

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan area memanjang atau jalur dan/atau mengelompok yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam (Undang – Undang Nomor 26 Tahun 2007)

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, ketentuan penyediaan ruang terbuka hijau antara lain :

- a. Ruang terbuka hijau perkotaan terdiri dari ruang terbuka hijau publik dan ruang terbuka hijau privat
- b. Proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah perkotaan adalah sebesar minimal 30 % dari luas wilayah perkotaan yang terdiri dari 20 % ruang terbuka hijau publik dan 10 % ruang terbuka hijau privat.
- c. Apabila luas ruang terbuka hijau baik publik maupun privat dari kota yang bersangkutan telah memiliki total luas lebih besar dari peraturan atau perundangan yang berlaku, maka proporsi tersebut harus tetap dipertahankan keberadaanya.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan memiliki 2 (dua) fungsi yakni :

- a. fungsi utama (intrinsik)

fungsi utama ruang terbuka hijau adalah sebagai fungsi ekologis dimana ruang terbuka hijau dapat berperan sebagai pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alam dapat berlangsung lancar, sebagai peneduh, produsen

oksigen, penyerap air hujan, penyedia habitat satwa, penyerap polutan media udara, air dan tanah serta penahan angin.

b. fungsi tambahan (ekstrinsik).

Fungsi tambahan ruang terbuka hijau adalah sebagai fungsi sosial – budaya (ruang terbuka hijau menjadi wadah dan objek pendidikan, penelitian, pelatihan dalam mempelajari alam, tempat rekreasi dan media komunikasi antar warga), sebagai fungsi ekonomi (ruang terbuka hijau sebagai sumber produk yang bisa dijual dan menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutanan) dan sebagai fungsi estetika (ruang terbuka hijau menjadi pembentuk faktor keindahan arsitektural, meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan, menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga serta menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun)

Manfaat ruang terbuka hijau dapat dirasakan secara langsung (dalam pengertian cepat dan bersifat *tangible*) yakni membentuk keindahan dan kenyamanan dan mendapatkan bahan – bahan untuk dijual baik kayu, daun, bunga maupun buah serta manfaat tidak langsung (berjangka panjang dan bersifat *intangibile*) yakni pembersih udara yang sangat efektif, pemeliharaan akan kelangsungan persediaan air tanah, pelestarian fungsi lingkungan beserta isi flora dan fauna yang ada (konservasi hayati atau keanekaragaman hayati).

Secara fisik, ruang terbuka hijau dapat dibedakan menjadi ruang terbuka hijau alami berupa habitat liar alami, kawasan lindung dan taman – taman nasional serta ruang terbuka hijau non alami atau binaan seperti taman, lapangan olahraga, pemakaman atau jalur – jalur hijau jalan. Secara struktur ruang, ruang terbuka hijau dapat mengikuti pola ekologis baik mengelompok, memanjang atau tersebar maupun pola planologis yang mengikuti hirarki dan struktur ruang perkotaan. Secara segi kepemilikan, jenis – jenis ruang terbuka hijau dibedakan menjadi ruang terbuka hijau pekarangan, ruang terbuka hijau taman dan hutan kota, ruang terbuka hijau jalur hijau jalan, dan ruang terbuka hijau fungsi tertentu seperti ruang terbuka hijau sempadan rel kereta api, sempadan sungai, sempadan pantai, pengamanan

sumber air baku/mata air, pemakaman dan jalur hijau jaringan listrik tegangan tinggi.

2.2. Jenis Vegetasi Ruang Terbuka Hijau

Komponen utama dan yang terpenting dalam ruang terbuka hijau adalah ketersediaan tanaman dimana sebuah tanaman dapat menghasilkan oksigen dan menyerap karbondioksida melalui proses fotosintesa. Berbagai jenis tanaman dapat digunakan untuk ruang terbuka hijau tergantung dari jenis, struktur dan fungsi ruang terbuka hijau yang akan diadakan. Jenis vegetasi yang dapat digunakan di kawasan perkotaan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan antara lain Kiara Payung (*Filicium decipiens*), Tanjung (*Mimusops elengi*), Bungur (*Lagerstroemia floribunda*), Angsana (*Ptherocarphus indicus*), Akasia daun besar (*Accasia mangium*), Oleander (*Nerium oleander*), Bogenvil (*Bougenvillea Sp*), Teh – tehan pangkas (*Acalypha Sp*), Kembang Sepatu (*Hibiscus rosa sinensis*), Cemara (*cassuarina equisetifolia*), Mahoni (*Swietania mahagoni*), Bambu (*Bambusa Sp*), Nusa Indah (*Mussaenda Sp*), Pangkas kuning (*Duranta Sp*), Lantana (*Lantana camara*), Soka berwarna – warni (*Ixora stricata*), Palem raja (*Oreodoxa regia*), Pinang jambe (*Areca catechu*), Lontar (*Borassus flabellifer*), Khaya (*Khaya sinegalensis*), Asam landi (*Pichelebiium dulce*), Daun mangkokan (*Notophanax scutelarium*), Azalea (*Rhododendron indicum*), Soka daun besar (*Ixora javonica*), Bakung (*Crinum asiaticum*), Palem kunig (*Chrysalidocaus letuscens*), Sikas (*Cycas revolata*), Alamanda (*Aalamanda cartatica*), Puring (*Codiaeum varigatum*), Kembang merak (*Caesalpinia pulcherima*), Bunga kupu – kupu (*Bauhinia purpurea*), Sikat botol (*Calistemon lanceolatus*), Kamboja merah (*Plumeria rubra*), Kersen (*Muntingia calabura*), Kendal (*Cordia sebestena*), Jambu batu (*Psidium quajava*), Bunga saputangan (*Amherstia nobilis*), Lengken (*Ephorbia logan*), Bunga lampion (*Brownea ariza*), Kenangan (*Canangan odorata*), Sawo kecil (*Manikara kauki*), Jambu air (*Eugenia aquea*), Kenari (*Canarium commune*), Beringin (*Ficus benyamina*), Loa (*Ficus*

glaberrima), Dadap (*Erythrina varigata*), Dangdeur (*Gosampinus heptaphylla*), Aren (*Arenga pinatta*), Buni (*Antidesma bunius*), Buni hutan (*Antidesma montanum*), Kembang merak (*Caesalpinia pulcherrima*), Serut (*Streblus asper*), Jamblang (*Syzygium cumini*), Salam (*Syzygium polyanntum*), Trembesi (*Samanea saman*), Jati (*Tectona grandis*), Sungkai (*Peronema canescens*), Dahat (*Tectona hamiltoniana*), Cendana india (*Santaum album*), Suren (*Toona sureni*), Gopasa (*Vitex gopassus*), Pinus (*Pinus merkusi*), Asam kranji (*Pithecelobium dulce*), Ketpang (*Terminalia cattapa*) dan beberapa tanaman lainnya.

2.3. Jalan dan Kendaraan Bermotor

Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, Jalan merupakan suatu prasarana transportasi darat meliputi semua bagian jalan, baik bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan untuk lalu lintas, berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan/atau air serta di atas permukaan air kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Jalan memiliki peran penting dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan dan keamanan. Sistem jaringan jalan terdiri atas sistem jaringan jalan primer yakni sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional dan sistem jaringan sekunder yakni sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan. Dalam mendistribusikan barang dan jasa dibutuhkan alat transportasi atau yang biasa disebut kendaraan.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan, Kendaraan merupakan suatu sarana angkut di alan yang teridir atas kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor. Kendaraan bermotor merupakan setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain kendaraan yang berjalan diatas rel. Kendaraan bermotor inilah yang mempunyai andil sangat besar dalam mengemisikan gas dan partikel ke lingkungan.

2.4. Pencemaran Udara

Udara di atmosfer dalam kondisi normal merupakan campuran gas yang terdiri atas 78% nitrogen, 20% oksigen, 0,93% argon, 0,03% karbondioksida dan sisanya terdiri dari neon, helium, metan dan hidrogen. Kondisi udara di atmosfer dapat dikatakan tercemar apabila mengalami perubahan komposisi udara. Perubahan komposisi udara dapat terjadi karena masuk atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang berpotensi sebagai unsur pencemar ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999).

Sumber pencemaran udara berasal dari sumber alami dan hasil dari aktivitas manusia (antropogenik) seperti pembakaran bahan bakar dalam kegiatan transportasi, pembangkit listrik dan penggunaan boiler dalam industri (Huang et al., 2008; Lotfalipour et al., 2010). Sumber antropogenik terbesar yang menyebabkan pencemaran udara berasal dari kegiatan transportasi. Beberapa polutan utama yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang dapat menyebabkan pencemaran udara antara lain debu, karbonmonoksida, karbondioksida, hidrokarbon, nitrogen oksida dan sulfur oksida (Miller & Spoolman, 2012; Qiao et al., 2014). Emisi karbon yang dihasilkan dari kendaraan bermotor merupakan salah satu sebab terjadinya pemanasan global karena emisi yang paling berkontribusi terhadap pemanasan global adalah karbondioksida (CO_2).

2.5. Emisi Gas Rumah Kaca

Gas – gas rumah kaca yang paling berkontribusi terhadap pemanasan global adalah karbondioksida (CO_2), metan (CH_4), dinitro oksida (N_2O), perflourkarbon (PFC), hidroflourkarbon (HFC), dan sulfurheksplourida (SF_6), sedangkan menurut PBB dalam Konvensi Perubahan Iklim (United Nation Framework Convention On Climate Change) selain enam jenis gas rumah kaca tersebut, ada beberapa gas yang juga masuk ke dalam golongan gas rumah kaca diantaranya

karbonmonoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), cloroflourocarbon (CFC) dan gas – gas organik non metal volatil lainnya.

Tiga jenis gas yang paling utama disebut gas rumah kaca adalah CO₂, CH₄, N₂O, karena dianggap sebagai lapisan gas yang berperan sebagai perangkap gelombang panas dan akhir – akhir ini konsentrasinya di atmosfer terus meningkat sampai dua kali lipat (IPCC, 2007). Ketiga jenis gas rumah kaca mempunyai masa hidup cukup panjang. Gas CO₂ memiliki masa hidup paling panjang yakni 5 – 200 tahun, gas N₂O memiliki masa hidup 114 tahun dan gas CH₄ memiliki masa hidup 12 – 17 tahun. Gas N₂O memiliki radiasi 200 kali lebih besar dibanding CO₂.

Setiap gas rumah kaca memiliki potensi pemanasan global (*Global Warming Potential*) yang diukur secara relatif berdasarkan emisi CO₂ dengan nilai 1. Makin besar nilai GWP makin bersifat merusak. Berdasarkan perhitungan dalam beberapa tahun terakhir, kontribusi CO₂ terhadap pemanasan global mencapai lebih dari 60% (Mimuroto & Koizumi, 2003 dalam (Sugiyono, 2006)). Emisi CO₂ meningkat menjadi sebesar 27,0 milyar ton CO₂ pada tahun 2004 atau rata – rata meningkat sebesar 1,6 % setiap tahunnya. Penyumbang emisi CO₂ tersebar adalah Amerika Serikat (21,9 % dari total emisi CO₂ dunia), diikuti oleh China (17,4 %), India (4,1 %). Sedangkan Indonesia menyumbang emisi sebesar 1,2 %. Sumber utama emisi CO₂ berasal dari penggunaan bahan bakar fosil (74 % dari total emisi di dunia), diikuti oleh konvensi lahan (24%) dan industri semen (3%).

Emisi karbondioksida merupakan pemancaran atau pelepasan karbon dioksida ke udara. Emisi CO₂ biasanya dinyatakan dalam ton CO₂. Sumber – sumber CO₂ sangat bervariasi, tetapi dapat digolongkan ke dalam 4 jenis yakni :

1. *Mobile transportation* (sumber bergerak) antara lain kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, kapal bermotor.
2. *Stationary combustion* (sumber tidak bergerak) antara lain perumahan, daerah perdagangan.
3. *Industrial processes* (proses industri) antara lain proses kimiawi, metalurgi, kertas dan penambangan minyak
4. *Solid waste disposal* (pembuangan sampah) antara lain buangan rumah tangga dan perdagangan, buangan hasil pertambangan dan pertanian.

Emisi CO₂ dapat pula dikategorikan menjadi (Suhedi, 2005) :

1. Emisi langsung

Emisi ini merupakan emisi yang keluar langsung dari aktivitas atau sumber dalam ruang batas yang ditetapkan seperti emisi CO₂ dari kendaraan bermotor.

2. Emisi Tidak Langsung

Emisi ini merupakan hasil dari aktivitas di dalam ruang batas yang ditetapkan, seperti konsumsi energi listrik di rumah tangga.

2.6. Efek Rumah Kaca

Efek rumah kaca (*green house effect*) merupakan suatu keadaan yang timbul akibat semakin banyaknya gas buang yang memiliki sifat penyerap panas yang ada ke lapisan atmosfer kita (Anies, 2014). Energi (sinar matahari) yang masuk ke bumi sebanyak 25 % dipantulkan oleh awan atau partikel lain di atmosfer, 25 % diserap awan, 45 % diabsorpsi permukaan bumi dan 5 % dipantulkan kembali oleh permukaan bumi. Energi yang diabsorpsi dipantulkan kembali dalam bentuk radiasi infra merah oleh awan dan permukaan bumi. Namun sebagian besar infra merah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan gas rumah kaca untuk dikembalikan ke permukaan bumi. Dalam keadaan normal, efek rumah kaca diperlukan untuk menjaga perbedaan suhu antara siang dan malam di bumi agar tidak terlalu jauh berbeda (Razak, 2010).

Isu efek rumah kaca dan pemanasan global merupakan isu yang penting dalam beberapa dekade tahun terakhir. Banyak perdebatan keilmuan maupun politik mengenai isu ini karena hubungan antara konsentrasi CO₂ sebagai gas rumah kaca dan efek keseimbangan panas di bumi sangat kompleks (Alexiadis, 2007) apalagi setelah mantan Wakil Presiden Amerika Al Gore aktif mengkampanyekan anti perubahan iklim.

2.7. Dampak Emisi Gas CO₂

Polutan di atmosfer menyebar dan berpindah dari sumber emisi ke lingkungan (Kim et al., 2012), baik ke arah vertikal maupun horizontal disebabkan oleh angin, mengalami pencampuran di atmosfer sehingga bereaksi dengan senyawa lain di atmosfer dan menyebabkan terjadinya pengenceran (Bishop, 2000). Perpindahan dan penyebaran polutan di atmosfer dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti cuaca, kelembaban, topografi dan kondisi lingkungan lainnya (Kim et al., 2012).

Emisi gas CO₂ dari kendaraan bermotor yang tidak terserap oleh tanaman, akan terakumulasi di atmosfer, mengalami perpindahan dan penyebaran serta pencampuran dengan senyawa atau gas lain di atmosfer. Di atmosfer, CO₂ bereaksi dengan uap air membentuk HCO₃ menyebabkan pH air hujan turun hingga 5,6 walaupun tidak ada bahan pencemar lainnya (Manahan, 2000). Kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber pencemar udara mencapai 60-70% di perkotaan. Emisi gas CO₂ dari kendaraan bermotor tersebut akan bertambah setiap harinya karena aktivitas kendaraan bermotor yang mengeluarkan emisi gas CO₂ akan terus bertambah seiring dengan beragamnya aktivitas penduduk dan kenaikan jumlah kendaraan bermotor (Alexiadis, 2007). Tingginya kadar emisi gas CO₂ dapat menyebabkan terjadinya fenomena *urban heat island* di wilayah perkotaan sebagai akibat dari struktur wilayah perkotaan dan terjadinya perubahan aliran massa udara dan angin menyebabkan terjadinya gumpalan panas dan polutan atau pencemar udara yang terperangkap dalam gumpalan panas tersebut (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2012).

Emisi gas CO₂ yang terakumulasi di atmosfer akan menyebabkan berbagai macam permasalahan dan dampak baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung dapat menyebabkan penurunan tingkat kesehatan. Gas CO₂ merupakan *silent killer* karena sifat gas yang tidak berasa dapat menyebabkan kematian manusia apabila secara terus menerus menghirup gas tersebut. Pada tahun 2013 di wilayah perkotaan, kematian bayi prematur meningkat di atas 4000 jiwa (Tamin & Dharmowijoyo, 2009), anak-anak lebih rentan dibandingkan orang

dewasa jika menghirup emisi gas CO₂ dan emisi gas lainnya dari kendaraan bermotor. Anak-anak yang tinggal di tempat dimana polusi udara lebih tinggi memiliki paru-paru yang lebih kecil, berat badan kecil, dan organ-organ pertumbuhannya juga kecil karena lebih sering menghirup emisi gas dari kendaraan bermotor (Anies, 2014). Penyakit asma juga dilaporkan meningkat sampai 1,5 juta penderita per tahun karena disebabkan oleh emisi gas kendaraan bermotor dan Indonesia menjadi negara dengan penderita penyakit Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) tertinggi di dunia dan sekitar 42% populasi di wilayah perkotaan menderita ISPA (Tamin & Dharmowijoyo, 2009).

Dampak tidak langsung yang diakibatkan oleh emisi gas CO₂ adalah perubahan iklim. Peningkatan kadar atau konsentrasi gas CO₂ di atmosfer akan menyebabkan pemanasan global karena peningkatan kadar atau konsentrasi gas CO₂ di atmosfer dianggap sebagai penyebab utama pemanasan global. Gas CO₂ mampu memperangkap atau menjerat energi atau sinar gelombang panjang dari matahari dan menimbulkan efek rumah kaca sehingga terjadi kenaikan suhu permukaan bumi. Kenaikan suhu permukaan bumi di Indonesia sejak tahun 1990 rata-rata sebesar 0,3°C setiap tahun dan diperkirakan kenaikan suhu akan meningkat menjadi 0,47°C setiap tahunnya sejak tahun 2020 (Measey, 2010). Peningkatan suhu permukaan bumi hampir setiap tahunnya telah secara nyata menimbulkan perubahan iklim secara global. Perubahan iklim tersebut telah mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia diantaranya :

1. Terjadinya anomali iklim

Fenomena anomali iklim yang sedang atau sudah terjadi di Indonesia adalah suhu musim panas ekstrim, perubahan pola iklim hujan, dan peningkatan curah hujan yang ekstrim. Jika melihat dari perilaku masyarakat Indonesia, dampak dari anomali iklim ini akan terus berlangsung dan terus memburuk (Measey, 2010). Peningkatan curah hujan disertai dengan perubahan intensitas hujan dapat mengakibatkan terjadinya degradasi lahan karena tingginya aliran permukaan dan erosi lahan.

2. Penurunan produksi dan ketersediaan pangan.

Perubahan iklim menyebabkan kekeringan dan banjir karena terjadinya anomali iklim. Banjir dan kekeringan ini sering berdampak terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman pangan. Pola dan waktu tanam juga mengalami perubahan karena pola tanam sangat ditentukan oleh lama dan pola ketersediaan air yang terkait dengan durasi anomali iklim (Las & Haryono, 2011). Perubahan pola iklim tentunya berpengaruh pula pada aktivitas pertanian.

3. Kenaikan muka air laut dan abrasi pantai

Perubahan iklim juga dapat menyebabkan terjadinya kenaikan muka air laut seiring dengan naiknya temperatur air laut dan bertambahnya volume air laut karena melelehnya glasier atau gunung es pada kutub utara dan selatan (Beniston, 2010; Case et al., 2007). Perkiraan kenaikan muka air laut pada akhir tahun 2000 sebesar 50-100 cm dan jika 2 glasier terbesar dunia di Antartika dan Greenland mencair seutuhnya diperkirakan muka air laut akan naik sebesar 120 m (Beniston, 2010). Kenaikan muka air laut akan menyebabkan hilangnya garis pantai dan masuknya air laut atau rob ke daratan serta intrusi air laut (Case et al., 2007). Indonesia sebagai negara kepulauan sangat rentang terhadap kenaikan muka air laut. Kenaikan muka air laut di Kota Jakarta setiap tahunnya diperkirakan sebesar 0,57 cm sedangkan penurunan tanah diperkirakan sebesar 0,8 cm per tahun.

4. Penyebaran penyakit

Penyakit-penyakit yang disebabkan oleh perubahan iklim adalah penyakit-penyakit yang berhubungan dengan panas (heat stroke) sebagai akibat peningkatan temperatur dan perubahan cuaca. Selain itu, penyakit-penyakit yang diakibatkan oleh nyamuk juga meningkat karena udara panas dan lembab yang terjadi hampir sepanjang tahun sangat ideal untuk nyamuk berkembang biak (Anies, 2014).

2.8 Pemanasan Global

Pemanasan global adalah meningkatnya temperatur suhu rata – rata di atmosfer, laut dan daratan di bumi yang diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar fosil dan gas alam, serta pembakaran hutan (Rusbiantoro, 2008). Menurut Anies

(2014), Pemanasan global terjadi disebabkan meningkatnya suhu rata – rata permukaan bumi karena bumi menyerap lebih banyak energi matahari daripada dilepas kembali ke atmosfer yang dipicu oleh meningkatnya emisi karbon akibat penggunaan energi fosil (bahan bakar minyak, batubara dan sejenisnya). Pemanasan global terjadi karena adanya efek rumah kaca.

2.9. Komitmen Dunia dalam Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca

Komitmen dunia terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca sudah mulai terlihat pada pertengahan tahun 1980 sejak *World Meteorological Organization* (WMO) melakukan penelitian dan mengeluarkan kajian ilmiah tentang perubahan iklim global. *World Meteorological Organization* dan *United Nation Environment Programme* membentuk *Intergovernmental Panel on Climate Change* pada tahun 1988 dalam menanggulangi pemanasan global. Pada tahun 1992 di Rio de Janeiro, PBB mengadakan *World Summit* yakni konvensi di bidang biodiversitas, perubahan iklim dan agenda 21 dan menetapkan *United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) sebagai konvensi untuk perubahan iklim yang pada setiap tahun diadakan rapat tahunan tingkat menteri (*Conference Of the Parties*) dan rapat lima tahunan setingkat kepala negara khusus untuk membahas tentang pemanasan global dan perubahan iklim.

2.9.1. Protokol Kyoto

Protokol kyoto merupakan sebuah perjanjian internasional yang dirumuskan pada pertemuan ke-3 *Conference of Parties* (COP) *United Nation Framework Covention on Climate Change* pada tanggal 11 Desember 1997 di Kyoto Jepang. Dalam Protokol Kyoto ini disepakati pengurangan emisi GRK (terutama Gas CO₂, CH₄ dan NO_x) didasarkan pada tingkat emisi pada tahun 1990 (baseline) dari negara – negara yang menandatangani protokol kyoto. Negara – negara industri maju atau yang biasa disebut Annex I countries diharuskan berkomitmen untuk

mengurangi jumlah emisi GRK sedangkan negara berkembang (Non Annex I) tidak berkewajiban mengurangi emisi namun harus melaporkan tingkat emisinya. Setelah dilakukan ratifikasi resmi di Rusia pada tahun 2004, Protokol Kyoto secara resmi mulai berlaku pada tanggal 16 Februari 2005 dan masa komitmennya akan berakhir pada tahun 2012.

Protokol Kyoto merumuskan secara rinci langkah yang wajib dan dapat diambil oleh negara – negara yang meratifikasinya yakni stabilisasi konsentrasi gas rumah kaca dalam atmosfer pada tingkat yang dapat mencegah terjadinya gangguan manusia atau antropogenis pada sistem iklim dunia. Dalam protokol Kyoto ini, negara-negara industri maju ditempatkan sebagai negara yang lebih bertanggungjawab atas tingginya tingkat emisi gas rumah kaca sebagai hasil dari kegiatan industrinya selama kurang lebih 150 tahun. Pada tahun 2007 diadakan Konferensi Para Pihak (COP) ke – 13 di Bali yang hasilnya disebut dengan Bali Action Plan dimana dirumuskan sebuah rencana atau peta jalan negosiasi strategi iklim global untuk melanjutkan Protokol Kyoto. Kemudian pada Konferensi Para Pihak (COP) ke – 19 di Warsawa, Polandia, dirumuskan kembali pelaksanaan implementasi penanganan perubahan iklim hingga tahun 2020 dan melibatkan semua negara (*applicable to all parties*) dan mengikat (*legally binding agreement*) pasca tahun 2020 (Kementerian Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2012).

2.9.2. Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca

Komitmen Pemerintah Indonesia untuk turut serta dalam upaya penanganan perubahan iklim telah terlihat dengan keikutsertaan Indonesia dalam Konferensi Perubahan Iklim PBB dan diselenggarakannya Konferensi Perubahan Iklim PBB di Bali yang kemudian merumuskan Bali Action Plan. Indonesia secara sukarela di Pertemuan G20 Pittsburg mengajukan diri untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 26 % dari Baseline as Usual (BAU) pada tahun 2020 dengan usaha sendiri dan dapat ditingkatkan menjadi sebesar 41 % dengan dukungan atau bantuan internasional. Menindaklanjuti komitmen Pemerintah Indonesia tersebut, Presiden

Republik Indonesia, Susilo Bambang Yudhoyono menerbitkan Peraturan Presiden RI Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) yang berisi upaya – upaya menurunkan emisi gas rumah kaca di Indonesia. Peraturan ini kemudian diikuti dengan terbitnya Peraturan Presiden RI Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah kaca Nasional. RAN GRK ini merupakan dokumen perencanaan jangka panjang yang mengatur usaha – usaha pengurangan emisi gas rumah kaca yang terkait dengan substansi Rencana Pembangunan Jangka Panjang dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah. Sektor utama RAN GRK meliputi kehutanan dan lahan gambut, pertanian, energi dan transportasi, industri dan pengelolaan sampah (Kementerian Kehutanan RI, 2012).

Rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca di sektor transportasi dilakukan dengan konsep sustainable transport dan multimoda transport terutama untuk kota-kota metropolitan di Indonesia sehingga lebih efisien dan efektif dalam penguraian kemacetan dan penggunaan bahan bakar minyak (Kementerian Energi Sumber Daya Mineral RI, 2012)

2.10. Daya Serap Karbon

Komponen utama ruang terbuka hijau adalah pohon. Pohon memiliki kemampuan untuk menyerap karbon melalui proses fotosintesis :



Kemampuan pohon dalam menyerap gas CO₂ bervariasi. Menurut Dahlan (2008), jenis tanaman yang memiliki daya serap yang sangat tinggi dengan rerata sebesar 643,77 kg gas CO₂/pohon/ tahun adalah: *F. benjamina*, *T. verrucosum*, *D. excelsum*, *C. odoratum*, jenis berdaya serap tinggi (rerata 305,91 kg gas CO₂/pohon/tahun) adalah: *L. speciosa*, *A. pavoniana*, *C. parthenoxylon*, *S. mahagoni*, *P. pinnata*, *F. decipiens*, *B. roxburghiana*, jenis berdaya serap sedang dengan rerata sebesar 102,07 kg gas CO₂/pohon/tahun adalah: *S. wallichii*, *A. muricata*, *K. senegalensis*, *S. macrophylla*, *C. grandis*, *A. heterophyllus*, *T. grandis*, jenis berdaya serap rendah dengan rerata sebesar 28,00 kg CO₂/pohon/tahun adalah:

P. indicus, *P. affinis*, *A. mangium*, *S. indicum*, *I. bijuga*, *K. anthotheca*, *D. retusa*, *C. pulcherrima*, *C. guinensis* dan jenis berdaya rosot sangat rendah dengan rerata sebesar 3,90 kg gas CO₂/pohon/tahun adalah: *C. excelsa*, *H. mengarawan*, *T. indica*, *N. lappaceum*, *H. odorata*, *E. cristagalli*, *M. grandiflora*, *P. dulce*.

Menurut Iverson et al. (1993) dalam Lesmana (2014), nilai rosot (daya serap) gas CO₂ untuk RTH 58,26 ton/ha, kebun 52,40 ton/ha, serta semak dan rumput 3,30 ton/ha. Pepohonan menghilangkan CO₂ dari udara melalui daun mereka dan menyimpan karbon di biomasnya, kira – kira setengah dari berat kering pohon adalah karbon. Menurut Bernatzky (1978) dalam Dahlan (2007), pohon dengan tinggi 25 m dan diameter tajuk 15 m, akan mempunyai luas tutupan tajuk 160 m₂ dan luas permukaan luar daun sebesar 1600 m₂, akan menghasilkan O₂ (output) sebanyak 1712 g. Dengan kata lain 1 hektar lahan hijau membutuhkan 900 kg CO₂ untuk melakukan fotosintesis selama 12 jam dan pada waktu yang sama akan menghasilkan 600 kg O₂.

Cahaya matahari akan dimanfaatkan oleh semua tumbuhan baik hutan kota, hutan alami, tanaman pertanian dan lainnya dalam proses fotosintesis yang berfungsi untuk mengubah gas karbondioksida dengan air menjadi karbohidrat dan oksigen. Proses kimia pembentukan karbohidrat dan oksigen :



Penyerapan karbondioksida oleh ruang terbuka hijau dengan jumlah 10.000 pohon berumur 16 – 20 tahun mampu mengurangi karbondioksida sebanyak 800 ton per tahun (McPherson & Simpson, 1999). Penanaman pohon menghasilkan penyerapan karbondioksida dari udara dan penyimpanan karbon, sampai karbon dilepaskan kembali akibat vegetasi tersebut busuk atau dibakar. RTH yang dikelola dan ditanam akan menyebabkan terjadinya penyerapan karbon dari atmosfer kemudian sebagian kecil biomasnya dipanen dan/atau masuk dalam kondisi masak tebang atau mengalami pembusukan.

Kemampuan tanaman dalam menyerap gas karbon dioksida bermacam – macam. Menurut Prasetyo et al. (2002) dalam Adiantari & Boedisantoso (2010), hutan yang mempunyai berbagai macam tipe penutupan vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap terhadap karbondioksida yang berbeda. Tipe

penutupan vegetasi berupa pohon, semak belukar, padang rumput, sawah. Daya serap berbagai macam tipe vegetasi terhadap karbondioksida dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Daya Serap Gas CO₂ pada berbagai Tipe Penutup Vegetasi

No	Tipe	Daya Serap gas CO ₂ (Kg/ha/jam)	Daya Serap gas CO ₂ (ton/ha/thn)
1	Pohon	129,92	569,07
2	Semak belukar	12,56	55
3	Padang rumput	2,74	12
4	Sawah	2,74	12

Sumber : Prasetyo et al., 2002 dalam Adiantari dan Boedisantoso, 2010.

Diantara beberapa jenis pohon, pohon trembesi (*Samanea saman*) dan Kasia (*Cassia Sp*) merupakan tumbuhan yang kemampuan menyerap CO₂ – nya sangat besar hingga mencapai ribuan kg/tahun. Dahlan (2008) mengemukakan bahwa termbsesi terbukti menyerap paling banyak karbondioksida, dimana dalam kurun waktu 1 tahun mampu menyerap 28.488,39 kg karbondioksida. Beberapa jenis tanaman yang mempunyai daya serap karbondioksida tersaji dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kemampuan Pohon dalam Menyerap Karbondioksida

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (kg/pohon/tahun)
1	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	28.448,39
2	Cassia	<i>Cassia Sp</i>	5.295,47
3	Kenanga	<i>Canarium odoratum</i>	756,59
4	Pingku	<i>Dysoxylum excelsum</i>	720,49
5	Beringin	<i>Ficus benyamina</i>	535,90
6	Krey Payung	<i>Fellicium decipiens</i>	404,83
7	Matoa	<i>Fornetia pirmata</i>	329,76
8	Mahoni	<i>Swettiana mahagoni</i>	295,73
9	Saga	<i>Adenanthera pavoniana</i>	221,18
10	Bungkur	<i>Lagerstroema speciosa</i>	160,14
11	Jati	<i>Teciona grandis</i>	135,27

Tabel 2.2. (Lanjutan)

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (kg/pohon/tahun)
12	Saga	<i>Adenantha pavoniana</i>	221,18
13	Bungkur	<i>Lagerstroema speciosa</i>	160,14
14	Jati	<i>Teciona grandis</i>	135,27
15	Nangka	<i>Arthocarpus heterophyllus</i>	126,51
16	Johar	<i>Cassia grandis</i>	116,25
17	Sirsak	<i>Amona maricata</i>	75,29
18	Puspa	<i>Schima wallichii</i>	63,31
19	Akasia	<i>Acacia auriculformis</i>	48,68
20	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	42,20
21	Sawo kecil	<i>Manilkara kauki</i>	36,19
22	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29
23	Bunga merak	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	30,95
24	Sempur	<i>Dilena retusa</i>	24,24
25	Khaya	<i>Khaya anthotheca</i>	21,90
26	Merbau pantai	<i>Intsia bijuga</i>	19,25
27	Akasia	<i>Acacia mangitim</i>	15,19
28	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12
29	Asam kranji	<i>Pithecelobium dulce</i>	8,48
30	Saputangan	<i>Maniltoa grandiflora</i>	8,26
31	Dadap merah	<i>Erythrina cristagalli</i>	4,55
32	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	2,19
33	Asam	<i>Tamarindus indica</i>	1,49
34	Kempas	<i>Coompasia excelso</i>	0,20

Sumber : Dahlan, 2008.

2.11. Perhitungan Emisi CO₂

Menurut Padgett et al. (2008), metode untuk menghitung emisi CO₂ sangat beragam dan terus berkembang. Metode perhitungan emisi CO₂ disusun baik oleh lembaga pemerintah, lembaga non pemerintah maupun perusahaan di dunia. Beberapa metode atau calculator yang dapat digunakan antara lain america forest dalam www.americanforest.org/resources/ccc/, Carbon Counter.org dalam www.carboncounter.org. Be Green dalam www.begreennow.com/, EPA dalam www.epa.gov/climatechange/emissions/ind_calculator.html, safeclimate dalam www.safeclimate.net/calculator, Terra Pass dalam www.terrapass.com.

Perhitungan emisi CO₂ yang digunakan oleh Pemerintah Indonesia mengacu pada metode Inter-governmental Panel on Climate Change. Analisa perhitungan emisi CO₂ dihitung berdasarkan koefisien atau faktor emisi jenis bahan bakar yang digunakan untuk kemudian dikalikan dengan jumlah pemakaian bahan bakar sesuai dengan perhitungan matematis metode IPCC Guidelines 2006. Model dasar perhitungan emisi GRK menurut IPCC (2006) sebagai berikut :

$$\text{Emisi GRK} = \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \dots\dots\dots(1)$$

Emisi GRK : Jumlah emisi GRK

Data Aktivitas : Besaran kuantitatif kegiatan atau aktivitas manusia yang dapat melepaskan dan/atau menyerap GRK

Faktor Emisi : Besaran yang menunjukkan jumlah emisi GRK yang akan dilepaskan dari suatu aktivitas tertentu.

Tingkat metodologi perhitungan GRK menurut IPCC tersaji dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3. Tingkat Metodologi Perhitungan GRK

Tier	Keterangan
Tier 1	<ul style="list-style-type: none"> • Metode dasar • Estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi default IPCC
Tier 2	<ul style="list-style-type: none"> • Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi default IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (country spesifik/plant spesifik)
Tier 3	<ul style="list-style-type: none"> • Estimasi berdasarkan metode spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (country spesifik/plant spesifik) • Merupakan metode perhitungan yang paling akurat

Sumber : IPCC, 2006

Faktor emisi gas rumah kaca untuk sumber bergerak dan tak bergerak tersaji dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4. Faktor Emisi GRK Pembakaran dari Sumber Bergerak dan Tidak Bergerak

Bahan Bakar Fosil	Faktor Emisi (kg CO₂/TJ)
<i>Motor Gasoline</i>	69.300
<i>Gas/Diesel Oil</i>	74.100
<i>Liquefied Petroleum Gas</i>	63.100
<i>Kerosene</i>	71.500
<i>Lubricants</i>	73.300
<i>Compressed Natural Gas</i>	56.100
<i>Liquefied Natural Gas</i>	56.100

Sumber : IPCC, 2006

Tabel 2.5. Ekonomi Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Nasional (PermenLH No.12 Tahun 2010)

Kategori	Km/liter
Sedan	9,8
Van/minibus	8
Taksi	8,7
Angkot	7,5
Bis sedang	4
Bis besar	3,5
Pickup	8,5
Truk 2 engkel	4,4
Truk 3 engkel	4
Jeep	8
Sepeda motor	28

Sumber : Draf Final Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan

Data aktivitas dalam persamaan 1 merupakan banyaknya konsumsi bahan bakar atau konsumsi energi oleh kendaraan yang melewati suatu ruas jalan, dalam hal ini konsumsi energi dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan energi Terra Joule (tj) dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Energi (tj)} = & \text{Konsumsi Energi (liter/km)} \times \text{Jumlah} \\ & \text{Kendaraan} \times \text{Panjang Jalan (km)} \\ & \times \text{Nilai Kalor (tj/liter)} \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

Nilai kalor masing – masing bahan bakar yang digunakan dalam persamaan 2 tersaji dalam tabel 2.6.

Tabel 2.6. Nilai Kalor Bahan Bakar di Indonesia

Bahan Bakar Fosil	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium	33×10^{-6} tj/liter	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	36×10^{-6} tj/liter	Kendaraan bermotor, pembangkit listrik
Minyak Diesel (IDO)	38×10^{-6} tj/liter	Boiler industri, pembangkit listrik
MFO	40×10^{-6} tj/liter	Pembangkit listrik
Gas Bumi	$4,04 \times 10^{-2}$ tj/ton	Industri, Rumah tangga, restoran
LPG	$1,055 \times 10^{-6}$ tj/scf	
Batubara	$38,5 \times 10^{-6}$ tj/Nm ³	
	$47,3 \times 10^{-6}$ tj/kg	Rumah tangga, restoran
	$1,89 \times 10^{-3}$ tj/ton	Pembangkit listrik, Industri

Sumber : Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, Buku II Vol.1
Kementerian Lingkungan Hidup RI, 2012

2.12. Perhitungan Serapan CO₂

Analisis serapan CO₂ dilakukan terhadap RTH Publik dengan pendekatan luasan hijau area RTH. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya serap CO₂ sebagai berikut (Adiastari & Boedisantoso, 2010) :

$$\text{Serapan CO}_2 = \text{Laju serapan CO}_2 \times \text{Luas Penutupan Vegetasi} \dots\dots\dots(3)$$

Nilai laju serapan CO₂ yang digunakan merupakan hasil penelitian yang tersaji dalam tabel 2.3.

2.13. Perhitungan Kecukupan Pohon dan Kebutuhan RTH

Kecukupan pohon dihitung berdasarkan selisih antara emisi CO₂ yang dihasilkan dengan daya serap emisi CO₂ oleh pohon (Banurea et al., 2013).

$$\text{Sisa Emisi} = \text{Emisi CO}_2 \text{ yang dihasilkan} - \text{Serapan CO}_2 \text{ oleh Pohon} \dots\dots(4)$$

Kemudian, luasan RTH yang dibutuhkan dicari dengan membandingkan sisa emisi CO₂ yang belum terserap oleh pohon dengan kemampuan/daya serap CO₂ oleh pohon dengan persamaan berikut (Lubena et al., 2013) :

$$\text{Kebutuhan RTH} = \frac{\text{Sisa Emisi CO}_2}{\text{Kemampuan pohon dalam menyerap CO}_2} \dots\dots\dots(5)$$