

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Keislaman

2.1.1 Ekologi dalam Prespektif Al Qur'an

Ekologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungan. Ayat Al Qur'an banyak memberikan isyarat tentang fenomena ekologi seperti surat Thaahaa/20: 53, yaitu:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ

مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى ﴿٥٣﴾

“Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan Yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam.” (Qs. Thaahaa/20: 53).

Menurut Al-Jazari dalam tafsir *al Aisar* (2007) dijelaskan maksud dari *مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا* adalah *mahdan* artinya hamparan, *salaka* artinya memudahkan, dan *subulan* artinya jalan-jalan. Maksud dari *أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى* adalah *azwajaan* artinya berjenis-jenis dan *syattaa* artinya beraneka warna serta rasa. Makna dari ayat 53 ini adalah bumi dibentangkan sebagai hamparan untuk kehidupan, dengan tujuan agar mempermudah manusia dalam mendapatkan apa yang dibuthkan. Allah Swt. menurunkan air hujan dari langit kemudian terbentuklah sungai-sungai dan mengalir deras, dengan air hujan tumbuhlah bermacam-macam jenis tumbuhan jenis tumbuhan yang beraneka warna, rasa, bau dan keistimewaan-nya.

Rossidy (2008) berpendapat bahwa tumbuhan dihidupkan oleh Allah Swt. dengan air. Artinya ada hubungan yang sangat erat antara tumbuhan dan air. Interaksi tersebut adalah sebuah fenomena ekologis di alam. Tumbuhan tidak akan

tumbuh dengan baik jika kekurangan air. Air yang turun sebagai hujan akan diserap dan disimpan oleh tumbuhan sebagai proses fisiologis. Jika kekurangan air maka tumbuhan akan sulit melakukan metabolisme.

إِنَّمَا مَثَلُ الْحَيَاةِ الدُّنْيَا كَمَاءٍ أَنْزَلْنَاهُ مِنَ السَّمَاءِ فَاخْتَلَطَ بِهِ نَبَاتُ
الْأَرْضِ مِمَّا يَأْكُلُ النَّاسُ وَالْأَنْعَامُ ...

“*Sesungguhnya perumpamaan kehidupan di duniawi ini, adalah seperti air (hujan) yang kami turunkan dari langit, lalu tumbuhlah dengan subur karena air itu tanam-tanaman bumi, di antaranya ada yang dimakan manusia dan binatang ternak*” (Qs. Yunus/10: 24).

Menurut Al-Mahalli dan As-Suyuti dalam tafsir *Jalalain* (2008) maksud dari *matsalul hayyaatid dunyaa* adalah gambaran, *khayaatiddunyaa kamaain* artinya hujan, *nabaatul ardhi* adalah tanaman nampak bersatu dengan sebagian yang lain karena rimbunnya, *mimmaa ya'kulun naasu* maksudnya seperti gandum dan semua jenis biji-bijian, buah-buahan dan sayuran, *wal an'aamu* artinya berupa rerumputan dan dedaunan. Arti kata *nabaats* adalah tumbuhan sedangkan *syajarah* adalah pohon.

Secara ekologis tumbuhan berfungsi sebagai produsen, kemampuannya dalam memproduksi makanan sendiri (autotrof) melalui fotosintesis tidak dimiliki oleh makhluk lain. Hasil produk fotosintesis ini akan dimanfaatkan oleh manusia, hewan, dan mikroba untuk kelangsungan hidup. Fenomena ini dapat dijadikan sebagai bahan renungan, atas dasar inilah pentingnya dalam mengenal ekologi tumbuhan. Sebagaimana kewajiban manusia sebagai khalifah di bumi untuk melestarikan alam (Rossidy, 2008).

2.1.2 Pelestarian Pohon Pelindung dalam Prespektif Hadits

Proteksi islam terhadap tanaman bersifat primordial (menyatu dalam perintah), sehingga suatu keharusan untuk menanam, menyiram, dan merawat.

Konsep adanya pohon pelindung merupakan bentuk perawatan yang estetis melalui penanaman vegetasi agar kondisi lingkungan kota tetap terjaga. Ayat-ayat Al Qur'an secara langsung dan tidak langsung menyinggung tema-tema tersebut. Kata *ista'mara* (artinya memakmurkan) adalah konsep penghijauan melalui gerakan menanam. Konsep ini memiliki fungsi sebagai paru-paru dunia, karena itu Islam melarang menebang pohon tanpa alasan yang dibenarkan dan merusak hutan (Abdullah, 2010). Hukuman menebang pohon bahkan dikaitkan akan masuk neraka seperti sabda Nabi Muhammad Saw.:

عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ حَبَشَةَ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَنْ قَطَعَ سِدْرَةَ صَوَّبَ اللَّهُ رَأْسَهُ فِي النَّارِ سَأَلَ أَبُو دَاوُدَ عَنْ مَعْنَى هَذَا الْحَدِيثِ فَقَالَ هَذَا الْحَدِيثُ مُخْتَصَرٌ يَعْنِي مَنْ قَطَعَ سِدْرَةَ فِي فَلَاةٍ يَسْتَنْظِلُ بِهَا ابْنُ السَّبِيلِ وَالْبَهَائِمُ عَبْنَا وَظَلَمًا بَعِيرٌ حَقٌّ يَكُونُ لَهَا فِي النَّارِ

Dari Abdullah bin Habasyi berkata, “Rasulullah shallallahu ‘alaihi wasallam bersabda,”Barangsiapa yang menebang pohon (tempat berteduh), Allah akan menundukkan kepalanya di dalam neraka.”

Balasan bagi orang menebang pohon dalam artian seperti hadits di atas sangatlah keras, karena mengingat pentingnya pohon bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Hadits tersebut dapat digunakan sebagai gambaran bagi manusia untuk meminimalisir *global warming*. Islam sangat menghargai bagi orang yang merawat dan menanam pohon. Bahkan Imam Al Qurthuubi menghukumi *fardhuu kifaayah* gerakan menanam pohon (Abdullah, 2010). Hadits akan menanam pohon juga telah disebutkan:

قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا، أَوْ يَزْرَعُ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ طَيْرٌ، أَوْ إِنْسَانٌ، أَوْ بَهِيمَةٌ إِلَّا كَانَ لَهُ بِهِ صَدَقَةٌ

“Apabila seseorang Muslim menanam tanaman, kemudian tanaman itu dimakan burung, manusia ataupun hewan makan hal tersebut sudah termasuk sedekah” HR. Bukhari dan Muslim

Hadits tersebut memiliki visi *biodiversity* dan keseimbangan lingkungan. Jadi sangat cocok dengan fungsi hutan kota yakni dapat dijadikan apotek hidup, ruang satwa dan konservasi habitat burung. Konsep konservasi dalam islam diantaranya adalah konsep *Hima'*. *Hima'* ialah konsep perlindungan Islam terhadap suatu kawasan khusus yang ditetapkan oleh pemerintah atas dasar syariat guna melestarikan kehidupan. *Hima'* berfungsi sebagai perlindungan lembah, padang rumput, dan tumbuhan yang ada di dalamnya. Nabi Muhammad Saw. melarang masyarakat mengolah tanah tersebut karena lahan tersebut digunakan untuk kepentingan umum melalui konservasi.

Islam sangat mendukung dengan adanya perawatan pohon, begitu juga dengan pemerintah yang melindungi pohon khususnya pohon pelindung. Pohon pelindung khusus di kota Malang juga dilindungi oleh pemerintah yang semuanya sudah diatur dalam Peraturan Daerah Kota Malang Nomor 3 Tahun 2003 Tentang Pengelolaan Pertamanan Kota dan Dekorasi Kota. Pada Bab VI tentang sanksi administrasi bagian pertama pertamanan kota Pasal 27d yang berbunyi “Penebangan pohon yang pangkal batangnya berdiameter lebih dari 50 cm (lima puluh sentimeter), jumlah penggantian sebanyak 120 (seratus puluh) pohon dengan ketinggian minimal 3 m (tiga meter)”.

2.1.3 Kewajiban Melindungi Udara dari Polusi dalam Prespektif Al qur'an

Islam memerintahkan manusia agar menjaga udara karena fungsinya sama besar dengan komponen lingkungan lainnya (makhluk hidup, tanah, dan air). Al qur'an menyebutkan kata udara sebagai angin sebanyak 27 kali. Angin merupakan udara yang bergerak, fungsi angin misalnya dalam surat Al Hijr/15: 22, yaitu:

وَأَرْسَلْنَا الرِّيحَ لَوَاقِحَ فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ
وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ ﴿٢٢﴾

“Dan Kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan) dan Kami turunkan hujan dari langit, lalu Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya” (Qs. Al Hijr/15: 22).

Menurut Al-Jazari dalam tafsir *al Aisar* (2007) dijelaskan, makna dari وَأَرْسَلْنَا الرِّيحَ لَوَاقِحَ adalah mengiring awan yang mengandung air, seperti mengawinkan jenis tumbuhan jantan dengan jenis betina. Awan digiring oleh angin, kemudian jatuh di suatu tempat dan menjadi hujan. Angin dapat membawa serbuk sari untuk dicampurkan dengan putik, sehingga terjadi fertilisasi. Proses fertilisasi membutuhkan air sebagai proses metabolisme, oleh karenanya Allah Swt. menurunkan hujan dalam upaya mempermudah proses tersebut.

Jadi fungsi udara sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Secara spesifik, Islam tidak menjelaskan langkah-langkah melindungi udara dari pencemaran. Namun, prinsip-prinsip etisnya manusia wajib menjaga udara. Sebuah hadits tentang angin, menunjukkan bahwa:

قَالَ رَسُولُ اللَّهِ لِمَا تَسْبُوا الرِّيحَ فَإِنَّهَا تَجِيءُ بِالرَّحْمَةِ وَالْعَذَابِ وَلَكِنْ سَلُوا
اللَّهَ < مِنْ خَيْرِهَا وَتَعَوَّدُوا مِنْ شَرِّهَا

“Janganlah kalian mencela angin, karena sesungguhnya ia berasal dari Allah ta’alaa yang datang membawa rahmat dan adzab. Tapi mohonlah kepada Allah dari kebaikan angin tersebut dan berlindunglah kepada Allah dari kejahatannya” HR. Ahmad dan Abu Hurairah

Hadits di atas memberikan kerangka perintah etis untuk menghormati udara dan melindungi dari polusi. Jika udara terlindungi, maka udara akan menjadi rahmat yang membawa kerbekahan. Jika udara tercemari, maka udara dapat menjadi adzab. Fungsi ganda udara dalam Al Qur’an maupun hadits

merupakan petunjuk bahwa udara menjadi rahmat atau adzab tergantung perilaku manusia dalam memperlakukannya (Abdullah, 2010).

Akan tetapi menurut Wardhana (2004) dampak kerusakan udara di atmosfer antara lain tingginya sinar ultraviolet yang masuk ke bumi yang nantinya dapat menyebabkan kanker kulit, meningkatnya suhu udara, mencairnya es di kutub, dan berubahnya iklim global.

2.2 Inventarisasi Vegetasi

Inventarisasi vegetasi merupakan kegiatan awal dari perencanaan kehutanan guna mengumpulkan informasi tentang prakondisi hutan dan kehutanan. Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa kegiatan inventarisasi hutan merupakan salah satu kegiatan kunci yang sangat menentukan baik buruknya pengelolaan hutan. Informasi yang terkumpul tentang tegakan hutan (*forest stand*), inventarisasi tegakan hutan didefinisikan sebagai suatu kegiatan mengumpulkan data dan informasi kondisi tegakan, yang dilaksanakan dengan metode dan teknik tertentu yang disesuaikan dengan tujuan penggunaan data, serta ketersediaan sumberdaya pendukung untuk penyelenggaraannya. Salah satu tujuan penggunaan data hasil inventarisasi di antaranya adalah untuk potensi suatu hutan (Jaya, dkk., 2010).

Metode inventarisasi hutan dapat dilihat berdasarkan obyek atau sarana yang digunakan sebagai alat bantu dan teknik pengambilan unit contoh dalam kegiatan inventarisasi hutan tersebut. Metode inventarisasi dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara pendekatan yaitu (Jaya, dkk., 2010):

1. Metode inventarisasi hutan secara terestris (*terrestrial forest inventory*), dimana kegiatan pengukuran dan pengamatan langsung dilakukan di lapangan (*direct forest inventory*). Cocok untuk luasan yang relatif kecil (*small areas*) dengan hasil penaksiran lebih akurat, dapat kontak langsung dengan obyeknya, sehingga dapat melihat situasi dan kondisi sebenarnya dari obyek.
2. Metode inventarisasi hutan dengan penginderaan jauh (*remote sensing forest inventory*), dimana kegiatan pengukuran dan pengamatan dilaksanakan secara tidak langsung (*indirect forest inventory*) menggunakan sarana bantu berupa potret udara maupun citra satelit. Metode ini cocok untuk luasan yang besar, pengukuran dapat dilakukan lebih cepat, kebutuhan tenaga lebih sedikit, sehingga *human error* dapat dikurangi.
3. Metode kombinasi atau gabungan antara inventarisasi hutan secara terestris dengan inventarisasi hutan melalui penginderaan jauh, baik dengan cara stage sampling maupun dengan cara *phase sampling*.

Inventarisasi secara langsung dapat melalui analisis komunitas seperti Indeks Nilai Penting (INP) dan Indeks Keanekaragaman. Menurut Fachrul (2007) INP merupakan indeks kepentingan yang menggambarkan pentingnya peranan suatu jenis vegetasi dalam ekosistem. Apabila INP tinggi, maka jenis itu sangat mempengaruhi kestabilan ekosistem. INP berguna untuk menentukan nilai dominansi, frekuensi, dan kerapatan vegetasi terhadap jenis tumbuhan lainnya. Ketiga nilai tersebut tidak dapat menggambarkan vegetasi secara menyeluruh sehingga harus menentukan INP.

Indeks keanekaragaman merupakan parameter vegetasi yang sangat berguna untuk membandingkan berbagai komunitas tumbuhan, terutama untuk

mempelajari pengaruh gangguan faktor-faktor lingkungan terhadap komunitas, dan mengetahui keadaan suksesi atau stabilisasi komunitas.

2.3 Pohon Pelindung

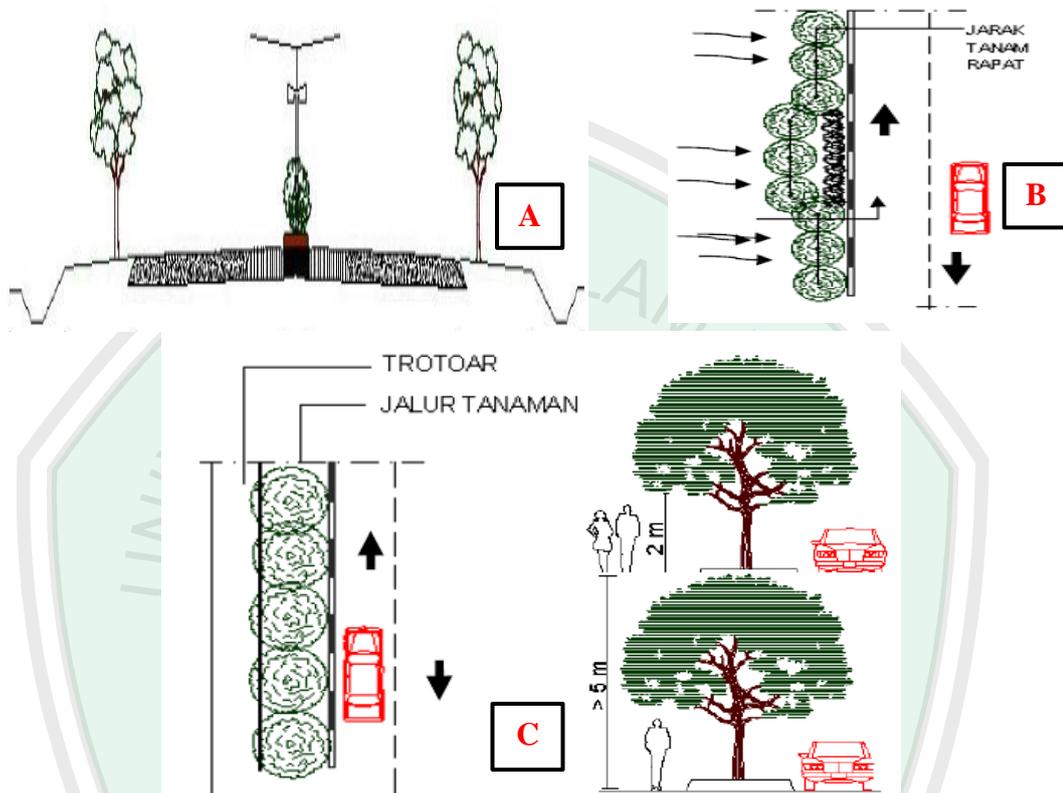
Pohon pelindung diperlukan dalam upaya penyerapan CO₂ di udara dan penanaman di jalur penghijau. Penggunaan jenis tumbuhan sebagai pohon pelindung pastinya diperlukan syarat sebagai pertimbangannya, seperti syarat hortikultur dan fisik (Derlina, 2001). Pohon pelindung ditempatkan pada jalur tanaman (minimal 1,5 meter dari tepi median), percabangan 2 meter di atas tanah, bentuk percabangan batang tidak merunduk, bermassa daun padat, berasal dari perbanyak biji, ditanam secara berbaris dan tidak mudah tumbang (Direktorat Jendral Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum, 2008).

Ruas jalan sebaiknya ditanami dengan semak belukar yang agak liar, berbunga dan beranekaragam warnanya serta pohon pelindung. Sedangkan sisi berlawanan digunakan untuk saluran listrik dan telepon. Pada jalan distribusi utama atau jalan raya antar kota dan sebagainya yang dilengkapi dengan pembagian jalan di tengahnya, pohon pelindung ditanam pada kedua sisi, sedangkan saluran listrik dan telepon dipasang di tengah jalan saja (Frick dan Mulyani, 2006).

Syarat pohon pelindung yang dapat digunakan sebagai jalur penghijau antara lain (Irwan, 2005):

1. Pemilihan jenis lebih ditekankan pada tanaman yang mudah diperoleh, mudah tumbuh, memiliki tajuk yang luas, serta keanekaragaman jenis rendah.
2. Umumnya ditanami dengan tanaman yang tidak produktif.

3. Mempertimbangkan respon dan toleransi terhadap temperatur, kebutuhan akan air, kebutuhan akan toleransi terhadap cahaya matahari, kebutuhan tanah, hama, dan penyakit.



Gambar 2.1 (A) Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan dari Depan, (B) Contoh Tata Letak Jalur Hijau Jalan dari Atas (C) Jalur Tanam Tepi pelindung (sumber: Direktorat Jendral Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum, 2008).

Secara garis besar fungsi pohon pelindung antara lain (Irwan, 2005):

1. Fungsi Lansekap segi sosial

Penataan pohon pelindung yang baik akan memberikan tempat interaksi sosial yang sangat produktif. Pohon pelindung dengan aneka jenisnya mengandung nilai-nilai ilmiah yang dapat menjadi laboratorium hidup untuk sarana pendidikan dan penelitian. Segi kesehatan misalnya untuk mata dan mental, fungsi rekreasi, olahraga dan tempat interaksi sosial lainnya. Fungsi hutan kota

dapat memberikan hasil tambahan secara ekonomi untuk kesejahteraan penduduk dengan menghasilkan obat-obatan sebagai apotek hidup.

2. Menyegarkan Udara atau sebagai “Paru-Paru Kota”

Dapat menyegarkan udara dengan mengambil CO₂ dalam proses fotosintesis dan menghasilkan O₂. O₂ sangat diperlukan bagi makhluk hidup untuk pernapasan.

3. Menurunkan Suhu Kota dan Meningkatkan Kelembaban

Pohon pelindung dapat menurunkan suhu kota sebesar 3,56% di siang hari pada permulaan musim hujan, dapat menaikkan kelembaban sebesar 0,81% di siang hari pada permulaan musim hujan.

4. Sebagai Ruang Hidup Satwa

Tumbuhan selain sebagai produsen dalam ekosistem juga dapat menciptakan ruang hidup (habitat) bagi makhluk hidup lainnya, contohnya burung. Burung sebagai komponen ekosistem mempunyai peranan penting, di antaranya adalah mengontrol populasi serangga, membantu menyerbukkan bunga dan penyebaran biji. Dengan demikian burung dapat dijadikan sebagai indikator lingkungan.

5. Penyanggah dan Perlindungan Permukaan Tanah dari Erosi

Fungsi hutan kota lainnya adalah sebagai penyanggah dan perlindungan permukaan tanah dari air hujan dan angin untuk penyediaan air tanah dan pencegahan erosi.

6. Pengendalian dan Mengurangi Polusi Udara dan Limbah

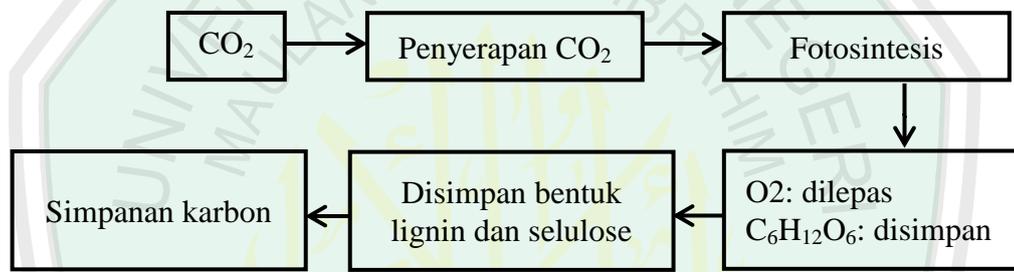
7. Tumbuhan dapat menurunkan debu dengan tajuk yang rindang.

Tabel 2.1 Manfaat pohon pelindung secara kuantitatif

Manfaat	1 pohon umur ±100 tahun	Tumbuhan per 1 Ha
Produksi oksigen	1,7 kg/jam	600 kg/hari
Penerima karbon dioksida	2,35 kg/jam	9000 kg/jam
Zat arang yang terikat	6 ton	-
Penyaringan debu	-	Sampai 85%
Penguapan air	500 liter/hari	-
Penurunan suhu	-	Sampai 4 °C

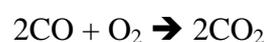
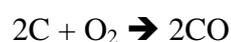
2.4 Konsep Kajian: Serapan CO₂ dan Simpanan Karbon (*C-stock*)

Berikut konsep kajian simpanan dan serapan CO₂ dan Simpanan Karbon (*C-stock*) penelitian ini:



2.4.1 Karbon Dioksida (CO₂)

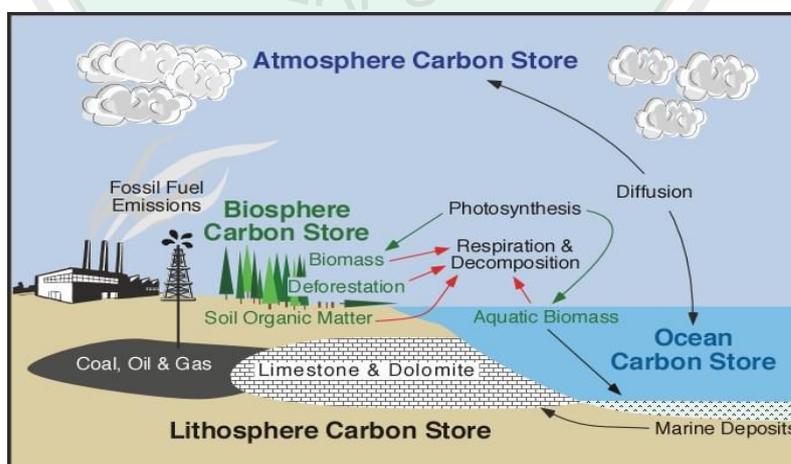
Kandungan CO₂ di atmosfer kurang lebihnya 300 ppm, kehadirannya sangat penting bagi tanaman sebagai sumber karbon (Zulkarnain, 2010). CO₂ berasal dari respirasi seluler makhluk hidup, pembakaran fosil, aktivitas vulkanik, emisi gas alami, pancaran listrik, kilat, germinasi, dan pertumbuhan benih. Proses terbentuknya CO₂ disebut proses oksidasi. CO₂ terbentuk apabila jumlah O₂ yang tersedia kurang dari jumlah yang dibutuhkan untuk pembakaran sempurna. Secara sederhana pembakaran karbon dalam minyak bakar (minyak bumi, fosil) terjadi melalui beberapa tahap sebagai berikut (Fardiaz, 1992):



Tahun 1995 sebanyak 6,5 miliar ton karbon terlepas ke atmosfer sebagai CO₂. Konsentrasi CO₂ di atmosfer sekarang ini adalah sekitar 360 ppm. Konsentrasi ini adalah 20% lebih tinggi dari satu abad yang lalu, dan diperkirakan akan meningkat sampai lebih dari 700 ppm pada tahun 2100. Amerika Serikat merupakan penghasil gas rumah kaca terbesar, yakni lebih dari 5 ton karbon yang dihasilkan tiap orang tiap tahun. Sumber terbesar dari emisi gas rumah kaca adalah transportasi. Tiap liter bensin yang terbakar oleh kendaraan bermotor memproduksi sekitar 2,5 kg CO₂ (Edward, 1994 dalam Astra, 2010).

2.4.2 Siklus Karbon

CO₂ di bumi ternyata tidak diam begitu saja, melainkan memiliki siklus yang disebut siklus karbon (Gambar 2.2 Siklus Karbon). Siklus karbon merupakan perputaran karbon dalam biosfer dan atmosfer. Nilai penting dari Siklus karbon adalah karbon mampu membentuk kerangka molekul-molekul organik yang esensial untuk semua organisme. Bentuk yang tersedia untuk kehidupan adalah organisme memanfaatkan CO₂ selama fotosintesis dan mengkonversi karbon menjadi bentuk-bentuk organik yang digunakan oleh konsumen (Campbell, dkk., 2010).



Gambar 2.2: Siklus Karbon
(sumber: Pidwirny & Jones, 2006)

Proses kunci dalam siklus karbon dimulai dari fotosintesis oleh tumbuhan dan fitoplankton. Organisme tersebut memindahkan banyak CO₂ dari atmosfer setiap tahun. Kuantitas ini diperkirakan sebanding dengan CO₂ yang ditambah ke atmosfer melalui respirasi seluler oleh produsen dan konsumen, penguraian atau dekomposisi. Jangka waktu geologis, gunung berapi juga merupakan sumber CO₂ yang substansial. Pembakaran bahan bakar fosil menambahkan cukup banyak CO₂ tambahan ke atmosfer (Campbell, dkk., 2010). Pada setiap ekosistem jumlah karbon yang tersimpan berbeda-beda, hal ini disebabkan perbedaan keanekaragaman dan kompleksitas komponen penyusun ekosistem. Kompleksitas ekosistem akan berpengaruh terhadap cepat atau lambatnya siklus karbon yang melalui setiap komponennya (Indriyanto, 2006).

2.4.3 Serapan CO₂ dan Simpanan Karbon (*Carbon stock*)

Hutan merupakan sumber daya alam yang penting dan bermanfaat bagi kehidupan baik secara langsung maupun tidak langsung. Manfaat langsung dari hutan lebih pada organ tumbuh. Sedangkan manfaat tidak langsung berupa jasa lingkungan seperti pengatur tata air, fungsi estetika, maupun sebagai penyedia O₂ dan CO₂. Penyerapan karbon terjadi karena aktivitas fotosintesis tumbuhan yang menyerap CO₂ dari atmosfer. Penyerapan air dari tanah menghasilkan O₂ dan karbohidrat yang selanjutnya akan terakumulasi menjadi selulosa dan lignin sebagai cadangan karbon (Masripatin, dkk., 2010). CO₂ yang terkandung di atmosfer secara alami maupun antropogenik yang menyerap dan memancarkan energi disebut emisi gas rumah kaca (GRK). Berkaitan dengan fungsi hutan, pemerintah Indonesia berjanji untuk menurunkan GRK sebesar 26% pada tahun 2020 (Jaya dan Saleh, 2011). Hutan tiruan di kota juga memiliki fungsi yang tidak

jauh berbeda dengan hutan primer, yakni sebagai penyerap CO₂ dan menyimpan karbon.

Karbon merupakan salah satu unsur alam yang memiliki lambang C. Karbon juga merupakan salah satu unsur utama pembentuk bahan organik termasuk makhluk hidup. Hampir setengah dari organisme hidup merupakan karbon. Karenanya secara alami karbon banyak tersimpan di bumi (darat dan laut) dari pada di atmosfer. Seiring terjadinya kerusakan hutan, maka pelepasan karbon ke atmosfer juga terjadi sebanyak tingkat kerusakan hutan yang terjadi.

Akumulasi GRK akibat perubahan tutupan lahan dan kehutanan diperkirakan sebesar 20% dari total emisi global yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. Hal ini menegaskan bahwa upaya mitigasi perubahan iklim perlu melibatkan sektor perubahan tutupan lahan dan kehutanan. Mengingat hutan berperan sangat penting tidak hanya sebagai penyimpan karbon, secara alami juga berfungsi sebagai penyerap karbon yang paling efisien di bumi sekaligus menjadi sumber emisi gas rumah kaca pada saat tidak dikelola dengan baik (Manuri, dkk., 2011). Oleh karena itu, sangat penting dalam merawat dan meningkatkan penanaman pohon di lahan.

Simpanan karbon (*carbon stock*) merupakan jumlah berat karbon yang tersimpan di dalam ekosistem pada waktu tertentu, baik berupa biomassa tanaman, tanaman yang mati, maupun karbon di dalam tanah (Agus, dkk., 2011). Dalam perhitungan simpanan karbon dapat berasal dari 5 sumber karbon (*carbon pools*). Metode pengukuran karbon di lapangan dengan menempatkan plot-plot contoh telah dikembangkan (McDicken 1997, IPCC GL, 2006, Kurniatun dan Rahayu, 2007, GOFC-Gold, 2009). Lima sumber (kantong) karbon yaitu

(Masripatin, dkk., 2010): biomassa di atas tanah, biomassa di bawah tanah, pohon yang mati, seresah, tanah dan kayu yang dipanen (belum diperhitungkan).

Sebagian besar yang digunakan dalam perhitungan simpanan karbon di hutan menggunakan persamaan Allometrik. Persamaan Allometrik merupakan metode pendugaan biomassa tegakan (pohon) secara tidak langsung (*non destructive sampling*). Menurut Lukito (2013) Persamaan ini berupa persamaan matematika, yang datanya merupakan faktor pendukung perhitungan ini. Faktor pendukung tersebut antara lain biomassa, diameter, dan tinggi yang nantinya dapat digunakan untuk menghitung kandungan biomassa hutan.

Biomassa merupakan total berat seluruh komponen hidup organisme yang dinyatakan dalam berat kering bahan organik per satuan luas (Leksono, 2007). Biomassa hutan adalah keseluruhan volume makhluk hidup dari semua spesies pada suatu waktu tertentu dan dapat dibagi ke dalam 3 kelompok utama yaitu pohon, semak dan vegetasi yang lain. Biomassa hutan berperan penting dalam siklus biogeokimia terutama dalam siklus karbon. Dari keseluruhan karbon hutan, sekitar 50% diantaranya tersimpan dalam vegetasi hutan. Sebagai konsekuensi, jika terjadi kerusakan hutan, kebakaran, pembalakan, dan sebagainya akan menambah jumlah karbon di atmosfer (Sutaryo, 2009).

Faktor pengukuran simpanan karbon lainnya yakni diameter dan tinggi. Diameter ini dapat berupa diameter batang (1,3 meter di atas permukaan tanah), dilakukannya pengukuran diameter batang karena simpanan terbesar berada di batang. Tinggi tanaman juga berpengaruh terhadap nilai simpanan karbon. Menurut Yamani (2013) umumnya biomassa bagian-bagian pohon seperti daun, cabang atau ranting, batang, dan akar berkorelasi secara positif dengan diameter

dan tinggi total pohon tersebut. Dalam arti kata setiap peningkatan diameter atau tinggi total pohon akan selalu diikuti oleh peningkatan biomassa pada setiap bagian pohon tersebut.

Pada komunitas tumbuhan, adanya variasi ukuran diameter dan tinggi mungkin disebabkan oleh perbedaan kondisi tempat tumbuh, ketinggian, kelerengan dan perlakuan silvikultur yang diterapkan. Diameter dan tinggi pohon merupakan data inventarisasi yang penting untuk menduga volume pohon (Krisnawati, dkk., 2011).

2.5 Jalan Arteri Primer

Jalan merupakan suatu prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun, meliputi bagian bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu-lintas. Jalan dapat dikelompokkan berdasarkan fungsi yakni: jalan arteri, jalan kolektor, dan jalan lokal. Selain itu ada cakupan primer dan sekunder. Jalan arteri primer merupakan jalan yang menghubungkan secara efisien antar pusat kegiatan nasional atau antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Berikut karakteristik jalan arteri primer berdasarkan Ditjen Penataan Ruang (2004):

1. Jalan antar kota yang tidak terputus (menerus) dan lalu lintas jarak jauh.
2. Kendaraan angkutan barang dan kendaraan angkutan umum jenis bus dapat diijinkan melalui jalan ini.
3. Jalan arteri primer didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60 kilometer per jam (km/h).
4. Lebar jalan minimal 11 meter.

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Jalan kolektor merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata yang sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.6 Kota Malang

Sebagaimana diketahui secara umum Kota Malang merupakan salah satu kota tujuan wisata di Jawa Timur karena potensi alam dan iklim yang dimiliki. Letaknya yang berada di tengah-tengah wilayah Kabupaten Malang secara astronomis terletak pada posisi 112.06° - 112.07° Bujur Timur, 7.06° - 8.02° Lintang Selatan. Luas wilayah kota Malang sebesar $110,06 \text{ km}^2$, batas wilayah kota Malang sebagai berikut:

Sebelah Utara : Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso

Sebelah Timur : Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang

Sebelah Selatan : Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji

Sebelah Barat : Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau

Kota Malang berada pada ketinggian yaitu 440-667 m dpl. Kondisi iklim kota Malang tercatat rata-rata suhu udara berkisar antara $23,2^{\circ}\text{C}$ sampai $24,4^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu maksimum mencapai $29,2^{\circ}\text{C}$ dan suhu minimum $19,8^{\circ}\text{C}$. Rata-rata kelembaban udara berkisar 78%-86%, dengan kelembaban maksimum 99% dan minimum mencapai 45%. Curah hujan yang relatif tinggi selama tahun 2010

hujan terjadi hampir disetiap bulan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan April yaitu mencapai 526 mm, yang terjadi selama 27 hari. Kecepatan angin maksimum terjadi di bulan Oktober (BPS, 2011).

