

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Hubungan Manusia dan Lingkungan

Manusia hidup tidak bisa lepas dari lingkungan; baik lingkungan fisik, lingkungan buatan atau lingkungan sosial. Manusia membutuhkan lingkungan sebagai sumber kehidupan, tempat kegiatan, dan ajang interaksi sosial. Menurut pendekatan Rambo yang dikutip dari Hadi (2013:6-9), sistem alam dan sistem sosial saling terkait. Berdasarkan aliran energi, materi, dan informasi; keduanya akan terjadi proses seleksi dan adaptasi. Wujud dari hasil hubungan manusia dan lingkungan alam berupa bermacam-macam jenis penggunaan lahan.

Hadi (2013:18-20) dalam bukunya *Manusia dan Lingkungan; Interaksi manusia dan lingkungan pada masyarakat primitif* masih sangat sederhana, dimana manusia hanya sekedar mengumpulkan bahan pangan atau berburu. Pada saat itu hubungan manusia dan alam masih harmonis, sumber daya masih berlebih (surplus). Dengan kemajuan teknologi dan pertumbuhan jumlah penduduk, manusia mulai menguasai alam. Eksploitasi sumber daya secara berlebihan diluar daya dukung lingkungan. Dalam memanfaatkan sumber daya, manusia bukan lagi hanya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, tetapi sudah bersifat serakah. Akibatnya lingkungan menjadi rusak dan daya dukung lingkungan menurun sehingga terjadi bencana alam seperti longsor, banjir, kekeringan, kemiskinan di mana-mana, dan hilangnya sumber daya yang tidak dapat diperbaharui (*non renewable*).

2.2 Daya Tampung Demografis

Daya tampung demografis menggambarkan kemampuan lahan dalam mencukupi kebutuhan lahan bagi penduduk yang berada di dalam suatu wilayah. Daya tampung demografis adalah rasio antara luas lahan yang ada (ha) dengan jumlah penduduknya. Bagaimana konsumsi lahan perkapita daerah penelitian akan dibahas dalam bab V. Rumus daya tampung demografis sebagai berikut:

$$A = L/P$$

Dimana A = daya tampung demografis

L = Luas lahan (ha)

P = jumlah penduduk (Muta'ali.2012:38-45)

Lahan diperlukan bukan semata-mata sebagai areal untuk produksi sumber daya pangan saja, tetapi lahan juga diperlukan untuk semua aktivitas manusia. Tentu saja makin banyak jumlah penduduknya, makin kecil rasio yang diperolehnya. Meskipun besar kecilnya kebutuhan akan lahan ini dipengaruhi oleh jenis aktivitas penduduk seperti aktivitas pertanian memerlukan lahan lebih luas dari pada aktivitas industri dan perdagangan, tetapi ada ambang batas minimal tertentu rasio lahan perkapita. Disini ada perbedaan fungsi lahan, aktivitas pertanian lahan sebagai faktor produksi; aktivitas industri dan perdagangan, lahan hanya sebagai tempat (lokasi) kegiatan. Apapun aktivitas manusia, makin besar rasio lahan per kapita makin besar semakin baik. Nilai daya dukung lahan minimal bagi penduduk kota berdasarkan skala yates sebagai tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Konsumsi Lahan Perkapita (perkotaan)

No	Jumlah penduduk (jiwa)	Konsumsi lahan (ha/jiwa)
1	10.000	0,100
2	25.000	0,091
3	50.000	0,086
4	100.000	0,076
5	250.000	0,070
6	500.000	0,066
7	1.000.000	0,061
8	2.000.000	0,057

Sumber: Yeates, 1980

2.3 Nilai Lahan (*land rent*) dan Konversi Lahan Pertanian

Menurut Ricardo (1809) dengan ‘*The Law of rent*’ dalam Irawan (2005:3) berpendapat bahwa penduduk akan tumbuh sedemikian rupa sehingga lahan yang tidak subur akan digunakan dalam proses produksi, dimana lahan sudah tidak bermanfaat lagi bagi pemenuhan kebutuhan manusia yang berada pada batas minimum kehidupan. Sehingga, “Nilai lahan akan sama dengan penerimaan dikurangi harga faktor produksi”. Nilai lahan di dalam persaingan sempurna dan akan proporsional dengan selisih kesuburan lahan tersebut atas lahan yang paling rendah tingkat kesuburannya.

Berkenaan dengan kota, biasanya tingginya nilai tanah bukanlah tingkat kesuburan tanah tersebut, tetapi lebih sering dikaitkan dengan jarak atau letak tanah. Menurut Von Thunen, tanah yang letaknya paling jauh dari kota memiliki sewa sebesar nol dan sewa tanah itu meningkat secara linear ke arah pusat kota, dimana proporsional dengan biaya angkutan per ton/km. Semua tanah yang memiliki jarak yang sama terhadap kota memiliki harga sewa yang sama (Djojodipuro, 1992:20).

Konversi lahan terjadi akibat persaingan penggunaan lahan sesuai teori *land rent*. Teori *Land rent* adalah penerimaan bersih yang diterima dari sumber daya lahan per satuan luas. Menurut Astrid (2014:5) penggunaan lahan paling efisien secara ekonomi adalah hasil maksimal yang dapat diperoleh dari tingkat penggunaan lahan. Tujuan ini dapat dicapai dengan mengalokasikan lahan bagi penggunaan yang mempunyai nilai lebih atau surplus (*rent*) dari satuan lahan (*marginal unit*), dari berbagai keperluan yang bersaing diantara berbagai alternatif penggunaan lahan. Lahan yang mempunyai nilai *land rent* yang lebih tinggi relatif lebih mudah menekan dan mengkonversi penggunaan lahan dengan nilai *land rent* rendah. Dalam hukum ekonomi, alih lahan terjadi dari aktivitas *land rent* yang lebih rendah ke aktivitas *land rent* yang lebih tinggi. Berdasarkan definisinya nilai *land rent* adalah hasil bersih (*ouput*) dikurangi dengan biaya (*input*) dan pajak lahan

Konversi lahan adalah perubahan fungsi sebagian atau seluruh kawasan lahan dari fungsinya semula (seperti yang direncanakan) menjadi fungsi lain yang menjadi dampak negatif (masalah) terhadap lingkungan dan potensi lahan. Konversi lahan juga dapat diartikan sebagai perubahan untuk penggunaan lain disebabkan oleh faktor-faktor yang secara garis besar meliputi keperluan untuk

memenuhi kebutuhan penduduk yang makin bertambah jumlahnya dan meningkatnya tuntutan akan mutu kehidupan yang lebih baik. Irawan (2005) mengemukakan bahwa konversi lahan lebih besar terjadi pada lahan sawah dibandingkan dengan lahan kering karena dipengaruhi oleh tiga faktor, *pertama*, pembangunan kegiatan non pertanian seperti kompleks perumahan (*real estate*), pertokoan, perkantoran, dan kawasan industri lebih mudah dilakukan pada tanah sawah yang lebih datar dibandingkan dengan lahan kering. *Kedua*, akibat pembangunan masa lalu yang terfokus pada upaya peningkatan produk padi maka infrastruktur ekonomi lebih tersedia di daerah persawahan daripada daerah tanah kering. *Ketiga*, daerah persawahan secara umum lebih mendekati daerah konsumen atau daerah perkotaan yang relatif padat penduduk dibandingkan daerah tanah kering yang sebagian besar terdapat di wilayah perbukitan dan pegunungan. Sebagai konsekuensi logis dari pertambahan penduduk dan pembangunan ekonomi, maka terjadi perubahan alokasi sumber daya, khususnya sumber daya lahan sulit dihindari.

Menurut Lewis dan Chenery dalam teori perubahan perubahan struktural, konversi lahan pertanian ke non pertanian menunjukkan terjadinya perubahan struktur ekonomi dari struktur ekonomi tradisonal (perdesaan) menuju ekonomi modern (perkotaan). Terjadinya perubahan struktur rekonomi ini mengindikasikan adanya peningkatan taraf hidup masyarakat. Struktur ekonomi perdesaan dengan basis pertanian mempunyai nilai output yang rendah. Sementara struktur ekonomi perkotaan dengan basis industri dan jasa mempunyai nilai output yang tinggi, sehingga wajar terjadi pergeseran struktur ekonomi (Kuncoro. 2000:51). Implikasi

dari perubahan struktur ekonomi ini adalah terjadinya konversi lahan pertanian di perdesaan secara besar-besaran.

Lahan sawah yang terletak dekat dengan pusat kegiatan ekonomi akan mengalami pergeseran penggunaan ke bentuk lain seperti pemukiman, industri manufaktur dan fasilitas infrastruktur. Hal ini terjadi karena *Land Rent* per satuan luas yang diperoleh dari aktivitas baru lebih tinggi daripada yang dihasilkan sawah. Menurut Jantzen (2006:12) suatu lahan sekurang-kurangnya memiliki empat jenis *rent*, yaitu:

1. *Ricardian Rent*, menyangkut fungsi kualitas lahan (sifat) dan kelangkaan lahan.
2. *Locational Rent*, menyangkut fungsi lokasi relatif lahan dan aksesibilitas lahan.
3. *Ecological Rent*, menyangkut fungsi ekologi lahan.
4. *Sociological Rent*, menyangkut fungsi sosial dari lahan

Umumnya *Land Rent* yang mencerminkan mekanisme pasar hanya mencakup *Ricardian Rent* dan *Locational Rent*, sedangkan *Ecological Rent* dan *Sociological Rent* tidak sepenuhnya terjangkau mekanisme pasar. Menurut *Ricardian Rent*, kualitas lahan yang baik jika kondisi lahan itu datar, subur, air tanah dangkal, jenis tanah tidak labil, aksesibilitas baik; akan mempunyai nilai lahan tinggi (mahal harganya). *Locational rent* terbukti di daerah penelitian di mana ada sub pusat pertumbuhan baru seperti kampus, pasar atau pusat perdagangan, permukiman massal, industri dan sebagainya; menyebabkan kenaikan nilai lahan.

Hal tersebut sesuai dengan teori lokasi neo klasik yang menyatakan bahwa substitusi diantara berbagai penggunaan faktor produksi dimungkinkan agar dicapai keuntungan maksimum. Artinya alih fungsi lahan sawah terjadi akibat penggantian

faktor produksi sedemikian rupa semata-mata untuk memperoleh keuntungan maksimum (Prayudho, 2009:12). Dalam model *Ricardian Rent* dijelaskan bahwa adanya alokasi penggunaan lahan ke penggunaan lain dikarenakan perbedaan *Land Rent* yang memberikan penggunaan yang lebih menguntungkan. Oleh karena itu adanya alih fungsi komoditi disebabkan oleh perbedaan *land rent* komoditi pengganti yang secara ekonomis dianggap lebih menguntungkan. *Ricardian rent* dan *Locational Rent* di daerah penelitian akan menimbulkan pola-pola keruangan. Dimana kecenderungan lokasinya, intensitasnya, bagaimana pola perubahan penggunaan lahan, dan faktor-faktor mempengaruhi.

2.4 Daya Dukung Lahan

Daya dukung lahan adalah kemampuan lahan untuk mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup yang ada di atasnya. Diukur dengan tekanan penduduk yang merupakan maksimal penduduk yang dapat didukung oleh sumber daya alam yang tersedia dinyatakan dengan angka *absolute* yang dinyatakan dalam α (Soemarwoto, 1997:30).

Daya dukung lahan dihitung sesuai pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup Dalam Penataan Ruang Wilayah. Dalam peraturan ini untuk mengetahui daya dukung lahan dari suatu wilayah maka dilakukan tahapan sebagai berikut :

1. Penghitungan ketersediaan (*supply*) lahan rumus:

Keterangan :

$$SL = \frac{\sum (P_i \times H_i)}{H_b} \times \frac{1}{P_{tvb}}$$

SL : Ketersediaan lahan (ha).

Pi : Produksi aktual tiap jenis komoditi (satuan tergantung kepada jenis komoditas) Komoditas yang diperhitungkan meliputi pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan dan perikanan.

Hi : Harga satuan tiap jenis komoditas (Rp/satuan) ditingkat produsen.

Hb : Harga satuan beras (Rp/kg) di tingkat produsen.

Ptvb : Produktivitas beras (kg/ha).

2. Penghitungan kebutuhan (*demand*) lahan dengan menggunakan rumus:

$$DL = N \times KHLL$$

Dimana:

DL : Total kebutuhan lahan setara beras (ha).

N : Jumlah penduduk (orang).

KHLL : Luas lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan hidup layak per penduduk.

Luas lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan hidup layak per penduduk merupakan kebutuhan hidup layak per penduduk dibagi produktifitas beras lokal. Kebutuhan hidup layak per penduduk diasumsikan sebesar 1 ton setara beras/kapita/tahun. Daerah yang tidak memiliki data produktivitas beras lokal, dapat menggunakan data rata-rata produktivitas beras nasional sebesar 2400 kg/ha/tahun.

3. Penentuan status daya dukung lahan

Status daya dukung lahan diperoleh dari perbandingan antara ketersediaan lahan (SL) dan kebutuhan lahan (DL) . Bila $SL > DL$, daya dukung lahan dinyatakan surplus, bila $SL < DL$, daya dukung lahan dinyatakan defisit atau terlampaui.

2.5 Konsep Penggunaan Lahan Pertanian

Penggunaan lahan adalah pemanfaatan lahan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Menurut Rahim (2007) terjadinya berbagai macam penggunaan lahan dipengaruhi oleh:

- 1) Undang-Undang atau Peraturan Daerah (Perda)
- 2) Kondisi fisik Lahan (sifat fisik, morfologi, hidrologi)
- 3) Mekanisme pasar

Penggunaan lahan yang diatur dalam Perda melalui mekanisme Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Dalam realitanya, mekanisme pasar yang lebih dominan apalagi status kepemilikan tanah milik pribadi, sehingga mereka dengan mudah mengkonversi lahan. Masalah kendala sifat fisik lahan dapat diatasi dengan rekayasa teknik, misalnya dengan diurug, dikeringkan, dibuat terasering dan sebagainya. Pada beberapa kasus penggunaan lahan bahkan melanggar RTRW yang ada.

Teori klasik mengenai penggunaan lahan pertanian pertama dikemukakan oleh Von Thunen (1826) dengan karyanya “The Isolated State” di daerah Jerman. Teori ini menggambarkan pola penggunaan lahan pertanian yang dipengaruhi oleh perbedaan biaya transportasi tiap komoditas pertanian dari tempat produksi ke pasar terdekat. Biaya transportasi merupakan fungsi jarak tempuh antara daerah produksi dan pasar, juga mempertimbangkan variabel mudah rusaknya barang, berat barang, dan harga dari berbagai komoditas pertanian (Fujita, 2001.p97). Pola penggunaan lahan menurut Von Thunen berturut-turut dari pusat kegiatan sebagai berikut: 1) zona pusat perdagangan dan produsen susu; 2) zona hutan kayu bakar;

3) zona tanaman intensif; 4) zona pertanian lahan kering dan padang rumput; 5) zona kebun campuran; 5) zona peternakan.

Pada perkembangannya teori ini tidak hanya berlaku untuk komoditas pertanian, tetapi berlaku juga untuk komoditas lainnya. Dalam teori ini terdapat 7 asumsi yang digunakan oleh Von Thunen dalam pengujiannya:

- 1) Terdapat suatu daerah terpencil yang terdiri atas daerah perkotaan dengan daerah pedalamannya dan merupakan satu-satunya daerah pemasok kebutuhan pokok yang merupakan komoditi pertanian – isolated stated
- 2) Daerah perkotaan tersebut merupakan daerah penjualan kelebihan produksi daerah pedalaman dan tidak menerima penjualan hasil pertanian dari daerah lain – single market
- 3) Daerah pedalaman tidak menjual kelebihan produksinya ke daerah lain kecuali ke daerah perkotaan – single destination
- 4) Daerah pedalaman merupakan daerah berciri sama (*homogenous*) dan cocok untuk tanaman dan peternakan dalam menengah
- 5) Daerah pedalaman dihuni oleh petani yang berusaha untuk memperoleh keuntungan maksimum dan mampu untuk menyesuaikan hasil tanaman dan peternakannya dengan permintaan yang terdapat di daerah perkotaan – maximum oriented
- 6) Satu-satunya angkutan yang terdapat pada waktu itu adalah angkutan darat– one moda transportation
- 7) Biaya angkutan ditanggung oleh petani dan besarnya sebanding dengan jarak yang ditempuh. Petani mengangkut semua hasil dalam bentuk segar – equidistant (jarak yang sama-biaya sama)

Dengan asumsi tersebut maka struktur ruang dari berbagai jenis penggunaan lahan pertanian akan berkembang dalam bentuk lingkaran tidak beraturan yang mengelilingi daerah pertanian.

Dengan perkembangan teknologi dan ekonomi, teori ini mulai banyak mengalami perubahan. Kemudahan aksesibilitas memungkinkan pola penggunaan lahan pertanian berubah, biaya transportasi tidak menjadi penentu penggunaan lahan. Terbukti dari konversi lahan pertanian terjadi di mana-mana. Sejauh mana pola keruangan penggunaan lahan masih relevan dengan teori 'Isolated State' dari Von Thunen. Meskipun teori dari Von Thunen ini kelihatan klasik, tetapi beberapa prinsipnya masih relevan sampai sekarang dalam beberapa hal misalnya :

- a) Penggunaan lahan dipengaruhi oleh nilai lahan (*land rent*)
- b) Pusat kota cenderung untuk fungsi perdagangan
- c) Biaya transportasi cenderung fungsi dari jarak dan jenis barang

Kerugian ekonomi akibat adanya konversi lahan sawah, berupa hilangnya produksi padi, tidak berfungsinya sistem irigasi, dan tidak berfungsinya kelembagaan pertanian. Jika diperkirakan secara ekonomi nilai kerugian itu sangat besar. Bahkan upaya pencetakan sawah baru belum mampu menutupi kehilangan produksi, sehingga Indonesia harus mengimpor beras (Syaukat, 2003, p. 4)

2.6 Analisis Kemampuan Lahan

Lahan mempunyai sifat –sifat fisik dan kimia tertentu, sehingga tidak semua lahan cocok untuk semua kegiatan. Sifat fisik dan kimia tersebut dapat menjadi pembatas atau ancaman dalam penggunaan lahan. Faktor pembatas fisik misalnya kemiringan lereng, topografi, iklim, curah hujan, ketinggian tempat, solum tanah,

erosi dan banyaknya batuan. Pembatas kimia misalnya Ph tanah, kualitas air, pencemaran air dan sebagainya. Faktor pembatas penggunaan lahan ada yang bersifat sementara, ada yang mudah diatasi, dan ada yang bersifat permanen.

Menurut Hardoyo (2013), pada dasarnya setiap penggunaan lahan, memerlukan syarat atau kondisi lahan tertentu. Misalnya lahan sawah menuntut lahan yang subur, datar, solum tanah tebal, irigasi bagus dan sebagainya. Analisis kemampuan lahan sangat diperlukan dalam pemilihan penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan, akan menyebabkan kerusakan lahan yang akhirnya akan menurunkan daya dukung lahan. Tabel 2.2 berikut kriteria kemampuan lahan dan penggunaan lahan.

Tabel. 2.2 Kriteria Kemampuan Lahan dan Penggunaannya

Kelas	Kriteria	Penggunaan
I	Lahan ini mempunyai sedikit hambatan yang membatasi penggunaannya. Lahan kelas I sesuai untuk berbagai penggunaan pertanian. Karakteristik lahannya antara lain: topografi datar, erosi kecil, solum tanah, drainase baik, mudah diolah, kapasitas menahan air baik, subur, responsif terhadap pemupukan, tidak terancam banjir, berada di bawah iklim setempat yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman secara umum.	tanaman pertanian semusim, tanaman rumput, tanaman keras, hutan cagar alam.

II	<p>lahan ini mempunyai beberapa hambatan atau ancaman kerusakan yang mengurangi penggunaannya, sehingga memerlukan tindakan konservasi yang sedang. Pengelolaan perlu hati-hati, termasuk tindakan konservasi untuk mencegah kerusakan atau memperbaiki hubungan air dan udara jika tanah diusahakan untuk pertanian.</p>	<p>Tanaman semusim, padang rumput, tanaman keras hutan lindung, dan cagar alam</p>
III	<p>Lahan ini mempunyai hambatan berat yang mengurangi pilihan penggunaan lahan dan memerlukan tindakan konservasi khusus. Lahan ini mempunyai pembatas lebih berat daripada kelas II jika dipergunakan untuk tanaman akan memerlukan pengelolaan tanah dan tindakan konservasi yang lebih sulit diterapkan. hambatan ini membatasi lama penggunaan bagi tanaman semusim, waktu pengolahan, pilihan tanaman.</p>	<p>Tanaman semusim, tanaman yang memerlukan pengolahan tanah, padang rumput, hutan produksi, hutan lindung, dan cagar alam.</p>
IV	<p>Hambatan dan ancaman tanah lebih besar dari kelas III dan pilihan tanaman juga terbatas. Perlu pengelolaan hati-hati untuk tanaman semusim, tindakan konservasi lebih sulit diterapkan dan dipelihara seperti ters bangku, saluran bervegetasi, dam penghambat, serta tindakan untuk menjaga kesuburan tanah.</p>	<p>Tanaman semusim dan tanaman pertanian pada umumnya, padang rumput, tanaman keras-</p>

		kebun campuran dan hutan produksi dan hutan lindung, suaka marga satwa
V	Kelas lahan ini tidak terancam erosi tetapi mempunyai hambatan lain yang tidak mudah dihilangkan sehingga membatasi penggunaan pilihannya. Tanah ini mempunyai hambatan permanen yang membatasi pilihan penggunaannya dan pilihan tanamannya serta menghambat pengolahannya.	Padang rumput, padang penggembalaan, hutan produksi, hutan lindung, dan suaka alam.
VI	Lahan ini mempunyai hambatan berat yang menyebabkan tanah tidak sesuai untuk penggunaan pertanian, penggunaan lahan sangat terbatas karena mempunyai hambatan atau ancaman kerusakan yang tidak dapat dihilangkan umumnya terletak pada lereng yang curam. Beberapa lahan ini mempunyai perakaran dalam, tetapi karena lerengnya berat perlu konservasi yang berat.	Padang rumput, hutan produksi, hutan lindung dan cagar alam.
VII	Lahan tidak sesuai untuk pertanian. Apabila digunakan untuk padang rumput atau hutan produksi harus dilakukan pencegahan erosi yang berat. Perlu dibuat teras bangku yang ditunjang dengan cara vegetasi untuk konservasi	Padang rumput, hutan produksi dengan konservasi

	tanah dan air. Lahan ini mempunyai hambatan secara permanen yang tidak dapat dihilangkan.	berat, hutan lindung dan suaka alam.
VIII	Lahan ini tidak sesuai untuk pertanian, sebaiknya dibiarkan secara alami, pembatas dan ancaman sangat berat dan tidak mungkin dilakukan tindakan konservasi sehingga perlu dilindungi. Biasanya pada kemiringan lereng yang sangat terjal dan elevasi tinggi.	Hutan lindung, rekreasi alam, dan suaka alam.

(Sumber: Arsyad 2006:35)

Dari tabel 2.2 disimpulkan makin tinggi kelas lahan (VII, VIII) makin terbatas penggunaannya. Makin rendah kelas lahan (I,II) makin banyak pilihan penggunaan lahannya, termasuk penggunaan lahan non pertanian seperti permukiman, industri, infrastruktur dan sebagainya. Tetapi dengan terbatasnya lahan di perkotaan, penggunaan lahan permukiman sudah merambah di daerah yang tidak sesuai dengan kemampuan lahannya seperti daerah dengan kemiringan lereng tinggi, tanah labil, dan daerah rawan bencana. Kondisi seperti ini dapat dijumpai di daerah Kecamatan Ngaliyan dan Gunungpati. Lahan yang seharusnya dikonservasi, sudah dialih fungsikan untuk budidaya seperti permukiman, tegalan, atau kebun oleh penduduk.

2.7 Faktor Penyebab Konversi Lahan

Pasandaran (2006:23) menjelaskan paling tidak ada tiga faktor, baik sendiri-sendiri maupun bersama-sama yang merupakan determinan alih fungsi lahan

sawah, yaitu: kelangkaan sumber daya lahan dan air, dinamika pembangunan, peningkatan jumlah penduduk.

Konversi lahan berdampak terhadap langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung termasuk hilangnya lahan pertanian utama, kehilangan pekerjaan pertanian, hilangnya investasi di bidang infrastruktur irigasi di daerah. Dampak tidak langsung meliputi perusakan pemandangan alam dan eksploitasi berlebihan air tanah, masuknya orang dari daerah perkotaan ke daerah pinggiran. Hasil penelitian mengenai dampak alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan pengembangan perumahan terhadap petani pemilik lahan di pinggiran Kota Palu adalah pendapatan petani tidak mengalami peningkatan sesudah melepaskan tanah pertaniannya, yang terjadi justru berkurang bahkan kehilangan pendapatan petani (Akhmad, 2011, p. 14).

Faktor yang berpengaruh terhadap alih fungsi lahan pertanian dapat dikelompokkan menjadi 6 faktor penting antara lain: faktor ekonomi, faktor demografi, faktor pendidikan & IPTEKS, faktor social dan politik, faktor kelembagaan, serta faktor penegakan hukum (Priyono, 2011, p. 215)

Faktor Ekonomi Pendapatan hasil pertanian semakin menurun setiap tahun dan kalah bersaing dengan yang lain (terutama non pertanian) seperti usaha industri kecil, UKM, dan lain-lain. Harga hasil pertanian cenderung rendah saat panen. Maka ada dorongan para petani untuk melakukan usaha lain di luar pertanian dengan harapan mendapatkan peningkatan pendapatan (walaupun belum tentu karena mayoritas ketrampilannya masih terbatas) dengan mengganti lahan pertanian (sawah) menjadi lahan non pertanian.

Faktor Demografi, semakin bertambahnya jumlah penduduk akan meningkatkan kebutuhan akan tempat tinggal (permukiman), tempat usaha yang diambil dari lahan milik generasi tua. Hal ini jelas akan mengurangi luas tanah terutama merubah lahan pertanian.

Faktor Pendidikan dan IPTEKS. Dengan minimnya pendidikan karakter dan minimnya IPTEKS yang dimiliki para petani, mengakibatkan produktivitas pertanian tidak meningkat secara signifikan serta masyarakat cenderung mengambil jalan pintas menjual tanah, merubah lahan pertanian ke non pertanian tanpa memikirkan dampak untung dan ruginya dalam jangka panjang.

Faktor Sosial dan Politik. Faktor sosial yang merupakan pendorong alih fungsi lahan antara lain: perubahan perilaku konsumtif, adanya pemecahan lahan karena bagi waris dan konversi lahan, ada kecenderungan anak petani tidak mau meneruskan sebagai petani. Mereka lebih suka menjual atau mengkonversi lahan pertaniannya. Sedangkan sebagai penghambat alih fungsi lahan adalah hubungan pemilik lahan dengan lahan dan penggarap (karena sebagian besar lahan tersebut adalah warisan orang tuanya). **Faktor Politik** dapat dilihat dari dinamika perkembangan masyarakat sebagai efek adanya otonomi daerah dan dinamika perkembangan masyarakat dunia, tentunya ingin menuntut hak pengelolaan tanah yang lebih luas dan nyata (mandiri), sehingga di sini dapat timbul keinginan adanya upaya alih fungsi lahan pertanian. Terkadang daerah yang bagus untuk perkembangan ekonomi ialah daerah pertanian yang subur, sehingga tekanan politik untuk kebutuhan ekonomi semakin besar di sana

Faktor Kelembagaan. Kelembagaan petani seperti Himpunan Kerukunan Tani Indonesia (HKTI), Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) dan sebagainya,

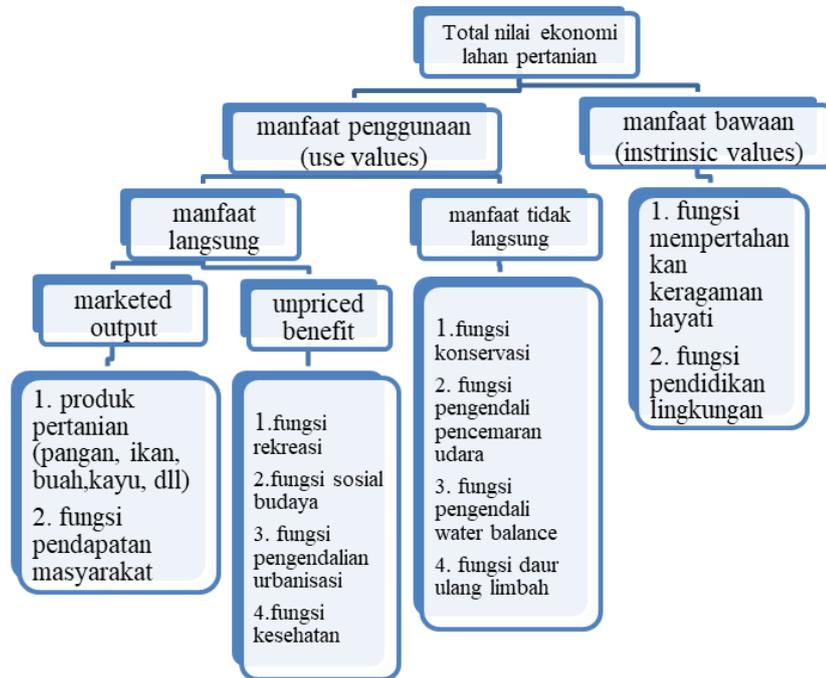
terasa belum mempunyai kekuatan dan peran yang mantap terhadap anggotanya maupun dalam hubungannya dengan pihak pemerintah, maupun pihak lain yang terkait. Hal ini terjadi oleh adanya masalah internal (primordial) seperti anggota (pengurus) yang beragam (pengurusnya beragam latar belakang, maupun sebagian besar anggotanya miskin) serta tidak dapat berkomitmen dalam persatuan demi kemajuan organisasi dan anggotanya, dengan lebih banyak mementingkan pribadi/golongannya, sehingga yang terjadi melemahkan kekuatan organisasi atau lemah dalam posisi tawar terutama dengan pemerintah sebagai mitra kerjanya lebih-lebih seharusnya dapat menjadi orangtuanya. Pada hal pemerintah seharusnya bertanggung jawab penuh terhadap kehidupan sekaligus kemajuan organisasi ini.

Posisi tawar yang dimaksud salah satunya menyangkut pengendalian kestabilan harga bahan pangan (makanan pokok beras). Setiap ada gejolak kenaikan harga sembako, maka para konsumennya mengeluh karena menurutnya akan menyebabkan kenaikan harga barang/kebutuhan lainnya sehingga menyebabkan pengeluaran biayanya semakin tinggi. Pada hal ketika harga naik seharusnya petani menikmati pertambahan hasilnya (untung), namun yang terjadi justru rugi, karena petani sudah tidak punya stok beras lagi atau sudah terjual semuanya dengan harga murah sedangkan ketika harga turun petani sudah barang tentu barangnya terjual dengan harga lebih murah lagi, sehingga semuanya (harga naik atau turun) justru yang didapat harus menanggung kerugiannya, sedangkan pemerintah tidak mampu berbuat banyak, karena dalam hal ini pemerintah lebih banyak berpihak kepada pengusaha, yakni harganya diserahkan pasar (dikendalikan pedagang/pengusaha). Jadi di sini jika organisasi petani di Indonesia masih dianggap inferior (masih kecil/belum diperhitungkan), belum mampu memperjuangkan kepentingan

anggotanya (para petani). Oleh karena merasa jika organisasinya tidak memperjuangkannya, maka mereka bisa saja melakukan tindakan konversi tanah dengan menjual tanah (mengalihkan fungsi lahan pertanian ke non pertanian) dengan harga murah atau mengelola tanah semaunya tanpa memperhatikan kelestariannya.

Faktor Instrumen Hukum dan Penegakan Hukumnya. Sebenarnya telah banyak instrument hukum yang telah dibuat oleh pemerintah untuk mengendalikan atau menghambat laju terjadinya alih fungsi lahan pertanian. Pada awalnya, pemerintah menerbitkan Undang-Undang yang menyangkut keagrariaan No.5/1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-Pokok Agraria yang mengatur kepemilikan lahan (*land reform, lahan ingendom* dan lain-lain) maupun untuk mengelolanya baik oleh Negara dan warganya masih lemah. UU No.5 Tahun 1990 Tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistem; UU No.41/2009 Tentang Perlindungan Lahan Pertanian Berkelanjutan. Penerapan dan penegakan peraturan yang ada masih belum optimal (Priyono, 2011, p. 11).

Sebenarnya penggunaan lahan pertanian mempunyai fungsi jamak (multi fungsi) yang luas, baik manfaat dari penggunaannya maupun manfaat bawaan, manfaat langsung maupun tidak langsung, output yang bernilai ekonomis maupun non ekonomis, dan seterusnya (lihat gambar 2.1). Pada umumnya, fungsi lahan yang diperhatikan hanya dari manfaat langsung yang mempunyai nilai jual. Sedangkan fungsi lahan yang tidak memberi manfaat langsung atau manfaat bawaan (*instrinsic value*) tidak diperhatikan. Apa lagi bagi petani yang terbatas pengetahuannya, petani hanya mengetahui fungsi lahan untuk tempat produksi sumber daya.



Gambar 1.1 Klasifikasi Manfaat Lahan Pertanian

Sumber: (Rahmanto, 2004)

Lahan mempunyai fungsi ekonomi, sosial, dan ekologi, tetapi yang dikenal umum hanya fungsi ekonomi yakni sebagai faktor produksi. Fungsi sosial lahan dapat menjadi fasilitas umum atau infrastruktur lainnya. Fungsi ekologi lahan sebagai media tanaman dan mengendalikan tata air dan menyerap limbah. Selain itu, lahan menjadi habitat berbagai macam ekosistem (lihat gambar 2.1)

Alih fungsi lahan di Indonesia mulai meningkat pesat pada periode booming ekonomi tahun 1980 hingga pertengahan 1990. Pada masa tersebut perkembangan investasi perumahan dan industri perkebunan secara cepat mengubah daerah pinggiran kota-kota besar dari lahan pertanian dominan menjadi perumahan dan kawasan industri. Konversi lahan merupakan hal yang normal dalam perkembangan perkotaan, tetapi permasalahannya kota-kota di Indonesia itu sebagian besar tidak terkontrol dengan baik. Pengembangan lahan pertanian di pinggiran kota-kota

besar, terutama di Kawasan Metropolitan Jakarta telah digunakan untuk perdagangan bersifat spekulatif dan simpanan tanah pribadi (Firman, 2000)

2.8 Konversi Lahan di Pinggiran Kota Semarang

Konversi lahan pertanian ke non pertanian dapat menimbulkan dampak negatif secara sosial ekonomi dan lingkungan. Bagi ketahanan pangan nasional, konversi lahan sawah merupakan ancaman yang serius, mengingat konversi lahan tersebut sulit dihindari sementara dampak yang ditimbulkan terhadap terhadap masalah pangan bersifat permanen, kumulatif, dan progresif. Banyak peraturan yang diterbitkan pemerintah untuk mengendalikan konversi lahan sawah tetapi pendekatan yuridis tersebut tumpul akibat berbagai faktor. Sehubungan dengan itu maka diperlukan revitalisasi kebijakan dalam mengendalikan konversi lahan melalui pengembangan pendekatan ekonomi dan pendekatan sosial. Pada intinya kebijakan pengendalian konversi lahan di masa yang akan datang perlu diarahkan untuk mencapai tiga sasaran, yaitu : (1) menekan intensitas faktor sosial dan ekonomi yang dapat merangsang konversi lahan sawah, (2) mengendalikan luas, lokasi dan jenis lahan sawah yang dikonversi dalam rangka memperkecil potensi dampak negatif yang ditimbulkan, dan (3) menetralsir dampak negatif konservasi lahan sawah melalui kegiatan investasi yang melibatkan dana perusahaan swasta pelaku konversi lahan (Irawan, 2005 hal 1-18).

Penelitian Handayani (2014) dengan tujuan untuk mengetahui kesesuaian pelaksanaan alih fungsi lahan pertanian menjadi perumahan dengan ketentuan RTRW Kota Semarang, dan mengetahui kesesuaian dengan UU No 41 tahun 2009 tentang perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Metode yang digunakan adalah pendekatan yuridis-normatif. Hasil penelitian diketahui bahwa

pengalihfungsian lahan pertanian menjadi perumahan dilakukan sudah sesuai dengan ketentuan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang dari segi lokasinya. Namun, apabila ditinjau dari segi Tata Guna Tanah pelaksanaan alih fungsi tanah tersebut tidak sesuai karena tanah yang dialihfungsikan tersebut adalah tanah pertanian yang berfungsi sebagai kawasan resapan air sehingga diperlukan suatu perlindungan terhadap tanah pertanian tersebut yaitu dengan diundangkannya Undang-Undang No. 41 tahun 2009 tentang perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Kesimpulan dari hasil penelitian ini, pelaksanaan alih fungsi lahan dapat dicegah dengan adanya Undang-Undang No. 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan dan pembangunan perumahan harus dilakukan sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah dan Tata Guna Tanah. (Handayani. 2014:24)

Berdasarkan hasil penelitian, area berkembang Kecamatan Gunungpati mengalami konversi lahan menjadi lahan terbangun sebesar 28,02 Ha, atau bertambah 39,5% dalam 11 tahun terakhir. Pengaruhnya terhadap lahan yaitu terjadinya longsor di permukiman warga. Berdasarkan hasil overlay peta kesesuaian lahan dengan lahan terbangun, sekitar 129 ha (24%) lahan permukiman berada di kawasan penyangga. Konversi lahan tersebut juga berpengaruh pada berkurangnya daerah resapan air yang berakibat pada berkurangnya debit air bawah tanah, yaitu dari 36 warga yang memiliki sumur, 22 warga mengatakan bahwa permukaan air sumur mereka mengalami penurunan. Selain itu, berkurangnya daerah resapan air berarti juga terjadi peningkatan debit air permukaan. Dan perkiraan kenaikan air larian sebesar 37,5% dari 186.273,48 m³/hari-hujan. Oleh karena itu, pembangunan nantinya harus mengutamakan aspek kesesuaian lahan

dan daya dukung lingkungan untuk keberlanjutan lingkungan binaan maupun lingkungan alam (Dewi & Rudiarto, 2014: 16).

Alih fungsi lahan pertanian terjadi secara progresif pada area-area pengembangan seperti pada area dekat pusat kota, pada kawasan pendidikan, dan pada koridor yang merupakan pintu masuk ke Kecamatan Gunungpati. Bagi petani yang kehilangan lahan sawahnya mayoritas mengalami penurunan pendapatan. Hal ini dikarenakan tingkat pendidikan dan ketrampilan para petani yang terbatas atau tergolong rendah sehingga mereka tidak dapat mengakses pekerjaan formal. Selain itu, karena hilangnya lahan pertanian, saat ini mereka mencari kegiatan ekonominya masing-masing secara berbeda. Adanya perbedaan aktivitas ekonomi dan didorong masuknya penduduk pendatang pada area mereka membuat kekerabatan antar warga menjadi memudar (Dewi & Rudiarto, 2014, p. 16).

Dari penelitian Amin (2015) di DAS Garang yang sebagian besar wilayahnya di Kota Semarang, mengalami pengurangan luas yakni lahan sawah berkurang 35,6%, lahan kosong berkurang 88,46%, lahan hutan berkurang 6,77%, tegalan berkurang 46,9% dari tahun 1995-2005. Padahal lahan kosong, hutan, dan tegalan secara geografis berada pada daerah hulu, hal ini akan berbahaya karena fungsi resapan makin berkurang dan bahaya banjir di bagian hilir makin besar. Penutup lahan yang mengalami peningkatan yang paling signifikan yaitu permukiman sebesar 26,19% dan penutup lahan kebun campuran juga mengalami peningkatan sebesar 17,56% (lihat tabel 2.3)

Tabel 2.3 Perubahan Penutup lahan DAS Garang Tahun 1995-2005

	Luas lahan (Ha)		Keterangan
--	-----------------	--	------------

Penutup lahan	Tahun 1995	Tahun 2012	Perubahan Penutup lahan (Ha)	Perubahan (%)	
Lahan Kosong	268,34	30,97	-237,37	-88,46	Berkurang
Hutan	3.061,10	2.853,85	-207,27	-6,77	Berkurang
Kebun Campuran	7.482,69	9.076,77	1.594,08	17,56	Meningkat
Permukiman	2.861,42	3.877,26	1.015,84	26,19	Meningkat
Sawah	3.709,83	2.387,95	-1.321,88	-66,62	Berkurang
Tegalan	1.796,67	953,27	-843,40	-46,94	Berkurang

(Sumber: Amin, 2015:25)

Dari data tabel 2.3 dapat disimpulkan telah terjadi perubahan penggunaan lahan yang signifikan terutama pada lahan kosong, sawah, dan tegalan, ketiganya mengalami penyusutan luas. Di sisi lain, justru permukiman (26,19%) meningkat pesat, disamping kebun campuran (17,56%). Hal ini menunjukkan terjadinya pola perubahan penggunaan lahan dari lahan kosong, sawah dan tegalan; menjadi kebun campuran dan atau permukiman. Hal ini membawa konsekuensi meningkatnya banjir dan longsor di DAS Garang.

2.9 Kebijakan Pemerintah Bidang Pertanian

Pasal 3 Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang, menyebutkan bahwa penyelenggaraan penataan ruang bertujuan untuk mewujudkan ruang wilayah Nasional yang aman, nyaman, produktif, dan

berkelanjutan berlandaskan wawasan nusantara dan ketahanan Nasional. Dalam Undang-Undang tersebut disebutkan juga bahwa terwujudnya perlindungan fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan akibat pemanfaatan ruang. Dari tujuan penataan ruang tersebut, fenomena konversi lahan pertanian jelas berlawanan (kontradiksi), karena konversi lahan pertanian menyebabkan banjir dan pemanasan suhu udara (menurunkan rasa aman dan nyaman). Selain itu konversi lahan pertanian akan mengurangi produksi pangan (sifat produktif), selanjutnya akan mempengaruhi kedaulatan pangan keberlanjutan (Ariani 2006).

Pemerintah telah berupaya meningkatkan dan melindungi sektor pertanian dengan memperbaharui kebijakan untuk alih fungsi lahan pertanian pada UU No.41/2009 Tentang Perlindungan Lahan Pertanian Berkelanjutan. Pada BAB II pasal 3 UU no 41 tahun 2009 Tentang Perlindungan Lahan Pertanian Berkelanjutan (LP2B), dengan tujuan :

- a. Melindungi kawasan dan lahan pertanian pangan secara berkelanjutan
- b. Menjamin tersedianya lahan pertanian pangan secara berkelanjutan
- c. Mewujudkan kemandirian, ketahanan, dan kedaulatan pangan
- d. Melindungi kepemilikan lahan pertanian pangan milik petani
- e. Meningkatkan kemakmuran serta kesejahteraan petani dan masyarakat
- f. Meningkatkan perlindungan dan pemberdayaan petani
- g. Meningkatkan penyediaan lapangan kerja bagi kehidup yang layak
- h. Mempertahankan keseimbangan ekologi
- i. Mewujudkan revitalisasi pertanian

Selanjutnya dalam BAB VIII Pengendalian, pasal 44 butir (3) mengenai alih fungsi lahan pertanian pangan berkelanjutan dapat dilakukan dengan syarat:

- a. Dilakukan kajian kelayakan strategis
- b. Disusun rencana alih fungsi lahan
- c. Dibebaskan kepemilikan hak nya dari pemilik, dan
- d. Disediakan lahan pengganti terhadap lahan ,pertanian pangan berkelanjutan yang dialihfungsikan

Menurut Rahim (2007), pertanian Indonesia pada saat ini masih tetap menghadapi persoalan-persoalan klasik. Diantaranya adalah konversi lahan pertanian, kekeringan di saat kemarau, banjir di musim hujan, harga anjlok ketika panen, serta kelangkaan pupuk yang semakin tidak terdorong. Jika kelangkaan pupuk, kekeringan, banjir, hama, dan penyakit terhadap produksi pertanian terutama padi tidak bersifat permanen, dampak berkurangnya lahan pertanian karena konversi akan bersifat permanen terhadap turunnya produksi yakni lahan pertanian abadi terutama sawah yang telah terkonversi dan mustahil kembali lagi menjadi sawah. Fenomena konversi ini makin lama makin pesat Pasal 48 Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang, menyebutkan bahwa pertahankan kawasan lahan abadi pertanian pangan untuk ketahanan pangan. Bab 1 Ketentuan Umum Pasal 1 ayat (3) Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2009 Tentang Pengelolaan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan, menyebutkan: lahan pertanian pangan berkelanjutan adalah bidang lahan pertanian yang ditetapkan untuk dilindungi dan dikembangkan secara konsisten guna menghasilkan pangan pokok bagi kemandirian, ketahanan, dan kedaulatan pangan nasional (Pasandaran, 2006).

2.9.1 Lahan Kering

Lahan adalah suatu daerah di permukaan bumi dengan sifat yang sangat bervariasi dalam berbagai faktor seperti keadaan topografi, sifat atmosfer, tanah, geologi, geomorfologi, hidrologi, vegetasi, dan penutup/penggunaan lahan. Lahan dapat diartikan sebagai lingkungan fisik yang terdiri atas, iklim, relief, tanah, air, flora, fauna, dan bentukan hasil budidaya manusia. Lahan merupakan satu kesatuan dari berbagai sumber daya alam yang dapat mengalami kerusakan dan penurunan produktifitas sumber daya yang ada di dalamnya (Purwadhi, 1998:42).

Lahan kering adalah sebidang tanah yang dapat digunakan untuk usaha pertanian dengan menggunakan atau memanfaatkan air secara terbatas dan biasanya bergantung dari air hujan. Sedangkan definisi dari konvensi internasional PBB mengenai lahan kering adalah lahan yang menerima curah hujan tahunan kurang dari $\frac{2}{3}$ dari evaporasi potensial, dimana produksi tanamannya dibatasi oleh ketersediaan air. Pertanian lahan kering adalah areal pertanian yang tidak pernah diairi yang ditanami dengan jenis tanaman umur pendek saja (Rukmana, 1995). Jenis tanaman semusim pada pertanian lahan kering adalah : kacang tanah, ubi jalar dan tanaman sayuran berupa sawi, tomat, mentimun, kacang panjang, cabe dan bayam. Pertanian tanaman tahunan adalah areal yang ditanami jenis tanaman keras. Jenis tanaman tahunan adalah kopi, cengkeh, coklat, melinjo, durian, kelapa, manggis, rambutan, dan lain - lain.

2.9.2 Lahan Basah

Lahan basah adalah wilayah berupa sawah irigasi, sawah pasang surut, payau, rawa, gambut, atau perairan, baik alami maupun buatan, permanen atau temporer (sementara), dengan air yang mengalir atau diam, tawar, payau, atau asin, termasuk

pula wilayah dengan air laut yang kedalamannya disaat pasang rendah (surut) tidak melebihi 6 meter. Lahan basah dapat pula mencakup wilayah (tepi sungai) dan pesisir yang berdekatan dengan suatu lahan basah, pulau-pulau, atau bagian laut yang dalamnya lebih dari 6 meter yang terlingkupi oleh lahan basah (Anonim, 2012).

Lahan basah dibedakan dari perairan dan juga dari tataguna lahan lainnya berdasarkan tingginya muka air dan juga tipe vegetasi yang tumbuh di atasnya. Lahan basah dicirikan oleh muka air tanah yang relatif dangkal, dekat dengan permukaan tanah, pada waktu yang cukup lama sepanjang tahun untuk menumbuhkan hidrofita, yakni tetumbuhan yang khas tumbuh di wilayah basah (Anonim, 2012)

2.10 Interpretasi Citra Penginderaan Jauh

Deteksi perubahan penggunaan lahan pertanian yang paling cepat dan akurat melalui interpretasi citra penginderaan jauh, karena informasi dapat disadap tanpa harus terjun ke lapangan. Konsep dasar sistem informasi geografis (SIG) merupakan suatu sistem yang mengorganisir perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), dan data, serta dapat mendayagunakan sistem penyimpanan, pengolahan, maupun analisis data secara simultan sehingga dapat diperoleh informasi yang berkaitan dengan aspek keruangan. Teknologi komputer berkembang dengan pesat dan mampu menangani basis data (*data base*) dan menampilkan gambar maupun grafik, merupakan salah satu alternatif untuk menyajikan suatu peta. Sistem yang dapat berkembang berupa perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) untuk kepentingan pemetaan, agar

fakta wilayah dapat disajikan dalam satu sistem berbasis komputer. (Purwadhi dkk, 2008)

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji. Citra penginderaan jauh adalah gambaran suatu objek, daerah, atau fenomena, hasil rekaman pantulan dan atau pancaran objek oleh sensor penginderaan jauh, dapat berupa foto atau data digital (Purwadhi, 2001:14).

Karakter utama dari suatu citra (*image*) dalam penginderaan jauh adalah adanya rentang panjang gelombang (*wavelength band*) yang dimilikinya. Beberapa radiasi yang bisa dideteksi dengan sistem penginderaan jarak jauh seperti: radiasi cahaya matahari atau panjang gelombang dari *visible* dan *near* sampai *middle infrared*, panas atau dari distribusi spasial energi panas yang dipantulkan permukaan bumi (*thermal*), serta refleksi gelombang mikro. Setiap material pada permukaan bumi juga mempunyai reflektansi yang berbeda terhadap cahaya matahari, sehingga material-material tersebut akan mempunyai resolusi yang berbeda pada setiap *band* panjang gelombang. Piksel adalah sebuah titik yang merupakan elemen paling kecil pada citra satelit. Angka numerik (1 *byte*) dari piksel disebut *Digital Number* (DN). *Digital Number* bisa ditampilkan dalam warna kelabu, berkisar antara putih dan hitam (*greyscale*), tergantung level energi yang terdeteksi. Piksel yang disusun dalam order yang benar akan membentuk sebuah citra. Berdasarkan resolusi yang digunakan, citra hasil penginderaan jarak jauh bisa dibedakan atas:

- a. Resolusi spasial

Merupakan ukuran terkecil dari suatu bentuk (*feature*) permukaan bumi yang bisa dibedakan dengan bentuk permukaan di sekitarnya, atau sesuatu yang ukurannya bisa ditentukan. Dengan citra quickbird mempunyai resolusi spasial 60 cm, artinya obyek dengan ukuran 60 cm dapat dikenali dari citra

b. Resolusi spektral

Merupakan dimensi dan jumlah daerah panjang gelombang yang sensitif terhadap sensor. Ada spektrum yang peka terhadap vegetasi, ada yang peka terhadap tubuh perairan, ada sensor yang peka terhadap panas, dan sebagainya.

c. Resolusi radiometrik

Merupakan ukuran sensitifitas sensor untuk membedakan aliran radiasi (*radiation flux*) yang dipantulkan atau diemisikan suatu objek oleh permukaan bumi.

d. Resolusi Temporal

Merupakan frekuensi suatu sistem sensor merekam suatu areal yang sama (*revisit*). Seperti Landsat TM yang mempunyai ulangan setiap 16 hari, SPOT 26 hari dan lain sebagainya.

Menurut Purwadhi (2008) menjelaskan resolusi spasial berkenaan dengan ukuran sebuah piksel citra yang mewakili suatu area di permukaan bumi. Klasifikasi citra berdasarkan resolusi spasialnya dibagi menjadi tiga kelompok yaitu :

1. 30 m-1000 m (Resolusi Rendah)
2. 5 m-30 m (Resolusi Menengah)
3. 0,4 m-5 m (Resolusi Tinggi)

Sebagai contoh, Citra-citra dari satelit NOAA AVHRR, Terra, Aqua, dan

MODIS dikelompokkan ke citra resolusi rendah. Citra-citra dari satelit ASTER, LANDSAT 7, CBERS-2, dan SPOT 4 dikelompokkan pada citra resolusi menengah. Sedangkan citra-citra dari satelit GeoEye-1, WorldView-2, WorldView-1, QuickBird, IKONOS, FORMOSAT-2, ALOS, dan SPOT-5 adalah citra resolusi tinggi. Dalam penelitian ini digunakan citra QuickBird dengan resolusi spasial 0,6 m, artinya obyek terkecil yang dapat dikenali berukuran 0,6 m.

Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu interpretasi secara digital dan visual/manual. Interpretasi secara digital membahas mengenai pra-pengolahan citra meliputi: Pan-sharpen, koreksi radiometrik, koreksi geometrik, dan penajaman citra sedangkan interpretasi secara visual/manual membahas mengenai unsur interpretasi, identifikasi objek berdasarkan citra, dan teknik interpretasi serta konvergensi bukti yang dilakukan dalam pengenalan objek citra penginderaan jauh (Romenah, 2003).

2.10.1 Interpretasi Citra visual

Interpretasi citra visual/manual dilakukan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi objek-objek permukaan bumi yang tampak pada citra satelit. Identifikasi tersebut dilakukan berdasarkan spasial dan 93ias93ral. Pada klasifikasi visual/manual, pengelompokkan *pixel* ke dalam suatu kelas yang telah ditetapkan dilakukan secara visual/manual berdasarkan kunci-kunci interpretasi objek pada citra. Interpretasi citra dilakukan dengan menerapkan metode klasifikasi *visual digitation on screen* pada citra komposit warna palsu (*false colour composite*) maupun komposit warna natural (*natural colour composite*). Metode ini merupakan teknik interpretasi citra satelit inderaja yang didasarkan pada kenampakan objek yang terlihat pada *display* spektral (Purwadhi dkk, 2008)

2.10.2 Unsur Interpretasi Citra

Pengenalan identitas dan jenis objek yang tergambar pada citra merupakan bagian pokok dari interpretasi citra. Menurut Susilo (2006), prinsip pengenalan identitas jenis objek pada citra mendasarkan pada karakteristik objek atau *atribut* objek pada citra. Untuk melakukan interpretasi citra digunakan kriteria/unsur interpretasi yaitu terdiri atas rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, bayangan, situs dan asosiasi. Adapun penjelasan masing-masing sebagai berikut:

1. Rona/warna.

Rona adalah tingkat kegelapan atau tingkat kecerahan objek pada citra. Rona merupakan tingkatan dari hitam ke putih atau sebaliknya. Sedangkan warna adalah wujud yang tampak oleh mata dengan menggunakan spektral sempit, lebih sempit dari spektral tampak.

2. Bentuk

Bentuk merupakan konfigurasi atau kerangka suatu objek, sehingga dapat mencirikan suatu penampakan yang ada pada citra dapat diidentifikasi dan dapat dibedakan antar objek.

3. Ukuran

Ukuran ialah atribut objek yang antara lain berupa jarak, luas, tinggi, lereng dan *volume*. Ukuran objek pada citra maupun foto udara merupakan fungsi skala sehingga dalam memanfaatkan ukuran sebagai unsur interpretasi citra harus selalu memperhatikan skala citranya.

4. Tekstur

Tekstur adalah frekuensi perubahan rona pada citra atau pengulangan rona kelompok objek yang terlalu kecil untuk dibedakan secara individual. Tekstur sering dinyatakan dari kasar sampai halus. Tekstur merupakan hasil

gabungan dari bentuk, ukuran, pola, bayangan serta rona.

5. Pola

Pola atau susunan keruangan merupakan ciri yang menandai bagi banyak objek bentukan manusia dan bagi beberapa objek alamiah lainnya. Pengulangan bentuk tertentu dalam hubungan merupakan karakteristik bagi objek alamiah maupun bangunan dan akan memberikan suatu pola yang membantu dalam interpretasi citra maupun foto udara dalam mengenali objek tertentu.

6. Bayangan

Bayangan sering merupakan kunci pengenalan yang penting bagi beberapa objek yang justru lebih tampak dari bayangannya. Akan tetapi di sisi lain keberadaan bayangan merupakan suatu kondisi yang bertentangan, pada satu sisi bentuk dan kerangka bayangan dapat memberikan gambaran profil suatu objek.

7. Situs

Situs atau lokasi suatu objek dalam hubungannya dengan objek lain dapat membantu dalam menginterpretasi foto udara ataupun citra. Situs ini sering dikaitkan antara objek dengan melihat objek yang lain.

8. Asosiasi

Asosiasi dapat diartikan sebagai keterkaitan antara objek yang satu dengan objek yang lain, dengan kata lain asosiasi ini sama dengan situs.

2.10.3 Identifikasi Objek Pada Citra

Data penginderaan jauh direkam sensor penginderaan jauh menggunakan 95ias95ral elektronik. Cara perekamannya menggunakan tenaga elektromagnetik

yang luas, yaitu spektral tampak, ultraviolet, inframerah dekat, inframerah termal, dan gelombang mikro. Citra digital dibentuk dari elemen-elemen gambar atau *pixel* (*picture element*) yang menyatakan tingkat keabuan pada gambar. Informasi yang terkandung dalam *pixel* merupakan nilai keabuan dan titik-titik koordinat yang dapat dinyatakan secara presisi. Setiap citra digital penginderaan jauh satelit mempunyai sifat khas datanya. Sifat khas data dipengaruhi oleh sifat orbit satelit, sifat dan kepekaan sensor penginderaan jauh terhadap panjang gelombang elektromagnetik, jalur transmisinya, sifat sasaran (objek), dan sifat sumber tenaga radiasinya. Setiap jenis citra penginderaan jauh mempunyai karakteristik spektral (*spectral signature*) sesuai dengan panjang gelombang yang digunakan dalam perekaman datanya (Purwadhi, 2008)

2.10.4 Teknik Interpretasi Citra

Teknik interpretasi citra sebagai alat atau cara ilmiah untuk melaksanakan interpretasi citra penginderaan jauh, yang dapat dilakukan secara manual maupun secara digital. Cara pelaksanaan interpretasi diperlukan data acuan, kunci interpretasi, penanganan data, pengamatan stereoskopis (bagi data tiga dimensi), metode pengkajian, dan penerapan konsep multi (multi spektral, multi tingkat, multi penajaman, multi polaritas bagi citra radar, dan multi temporal) (Purwadhi, 2008).

Ciri-ciri visual jenis tutupan lahan dapat dapat diamati dari kunci interpretasi yakni: rona, tekstur, pola, bentuk, ukuran, bayangan, situs, asosiasi. Perbedaan jenis tanaman akan menimbulkan rona, tekstur, pola, bentuk, dan ukuran yang berbeda. Apa lagi perbedaan antara bentang alami dan bentang buatan dengan mudah dilihat perbedaannya. Hasil interpretasi dapat dilihat tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kelas Penutupan Lahan dan Ciri-Ciri Visual Citra

NO	JENIS PENUTUPAN	CIRI – CIRI VISUAL
1	Hutan	warna hijau gelap dengan tekstur agak kasar dan situsnya adalah dataran tinggi atau pegunungan
2	Kebun campuran	rona terang, warna hijau muda dengan bercak-bercak merah atau merah muda, tekstur agak kasar, pola bergerombol dan biasanya berasosiasi dengan permukiman, mengikuti alur sungai.
3	Tegalan/ladang	memiliki kenampakan petak-petaknya yang bervariasi dengan batas petakan biasanya tanaman tahunan. Rona dan warna juga bervariasi. Tegalan/ladang berasosiasi dengan kebun campuran pada situs dataran rendah,
4	Lahan terbuka	rona yang cerah dan terang, warna putih hingga merah muda, tekstur yang halus, kecuali singkapan batuan
5	Permukiman	berwarna ungu yang tampak berkelompok ataupun menyebar, teksturnya kasar sampai dengan sangat kasar, umumnya berada dekat/sepanjang jaringan jalan/sungai
6	Sawah	teksturnya yang halus, ada bentuk kotak pola pematang tapi tidak terlalu jelas, umumnya memiliki akses dengan sumber air (untuk irigasi), warnanya tergantung dari fase

7	Semak belukar	tekstur agak kasar, warna yang bervariasi hijau, hijau muda, juga merah muda yang menandakan
8	Tubuh air	warna tubuh air biasanya biru tua sampai hitam, dengan rona yang gelap dan tekstur halus
9	Tambak	ronanya agak gelap dengan warna biru tua sampai hitam. Hal ini karena tambak selalu tergenang air. Untuk tambak yang kering warnanya merah muda, petak atau pematang kelihatan meski tidak jelas, tekstur halus.
10	Mangrove	warnanya menjadi hijau muda dengan rona yang cerah, tekstur halus dengan asosiasi sungai, garis pantai dan tambak, Teksturnya terlihat agak kasar dan biasanya berada di dekat laut iasr atau sungai yang masih memiliki akses dengan air laut (air payau)
11	Perkebunan	rona agak kasar dan terang dengan warna hijau muda

(sumber: Purwadhi 2008)

2.10.5 Konvergensi Bukti dalam Identifikasi Objek

Interpretasi objek juga dapat dilakukan dengan pengembangan hipotesis dalam menjawab pertanyaan atau pemecahan masalah. Penyimpulan objek yang tergambar pada citra, dapat digunakan lebih dari satu unsur interpretasi, yang masing-masing unsur interpretasi mengarah pada satu kesimpulan dan tidak bertentangan satu dengan yang lainnya. Penggunaan unsur interpretasi boleh satu, dua dan tiga unsur interpretasi, sehingga objek tersebut dapat dikenali dengan benar (Purwadhi, 2008)

Secara garis besar interpretasi citra penginderaan jauh secara visual di

dasarkan pada unsur interpretasi yang mengacu pada karakteristik spasial dan karakteristik citra. Tiga rangkaian kegiatan utama dalam interpretasi citra yaitu deteksi, identifikasi, dan analisis. Pada proses deteksi, pengamatan objek pada citra bersifat *global* dengan melihat ciri khas objek berdasarkan unsur rona atau warna. Proses identifikasi adalah pengamatan objek pada citra yang bersifat lebih rinci, yaitu upaya mencirikan objek yang telah dideteksi menggunakan keterangan yang cukup. Proses analisis merupakan tahap pengumpulan keterangan berdasarkan hasil dari identifikasi pada citra

Interpretasi citra visual dilakukan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi objek-objek permukaan bumi yang tampak pada citra satelit. Identifikasi tersebut dilakukan berdasarkan spasial dan temporal. Pada klasifikasi visual atau manual, pengelompokan *pixel* kedalam suatu kelas yang telah ditetapkan dilakukan secara manual berdasarkan kunci-kunci interpretasi objek pada citra. Pendekatan ini bersifat subjektif, kualitas hasilnya sangat dipengaruhi oleh pengalaman dan keahlian dalam menginterpretasi kenampakan objek pada citra Satelit

Citra satelit Vegetation pada kombinasi 1-2-3-4 (*all bands*), hanya 99ias dikenali 3 kelas penutupan, yaitu air, awan, dan non keduanya. Oleh karena itu, diperlukan kombinasi *band* yang dapat mempejelas visual kelas penutupan lahan sehingga benar-benar dapat dibedakan satu sama lainnya. Komposit yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah kombinasi band 4-1-3 yang penampakan visualnya.

Analisa ini dilakukan dengan membuat makriks kesalahan untuk menghitung jumlah sampel yang terklasifikasi dengan benar pada citra satelit. Makriks kesalahan ini umum disebut confusion matrix. Ukuran tingkat akurasi

biasanya disajikan dengan angka persentase yang menunjukkan estimasi jumlah informasi yang benar. Perlu diperhatikan data bahwa dalam interpretasi citra satelit adalah mustahil untuk menghasilkan data dengan tingkat kebenaran 100%. Selalu ada kesalahan dalam proses penarikan informasi dari citra satelit. Hal yang perlu dilakukan adalah menekan tingkat kesalahan sampai serendah mungkin, dengan berbagai teknik dan dengan metode iterasi. Sebagai bagian dari proses iterasi, apabila tingkat akurasi lebih rendah dari yang bisa diterima, maka proses klasifikasi harus diulangi dengan penambahan data maupun informasi dari lapangan.

(sumber: CCICED-WWF,2006).

2.11 Daya Dukung Lingkungan dan Biokapasitas

Menurut Muta'ali (2012) pengertian daya dukung lingkungan adalah kemampuan wilayah dalam menyediakan sumber daya bagi penduduknya. Secara operasi diindikasikan dengan dinamikan tekanan penduduk terhadap lahan pertanian. Besarnya tekanan penduduk pada lahan pertanian dapat dilihat dari daya dukung pertanian. Daya dukung pertanian adalah kemampuan suatu wilayah untuk memproduksi pangan (beras) guna memenuhi kebutuhan pangan penduduknya untuk dapat hidup sejahtera. Daya dukung pertanian memerlukan data luas lahan panen, produktivitas lahan rata-rata per hektar, jumlah penduduk, kebutuhan fisik minimum.

Daya dukung lingkungan adalah selisih dari biokapasitas per kapita sebagai *supply* dengan jejak ekologi per kapita sebagai *demand*. Istilah lain adalah defisit ekologi. Rumus daya dukung lingkungan sebagai berikut:

$$DDL = BC \text{ pct} - JE \text{ pct} \quad (\text{Kementerian PU,2010:29})$$

Dimana DDL = Daya Dukung Lingkungan

BCpct = Biokapasitas per kapita

JE pct = Jejak Ekologi per kapita

Sebuah zona/wilayah dikatakan telah melampaui daya dukungnya apabila nilai Jejak ekologi lebih besar dibandingkan dengan nilai biokapasitasnya (Rees, 1996). Kondisi ini menunjukkan bahwa aktivitas di wilayah tersebut telah menggunakan sumber daya alam yang lebih besar daripada kapasitas alam untuk menyediakannya.

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2009) daya dukung lingkungan dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk mendapatkan hasil atau produk di suatu daerah dari sumber daya alam yang terbatas dengan mempertahankan jumlah dan kualitas sumber dayanya. Sesuai dengan pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa daya dukung lingkungan tidak hanya diukur dari kemampuan lingkungan dan sumber daya alam dalam mendukung kehidupan manusia, tetapi juga dari kemampuan menerima beban pencemaran dan bangunan. Daya dukung lingkungan hidup terbagi menjadi 2 (dua) komponen, yaitu kapasitas penyediaan (*supportive capacity*) dan kapasitas tampung limbah (*assimilative capaiticity*). Dalam penelitian ini hanya fokus pada aspek kapasitas penyediaan (biokapasitas).

Sampai saat ini penggunaan lahan sawah yang berfungsi lingkungan belum dihargai. Orang hanya melihat penggunaan lahan sawah dari fungsi ekonomi saja, misal per hektar mampu menghasilkan empat sampai lima ton padi sekali panen dengan nilai jual yang cukup rendah. Penggunaan lahan yang secara ekonomis 'kurang menguntungkan' akan digusur oleh kegiatan yang lebih menguntungkan secara ekonomis. Padahal sawah, tegal, kebun mempunyai fungsi lain seperti

fungsi hidrologis, fungsi sosial, fungsi lingkungan semua dikalahkan oleh fungsi ekonomi. Mungkin ini akibat pembangunan yang berorientasi ekonomi semata (*economic oreiented*).

Wilayah sebagai '*living system*' merefleksikan adanya keterkaitan antara pembangunan dan lingkungan. Dengan demikian perubahan dalam dalam suatu wilayah akan menyebabkan perubahan pada kualitas lingkungan baik positif maupun negatif. Padahal lingkungan hidup secara alamiah mempunyai daya dukung yang terbatas (*carrying capacity*). Untuk itu perlu inisiatif untuk mengintegrasikan komponen lingkungan dalam aspek pembangunan (Muta'ali, 2012). Adapun rumus daya dukung fungsi lindung sebagai berikut :

$$DDL = \frac{\sum (Lg1 \cdot a1 + Lg2 \cdot a2 + Lg3 \cdot a3 + \dots)}{LW}$$

Dimana

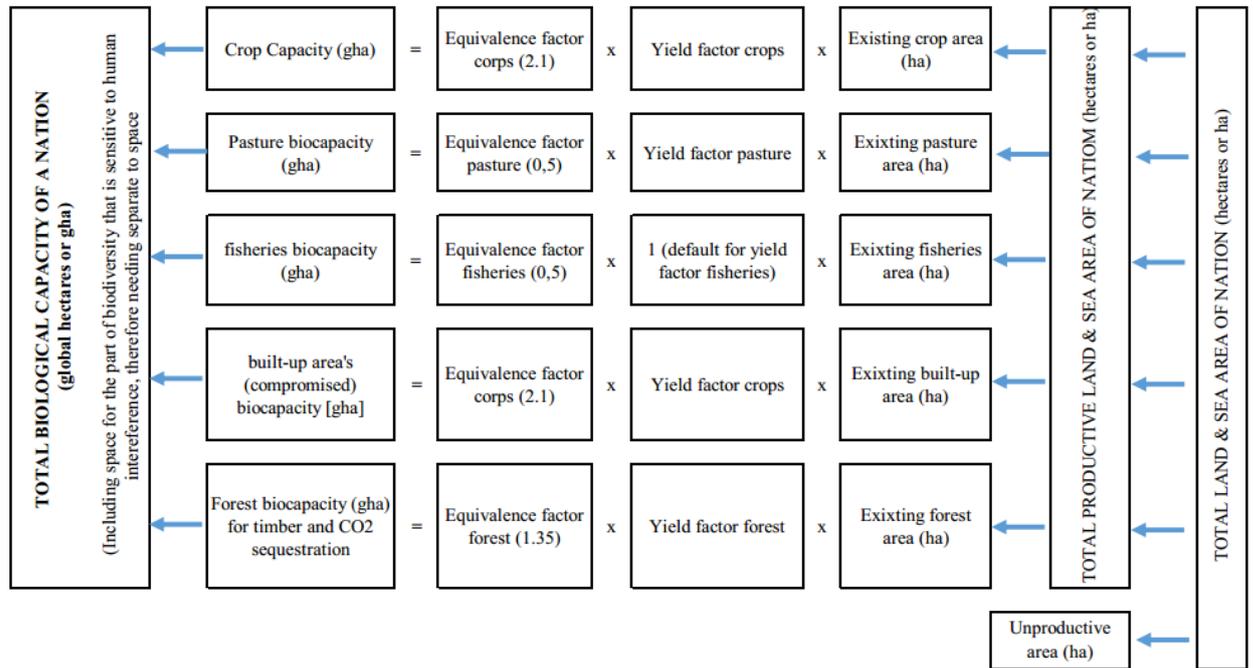
DDL = daya dukung fungsi lindung

Lg1,2 = luas penggunaan lahan jenis 1, 2, dst

a 1,2 = koefisien lindung untuk penggunaan lahan 1, 2 dst

LW = luas wilayah

Kaitannya dengan penelitian ini, pada dasarnya semua lahan pertanian dapat berfungsi sebagai kawasan fungsi lindung, karena lahan pertanian yang berupa sawah, tegalan, kebun campuran dan sebagainya mampu memberi kontribusi pada lingkungan dalam hal tata air, suhu udara, mencegah erosi, longsor dan banjir. Lahan pertanian mempunyai biokapasitas yang tinggi (lihat gambar 2.2)



Gambar 2.2 Struktur Penghitungan biokapasitas

Sumber: (European Commission, 2008)

Aplikasi rumus tersebut dalam penelitian sebagai berikut, pertama kali mencari luas masing-masing jenis penggunaan lahan di daerah penelitian. Kemudian luas tiap jenis penggunaan lahan di kalikan koefisien lindung. Hasil perkalian tersebut dibagi dengan luas wilayah, inilah nilai daya dukung fungsi lindung. Perhitungan yang sama dilakukan untuk dua tahun yang berbeda (tahun 2002 dan 2016). Nilai DDL antara 0-1. Semakin mendekati nilai 1, semakin baik fungsi lindung daerah tersebut. Sebaliknya semakin kecil (mendekati nol), semakin buruk fungsi lindung yang ada.

Definisi Daya Dukung Lingkungan/*Carrying Capacity* menurut Dirjen Tata Ruang Departemen PU adalah sebagai berikut:

- a. Jumlah organisme atau spesies khusus secara maksimum dan seimbang yang dapat didukung oleh suatu lingkungan

- b. Jumlah penduduk maksimum yang dapat didukung oleh suatu lingkungan tanpa merusak lingkungan tersebut
- c. Jumlah makhluk hidup yang dapat bertahan pada suatu lingkungan dalam periode jangka panjang tanpa membahayakan lingkungan tersebut
- d. Jumlah populasi maksimum dari organisme khusus yang dapat didukung oleh suatu lingkungan tanpa merusak lingkungan tersebut
- e. Rata-rata kepadatan suatu populasi atau ukuran populasi dari suatu kelompok manusia dibawah angka kapasitas daya dukung yang diperkirakan akan meningkat, dan diatas angka kpsitas daya dukung yang diperkirakan untuk menurun disebabkan oleh kekurangan sumber daya. Kapasitas pembawa akan berbeda untuk tiap kelompok manusia dalam sebuah lingkungan tempat tinggal, disebabkan oleh jenis makanan, tempat tinggal, dan kondisi sosial dari masing-masing lingkungan tempat tinggal tersebut.

Istilah ekosistem pertama kali di kemukakan oleh Tansley (1953). Ia mengemukakan bahwa hubungan timbal balik antara komponen biotik (tumbuhan, hewan, manusia, mikroba) dengan komponen abiotik (cahaya, udara, air, tanah dsb) dialam. Sebenarnya merupakan hubungan komponen yang membentuk sistem. Ini berarti baik dalam struktur maupun fungsi komponen-komponen tadi adalah suatu kesatuan yang tidak dapat terpisahkan. Sebagai konsekuensinya apabila salah satu komponen terganggu, maka komponen lainnya secara cepat atau lambat akan terpengaruh. Sistem alam ini disebut sebagai sistem ekologi, yang kemudian disingkat dan menjadi lebih dikenal sebagai ekosistem.

Menurut asal terjadinya ekosistem terbagi menjadi dua, yaitu ekosistem buatan dan ekosistem alami. Sawah termasuk ekosistem buatan. Ekosistem buatan

adalah ekosistem yang diciptakan manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Ekosistem buatan mendapatkan subsidi energi dari luar, tanaman atau hewan atau tanaman peliharaan didominasi pengaruh manusia, dan memiliki keanekaragaman rendah. Karena sawah termasuk ekosistem buatan, maka eksistensinya mudah sekali berubah atau tergeser oleh ekosistem lain (non pertanian).

Ekosistem sawah merupakan ekosistem buatan yang di dalamnya ada unsur biotik flora (padi, rumput, dan gulma), fauna (katak, serangga, dan insekta); juga unsur abiotik (air, tanah, unsur hara, dan angin). Ekosistem sawah bercirikan ekosistem pertanian sederhana dan monokultur berdasarkan atas komunitas tanaman dan pemilihan vegetasinya. Selain itu ekosistem yang berada di sawah bukanlah ekosistem alami, akan tetapi sudah berubah sehingga akan sangat rentan terjadi ledakan suatu populasi di daerah tersebut. Hal inilah yang menjadikan daerah pertanian dan perkebunan sering terjadi serangan hama. Oleh karena itu ledakan hama merupakan ciri setiap pertanian monokultur (Tansley, 1953)

Biokapasitas adalah kemampuan ekosistem menyediakan dan memproduksi bahan alami serta menyerap materi limbah yang dihasilkan oleh manusia (*supply-side*) (Nurmalia, 2009 dalam Muta'ali 2012). Aspek ketersediaan (*supply*) menggambarkan kemampuan ekosistem dalam mendukung kehidupan makhluk menunjukkan tingkat produktivitas dari kategori lahan yang bersangkutan (tabel 2.5)

Tabel 2.5. Faktor Ekuivalen Lahan Bioproduktif rata-rata Dunia

No.	Penggunaan Lahan	<i>Equivalence Factor</i>
1	Lahan Pertanian	0,94

2	Hutan	1,71
3	Padang Rumput/Peternakan	1,31
4	Perairan	0,35
5	Lahan Terbangun	1,02
6	Hutan Produksi	1,89

Sumber: WWF & GFN (2006) dan Fergusson (1998) (dalam Muta'ali, 2015)

Menurut *Ecological footprint of Indonesia* (2010), biokapasitas adalah kapasitas ekosistem untuk menghasilkan material-material biologi yang berguna dan kapasitas untuk menyerap material buangan (limbah) yang dihasilkan oleh kegiatan manusia dengan menggunakan cara pengelolaan dan teknologi yang dikuasai saat ini. Seperti halnya dengan Jejak ekologi, maka *biokapasitas* disajikan dalam kedua ukuran (ha) atau global hektar (gha). Enam penggunaan lahan biasanya termasuk kategori dalam perhitungan Jejak ekologi dan *biokapasitas*, yakni lahan pertanian, padang rumput, hutan, lahan energi, lahan terbangun dan lahan tambak fishing ground. Menurut ketentuan dari GFN-USA dalam *Guidebook to the National Footprint Accounts 2008* (Wackernagel, 2005), lahan penyerap karbon dianggap tidak memiliki nilai biokapasitas (nol), berdasarkan asumsi bahwa seluruh penyerapan karbon dilakukan oleh lahan hutan, sehingga nilai biokapasitas lahan penyerap karbon adalah 0 (nol) atau merupakan obyek dari biokapasitas lahan hutan. Biokapasitas (BK) untuk semua kategori lahan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$BK = A \times YF \times EqF \quad (4)$$

Keterangan : BK = Biokapasitas (BC)

A = Luas lahan dari setiap kategori lahan YF = Yield Faktor (faktor panen)

EqF = Equivalence Factor (faktor ekivalensi untuk kategori lahan dimaksud) Guna perhitungan Jejak ekologi, digunakan data faktor panen dari GFN, tetapi Indonesia tidak termasuk di dalamnya, sehingga dipilih negara yang kondisi iklim dan lahannya mirip dengan kondisi di Indonesia. Perilaku manusia Indonesia dibidang makanan, tempat tinggal, emisi karbon, energi yang dipakai dan yang diperbaharui, kebutuhan terhadap air untuk keperluan sehari-hari dan sebagainya.

1.12 Jejak Ekologi

Jejak ekologi atau yang dalam biasa disebut *Ecological Footprint* adalah alat analisis yang digunakan untuk menghitung daya dukung lingkungan. Prinsip jejak ekologi dalam suatu populasi adalah mengestimasi jumlah lahan dan air yang dibutuhkan untuk memproduksi semua barang konsumsi serta menyerap limbah yang dihasilkan oleh populasi tersebut (Wackernagel, 1996). Jejak ekologi menunjukkan seberapa besar suatu populasi atau wilayah menggunakan sumber daya alam. Konsep jejak ekologi pertama kali diperkenalkan oleh William Rees dan Martin Wackernagel pada tahun 1990-an. Konsep ini pada dasarnya dikembangkan sebagai usaha pencarian indikator atau parameter untuk pembangunan berkelanjutan dan khususnya diharapkan dapat menjadi metode untuk mengukur secara kuantitatif mengenai hubungan perlakuan manusia terhadap bumi dengan daya dukung yang dimiliki oleh bumi itu sendiri (Wackernagel etc, 1996).

Wackernagel dan Rees menyatakan bahwa jejak ekologi suatu wilayah dapat didefinisikan sebagai luas lahan dan air dalam berbagai kategori yang diperlukan secara eksklusif oleh penduduk di dalam wilayah tersebut untuk mencukupi kebutuhan hidupnya meliputi:

- a) Menyediakan secara kontinyu seluruh sumber daya yang dikonsumsi saat ini,
- b) Menyediakan kemampuan secara kontinyu dalam menyerap seluruh limbah yang dihasilkan.

Lahan tersebut saat ini berada di muka bumi, walaupun sebagian dapat dipinjam dari masa lalu (misalnya: energi fosil) dan sebagian lagi dialokasikan pada masa yang akan datang yakni dalam bentuk kontaminasi, pohon yang pertumbuhannya terganggu karena peningkatan radiasi sinar *ultra violet*, dan degradasi lahan (Wackernagel dan Rees, dalam Sudanti, 2013:36)

Konsep ini menegaskan bahwa hampir semua tindakan dan perilaku manusia mengkonsumsi sumber daya, misalnya dari perilaku konsumsi pangan dan transportasi, akan membawa dampak ekologi atau dampak lingkungan. Pendekatan ini dapat digunakan sebagai indikator keberlanjutan pembangunan serta memberikan penjelasan mengenai dampak perilaku manusia terhadap lingkungan dan dapat menghubungkannya dengan daya dukung bumi.

Hal yang mendasar dalam analisis jejak ekologi adalah untuk menjawab pertanyaan tentang berapa jumlah kebutuhan manusia terhadap sumber daya yang diilustrasikan dalam kebutuhan minimal luas lahan per kapita. Kebutuhan manusia tersebut mencakup semua kebutuhan primer (pangan, sandang, perumahan, kesehatan, pendidikan, mobilitas dan sebagainya) dan kebutuhan sekunder. Tentu saja besarnya jejak ekologi sangat dipengaruhi oleh tingkat ekonomi, teknologi dan budaya masyarakat setempat. Semakin tinggi tingkat ekonomi, teknologi yang dikuasai; semakin besar jejak ekologi yang dihasilkan (William, 1996:51).

Secara global bumi kita memiliki 11,2 juta hektar lahan bioproduktif (pertanian, hutan, padang rumput, perikanan, dan lahan terbangun) yang menyediakan secara ekonomis kebutuhan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. 11,2 juta hektar ini meliputi sebagian kecil dari planet yakni sekitar seperempat bagian bumi dan terdiri atas 2,3 juta hektar lautan dan perikanan dan 8,8 juta hektar daratan. Daratan sendiri terdiri atas 1,5 juta hektar lahan pertanian, 3,5 juta hektar padang rumput, 3,6 juta hektar hutan, dan tambahan 0,2 juta hektar lahan terbangun yang diasumsikan sebagai lahan pertanian potensial (EEA, dalam Wackernagel, 2005:8).

Kini konsep jejak ekologi telah digunakan dengan meluas sebagai petunjuk kelestarian alam sekitar. Jejak ekologi membantu pihak pemerintah merancang indikator kehidupan manusia. Manusia di dalam memenuhi kehendak menjalankan aktivitas ekonomi seperti pertanian, pembalakan, dan sebagainya. Perhitungan jejak ekologi menggunakan asumsi sebagai berikut:

- 1) Memungkinkan untuk merunut seluruh sumber daya yang dikonsumsi dan limbah yang dihasilkan.
- 2) Sebagian besar arus sumber daya dan limbah dapat diukur dari segi daya wilayah produktif biologis yang diperlukan untuk memetakan arus sumber daya. Sumber daya dan arus limbah yang tidak dapat diukur dikecualikan dari penilaian.
- 3) Dengan membobot bioproduktivitas setiap daerah secara proposional, berbagai daerah dapat dikonversi dalam unit umum global hektar (gha) yaitu hektar rata-rata bioproduktivitas dunia.

- 4) Luasan bioproduktivitas yang berbeda dapat dikonversi menjadi satu ukuran tunggal yakni hektar global (gha). Setiap hektar global pada satu tahun mencerminkan bioproduktif yang sama dan dapat dijumlahkan untuk memperoleh suatu agregat indikator jejak ekologi atau biokapasitas.
- 5) Permintaan manusia terhadap sumber daya alam yang dinyatakan sebagai jejak ekologi, bisa langsung dibandingkan dengan pasokan alam atau biokapasitasnya, ketika keduanya dinyatakan dalam satuan hektar global (gha)
- 6) Luas wilayah yang dibutuhkan (*human demand*) dapat melebihi wilayah pasokan (*nature supply*), jika permintaan melebihi kapasitas regeneratif ekosistem tersebut (Public Works Ministry, 2010).

Secara konseptual, jejak ekologi tidak boleh melebihi biokapasitas. Biokapasitas dapat diartikan sebagai daya dukung atau daya dukung biologis. Wackernagel (2005), mendefinisikan *biokapasitas* sebagai sebuah ukuran ketersediaan lahan produktif secara ekologi. Daya dukung lingkungan adalah kemampuan suatu kawasan untuk menopang suatu kehidupan biota dan populasi disuatu daerah tertentu. Daya dukung suatu kawasan dapat turun atau naik tergantung dari kondisi ekologi, biologis, dan pemanfaatan manusia terhadap sumber daya alam. Daya dukung yang menurun, disebabkan oleh meningkatnya pemanfaatan manusia dan bencana alam yang terjadi. Sementara itu daya dukung lingkungan dalam kaitan ini dapat disajikan dalam bentuk jumlah penduduk dan makhluk hidup yang dapat ditampung di lokasi tersebut, dapat didukung oleh biokapasitas yang ada. Daya dukung lingkungan adalah selisih biokapasitas dengan jejak ekologi total, atau dalam persamaan :

$$DDL = BK_{cpt} - JE_{cpt} \quad (\text{Kementerian PU:2010})$$

Dimana : DDL = daya dukung lingkungan

BK_{cpt} = biokapasitas per kapita (*supply*)

JE_{cpt} = Jejak ekologi per kapita (*demand*)

- Jika DDL positif (+) berarti bahwa kondisi masih surplus, dimana ekosistem masih mampu mendukung penduduk yang tinggal di dalamnya (*ecological reserve*)
- Jika DDL negatif (-), berarti bahwa telah terjadi *overshoot*, dimana ekosistem tidak lagi mampu mendukung penduduk yang ada di wilayahnya (*ecological deficit*)

Defisit ekologi (ED) adalah selisih antara $JE_{cpt} - BC_{cpt}$, klasifikasi berikut.

Tabel 2.6 Klasifikasi Defisit Ekologi

status	ED ($JE_{cpt} - BC_{cpt}$)	kriteria
Cadangan sangat kurang)	($DDL > 2,0$)	Kurang
Cadangan kurang	($1,0 < DDL < 2,0$)	
cadangan agak seimbang (moderat)	($0,5 < DDL < 1,0$)	seimbang
cadangan seimbang	($-0,1 < DDL < 0,5$)	

Sumber: CCICED-WWF,2006

Sebelum menghitung jejak ekologi, dibutuhkan asumsi yang umum digunakan adalah :

1. Semua sumber daya yang dikonsumsi dan limbah (termasuk emisi) yang dihasilkan dapat ditelusuri asal muasalnya (*tracked*).

2. Sebagian besar aliran sumber daya dan buangan dapat diukur dengan menggunakan luasan bioproduktif untuk menjaga pasokan sumber daya dan absorpsi buangan.
3. Luasan bioproduktif yang berbeda dapat dikonversi menjadi satu ukuran tunggal, yaitu hektar global (gha). Setiap hektar global pada satu tahun mencerminkan bioproduktif yang sama dan semua dapat dijumlahkan.
4. Permintaan terhadap sumber daya alam disebut jejak ekologi dan dapat dibandingkan dengan biokapasitas (*biokapasitas/ supply*) dengan satuan hektar global (gha).

Biokapasitas yang tersedia per kapita secara global, yakni rasio antara luas lahan produktif dan jumlah penduduk. Di planet bumi ini terdapat 12 milyar hektar lahan yang dapat berproduksi atau lahan basah di tahun 2011. Jika dibagi dengan jumlah penduduk yang ada pada tahun tersebut yakni 7 milyar, maka diperoleh 1,72 ha global per jiwa (gha). Luasan permintaan (*area demanded*) bisa lebih besar dari luasan pasokan (*area supplied*), jika permintaan suatu ekosistem melebihi kemampuan ekosistemnya untuk menyediakannya. (Ewing, 2010)

1. Kebutuhan pangan adalah berdasarkan 4 sehat 5 sempurna
2. Kebutuhan papan digunakan standart T 76 perumahan dept. PU :90 m² untuk keluarga terdiri dari 3 orang atau 20-30 m² per orang.
3. Kebutuhan transportasi setara 120 kg beras /tahun
4. Kebutuhan energi setara 120 kg beras / tahun
5. Kebutuhan untuk daur ulang (air, CO₂, limbah/sampah lainnya) setara dengan 120 liter air/hari untuk kemampuan hutan mendaur ulang air 0.3 liter air untuk

setiap 1 liter dengan tinggi curah hujan rata-rata 2000-2500 mm dan 56 kg CO₂ perhektar hutan serta keanekaragaman hayati.

Terdapat 6 kategori utama dalam menghitung produktivitas lahan, yaitu :

1. Lahan subur – lahan produktif yang digunakan untuk pembudidayaan pertanian baik lahan basah maupun lahan kering;
2. Padang rumput – lahan penggembalaan untuk ternak lembu dan susu, yang kurang begitu subur, dalam hal ini biasanya padang rumput adalah lahan yang tidak dapat dibudidayakan;
3. Perkebunan – perkebunan atau hutan alami yang menghasilkan kayu, dalam hal ini yang berupa hutan produksi;
4. Lahan energy fosil – wilayah hutan yang dilindungi untuk absorpsi CO₂;
5. Lahan terbangun (*built up area*) – penggunaan lahan bagi permukiman, jalan, yang biasanya berlokasi di lahan subur;
6. laut (wilayah perairan) – menyediakan produksi laut, danau, sungai guna menambah kebutuhan pangan manusia.

Menurut Efransjah selaku CEO WWF-Indonesia dalam seminar Living Planet Report 2014 di Jakarta 10 Oktober 2018.

“Indonesia merupakan 10 negara teratas yang menyumbang lebih dari 60% dari total biokapasitas Bumi di tahun 2010. Sementara itu, Jejak Ekologi Indonesia masih berada dibawah rata-rata biokapasitas dunia sebesar 1.7 gh per orang,” kata CEO WWF-Indonesia, Dr. Efransjah. “Namun, jika kita

tidak mengubah pola produksi dan konsumsi kita, peningkatan Jejak Ekologi Indonesia diatas biokapasitas nasional tidak dapat dihindari di 5 tahun kedepan. Kita sebagai masyarakat, mempunyai kekuatan memilih bagaimana menjalankan gaya hidup kita, agar tidak menambah tekanan pada Bumi,” tambah Dr. Efransjah.

Data di atas menggambarkan besarnya potensi biokapasitas Indonesia karena luasnya dan kekayaan sumber dayanya. Tetapi perlu diwaspadai potensi biokapasitas tersebut mengalami tren penurunan, dan sebaliknya jejak ekologi makin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonominya.

Jejak ekologi menggambarkan kebutuhan barang dan jasa yang diperlukan oleh manusia dari alam yang dicerminkan dalam konsumsi bersih (*net consumption*) dari produk-produk yang dikategorikan seperti produk pertanian, produk peternakan, produk kehutanan, produk perikanan, keperluan ruang dan lahan, serta konsumsi energi. Konsumsi bersih merupakan konsumsi aktual yang dipengaruhi oleh kegiatan perdagangan (ekspor-impor). Perhitungan konsumsi aktual akan menambahkan barang yang diimpor dan mengurangi barang yang diekspor yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\text{Konsumsi Bersih/Total (ton)} = \text{Produksi Lokal (ton)} + \text{Impor (ton)} - \text{Ekspor (ton)}$$

Jejak ekologi (EF) untuk semua kategori lahan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$EF = (P \times YF \times EQF) / YN$$

Keterangan :

EF = jejak ekologi (TE);

P = jumlah produk dipanen atau limbah yang dihasilkan;

YN = produktivitas nasional rata-rata untuk tanaman P;

YF = *yield factor* (faktor panen);

EQF = *equivalence factor* (faktor ekivalensi untuk kategori lahan dimaksud).

Metode yang digunakan untuk menghitung jejak ekologi dikembangkan oleh *Global Footprint Network* (GFN-USA). Dalam menghitung tapak ekologi ada 2 faktor yang perlu diperhatikan yaitu faktor ekuivalensi dan faktor panen.

2.12.1 Faktor Ekuivalensi

Faktor ekuivalensi (Efi) digunakan untuk mengkombinasikan jejak ekologi dari lahan yang berbeda-beda. Agar ini dapat dikombinasikan maka dibutuhkan koefisien untuk menyamakannya. Dengan kata lain, ini dipakai untuk mengkonversi satuan lokal lahan tertentu menjadi satuan yang universal, yaitu hektar global (gha). Faktor ekuivalen area bioproduktif telah ditentukan oleh *Global Footprint Network* (GFN) untuk 6 (enam) kategori lahan di Indonesia sebagai berikut (tabel 2.7).

Tabel 2.7 Faktor Ekuivalen Masing-Masing Area Bioproduktif Indonesia

No	Area Bioproduktif	Faktor Ekuivalen (Gha)
1	lahan pertanian primer (irigasi)	2,64
2	Lahan pertanian marginal (tadah hujan)	1,8
3	Lahan perikanan (waduk, empang dll)	0,4
4	lahan peternakan (padang rumput)	0,5
5	lahan kehutanan	1,4
6	lahan terbangun	2,2

7	lahan penyerapan karbon yang bersumber dari bahan bakar fosil	0,33
---	---	------

Sumber: (Muta'ali, 2012).

Faktor panen menggambarkan perbandingan antara luasan lahan bioproduktif di suatu wilayah dengan luasan lahan bioproduktif yang sama di wilayah yang lain untuk tiap komoditas yang sama. Faktor ini juga menggambarkan kemampuan suatu populasi untuk menyertakan penguasaan teknologi dan manajemen dalam pengelolaan lahan. Setiap wilayah memiliki faktor panen masing-masing yang disebut produktivitas lahan dan dihitung per tahun (Ewing, 2010).

2.12.2 Jejak Ekologi Permintaan (*EF Demand*)

Perhitungan jejak ekologi didasarkan pada dua hipotesis: (1) diketahuinya jumlah sumber daya yang dikonsumsi dan limbah yang dihasilkan; (2) sumber daya yang dikonsumsi dan limbah yang dihasilkan dapat dikonversi menjadi lahan produktif secara ekologi. Oleh karena itu, Jejak ekologi dari zona industri, kota, orang atau bangsa adalah luas lahan yang menyediakan berbagai sumber yang memberikan dukungan kehidupan dan menyerap limbah manusia.

Rumus perhitungan JE *demand* adalah sebagai berikut.

$$EF = N \cdot ef = N \cdot rj \cdot \sum (AAI) = N \cdot rj \cdot \sum \left(\frac{ci}{pi} \right)$$

EF: adalah jejak ekologi total.

N: merupakan populasi,

ef: adalah jejak ekologi per kapita,

ci: adalah konsumsi quantity per kapita untuk i produk,

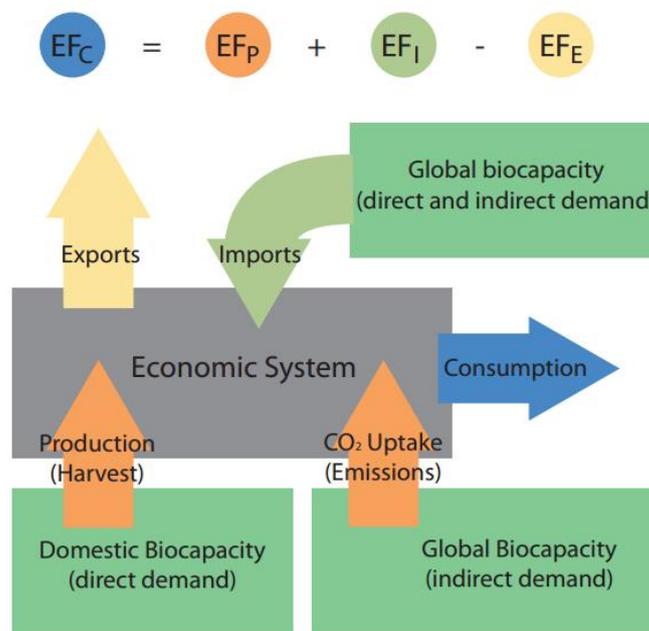
pi: adalah produktivitas rata-rata untuk i produk,

AAI: adalah luas lahan bio-fisik per kapita untuk i produk,

rj: merupakan faktor setara. Karena produktivitas lahan yang subur, energi fosil, padang rumput dan hutan berbeda secara signifikan, diperlukan untuk memperbanyak faktor kesetaraan (berat) dengan luas lahan bio-produktif untuk mengubahnya menjadi lahan seragam dan sebanding bio-produktif.

j: merupakan jenis ekologi lahan produktif.

Untuk perhitungan EF, terdapat 6 jenis lahan produktif secara ekologi, yang merupakan energi fosil tanah, lahan pertanian, hutan, padang, daerah built-up, dan laut. Rumus diturunkan menjadi berikut (gambar 2.3)



Gambar 2.3 Skema *Ecological Footprint Consumption*

Sumber: (Ewing, 2010)

2.12.3 Biokapasitas Jenis Penggunaan Lahan Dalam Jejak Ekologi

(1) Lahan Pertanian

Lahan pertanian merupakan lahan yang paling produktif, dan biokapasitas yang dapat dihasilkan adalah yang paling besar. Menurut laporan FAO (1998), luas lahan subur rata-rata global kurang dari 0,25 ha/kapita, tetapi luas lahan subur perkotaan juga telah mengalami penurunan dengan cepat. Sejumlah besar lahan pertanian subur telah dirambah dan berkurang terus akibat konversi lahan di perkotaan sejalan dengan cepatnya roda pembangunan ekonomi perkotaan. Penyediaan lahan perkotaan yang subur tidak dapat memenuhi kebutuhan warga, sehingga mereka perlu untuk mengimpor sebagian besar makanan dari sistem eksternal.

(2) Padang Rumput

Padang rumput adalah lahan yang cocok untuk peternakan. Saat ini ada sekitar 3,35 milyar hektar padang rumput di seluruh dunia, dengan 0,5 ha lahan per kapita. Di daerah perkotaan, proporsi padang rumput adalah yang terkecil, dan kebanyakan padang rumput hanya untuk padang gembala, tempat rekreasi dan wisata. Jadi rata-rata produktivitas padang rumput di perkotaan jauh lebih sedikit. Pasokan produk pertanian sebagian besar berasal dari sistem eksternal.

(3) Hutan

Hutan merupakan hutan alam atau buatan yang dapat menghasilkan kayu. Tentu saja hutan memiliki fungsi lain, seperti penahan angin, melindungi sumber air, memperbaiki iklim mikro, dan melindungi keanekaragaman hayati. Saat ini terdapat sekitar 3,44 milyar ha dan 0.6 ha/kapita di seluruh dunia.

(4) Lahan - energi fosil

Karena variasi konsentrasi CO₂ sangat penting untuk kehidupan manusia, maka manusia harus menyediakan sejumlah lahan untuk menyerap CO₂. Di daerah perkotaan, untuk mempertahankan kegiatan produksi dan kehidupan warganya, diperlukan sejumlah energi yang cukup untuk dikonsumsi dan sejumlah besar CO₂ dibuang. Oleh karena itu, permintaan lahan energi fosil bagi warga perkotaan akan bertambah luas secara signifikan.

(5) Area Terbangun (*Built up area*)

Mencakup semua lahan yang ditempati oleh permukiman, industri, fasilitas dan infrastruktur diperkotaan. Sekarang jumlah rata-rata per kapita lahan terbangun adalah sebesar 0.03 ha. Pada umumnya pembangunan area terbangun menempati lahan termahal di daerah perkotaan. Meningkatnya pembangunan di perkotaan berarti penurunan dilihat dari aspek bioproduktif. Hal ini juga terjadi di Kota Semarang, dimana perkembangan kota dengan cara mengkonversi lahan pertanian.

(6) Laut

Laut mencakup 36,6 milyar ha di dunia, jumlah per kapita 6 ha, di mana hanya 0,4 ha area bio-produktif. Indonesia sebagai negara maritim saat ini biokapasitas laut cukup besar dan pemanfaatannya masih terlalu kecil (FAO, 1998).

2.12.4 Jejak ekologi Pasokan

Ketika menghitung pasokan jejak ekologi (*ecological carrying capacity*), karena berbagai negara atau wilayah dengan berbagai situasi sumber daya, tidak hanya produktivitas berbagai jenis lahan berbeda, akan tetapi produktivitas dari jenis lahan yang sama juga dapat berbeda. Dalam rangka untuk mencerminkan karakter ini, faktor hasil panen (*yield*) disertakan untuk mewakili produktivitas lahan yang berbeda-beda dari berbagai negara atau wilayah. Faktor hasil (*yield*)

didefinisikan sebagai rasio dari produktivitas lahan suatu negara atau wilayah dengan produktivitas rata-rata global dari jenis lahan yang sama. Sebagai contoh, faktor hasil kesuburan lahan adalah 1,66 yang berarti bahwa produksi per hektar lahan ini sebanyak 1,66 rata-rata dunia. Daya dukung lingkungan dapat dihitung dengan mengalikan luas dari setiap jenis tanah dengan kesetaraan yang relevan dan hasil faktor.

Rumus perhitungan pasokan jejak ekologi (EF) adalah sebagai berikut :

Rumus perhitungan pasokan EF adalah sebagai berikut :

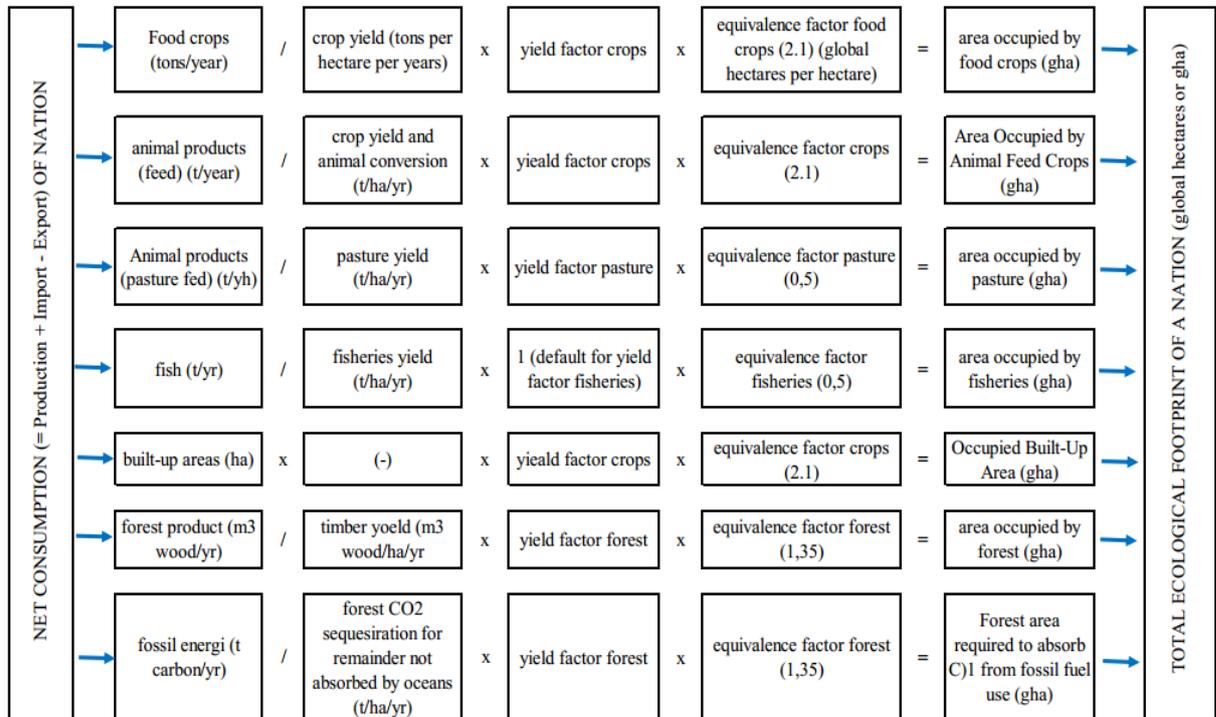
$$EC = Nec = N \sum a_j r_j y_j (j = 1,2,3,\dots,6)$$

Keterangan : EC adalah kapasitas ekologi untuk zona industri, N merupakan populasi, ec adalah daya dukung lingkungan per kapita, a_j merupakan kawasan bio-produktif; r_j adalah faktor kesetaraan (equivalen), y_j adalah faktor yield, $Y_j = Y_{lj} / Y_{wj}$, Y_{lj} adalah produktivitas rata-rata suatu negara atau wilayah, Y_{wj} adalah produktivitas rata-rata global jenis j tanah.

Dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, menimbang bahwa kualitas lingkungan hidup yang semakin menurun telah mengancam kelangsungan perikehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya sehingga perlu dilakukan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang sungguh-sungguh dan konsisten oleh semua pemangku kepentingan.

Degradasi lingkungan hidup ditandai dengan makin sempitnya Ruang Terbuka Hijau (RTH), makin sempitnya lahan basah (*wedland*), dan makin rendahnya indeks kehijauan. Kondisi ini tampak sekali pada daerah perkotaan sebagai akibat pertumbuhan lahan terbangun yang berupa permukiman, industri,

pusat perdagangan dan infrastruktur lainnya. Makin parahnya, intensitas perubahan ini makin lama makin cepat. Dengan demikian akan menurunkan jejak ekologi pasokan secara dratis (lihat gambar 2.4).



Gambar 2.4 Struktur Perhitungan Jejak Ekologi

Sumber : (European Commission, 2008)

1.12.5 Kelebihan dan Kelemahan Analisis Jejak ekologi

Dalam rangka menuju masa depan yang berkelanjutan, penting untuk memahami apa arti keberlanjutan dan bagaimana hal itu dapat diukur. Dari berbagai indikator yang muncul selama ini yang mengukur pembangunan berkelanjutan, analisis jejak ekologi telah dikenal secara luas, yakni analisis yang memperkirakan konsumsi sumber daya dan asimilasi limbahnya pada sejumlah populasi dan didefinisikan ke dalam lahan produktif yang sesuai (Wackernagel *et al*, 1996). Sebagai sebuah instrumen analisis yang relatif baru, Jejak ekologi

memiliki beberapa kelemahan yang juga diakui oleh penciptanya. Oleh karenanya selalu menerima masukan dari hasil penelitian berbagai pakar di seluruh dunia, dan untuk keperluan tersebut pada tahun 2003 Wackernagel bersama timnya telah mendirikan sebuah organisasi non profit yang berupa international think tank, berkedudukan di Oakland California dengan nama Global Footprint Network (GFN), dengan kantor cabangnya di Jenewa (Swiss) dan Brussel (Belgia). Berbagai masukan dan koreksi terhadap konsep jejak ekologi telah diolah kembali oleh GFN sehingga diharapkan dapat diperoleh formula yang maksimal. Menurut Bergh dan Verbruggen (1999) terdapat beberapa kelebihan dan kelemahan analisis Jejak ekologi yakni :

Kelebihan Metode Jejak Ekologi

- 1) Merupakan unit tunggal indikator yang memungkinkan disagregasi.
- 2) Dapat diterapkan secara luas untuk berbagai program/kegiatan
- 3) Dapat bersifat top down atau bottom up
- 4) Berguna sebagai alat komunikasi kebijakan
- 5) Metodenya terus-menerus diperbarui dan ditingkatkan (*Global Footprint Network*)
- 6) Dapat menunjukkan sifat modal alam yang terbatas.
- 7) Menumbuhkan kredibilitas sebagai alat kebijakan
- 8) Memiliki kemampuan untuk menganalisis pembangunan berkelanjutan dari konsep yang samar-samar ke dalam tujuan yang terukur
- 9) Memungkinkan untuk digunakan dalam aplikasi praktis konsep keberlanjutan 'Berpikir global dan bertindak lokal'.

Kelemahan metode Jejak ekologi

- 1) Analisis jejak ekologi menggunakan lahan hipotetis, yang tidak mewakili penggunaan lahan aktual, data luasan lahan berbasis data statistik. Dalam penelitian ini menggunakan penggunaan lahan faktual dan aktual karena menggunakan citra satelit dengan resolusi tinggi.
- 2) Terlalu menyederhanakan penggunaan sumber daya alam. Untuk itu dalam penelitian ini penggunaan lahan pertanian di pisah antara sawah dan tegalan.
- 3) Beresiko terjadi perhitungan ganda (*double counting*),
- 4) Kebanyakan merupakan potret dari konsumsi sumber daya alam,
- 5) Tidak memberikan panduan kebijakan yang jelas kecuali untuk mengurangi konsumsi sumber daya alam,
- 6) Kadang-kadang mendasarkan pada asumsi yang meragukan. (European Commission, 2008)

Dalam penelitian ini ada usaha untuk menutup kelemahan metode yang digunakan Wackernagel dan Rees dengan cara :

- 1) dalam penelitian ini menggunakan lahan aktual karena luas lahan tiap jenis penggunaan lahan (*landuse*) diperoleh dari citra satelit resolusi tinggi (*QuickBird*).
- 2) Salah satu variabel penggunaan sumber daya yang digunakan Wackernagel begitu sederhana yakni lahan pertanian, disini variabel lahan pertanian dipecah lagi menjadi lahan sawah dan tegalan karena masing-masing mempunyai yeild factor yang berbeda.

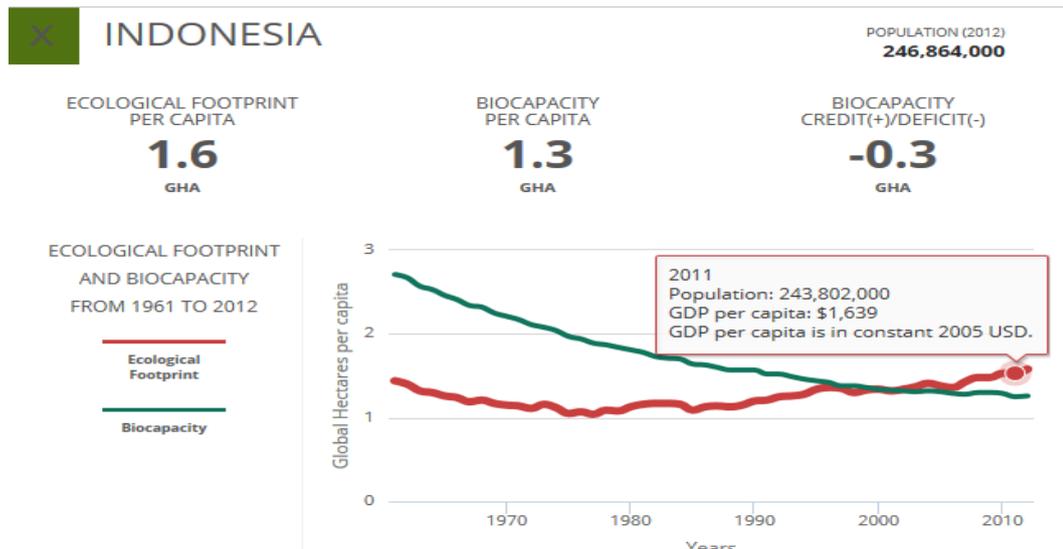
Terlepas dari kekurangan metode analisis jejak ekologi (Sudanti, 2013) menggunakan metode ini karena menganggap bahwa di antara metode yang lain, jejak ekologi merupakan metode yang paling tepat untuk menganalisis daya dukung

dan keberlanjutan dari Zona Industri Genuk, karena selain mudah dimengerti juga memiliki kemampuan untuk menganalisis pembangunan berkelanjutan dari konsep yang samar- samar ke dalam tujuan yang terukur, dan digunakan sebagai alat komunikasi kebijakan. Dalam penelitian ini digunakan luas aktual karena berbasis citra satelit.

2.12.6 Perhitungan Jejak Ekologi di Indonesia

Menurut data yang diperoleh dari nilai jejak ekologi Indonesia pada tahun 2012 adalah 1,6 gha/ orang dan biokapasitasnya 1,3 gha/orang. Arti dari nilai ini adalah rata-rata setiap individu yang ada di Indonesia membutuhkan lahan produktif seluas 1,6 hektar dengan demikian defisit 0,3 gha/orang. Amerika memiliki nilai jejak ekologi sebesar 9.7 gha/orang, Eropa sebesar 4.7 gha/orang, china 1.6 gha/orang, India 0.8 gha/orang, dan Jepang 4.8 gha/orang (Ewing etc, 2010). Hal ini juga telah memperhatikan pola-pola tingkah laku manusia yang ada di Indonesia baik di bidang makanan, tempat tinggal, emisi karbon, energi yang dipakai dan yang diperbaharui, pola tingkah laku terhadap barang-barang yang ada di lingkungannya.

Ada kecenderungan manusia makin tinggi tingkat ekonominya, semakin besar jejak ekologinya. Semakin kaya, semakin tinggi teknologinya, semakin konsumtif terhadap sumber daya. Sekalipun dengan teknologi baru dapat terjadi penghematan sumber daya, tetapi secara kuantitatif makin besar konsumsi yang diperlukan pada masyarakat yang maju.



Gambar 2.5 Perkembangan Jejak Ekologi Indonesia

(Sumber: Tom A. 2006)

Jika dibandingkan dengan negara maju lainnya, nilai jejak ekologi Indonesia masih relatif kecil tetapi karena jumlah penduduk yang banyak maka sudah melebihi nilai biokapasitasnya. Tren yang terjadi di Indonesia, jejak ekologi makin meningkat (*demand*), sementara biokapasitas (*supply*) makin menurun (lihat gambar 2.5). Pada tahun 2000an titik balik dimana jejak ekologi melampaui biokapasitas, sampai sekarang terus defisit sumber daya, terutama pangan (beras, gula, daging, bahkan garam).

Hasil penelitian Kementerian Pekerjaan Umum (2010), jejak ekologi provinsi Jawa Tengah secara total perbandingan antara jejak ekologi total (JE) lebih besar dari pada biokapasitas (BC), sehingga status daya dukung lingkungan adalah defisit. Tabel berikut jejak ekologi dan biokapasitas Provinsi Jawa Tengah tahun 2010.

Tabel 2.8 Jejak Ekologi dan Biokapasitas Provinsi Jawa Tengah tahun 2010

penggunaan lahan	Jejak ekologi (JE) (<i>demand</i>)	Biokapasitas (BC) (<i>supply</i>)	Status (BC-JE)
lahan pertanian	16.224,856	756,603	defisit
padang rumput	0	12,737	-
hutan	194,075	356,272	surplus
lahan perikanan	60,313	17,049	defisit
lahan penyerapan Karbon	1.555,363	0	-
lahan terbangun	237,227	237,227	imbang
Total	18.271,834	1.379,888	defisit

Sumber : Kementerian PU 2010

Bedasarkan tabel 2.8 penggunaan lahan pertanian dan perikanan di Jawa Tengah sudah defisit dengan selisih cukup besar. Hanya hutan di Jawa Tengah yang masih dalam status daya dukung lingkungan yang surplus. Hal ini menunjukkan telah terjadi konversi lahan pertanian yang cepat di Jawa Tengah.

Berdasarkan perhitungan jejak ekologi, dapat dikatakan bahwa nilai jejak ekologi akan semakin tinggi pada negara maju di mana masyarakatnya membutuhkan lahan yang sangat luas untuk kehidupannya serta untuk mengolah limbahnya sendiri. Sebaliknya pada masyarakat tradisional dengan teknologi yang sederhana, lebih sedikit jejak ekologinya sehingga lebih sedikit mengkonsumsi sumber daya alamnya.

Tabel 2.9 Jenis dan Luas Penggunaan Lahan Kota Semarang Tahun 2009

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)	Deskripsi
1	Industri	2.922,47	7,82	Industri, bangunan beratap seng
2	Lahan terbuka	5.762,92	15,42	Lahan kosong, lapangan terbuka
3	Permukiman	9.286,09	24,84	Permukiman, industr, perkantoran, bangunan beratap
4	RTH kebun/hutan	9.967,87	26,67	Jalur hijau, hutan,kebun, taman kota,
5	RTH rumput	4.834,45	12,93	Lapangan bola, padang rumput terbuka
6	RTH sawah	1.874,76	5,01	Sawah irigasi dan non irigasi
7	Tambak/perairan	2.089,86	3,89	Tambak, waduk, kolam, sungai,rawa, empang
Total		36.378,42	100	

(Sumber: Herditomo. 2014)

Dari tabel 2.9 di atas diketahui bahwa luas RTH pohon (kebun/hutan) merupakan penggunaan lahan yang terluas (26,67%) dari luas wilayah, terutama tersebar di daerah pinggiran Kota Semarang. Penggunaan lahan untuk permukiman urutan kedua yakni 24,84% dari luas wilayah. Diprediksi beberapa tahun ke depan, luas permukiman akan menduduki ranking pertama mengingat luas permukiman terus bertambah. Luas lahan lahan terbuka merupakan salah cadangan bagi perluasan permukiman. RTH sawah yang tinggal 5,01% juga menjadi sasaran perluasan permukiman. Jika klasifikasi penggunaan lahan disederhanakan lagi menjadi 2 macam yakni 1) tutupan lahan bangunan (permukiman, jalan, industri) hanya 34,11%; dan 2) RTH tutupan lahan vegetasi+tubuh perairan seluas 65,89%

dari luas Kota Semarang. RTH tersebut jauh diatas kebutuhan minimum kota (30%) dari luas wilayah, tetapi distribusi RTH tidak merata seluruh kota atau terpusat di pinggiran kota saja.

2.13 Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH)

Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) merupakan performa kondisi lingkungan suatu wilayah. Dalam hal ini karena ketersediaan data yang lengkap pada tingkat provinsi, maka IKLH dibuat menurut provinsi. Kerangka Indeks Kualitas Lingkungan Hidup yang diadopsi oleh KLH adalah yang dikembangkan oleh Virginia Commonwealth University (VCU) dan BPS dengan menggunakan parameter Penghitungan IKLH terdiri dari tiga komponen yaitu: Indeks Kualitas Air (IKA); Indeks Kualitas Udara (IKU); dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL). Pembobotan parameter IKA 30%. IKU 30% dan IKTL 40%. Pembobotan IKTL lebih tinggi karena IKTL dapat mempengaruhi kedua parameter yang lain.

Nilai IKLH merupakan indeks kinerja pengelolaan lingkungan hidup secara nasional, yang merupakan generalisasi dari indeks kualitas lingkungan hidup seluruh provinsi di Indonesia. Kriteria yang digunakan untuk menghitung IKLH adalah : (1) Kualitas Air, yang diukur berdasarkan parameter-parameter TSS, DO, BOD,COD, Total Fosfat, *Fecal Coli*, dan *Total Coliform* ; (2) Kualitas udara, yang diukur berdasarkan parameter-parameter : SO₂ dan NO₂; dan (3) Kualitas tutupan lahan yang diukur berdasarkan luas tutupan lahan dan dinamika vegetasi.

Karena keterbatasan data, kualitas lingkungan di wilayah pesisir dan laut serta kondisi keanekaragaman hayati tidak dimasukkan dalam perhitungan IKLH. Sebagai pembanding atau target untuk setiap indikator adalah standar atau

ketentuan yang berlaku berdasarkan peraturan perundangan yang dikeluarkan oleh pemerintah, seperti ketentuan tentang baku mutu air dan baku mutu udara ambien.

Rumus yang digunakan untuk IKLH provinsi adalah:

$$\text{IKLH}_{\text{Provinsi}} = (30\% \times \text{IKA}) + (30\% \times \text{IKU}) + (40\% \times \text{IKTL})$$

Keterangan:

IKLH = Indeks Kualitas Lingkungan tingkat Provinsi

IKU= Indeks Kualitas Air

IKU = Indeks Kualitas Udara

IKTL= Indeks Kualitas Tutupan Lahan

Tabel 2.10. Skor dan Ranking IKLH per Provinsi tahun 2017

No	Provinsi	IKU	IKA	IKTL	IKLH
1	Papua	95,63	82,50	80,63	85,69
2	Kalimantan Utara	95,83	72,96	78,07	81,87
3	Papua Barat	90,01	77,33	78,18	81,47
4	Aceh	89,84	80,00	66,87	77,70
5	Kalimantan Timur	88,87	73,33	67,48	75,65
6	Maluku	85,64	71,33	70,08	75,12
7	Maluku Utara	96,00	63,64	66,65	74,55
8	Sulawesi Barat	91,45	73,89	62,17	74,47
9	Kalimantan Barat	89,12	80,00	58,58	74,17
10	Sulawesi Selatan	88,66	77,62	58,4	73,24
11	Kalimantan Tengah	92,25	62,35	62,72	71,47
12	Sulawesi Tenggara	91,04	64,67	60,37	70,86
13	Sulawesi Utara	94,32	57,69	63,02	70,81
14	Kepulauan Riau	95,47	66,67	54,24	70,34
15	Bengkulu	92,55	80,80	45,44	70,18

16	Bali	91,40	79,50	47,11	70,11
17	Sumatera Utara	87,32	78,33	50,18	69,77
18	Sulawesi Tengah	94,38	56,44	60,37	69,39
19	Kalimantan Selatan	89,02	73,57	51,50	69,38
20	Sumatera Selatan	88,88	77,62	48,08	69,18
21	Riau	90,90	65,23	54,51	68,64
22	Sumatera Barat	89,87	64,56	54,58	68,16
23	Bangka Belitung	94,97	72,50	44,01	67,85
24	Gorontalo	94,79	40,00	67,56	67,46
25	Jambi	89,39	57,50	52,29	64,98
26	NTT	91,18	39,63	56,70	61,92
27	Lampung	85,02	55,56	43,87	59,72
28	Jawa Tengah	83,91	45,43	48,38	58,15
29	Jawa Timur	85,49	37,08	51,71	57,46
30	NTB	88,02	20,25	61,27	56,99
31	Banten	75,36	35,98	45,44	51,58
32	Jawa Barat	77,85	29,00	45,50	50,26
33	DI Yogyakarta	88,08	20,19	43,30	49,8
34	DKI Jakarta	53,50	21,33	33,32	35,78
IKLH	NASIONAL	87,03	58,68	56,88	66,46

sumber: IKLH Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2017

Keterangan:

IKU = Indeks Kualitas Udara

IKA = Indeks Kualitas air sungai

IKTL = Indeks Kualitas Tutupan Lahan

Jika dilihat tabel 2.10, distribusi provinsi yang mempunyai nilai tinggi (Papua, Kalimantan Utara, Aceh) adalah daerah dengan jumlah penduduk yang sedikit. Sebaliknya provinsi dengan kepadatan penduduk yang tinggi seperti DKI dan DIY akan mempunyai nilai IKLH rendah. Jadi nilai IKLH berbanding terbalik

dengan jumlah penduduk dan kepadatan penduduk. Secara keseluruhan provinsi di Pulau Jawa mempunyai skor yang rendah. Hal ini logis karena dengan jumlah penduduk yang banyak akan memerlukan lahan yang luas, sedangkan luas lahan di Jawa terbatas, maka eksploitasi lahan di Pulau Jawa sudah melampaui daya dukungnya. Provinsi Jawa Tengah berada diranking 28 dari 34 provinsi, hal ini menunjukkan kondisi lingkungan Jawa Tengah mengalami kerusakan, khususnya di daerah perkotaan.

Analisis data di atas dari ketiga indikator, Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL) hampir semua propivinsi lebih rendah dari indikator lainnya (IKU dan IKA). Ketiga indikator IKLH (kualitas air sungai, kualitas suhu udara, dan kualitas tutupan lahan) saling berhubungan, artinya jika tutupan hutan kecil maka suhu udara akan tinggi, dan memacu erosi sehingga air sungai menjadi keruh.

IKLH bersifat dinamis dari tahun ke tahun, bisa menurun atau naik kualitas lingkungan suatu daerah. IKLH menurun jika terjadi kerusakan lingkungan dengan indikator kualitas udara, air sungai, atai tutupan lahan mengalami penurunan. IKLH naik jika terjadi rehabilitasi atau konservasi pada ketiga indikator tersebut. Tabel berikut menyajikan data perubahan indikator pada setiap provinsi tahun 2016-2017.

Tabel 2.11 Perubahan IKLH per Provinsi tahun 2016-2017

No	Provinsi	Persentase Kontribusi Provinsi 2017	Persentase Proporsi IKU Provinsi	Persentase Proporsi IKA Provinsi	Persentase Proporsi IKTL Provinsi	Persentase Proporsi IKLH Provinsi
1	Aceh	2.50%	1.76%	13.95%	1.32%	14.27%
2	Sumatera Utara	4.63%	7.17%	7.54%	-0.09%	21.07%
3	Sumatera Barat	2.11%	2.82%	30.31%	-7.52%	23.44%
4	Riau	3.53%	12.22%	29.73%	18.85%	57.44%
5	Jambi	1.98%	0.57%	-4.21%	8.51%	2.74%
6	Sumatera Selatan	3.97%	5.53%	-15.28%	17.39%	10.58%
7	Bengkulu	0.89%	1.22%	-0.16%	-10.16%	-2.66%
8	Lampung	2.49%	3.58%	-18.51%	5.83%	-1.94%
9	Bangka Belitung	0.70%	1.92%	-3.99%	-0.96%	0.96%
10	Kepulauan Riau	0.61%	1.92%	-4.79%	-1.45%	0.16%
11	DKI Jakarta	2.00%	-0.97%	-4.02%	-5.56%	-7.82%
12	Jawa Barat	10.08%	-0.89%	-23.59%	-6.13%	-21.52%
13	Jawa Tengah	7.43%	9.43%	-6.23%	-42.77%	-5.56%
14	DI Yogyakarta	0.80%	0.11%	-3.25%	0.69%	-1.66%
15	Jawa Timur	8.80%	4.15%	-16.15%	-30.27%	-17.71%
16	Banten	2.61%	8.10%	-67.64%	-1.26%	-29.76%
17	Bali	0.96%	0.60%	-5.49%	-1.34%	-3.18%
18	Nusa Tenggara Barat	1.43%	1.87%	-5.94%	1.89%	0.98%
19	Nusa Tenggara Timur	2.28%	3.68%	5.78%	-7.09%	8.49%
20	Kalimantan Barat	4.79%	6.97%	-2.61%	-1.40%	12.86%
21	Kalimantan Tengah	4.51%	7.24%	-52.87%	2.29%	-19.59%
22	Kalimantan Selatan	1.80%	1.22%	31.26%	1.65%	25.30%
23	Kalimantan Timur	4.05%	6.67%	-15.60%	-19.81%	-6.35%
24	Kalimantan Utara	2.10%	0.10%	-0.16%	0.03%	0.13%
25	Sulawesi Utara	0.83%	1.21%	-1.01%	4.47%	4.29%
26	Sulawesi Selatan	2.88%	1.66%	3.47%	9.05%	10.79%
27	Sulawesi Tengah	2.18%	2.71%	8.93%	-19.85%	1.96%
28	Sulawesi Tenggara	1.49%	2.14%	-13.49%	-7.98%	-8.77%
29	Gorontalo	0.52%	0.64%	-3.86%	0.01%	-1.26%
30	Sulawesi Barat	0.69%	0.68%	11.61%	-0.37%	9.38%
31	Maluku	1.56%	-0.40%	11.32%	0.86%	7.44%
32	Maluku Utara	1.06%	1.98%	-0.69%	-1.53%	3.10%
33	Papua Barat	2.78%	1.28%	9.29%	1.94%	10.30%
34	Papua	8.96%	1.12%	6.32%	-9.22%	2.07%

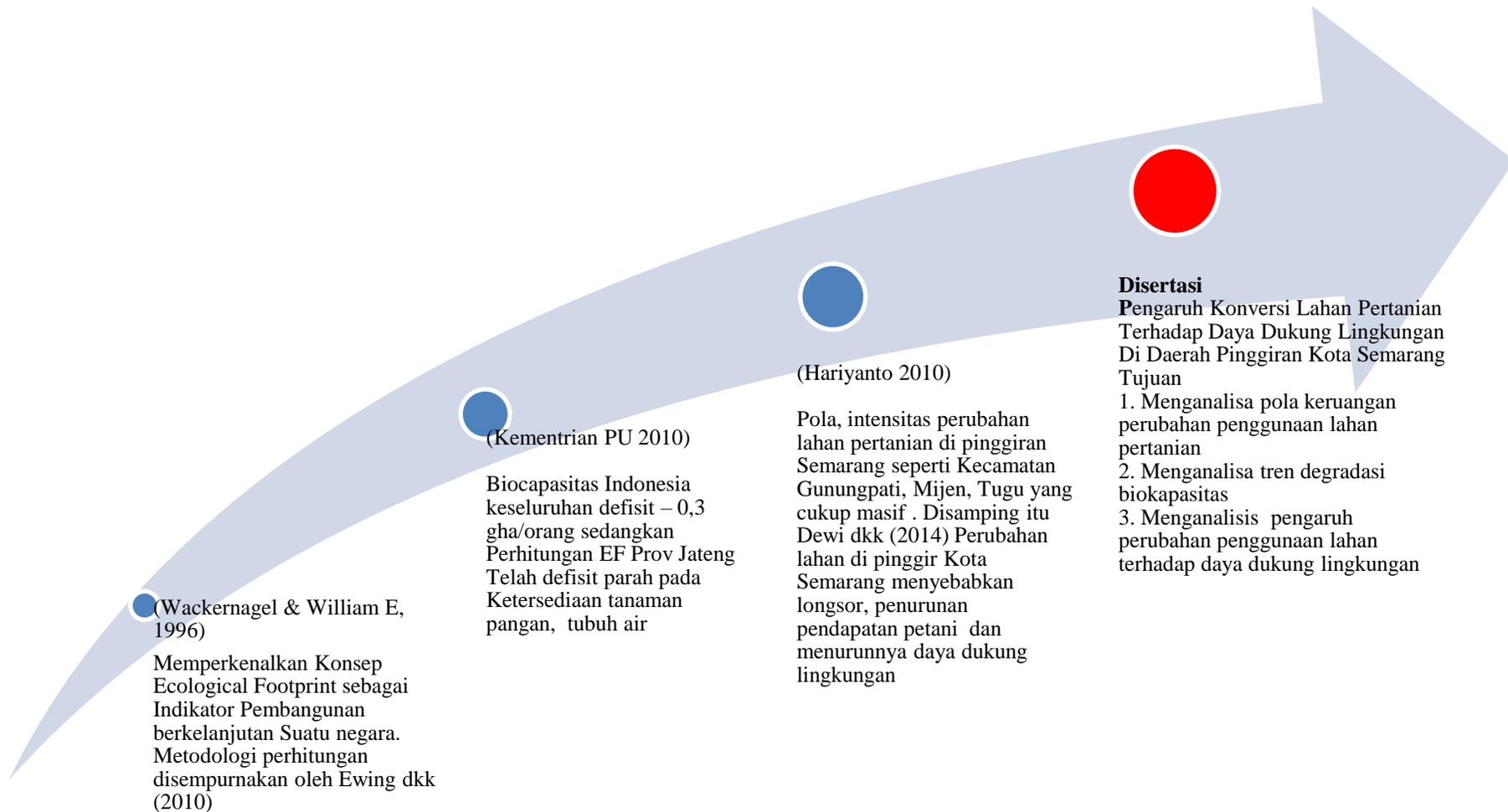
sumber: IKLH Indonesia 2107

Dari data tabel 2.11, hampir semua provinsi mengalami penurunan pada Indeks kualitas air sungai (IKA) dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL).

Khusus Provinsi Jawa Tengah mengalami penurunan Indeks Kualitas tutupan lahan (IKTL) yang terbesar di Indonesia (-42,77%). Hal ini menunjukkan bahwa di Jawa Tengah telah terjadi perubahan penggunaan lahan yang sangat intensif dari lahan pertanian ke non pertanian. Tentu saja perubahan penggunaan lahan yang intensif ini terjadi di daerah. perkotaan seperti Kota Semarang dan kota-kota lainnya.

Indeks Kualitas Air sungai (IKA) Provinsi Jawa Tengah juga mengalami penurunan (-6,23%), hanya Indeks Kualitas Udara (IKU) yang mengalami peningkatan. Dari ketiga indikator, Provinsi Jawa Tengah mengalami penurunan (-5,66%). Bagaimanapun penurunan IKLH Jawa Tengah harus menjadi perhatian semua pihak.

Penelitian ini mempunyai kontribusi dalam hal IKTL khususnya dalam hal perubahan penggunaan lahan di Kota Semarang. Kontribusi dalam hal data intensitas konversi lahan, pola perubahan lahan, distribusi spasial, dan tren konvensi lahan. Konversi lahan di Kota Semarang dapat menjadi ilustrasi konversi lahan di Jawa Tengah.



Gambar 2.6 Roadmap Penelitian

