektor rentan.

Tabel 6 Bentuk Adaptasi Sektor Rentan

Sektor	Adaptasi Reaktif	Adaptasi antisipatif
Sumberdaya Air	<ul style="list-style-type: none"> - Perlindungan Sumber air tanah - Perbaikan pengelolaan dan Pemeliharaan sistem pasokan air - Perlindungan daerah tangkapan air - Peningkatan pasokan air - Pemanenan air tanah dan air hujan serta desalinasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemanfaatan air daur ulang - Konservasi DTA - Perbaikan sistem pengelolaan air - Reformasi Kebijakan sumberdaya air meliputi kebijakan harga dan irigasi - Pengembangan pengendalian banjir dan monitoring kekeringan
Agrikultur dan Ketahanan Pangan	<ul style="list-style-type: none"> - Pengendalian Erosi - Pembangunan DAM untuk irigasi - Merubah penggunaan dan pemanfaatan pupuk - Introduksi tanaman baru - Pengelolaan kesuburan tanah - Perubahan masa tanam dan masa panen - Penggantian kultivar - Program Pendidikan dan dan Pelatihan konservasi air dan tanah 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan tanaman toleran/resisten terhadap kekeringan, penggaraman dan hama. - Peneletian dan pengembangan - Manajemen tanah dan air - Diversifikasi dan Intensifikasi makanan dan tanaman pangan - Kebijakan terukur, pajak, insentif / subsidi, pasar bebas - Pengembangan sistem peringatan dini
Kesehatan Masyarakat	<ul style="list-style-type: none"> - Reformasi manajemen kesehatan masyarakat - Perbaikan perumahan dan kondisi tempat tinggal - Perbaikan respon / tanggap darurat / emergensi 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengembangan sistem peringatan dini - Perbaikan pengawasan dan pengendalian penyakit/vektor - Perbaikan kualitas lingkungan - Perbaikan tata kota dan desain perumahan
Ekosistem Terestis	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaikan sistem manajemen termasuk sistem pengendalian deforestasi, reforestasi dan afrorestasi - Promosi agroforestri untuk peningkatan hasil hutan dan jasa lingkungan - Pengembangan perbaikan rencana manajemen kebakaran hutan - Peningkatan simpanan karbon dalam hutan 	<ul style="list-style-type: none"> - Pembuatan taman nasional / areal konservasi dan koridor biodiversitas - Identifikasi/pengembangan spesies resisten terhadap perubahan iklim - Penilaian yang lebih baik kerentanan ekosistem - Monitoring spesies - Pengembangan dan Pemeliharaan Bank Benih - Melibatkan Faktor sosial ekonomi dalam kebijakan manajemen
Kawasan Pantai dan perairan Laut	<ul style="list-style-type: none"> - Perlindungan infrastruktur ekonomi - Kepedulian masyarakat terhadap peningkatan perlindungan pantai dan ekosistem laut - Penguatan bangunan tembok laut/pantai - Perlindungan / konservasi batu karang, mangrove, rumput laut, dan vegetasi daerah pantai 	<ul style="list-style-type: none"> - Manajemen kawasan pantai terintegrasi - Perencanaan dan zonasi kawasan pantai yang lebih baik. - Pengembangan legislasi untuk perlindungan pantai - Penelitian dan monitoring pantai dan ekosistem pantai.

Sumber : UNFCCC, 2007

Beberapa aksi adaptasi yang dilakukan masyarakat, Surtiari (2017) melakukan kajian terhadap aksi adaptasi masyarakat berprofesi petani dan nelayan di 5 kabupaten/kota hasilnya menunjukkan bahwa petani melakukan adaptasi terhadap perubahan iklim dengan mengubah waktu tanam, mengubah jenis/varietas bibit, memperbaiki irigasi, merubah cara pengeolahan tanah, mengubah jenis pupuk, sementara untuk nelayan adaptasi berupa, melakukan budidaya perikanan, merubah jenis ikan yang ditangkap, merubah waktu penangkapan, merubah armada tangkap, mengubah alat tangkap. Namun kemampuan adaptasi nelayan tradisional lebih rendah dibandingkan nelayan besar terkait dengan biaya untuk merubah alat tangkap atau armada tangkap.

Kajian Marfai & Hizbaron (2011) di Kelurahan Desa Terboyo Wetan dan Trimulyo di sepanjang garis pantai Kota Semarang. Kedua kelurahan ini merupakan langganan banjir pasang, yang diperburuk oleh penurunan muka tanah akibat aktivitas manusia dan industri. Hasil penelitian ini bahwa kesadaran masyarakat telah terbentuk akan bahaya banjir pasang, namun demikian pemahaman tersebut tidak dapat menjadi pendorong untuk meninggalkan lokasi tersebut. Adaptasi fisik dilakukan berupa peninggian rumah, dan pembuatan bendungan untuk menghalangi air masuk rumah.

2.8 Persepsi dan Partisipasi Masyarakat

Persepsi merupakan tanggapan atau penerimaan dari sesuatu; proses seseorang mengetahui beberapa hal melalui panca indranya (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2008: 1061). Persepsi merupakan pemahaman seseorang atas segala sesuatu yang dilihat atau dirasakan, melalui analisis mengenai persepsi seseorang, dapat diperoleh informasi tentang kesadaran akan lingkungan yang dapat digunakan untuk studi hubungan manusia dengan lingkungan sekitar (Augusto, et all, 2013). Sehingga persepsi masyarakat tidak terlepas dengan nilai-nilai budaya, harapan dan tujuan hidup.

Keterlibatan masyarakat dalam pengambilan keputusan dapat berdampak positif bagi peningkatan partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan pembangunan (Suroso, Hakim, & Noor, 2014). Tingkat kemampuan masyarakat dapat

mempengaruhi tingkat partisipasi masyarakat, sehingga tingkat kemampuan atau kapasitas masyarakat yang rendah perlu untuk ditingkatkan, baik pengetahuan maupun sikap melalui pemberdayaan masyarakat (Budiati, 2012). Dalam pengelolaan lingkungan, partisipasi masyarakat menjadi salah satu elemen yang penting, oleh karena itu perlu pelibatan masyarakat dalam pelaksanaannya (Wibawa, 2014).

2.9 Analisis SWOT

Alternatif-alternatif kebijakan diperlukan dalam strategi pengembangan dan alternatif tersebut dapat diperoleh melalui pendekatan analisis SWOT. SWOT merupakan akronim dari *Strengths* (kekuatan), *Weaknesses* (kelemahan), *Opportunities* (Peluang) dan *Threats* (ancaman). Analisis SWOT adalah alat yang digunakan untuk perencanaan strategis dan pengelolaan organisasi. SWOT dapat efektif digunakan untuk membangun strategi organisasi dan strategi persaingan. Sesuai dengan pendekatan sistem, maka organisasi terdiri dari berbagai subsistem yang saling berinteraksi. Dalam pengertian tersebut organisasi ada di dua lingkungan yaitu lingkungan diri sendiri dan lingkungan yang berada diluar. Untuk praktik pengelolaan strategi menganalisis lingkungan tersebut menjadi keharusan. Proses penilaian lingkungan internal dan eksternal ini disebut dengan analisis SWOT. Faktor eksternal dapat dikelompokkan menjadi faktor yang mendukung kebijakan mitigasi dan adaptasi (*Opportunity*) dan berupa ancaman bagi terlaksananya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (*Threats*). Sedangkan faktor internal merupakan faktor yang dapat di kendalikan oleh organisasi dan dikelompokkan menjadi faktor kekuatan (*Strengths*) dan kelemahan (*Weakness*) (Gurel, 2017).

Analisis SWOT merupakan instrumen perencanaan strategis yang memungkinkan kondisi saat ini (*status quo*) pada area perencanaan, organisasi dan lain-lain dapat dievaluasi dengan pendekatan kekuatan (*stengths*), kelemahan (*weaknesses*), peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*) yang memungkinkan menarik kesimpulan yang paling tepat mengenai rencana masa depan terkait perubahan iklim termasuk pada skala kota (Prutsch et al., 2014).

Analisis SWOT merupakan cara analisis dengan membandingkan antara kondisi eksternal dengan keadaan internal (tabel 8) untuk kemudian disusun strategi yang akan diterapkan untuk mendukung tujuan organisasi tersebut. Matrik SWOT menghasilkan 4 alternatif kebijakan (Rangkuti, 2015), yaitu :

1. Strategi SO, merupakan pertemuan kekuatan dengan peluang, dengan kekuatan yang ada dapat memanfaatkan peluang memungkinkan organisasi dapat berkembang cepat, sehingga dapat mendukung strategi agresif (*Growth oriented strategy*).
2. Strategi ST, keadaan organisasi yang menghadapi ancaman dan dengan mobilisasi (sumberdaya) kekuatan untuk meminimalisir ancaman, bahkan dalam jangka panjang dapat berupaya mengatasi ancaman dan merubah menjadi peluang dengan strategi diversifikasi (produk atau pasar).
3. Strategi WO, organisasi memiliki peluang disisi eksternal dan kekurangan Sumber daya untuk memanfaatkan peluang tersebut, sehingga strategi di fokuskan guna meminimalisir kelemahan guna dapat memanfaatkan peluang yang lebih baik.
4. Strategi WT, posisi organisasi yang paling lemah dengan dihadapkannya ancaman dari luar sementara organisasi kekurangan sumberdaya untuk mengatasi ancaman. Strategi yang di tempuh yaitu mengendalikan kerugian dengan meminimalisir ancaman dan kelemahan.

Tabel 7. Matrik SWOT

		INTERNAL	
		STRENGTHS	WEAKNESSES
EKSTERNAL	OPPORTUNITIES	Strategi SO: Menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang (SO ₁ , SO ₂ , SO ₃SO _n)	Strategi WO : Meminimalisir kelemahan untuk memanfaatkan peluang (WO ₁ , WO ₂ , WO ₃WO _n)
	THREATS	Strategi ST : Menggunakan kekuatan untuk meminimalisir ancaman (ST ₁ , ST ₂ , ST ₃ST _n)	Strategi WT : Meminimalisir kelemahan dan ancaman (WT ₁ , WT ₂ , WT ₃ ...WT _n)

Kelebihan penggunaan analisis SWOT adalah penerapan dalam proses perencanaan strategis, tujuannya adalah mengembangkan dan mengadopsi strategi yang menghasilkan kecocokan antara faktor internal dan eksternal dan merupakan teknik manajerial sederhana (Kangas et al., 2001). Analisis SWOT adalah alat sederhana namun kuat untuk mengukur kemampuan dan kekurangan sumber daya organisasi, peluang pasarnya, dan ancaman eksternal terhadap masa depannya (Thompson et al., 2007: 97)

Kelemahan SWOT merupakan tantangan dalam mengkategorikan satu variabel kedalam satu dari empat kuadran yang ada. Faktor yang sama dapat dimasukkan dalam dua kategori dan suatu faktor dapat dikategorikan menjadi kekuatan dan kelemahan secara sekaligus pada saat yang sama. Analisis SWOT dimulai dengan kondisi Kekuatan, kelemahan peluang dan ancaman saat ini. SWOT harus dapat merefleksikan keakuratan kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman organisasi yang berdasar pada masa depan, sehingga dapat menghasilkan strategi yang berdasar pada masa depan.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian berlokasi di Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah, dan dilaksanakan selama 6 bulan yaitu Desember 2017 - Mei 2018.

3.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Data primer merupakan hasil wawancara dengan informan masyarakat dan instansi pemerintahan dan *key person*. Sedangkan data sekunder berupa data curah hujan, data temperatur permukaan, data intensitas penyinaran, data model iklim, peraturan perundangan, dokumen perencanaan, laporan-laporan dan dokumen terkait lainnya.

Penelitian ini memanfaatkan beberapa peralatan baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Perangkat tersebut digunakan baik dalam pengumpulan data, maupun untuk pengolahan data, berupa : alat tulis, perekam, kamera, Software SPSS, Software SiBias V.2.0, dan *Microsoft Excel 2013*, *Makesen 1.0* serta *Microsoft Word* untuk pengolahan dan penyusunan laporan.

3.3 Ruang lingkup Penelitian

Penelitian ini memfokuskan pada kondisi iklim Kota Semarang saat ini dan proyeksinya, bagaimana persepsi dan respon masyarakat terhadap perubahan iklim dan dampaknya, serta bagaimana instansi pemerintah merespon kondisi iklim dan ancaman bahaya yang mungkin terjadi. Serta menganalisa kondisi internal dan eksternal tata pemerintahan Kota Semarang untuk menyusun strategi mitigasi dan adaptasi di Kota Semarang.

3.4 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Penelitian deskriptif dengan tujuan untuk mengetahui nilai suatu variabel, baik satu atau lebih yang sifatnya independen tanpa membuat hubungan antara satu dengan lainnya maupun perbandingan dengan variabel yang lainnya. Pendekatan kuantitatif dilakukan untuk menghasilkan penemuan-penemuan yang diperoleh melalui prosedur-prosedur statistik atau cara lain melalui pengukuran / kuantifikasi. Sedangkan pendekatan kualitatif yaitu untuk mendapatkan data deskriptif berupa ucapan atau tulisan dan perilaku orang-orang, kelompok masyarakat atau organisasi mengenai suatu hal yang dikaji (Sujarweni, 2014).

Dalam penelitian ini pendekatan kuantitatif digunakan dalam memperoleh bukti adanya perubahan iklim, dengan menganalisis data iklim historis dan proyeksi, dan dalam penyusunan SWOT. Sedangkan pendekatan kualitatif digunakan dalam mengumpulkan persepsi dan respon-respon masyarakat dan instansi pemerintah terhadap perubahan iklim, dampak dan upaya penanggulangannya.

3.5 Tahapan Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian dilakukan beberapa tahapan penelitian, yang mencakup langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tahap persiapan, tahap ini merupakan langkah awal dengan mempersiapkan administrasi seperti penyiapan ijin dan persiapan lain yang dapat memudahkan jalannya penelitian.
2. Tahap studi pustaka, tahap ini guna mendapatkan literatur pendukung penelitian, baik laporan penelitian, jurnal ilmiah dan peraturan-peraturan yang relevan dengan penelitian.
3. Tahap pengumpulan data, data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder, melalui wawancara dan observasi dilapangan, analisis dokumen, pengumpulan data sekunder melalui web resmi lembaga terkait dan wawancara

mendalam untuk menjangkau pendapat pada instansi pemerintah yang relevan, serta penyebaran kuesioner kepada *key person*.

4. Tahap analisis data, data terkait iklim dianalisis dengan analisis statistik untuk mendapatkan tren serta memproyeksikan iklim dimasa yang akan datang, kemudian dilakukan analisis tren dan peluang terlewatnya batas kritis dan peluang perubahannya. Sedangkan hasil wawancara di ditabulasi dan dianalisis secara deskriptif. Hasil kuesioner pembobotan faktor internal dan eksternal kemudian diolah untuk menentukan faktor-faktor SWOT, kemudian dilakukan analisis SWOT dan prioritas strategi.

3.6 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder, data primer berupa yaitu berupa persepsi masyarakat terhadap perubahan iklim, pengalaman masyarakat akan suatu bencana, respon masyarakat terhadap bencana dan bahaya yang dihadapi, persepsi dan partisipasi masyarakat terhadap upaya pemerintah dalam menanggulangi bencana terkait iklim, persepsi instansi pemerintah terhadap perubahan iklim dan dampaknya, serta respon pemerintah dalam menanggulangi perubahan iklim dan dampaknya.

Sedangkan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berupa data iklim dari BMKG, peraturan perundangan, kebijakan pemerintah, dokumen perencanaan dan laporan kegiatan serta dokumen terkait lainnya yang diperoleh baik instansi terkait, jurnal, buku atau laporan-laporan.

3.7 Teknik Pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder yang diperoleh dengan metode triangulasi dengan menggabungkan teknik pengumpulan data sebagai berikut :

3.7.1 Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mengumpulkan data primer, yaitu pengumpulan data langsung dari sumbernya. Wawancara dilakukan dengan dua teknik yaitu

wawancara semi terstruktur untuk masyarakat dan dan wawancara mendalam untuk *key person*. Wawancara terhadap informan memuat unsur-unsur : 1) Data demografi narasumber 2) Persepsi informan terhadap perubahan iklim 3) Respon masyarakat terhadap perubahan iklim; .4) Persepsi masyarakat terhadap upaya dilakukan pemerintah terkait adaptasi-mitigasi dampak perubahan iklim; 5) Respon Pemerintah terhadap perubahan iklim dan upaya-upaya yang telah dan akan dilakukan pemerintah;

3.7.2 Observasi

Observasi adalah cara dan teknik pengumpulan data dengan melakukan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang ada pada objek penelitian (Tika dan Pabundu, 2005). Dalam penelitian ini observasi langsung dilokasi untuk memperoleh data lapangan terkait upaya yang telah dilakukan masyarakat dan pemerintah untuk memperkuat hasil wawancara dengan informan dan *key person*.

3.7.3 Dokumentasi

Untuk memperoleh data lainnya dilakukan melalui studi literatur penerbitan baik dari instansi atau lembaga-lembaga terkait atau melalui penelusuran di internet. Data klimatologi diperoleh melalui <http://dataonline.bmkg.go.id/>. Data indeks ENSO diperoleh dari *The Climate Data Guide: Nino SST Indices* (<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-344-oni-and-tni>). Dan DMI di unduh dari https://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/. Sedangkan data skenario perubahan iklim diperoleh dari database CMIP5 melalui PCMDI/portal data ESGF (<http://www-pcmdi.llnl.gov> atau <http://pcmdi9.llnl.gov/esgf-web-fe/>) juga dapat didownload dari situs web KNMI *climate explorer* (<http://climexp.knmi.nl>).

3.7.4 Informan Penelitian

Dalam tahap pengumpulan data kualitatif data diperoleh melalui wawancara, observasi dan dokumentasi. Data yang dikumpulkan berupa situasi sosial (*social situation*) yang terdiri dari tiga elemen : tempat (*place*); pelaku (*actors*); dan

aktivitas (*activity*) yang ketiganya menjalin interaksi secara sinergis. Situasi sosial tersebut yang akan dijadikan sebagai objek penelitian untuk dapat digali informasi didalamnya. Sampel dalam penelitian kualitatif dinamakan sebagai nara sumber, partisipan, informan, teman dan guru dalam penelitian (Sugiyono, 2014).

Peran peneliti sebagai instrumen penting dalam memperoleh informasi, dengan memasuki situasi sosial tertentu dan melakukan observasi, wawancara kepada orang-orang yang dipandang memiliki informasi dan dapat memberikan jawaban atas objek penelitian yaitu bidang pengelolaan lingkungan khususnya terkait perubahan iklim dan dampaknya. Pemilihan informan dalam penelitian ini menggunakan metode pengambilan sampel secara *purposive sampling* dengan kriteria : a) Warga masyarakat dilokasi penelitian >10 tahun; b) Bersedia menjadi informan, memahami dan mampu menjelaskan mengenai topik permasalahan yang disedang dibicarakan; c). Tokoh masyarakat atau perangkat desa/ kelurahan/ kecamatan; d). Petani/petambak/nelayan atau pengusaha/ wiraswasta/ kelompok swadaya masyarakat. Dalam metode *purposive sampling besaran sampel* tidak ditentukan dengan pertimbangan sejauh mana informasi yang diberikan, pengambilan sampel akan dihentikan ketika data telah jenuh, yaitu penambahan informan tidak menambah informasi baru (*redundancy*), sehingga pengambilan sampel dihentikan, dan dianggap penentuan unit sampel (informan) sudah memadai.

Untuk mengumpulkan terkait kebijakan dilokasi penelitian, informasi dikumpulkan dari narasumber yang terdiri dari Bappeda, Dinas Lingkungan Hidup, Dinas Sosial, Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Sosial, Dinas Perikanan Kota Semarang dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah, kecamatan dan kelurahan. Sedangkan untuk penyusunan SWOT melibatkan *key-person* dari BAPPEDA, DLH, Dinas Perikanan dan BPBD Kota Semarang.

Tabel 8 Informan Penelitian

No.	Informan	Jumlah (Orang)
Masyarakat		
1	Masyarakat pesisir (Kec. Genuk, Kec. Semarang Utara, Kec. Semarang Barat, Kec. Tugu, Kec. Semarang Timur)	67
Pemerintah Kota Semarang		
1.	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah	1
2.	Dinas Lingkungan Hidup	3
3.	Dinas Pekerjaan Umum	1
4.	Badan Penanggulangan Bencana Daerah	1
5	Dinas Sosial	1
6	Kelurahan Trimulyo	1
7	Kelurahan Tanjung Mas	1
8	Kelurahan Mlatiharjo	1
9	Kelurahan Tambakharjo	1
10	Kelurahan Mangkang Wetan	1
11	Kecamatan Semarang Utara	1
12	Kecamatan Semarang Timur	1
13	Kecamatan Genuk	1
Jumlah		16

Tabel 9 Jenis dan Sumber Data

No.	Fenomena	Indikator	Jenis Data	Sumber Data	Analisis
1.	Kondisi Iklim	Temperatur Udara (y ₁)	Sekunder	BMKG	- Uji Distribusi Data, Regresi Linear, Mann-Kendal, Deskriptif
		Curah Hujan (y ₂), Intensitas Cahaya (y ₃)	Sekunder	BMKG	- Uji Distribusi data, Regresi Linear. - Mann-Kendal
		Proyeksi (iklim Temp/CC)	Sekunder	BMKG, IPCC (Software SiBias)	- Uji Distribusi, korelasi, Regresi Linear. - Mann-Kendal - Deskriptif
2.	Persepsi masyarakat tentang Perubahan Iklim	- Pengalaman Bencana - Penyebab PI - Perubahan teramati - Dampak PI - Upaya Masyarakat - Upaya Pemerintah - Dampak Dari Upaya Pemerintah	Primer	Masyarakat	- Deskriptif
4.	Strategi Pengelolaan	- Respon Pemerintah menghadapi Perubahan Iklim	Primer	BAPPEDA DLH DPU BPBD Dinas Perikanan	- Deskriptif
		- Strategi Penguatan ketahanan iklim kota semarang		Bappeda, DLH, Dinas Perikanan, BPBD	Analisis SWOT

3.8 Metode Analisis Data

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Penelitian didahului dengan menganalisa kondisi iklim saat ini dan histori berdasarkan indikator temperatur, curah hujan dan lama penyinaran matahari. Kemudian memproyeksikan iklim dengan memanfaatkan model keluaran GCM dengan menggunakan skenario RCP 8.5 kemudian menganalisa perubahannya dibandingkan iklim observasi, dan menganalisa potensi bahaya dari perubahan iklim tersebut. Langkah selanjutnya yaitu tahap kualitatif untuk

mendapatkan persepsi masyarakat mengenai perubahan iklim, dampak dan responnya serta wawancara dengan instansi terkait untuk mendapatkan informasi persepsi dan respon pemerintah terhadap kondisi iklim, dan isu perubahan iklim, langkah ini sekaligus untuk mengkonfirmasi hasil analisis data iklim. Langkah selanjutnya yaitu melakukan identifikasi respon Pemerintah Kota Semarang melalui wawancara, observasi dan dokumentasi, serta identifikasi faktor internal dan eksternal pemerintah kota Semarang yang dapat mendukung implementasi upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Hasil identifikasi tersebut kemudian dilakukan pembobotan oleh *key person* untuk mengetahui faktor kekuatan, kelemahan, peluang dan tantangan tata pemerintah kota Semarang untuk mengimplementasikan kebijakan adaptasi dan mitigasi perubahan. Adapun tahapan penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

3.8.1 Analisis Iklim Observasi

Data iklim yang diperoleh sebelum dapat dilakukan analisis perubahan iklim, perlu dilakukan validasi data untuk mengetahui konsistensi data iklim. Tujuan uji ini adalah untuk memastikan perubahan yang terjadi pada data hanya disebabkan oleh faktor cuaca, bukan adanya kerusakan alat atau kesalahan manusia dalam pengukuran. Sehingga hasil analisis dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3.8.1.1 Uji Konsistensi Data Iklim

Validasi data iklim BMKG dilakukan dengan metode analisa *double mass curve* dan dengan metode statistik. *Double mass curve* menggambarkan hubungan antara data iklim kumulatif stasiun yang akan dicek dengan kumulasi data iklim stasiun indeks. Stasiun indeks dalam hal ini merupakan kumulasi curah hujan rata-rata stasiun terdekat.

Perubahan kemiringan dari garis korelasi menunjukkan adanya perubahan/inkonsistensi (Gambar 15). Uji statistik homogenitas untuk mengetahui data iklim antar stasiun / antar periode homogen, yang menunjukkan data iklim sesuai dengan kondisi sebenarnya, dan perubahan data hanya

dipengaruhi oleh iklim, bukan karena alat ukur atau kesalahan pengamatan, sehingga dapat dilakukan uji selanjutnya.

Data yang memiliki pencilan dilakukan klarifikasi melalui kantor BMKG, studi literatur, laporan, atau berita media masa. Data iklim yang digunakan yaitu data dengan kelengkapan diatas 95 %. Untuk data yang kosong digunakan metode aljabar untuk mengisinya. Rata – rata aljabar ini digunakan apabila kekurangan data kurang dari 10% (<10%) dan stasiun hujan berada pada wilayah yang datar. Dengan persamaan :

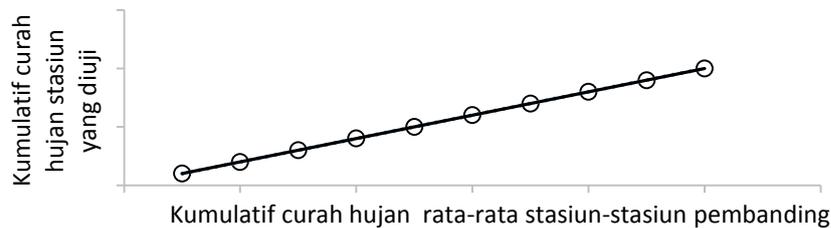
$$X_A = \frac{\bar{X}_A}{\bar{X}_B} \cdot X_B \dots\dots\dots (1)$$

\bar{X}_A = Hujan rata – rata tahunan di stasiun A.

\bar{X}_B = Hujan rata – rata tahunan di stasiun B

X_A = Hujan di stasiun A

X_B = Hujan di stasiun B



Gambar 15. Kurva Massa Ganda

3.8.1.2 Analisis data iklim runtun waktu

Data iklim runtun waktu dilakukan analisis statsitik untuk mendapatkan informasi perubahan unsur-unsur iklim dengan menggunakan metode persamaan regresi linear sederhana (Persamaan 1) dan Mann-Kendal (Persamaan 2). Regresi linear sederhana digunakan ketika data terdistribusi normal, sedangkan mann-kendal digunakan untuk analisis data yang terdapat pencilan/data ekstrim dengan metode Sen'slope untuk mengetahui nilai kemiringan (Persamaan 3). Data dianalisis yaitu : runtun waktu bulanan, musiman, tahunan dan analisis komposit. Mann-kendal dapat mendeteksi signiikansi kecenderungan tren (linear atau non-linear). Pada dasarnya jika data

terdistribusi mendekati normal maka hasil Mann-Kendal akan mendekati hasil regresi linear sederhana (NACFARS (eds), 2017).

Regresi Linear :

$$Y_i = \alpha + \beta X_i \dots \dots \dots (2)$$

Y = Variabel tak bebas

α = Konstanta;

β = Kemiringan;

X = Variabel bebas

i = 1 (temperatur), 2 (curah hujan), 3 (lama penyinaran)

Mann-Kendal :

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(X_j - X_k) \dots \dots \dots (3)$$

$$\sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18}$$

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sigma_s} \dots \dots \dots \text{Jika } S > 0 \\ 0 \dots \dots \dots \text{Jika } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sigma_s} \dots \dots \dots \text{Jika } S < 0 \end{cases} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana X_j dan X_k adalah data nilai data “j” dan “k” dengan $j > k$.

Sen’s Slope :

$$Q_i = \frac{X_j - X_k}{j - k} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana $j > k$, jika “n” merupakan nilai dari X_j dalam time series maka terdapat “N” ($N = n(n-1)/2$) slope estimasi Q_i . Estimasi slope Sen’s merupakan median dari nilai Q_i yaitu dengan cara mengurutkan data dari terkecil sampai dengan terbesar :

$$\text{Estimasi Sen' Slope, } Q = Q_{\lfloor \frac{N+1}{2} \rfloor}, \text{ Jika N ganjil} \dots \dots \dots (6)$$

$$Q = 0.5 [Q_{(N/2)} + Q_{[(N+2)/2]}] \text{ Jika N genap}$$

3.8.1.3 Identifikasi iklim ekstrim dan peluang iklim ekstrim

Ambang batas kritis ditentukan dengan statistik untuk memperoleh data ekstrim ambang batas maksimum dan minimum dengan perentil 5% untuk ambang bawah dan 95 % ambang batas atas. Penentuan tren frekuensi kejadian iklim dilakukan dengan dengan membandingkan nilai peluang kejadian iklim historis dengan data nilai peluang kejadian iklim proyeksi.

3.8.1.4 Proyeksi Iklim

Proyeksi iklim dapat menggunakan keluaran model dari GCM-CMIP5, model ini cukup kompleks yang memproyeksikan iklim sampai dengan tahun 2100. Data tersebut tersedia <http://www.ipcc-data.org/> dan <http://www.pcmdi.llnl.gov/>. Data yang tersedia berupa data *grid* yang memiliki atribut *metafile* dan disimpan dalam file dengan format khusus NetCDF, Grib atau Binary dan bersifat global serta memiliki bias sehingga untuk dapat digunakan dalam skala lokal diperlukan teknik *downscaling* dan koreksi bias.

Teknik *downscaling* yang digunakan yaitu *statistical downscaling*, metode ini memiliki keunggulan dalam prosesnya yang relatif lebih mudah dibandingkan metode *dynamic downscaling* yang memerlukan peralatan yang canggih dan memerlukan waktu yang relatif lama dengan biaya yang cukup mahal.

Untuk mempermudah dalam *downscaling* dan koreksi bias, dalam penyusunan *Third National Communication Indonesia untuk United Nation for Climate Change Commite* telah dibangun aplikasi *Statistical Downscaling Corretion for Climate Scenarios* (SiBiaS). Aplikasi dibangun untuk mempermudah dalam penggunaan data luaran GCM CMIP5 dan proses koreksi biasanya dengan teknik bias statistik metode delta dan metode koreksi distribusi. Perangkat lunak ini dibangun khusus untuk peroyeksi iklim di wilayah Indonesia dan tersedia 4 skenario yaitu RCP 2,6, RCP 4.5, RCP 6,0 dan RCP 8,5. (Faqih, 2016).

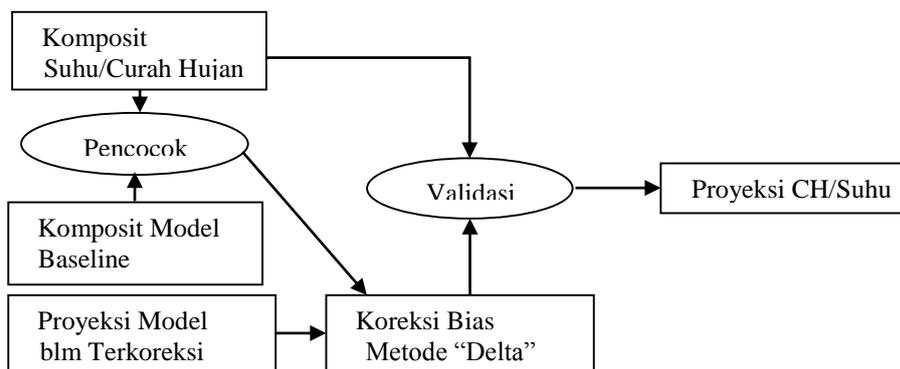
Skenario perubahan iklim yang digunakan dalam penelitian ini yaitu RCP 8.5 dengan proyeksi menggunakan metode delta. Skenario ini merupakan skenario terburuk dengan tidak adanya upaya-upaya kongkrit dalam mitigasi perubahan iklim, sehingga diskenariokan emisi yang terus meningkat sampai akhir 2100.

Tabel 10 Model Output GCM yang tersedia dalam software SiBias v1.0

No	Nama Model GCM	Referensi
1	bcc-csm1-1	(Wu, 2012; Xin et al., 2012; Xin et al., 2013)
2	CCSM4	(Gent and Danabasoglu, 2011)
3	CESM1-CAM5	(Hurrell, 2013)
4	CSIRO-Mk3-6-0	(Rotstayn et al., 2012)
5	FIO-ESM	(Collins et al., 2006)
6	GFDL-CM3	(Delworth et al., 2006; Donner et al., 2011)
7	GFDL-ESM2G	(Dunne et al., 2012; Dunne et al., 2013)
8	GFDL-ESM2M	(Dunne et al., 2012; Dunne et al., 2013)
9	GISS-E2-H	(Schmidt et al., 2006)
10	GISS-E2-R	(Schmidt et al., 2006)
11	HadGEM2-AO	(Collins et al., 2011; Martin et al., 2011)
12	HadGEM2-ES	(Collins et al., 2011; Martin et al., 2011)
13	IPSL-CM5A-LR	(Dufresne et al., 2013)
14	IPSL-CM5A-MR	(Dufresne et al., 2013)
15	MIROC5	(Watanabe et al., 2010)
16	MIROC-ESM	(Watanabe et al., 2010)
17	MIROC-ESM-CHEM	(Watanabe et al., 2010)
18	MRI-CGCM3	(Yukimoto et al., 2012; Yukimoto et al., 2011)
19	NorESM1-M	(Iversen et al., 2013)
20	NorESM1-ME	(Tjiputra et al., 2013)

Sumber : Faqih, 2016

Proyeksi iklim tidak terlepas dari aspek ketidakpastian iklim masa depan, sehingga penggunaan beberapa model dapat meningkatkan kualitas proyeksi iklim. Namun demikian tidak semua model dapat digunakan, dibutuhkan studi literatur model GCM untuk menentukan model yang cocok di Indonesia. Urutan proyeksi iklim yang dimulai dengan membandingkan baseline model dengan baseline observasi. Model dengan kemiripan pola dan korelasi yang baik yang akan dipilih. Model yang terpilih kemudian akan divalidasi dengan simulasi proyeksi dengan menggunakan baseline 1985-2010 untuk tahun proyeksi 2011-2036. Validasi hanya pada data proyeksi tahun 2011-2016 yang diuji korelasinya dengan data observasi tahun 2011-2016. Korelasi yang baik (mendekati angka 1) akan digunakan dalam proyeksi.



Gambar 16. Bagan Alir Proyeksi Iklim (KLH, 2008 di modifikasi)

3.8.2 Pengolahan survey dengan masyarakat

Data hasil wawancara dengan masyarakat kemudian diolah dengan metode analisis deskriptif, yaitu data diolah dan disederhanakan dalam bentuk tabel, frekuensi dan presentase kemudian dideskripsikan.

3.8.3 Pengolahan data survey instansi

Data hasil survey instansi kemudian diolah secara deskriptif, hasil identifikasi dikelompokkan pada tiga komponen utama yaitu 1) Kelembagaan, 2) Kebijakan dan; 3) Implementasi program, dalam merespon perubahan iklim.

3.8.4 Penyusunan strategi

Penyusunan strategi dilakukan dengan pengumpulan informasi dari instansi terkait melalui wawancara dan analisis dokumen serta dengan melalui studi literatur terkait. Hasil indentifikasi faktor-faktor internal maupun eksternal kemudian di susun kuisioner dan dilakukan pembobotan oleh *key-person*. Hasil pembobotan tersebut kemudian dianalisis dengan Analisis SWOT untuk menentukan strategi penguatan ketahanan iklim.

3.8.4.1 Identifikasi faktor internal dan eksternal

Faktor internal adalah kondisi internal Kota Semarang menghadapi perubahan iklim berupa kekuatan dan kelemahan. Sementara faktor eksternal merupakan suatu kondisi diluar kemampuan kota semarang untuk mengendalikannya, berupa peluang dan ancaman. Kondisi ini diidentifikasi

dari hasil pembobotan faktor internal dan eksternal melalui kuisisioner yang diisi oleh *key person*.

3.8.4.2 Penentuan informan dan pengisian kuisisioner

Informan ditentukan secara purposive yaitu para pejabat / pimpinan / ahli/ memahami isu perubahan iklim dan dampaknya dari lembaga pemerintah terkait (BAPPEDA, DLH, DKP, BPBD), kuisisioner diisi melalui tatap muka sehingga kesalahan persepsi terhadap pernyataan yang ada dapat dihindari.

3.8.4.3 Analisis SWOT

Analisis dilakukan untuk menentukan faktor internal yang menjadi faktor kekuatan dan kelemahan dan faktor eksternal yang menjadi faktor peluang dan tantangan. Faktor-faktor internal yang berada diatas rata-rata faktor internal kemudian dikategorikan sebagai kekuatan sementara nilai di bawah rata-rata dimasukan dalam faktor kelemahan. Begitu juga untuk faktor eksternal, elemen yang berada diatas rata-rata dikelompokkan sebagai peluang sedangkan yang dibawah rata-rata menjadi elemen tantangan (Tabel 12).

Tabel 11 Analisis Faktor Internal dan Eksternal

No. Faktor Internal	Penilaian Informan						Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	
1	x	x	x	x	X	x	$\bar{x}l_1$
2	x	x	x	x	X	x	$\bar{x}l_2$
3	x	x	x	x	X	x	$\bar{x}l_3$
N	x	x	x	x	X	x	$\bar{x}l_n$
Rata-rata							$\bar{X}l$
No. Faktor Eksternal	Penilaian Informan						Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	
1	x	x	x	X	X	x	$\bar{x}e_1$
2	x	x	x	X	X	x	$\bar{x}e_2$
3	x	x	x	X	X	x	$\bar{x}e_3$
N	x	x	x	X	X	x	$\bar{x}e_n$
Rata-rata							$\bar{X}e$

Analisis ini akan mengelompokkan faktor internal menjadi faktor kekuatan dan kelemahan, dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan masing-masing faktor rata-rata totalnya, dengan kriteria sebagai berikut :

- Faktor Kekuatan (S), jika nilai $\bar{x}i_n > \bar{X}i$
- Faktor Kelemahan (W), jika nilai $\bar{x}i_n < \bar{X}i$

Dengan cara yang sama faktor eksternal dapat dikelompokkan menjadi faktor peluang (O) dan faktor ancaman (T), dengan kriteria :

- Faktor Peluang (O), jika nilai $\bar{x}e_n > \bar{X}e$
- Faktor Ancamana (T), jika nilai $\bar{x}e_n < \bar{X}e$

Faktor internal dan eksternal kemudian diberi bobot dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan penyesuaian nilai rata-rata tiap elemen faktor internal/eksternal dengan cara mengurangi rata-rata tiap elemen faktor eksterna/internal dengan rata-rata faktor internal/eskternal. Nilai ini bersifat mutlak (tidak ada nilai negatif)
2. Pembobotan faktor internal dan eksternal masing-masing 100 %. Bobot elemen SWOT (kekuatan/kelemahan/peluang/ancaman) perbandingan penjumlahan dari penyesuaian rata-rata tiap elemen SWOT terhadap nilai total faktor SWOT (internal/eksternal)
3. Bobot yang digunakan dalam pengambilan strategi adalah bobot tertimbang, dengan mengalikan bobot dengan rating. Rating merupakan penilaian informan terhadap urgensi kepentingan setiap uraian faktor internal dan eskternal.

Tabel 12 Pembobotan Faktor Internal dan Eksternal

Faktor	Penyesuaian Rata-Rata (Rata-rata- $\bar{X}i$)	Bobot (%) (Xn/Xsi)*Bs	Urgensi (Rating)	Final Score (Bobot* rating)
1	2	3	4	5
Kekuatan (S)				
Faktor1	X1	Bobot ke-1	Xr1	X1*Xr1
Faktor 3	X3	Bobot ke-3	Xr3	X3*Xr3
Faktor ke-n	Xn	Bobot ke-n	Xrn	Xn*Xrn
Total S	Xsi	Total Bobot Kekuatan (Bs)		(Total)
Faktor	Penyesuaian Rata-Rata (Rata-rata- $\bar{X}i$)	Bobot (%) (Xn/Xwi)*Bw	Urgensi (Rating)	Final Score (Bobot * Rating)
Kelemahan (W)				
Faktor 2	X2	Bobot ke- 2	Xr2	X4*Xr2
Faktor 4	X4	Bobot ke- 4	Xr4	X4*Xr4
Faktor ke-n	Xn	Bobot ke n	Xrn	Xn*Xrn
Total W	Xwi	Total Bobot Kelemahan (Bw)		(Total)
Total Faktor Internal = Xi = Xsi+Xwi				
Bs = (Xsi/Xi)*100%		Bw = (Xwi/Xi)*100%		

Faktor	Penyesuaian Rata-Rata ($ Rata-rata - \bar{X}_e $)	Bobot (%) (X_n/X_{oe})* B_o	Urgensi (Rating)	Final Score (Bobot* rating)
1	2	3	4	5
Peluang (O)				
Faktor 1	X1	Bobot ke-1	Xr1	X1*Xr1
Faktor 3	X3	Bobot ke-3	Xr3	X3*Xr3
Faktor ke-n	Xn	Bobot ke-n	Xrn	Xn*Xrn
Total O	Xoi	Total Bobot Peluang (Bo)		(Total)
Ancaman (T)				
Faktor 2	X2	Bobot ke- 2	Xr2	X4*Xr2
Faktor 4	X4	Bobot ke- 4	Xr4	X4*Xr4
Faktor ke-n	Xn	Bobot ke n	Xrn	Xn*Xrn
Total T	Xti	Total Bobot Kelemahan (Bt)		(Total)
Total Faktor Internal = $X_e = X_{oe} + X_{te}$				
$B_o = (X_{oe}/X_e)*100\%$		$B_t = (X_{te}/X_e)*100\%$		

3.8.4.4 Penyusunan Prioritas Strategi

Strategi disusun dengan menyandingkan faktor internal dan eksternal dalam satu matrik Analisis SWOT (Tabel 14). Strategi *Strengths-Opportunities (S-O)* yaitu strategi ini menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang yang ada (strategi agresif). Strategi *Strengths-Threats (S-T)* yaitu strategi menggunakan kekuatan untuk menghadapi/menurunkan tingkat ancaman (strategi diversifikasi). Strategi *Weakness-Opportunities (W-O)* yaitu strategi meminimalkan kelemahan dengan memanfaatkan peluang (strategi *turn around*). Strategi *Weakness-Threats (W-T)* yaitu strategi dengan meminimalkan kelemahan dan menghindari ancaman (strategi defensif)

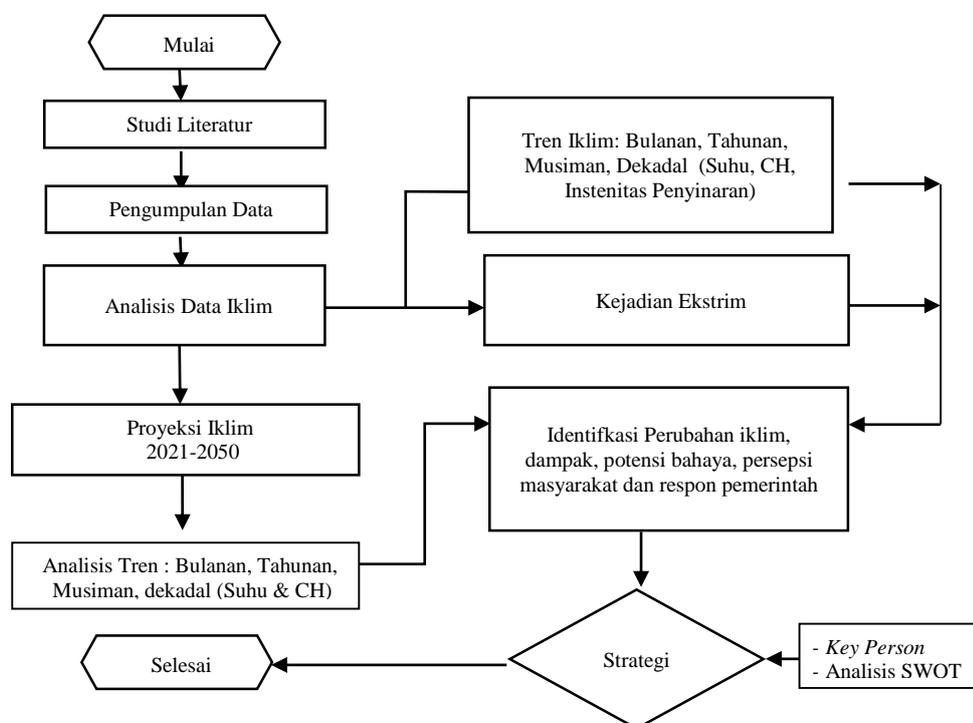
Tabel 13 Matrik Analisis SWOT

Faktor Eksternal Faktor Internal	<i>Opportunities (O)</i> Tentukan Faktor Peluang	<i>Threats (T)</i> Tentukan Faktor Ancaman
<i>Strengths (S)</i> Tentukan Faktor-faktor kekuatan	Strategi S-O	Strategi S-T
<i>Weakness (W)</i> Tentukan faktor-faktor kelemahan	Strategi W-O	Strategi W-T

3.8.5 Rencana Pengujian Keabsahan Data

Menurut Sugiono (2009) keabsahan data penelitian kualitatif meliputi uji kredibilitas data (validitas internal), uji depenabilitas (reliabilitas) data dan uji transferabilitas (validitas eksternal/generalisasi), dalam penelitian kualitatif yang utama untuk dilakukan yaitu uji kredibilitas. Uji kredibilitas dilakukan dengan metode triangulasi yaitu pengecekan data dari berbagai sumber data dan dilakukan dengan berbagai cara. Dalam penelitian ini sumber data diperoleh dari berbagai sumber seperti masyarakat, tokoh masyarakat, kelompok masyarakat dan instansi terkait, sementara teknik pengumpulannya dengan metode wawancara, observasi dan dokumentasi. Untuk data iklim keabsahan data dilakukan melalui uji konsistensi, uji normalitas data, dan uji homogenitas dengan stasiun terdekat. Untuk menguji data pencilaan dilakukan konfirmasi kepada kantor stasiun klimatologi, melakukan penelusuran berita, dan laporan lainnya.

3.8.6 Bagan Alur Penelitian



Gambar 17. Bagan alur penelitian

