

BAB III

PERUBAHAN IKLIM DAN DEGRADASI LAHAN GAMBUT

3.1. DAMPAK PERUBAHAN IKLIM

Perubahan iklim merupakan salah satu ancaman yang sangat serius terhadap sektor pertanian dan berpotensi mendatangkan masalah baru bagi keberlanjutan produksi pangan dan sistem produksi pertanian pada umumnya. Perubahan iklim adalah kondisi beberapa unsur iklim yang *magnitude* dan/atau intensitasnya cenderung berubah atau menyimpang dari dinamika dan kondisi rata-rata, menuju ke arah tertentu (meningkat atau menurun).

Pengaruh perubahan iklim terhadap sektor pertanian bersifat *multi dimensional*, mulai dari sumber daya, infrastruktur pertanian, dan sistem produksi pertanian sampai aspek ketahanan dan kemandirian pangan, serta kesejahteraan petani dan masyarakat pada umumnya. Pengaruh tersebut dibedakan atas dua indikator, yaitu kerentanan dan dampak. Secara harfiah, kerentanan terhadap perubahan iklim adalah kondisi yang mengurangi kemampuan (manusia, tanaman, dan ternak) beradaptasi dan/atau menjalankan fungsi fisiologis/biologis, perkembangan fenologi pertumbuhan dan produksi serta reproduksi secara optimal akibat cekaman perubahan iklim. Dampak perubahan iklim adalah gangguan atau kondisi kerugian dan keuntungan, baik secara fisik maupun sosial dan ekonomi, yang disebabkan oleh cekaman perubahan iklim (Balitbangtan, 2011a; Balitbangtan, 2011b).

Dampak perubahan iklim secara langsung terhadap sumber daya pertanian dapat berupa terjadinya degradasi dan penyusutan sumber daya lahan, dinamika dan anomali ketersediaan air, dan kerusakan sumber daya genetik/biodiversiti. Dampak tersebut dapat berupa penurunan produktivitas dan produksi sehingga mengganggu sistem ketahanan pangan nasional. Dampak tidak langsung sebagian besar disebabkan oleh adanya dampak komitmen atau kewajiban melaksanakan mitigasi, seperti tertuang dalam RAN-GRK, Perpres No. 61 Tahun 2011, yang berpengaruh terhadap produktivitas/produksi, ketahanan pangan, pengembangan bioenergi, dan sosial-ekonomi. Inpres No. 6 Tahun 2013 (pengganti Inpres No. 10 Tahun 2011) tentang moratorium pembukaan hutan produksi dan lahan gambut berdampak terhadap program perluasan areal baru. Dalam konteks yang lebih luas, perubahan iklim terkait dengan kebijakan nasional maupun internasional, harga pangan, dan sebagainya (Balitbangtan, 2011b).

Berdasarkan sifatnya, dampak perubahan iklim global terhadap sektor pertanian dibedakan atas: (1) dampak yang bersifat *continue*, berupa kenaikan suhu udara, perubahan hujan, dan kenaikan salinitas air tanah untuk wilayah pertanian dekat pantai yang akan menurunkan produktivitas tanaman dan perubahan panjang musim yang mengubah pola tanam dan indeks penanaman; (2) dampak yang bersifat *discontinue* seperti meningkatnya gagal panen akibat meningkatnya frekuensi dan intensitas kejadian iklim ekstrem (banjir, kekeringan, angin kencang, dan lain-lain) dan munculnya serangan atau ledakan hama penyakit tanaman; dan (3) dampak yang bersifat permanen berupa berkurangnya luas kawasan pertanian di kawasan pantai akibat kenaikan muka air laut (Boer *et al.*, 2011).

3.2. CADANGAN KARBON

Berbagai informasi mengemukakan bahwa gambut di seluruh dunia menyimpan antara 192–450 Gt C (Post *et al.*, 1982) atau 15–35% dari seluruh karbon yang ada di daratan. Lahan gambut tropika yang luasnya 10–12% dari total gambut dunia diperkirakan menyimpan 191 Gt C (Page dan Rieley, 1998) atau $\frac{1}{3}$ total karbon yang tersimpan pada lahan gambut dunia. Dengan asumsi bahwa rata-rata dengan ketebalan 5 m, lahan gambut tropika dapat menyimpan sekitar 2.500 ton C/ha lebih besar hampir 2 kali lipat dibandingkan dengan rata-rata gambut pada umumnya yang hanya sebesar 1.200 ton C/ha (Diemont *et al.*, 1997).

Cadangan karbon pada tanah gambut tersebar mulai dari lapisan permukaan sampai lapisan dasar gambut (Agus dan Subiksa, 2008). Cadangan karbon dalam tanah gambut bersifat labil, yakni sangat mudah teremisi jika terjadi gangguan terhadap kondisi alaminya. Oleh karena itu, lahan gambut diperkirakan merupakan salah satu sumber emisi terbesar di Indonesia (Hooijer *et al.*, 2010; WWF, 2008), sehubungan dengan pesatnya perkembangan pemanfaatan gambut untuk pertanian khususnya perkebunan.

Cadangan karbon dalam tanah gambut (*below ground C-stock*) bervariasi tergantung proses pembentukan dan keadaan lingkungan. Page *et al.* (2002) menyatakan rata-rata kandungan C pada tanah gambut sekitar 60 kg C m⁻³ atau ekuivalen dengan 600 t C ha⁻¹ untuk setiap meter ketebalan gambut. Di daerah tropis cadangan C dalam tanah gambut bervariasi antara 250 t/ha untuk gambut tipis (< 0,5 m) sampai lebih dari 5.000 ton/ha untuk gambut sangat dalam (> 10 m). Untuk setiap satu meter kedalaman gambut tersimpan sekitar 300–700 ton C/ha (Agus *et al.*, 2010; Wahyunto *et al.*, 2003, 2004). Penelitian terbaru dari Agus *et al.* (2011) menyatakan bahwa cadangan karbon pada gambut di Indonesia sekitar 27 Gt.

Selain ketebalan gambut, tingkat kematangan gambut juga berpengaruh terhadap cadangan karbon dalam suatu volume tertentu. Hasil penelitian Agus *et al.* (2010) di Kalimantan Barat menunjukkan rata-rata kerapatan karbon (*carbon density*) gambut dengan tingkat kematangan saprik > 65 kg C m⁻³, sedangkan

rata-rata kerapatan karbon gambut dengan tingkat kematangan fibrik adalah $< 40 \text{ kg C m}^{-3}$.

Cadangan karbon di lahan gambut juga tersimpan dalam biomassa tanaman (*above ground C-stock*). Nilai cadangan karbon dalam biomassa tanaman sangat bervariasi, tergantung pada keragaman dan kerapatan tanaman, kesuburan tanah, kondisi iklim, ketinggian tempat dari permukaan laut, lamanya lahan dimanfaatkan untuk penggunaan tertentu, serta cara pengelolaannya (Hairiah dan Rahayu, 2009). Umur tanaman juga sangat menentukan besarnya cadangan karbon dalam tanaman. Oleh karena itu, Tomich *et al.* (1998) menyarankan untuk menggunakan nilai rata-rata waktu (*time average*) untuk membandingkan cadangan karbon pada berbagai jenis penggunaan lahan. Apabila lahan gambut dikelola dengan tidak baik dapat menyebabkan emisi jutaan ton karbon ke udara yang berdampak pada pemanasan global, sekaligus menurunkan kelestarian gambut.

Tanah gambut terdapat pada tipologi lahan pasang surut, lebak, dan pada umumnya berada di *landform* dataran rawa belakang (*back swamp*). Pada tanah gambut di lahan lebak dapat ditemui jenis tanah yang seluruh lapisannya merupakan gambut utuh atau lapisan gambut berselang-seling dengan lapisan tanah mineral. Hal tersebut dapat memengaruhi besaran cadangan karbon. Besaran cadangan karbon juga dipengaruhi oleh kesuburan tanah.

Hasil penelitian Nurzakiah *et al.* (2013) menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara cadangan karbon dengan ketebalan gambut, tingkat kematangan, dan kadar abu. Semakin tebal dan matang gambut, semakin besar cadangan karbonnya. Cadangan karbon pada gambut saprik lebih tinggi dibandingkan dengan hemik dan fibrik dengan rasio 1,75 : 1,5 : 1 (gambut pasang surut) dan 2,15 : 1,4 : 1 (gambut lebak/pedalaman). Cadangan karbon pada gambut pasang surut dengan hanya memperhitungkan ketebalan gambut tanpa sisipan tanah mineral masing-masing untuk (1) lahan karet rakyat/terlantar berkisar antara $5.016,49 \pm 468,35 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 439–625 cm, sisipan tanah mineral 50–350 cm), (2) lahan karet dan nanas berkisar $3.989,54 \pm 233,39 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 523–574 cm, tanpa sisipan tanah mineral), dan (3) semak belukar berkisar $3.401,71 \pm 336,82 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 196–521 cm, sisipan tanah mineral 250–350 cm). Cadangan karbon pada gambut pedalaman (lebak) dengan hanya memperhitungkan ketebalan gambut tanpa sisipan tanah mineral masing-masing untuk (1) lahan padi berkisar antara $929,61 \pm 185,18 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 72–481 cm, sisipan tanah mineral 17–19 cm); (2) lahan karet berkisar antara $2.021,56 \pm 133,59 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 287–465 cm, sisipan tanah mineral 3–24 cm); dan (3) gambut alami berkisar antara $1.631,01 \pm 91,62 \text{ t/ha}$ (ketebalan gambut 280–323 cm, sisipan tanah mineral 11 cm).

3.3. DEGRADASI LAHAN GAMBUT

Lahan gambut terdegradasi adalah kawasan-kawasan budi daya atau hutan yang telah mengalami atau dalam proses kerusakan fisik, kimia, dan biologi serta

mengandung cadangan karbon dan tingkat keanekaragaman hayati yang rendah sehingga pada akhirnya membahayakan fungsi hidrologis, ekologis, produksi, pemukiman, dan kehidupan sosial-ekonomi masyarakat. Degradasi lahan gambut dapat terjadi akibat kesalahan pembukaan lahan, pembuatan saluran drainase serta pengelolaan lahan. Selain itu, degradasi juga bisa disebabkan oleh terjadinya kebakaran atau pembakaran lahan gambut. Kebakaran lahan berdampak terhadap lingkungan dan biofisik lahan, yaitu pelepasan asap, CO₂, peningkatan suhu tanah dan udara, dan kerusakan habitat flora dan fauna.

Pembukaan lahan dan drainase lahan gambut memberikan dampak terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Akibat ketidakhati-hatian dalam pembukaan dan pengelolaan lahan gambut akan membawa dampak terhadap karakteristik alami gambut. Pembukaan lahan dengan pembuatan saluran drainase menyebabkan muka air tanah menurun sehingga lapisan atas gambut kondisinya berubah menjadi aerobik. Perubahan kondisi ini meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi gambut. Dekomposisi bahan gambut sangat cepat pada awal pembukaan lahan, tetapi semakin lama akan semakin menurun karena pH yang semakin masam dan semakin resistannya bahan gambut yang tersisa. Karakteristik lahan gambut terdegradasi dicirikan oleh salah satu atau beberapa sifat berikut, yaitu menurunnya kemampuan memegang air, karbon organik total (TOC), dan N-total (Anshari, 2010).

3.3.1. Hidrofobik

Kemampuan memegang air sering dihubungkan dengan sifat hidrofilik dan hidrofobik. Sifat hidrofobik pada tanah gambut dapat disebabkan oleh terbentuknya selimut (*coating*) kedap air, berkurangnya gugus hidrofilik, dan/atau meningkatnya gugus hidrofobik. Hidrofobisitas berpengaruh terhadap kemampuan bahan humat dalam mengabsorpsi kation-kation. Kondisi hidrofobik berkaitan dengan berkurangnya ketersediaan gugus karboksilat dan fenolat yang bersifat hidrofilik (Utami *et al.*, 2009a).



Gambar 2. Kondisi gambut hidrofobik akibat kebakaran lahan

Tabel 3. Karakteristik fisik gambut hidrofilik dan hidrofobik

No.	Sifat Fisika	Saprik Hidrofilik	Fibrik Hidrofilik	Fibrik Hidrofobik
1.	Kadar lengas (% v)	370,80	510,70	53,40
2.	Berat volume (g.cm ⁻³)	0,30	0,13	0,18
3.	Berat jenis (g.cm ⁻³)	1,57	1,07	1,19
4.	Ruang pori total (%)	83,00	88,00	85,00
5.	Warna dalam Na-pirofosfat skala 10 YR	Cokelat gelap 2/2	Cokelat terang 5/2	

Sumber: Supriyo dan Maas (2005)

Kondisi hidrofobik pada gambut terdegradasi sering kali akibat “*over-drained*” dicirikan dengan perubahan sifat fisik antara lain menurunnya kandungan lengas tanah lapangan dari 370,80 menjadi 53,4 (% volume) dan meningkatnya berat volume dan ruang pori total (Supriyo dan Maas, 2005). Selain itu, juga disebabkan oleh kandungan asam humat dan daya hantar listrik yang lebih tinggi daripada gambut hidrofilik, sedangkan pH (H₂O), kapasitas pertukaran kation, kemasaman total, jumlah gugus COOH, gugus OH, dan kandungan bahan organik lebih rendah daripada gambut hidrofilik (Utami *et al.*, 2009b).

3.3.2. Subsiden

Penurunan permukaan gambut (*subsidence*) terjadi akibat reklamasi (pembukaan) dan drainase lahan gambut. Subsiden dapat terjadi akibat proses fisik dan kimia pada tanah gambut. Penyusutan gambut dapat terjadi akibat kehilangan air dan diikuti oleh masuknya udara ke dalam tanah. Kehilangan air dari massa gambut menyebabkan kematangan gambut secara fisik (*physical ripening*) sehingga terjadi penyusutan gambut, sedangkan masuknya oksigen dalam tanah gambut dapat meningkatkan proses dekomposisi (*chemical ripening*).

Drainase gambut yang berlebihan dapat menyebabkan subsiden dan kondisi tanah menjadi lebih oksidatif. Menurut Sarwani (2003), hampir 50% lahan gambut di Delta Pulau Petak, hilang atau susut dalam rentang 30 tahun (1960–1990). Gambut yang berada di atas lapisan bahan sulfidik bersifat *protective sponge* agar lapisan tersebut tetap dalam kondisi anaerob (Page *et al.*, 2009). Hilangnya lapisan gambut dapat meningkatkan kemasaman tanah, aluminium dapat dipertukarkan, dan pencucian basa-basa (Marttila, 2010; Fahmi, 2012).



Gambar 3. Penurunan permukaan lahan gambut (subsiden) selama 6 tahun di Jabiren, Kalimantan Tengah (Dok. S. Raihan, 2014)

Kedalaman muka air tanah merupakan faktor utama penentu kecepatan subsiden karena sangat memengaruhi dekomposisi gambut. Faktor lain yang ikut memengaruhi adalah penggunaan alat-alat berat dan pemupukan. Proses subsiden berlangsung cepat (mencapai 20–50 cm/tahun) pada awal dibangunnya saluran drainase (Welch dan Nor, 1989), terutama disebabkan oleh besarnya komponen konsolidasi dan pengerutan, tetapi dengan berjalannya waktu, subsiden mengalami kestabilan.

Penurunan permukaan gambut juga menyebabkan menurunnya kemampuan gambut menahan air. Apabila kubah gambut sudah mengalami penciutan setebal satu meter, lahan gambut tersebut akan kehilangan kemampuannya dalam menyangga air sampai 90 cm atau ekuivalen dengan 9.000 m³/ha. Dengan kata lain, lahan di sekitarnya akan menerima 9.000 m³ air lebih banyak bila terjadi hujan deras. Sebaliknya, karena sedikitnya cadangan air yang tersimpan selama musim hujan, cadangan air yang dapat diterima oleh daerah sekelilingnya menjadi lebih sedikit dan daerah sekitarnya akan rentan kekeringan pada musim kemarau.

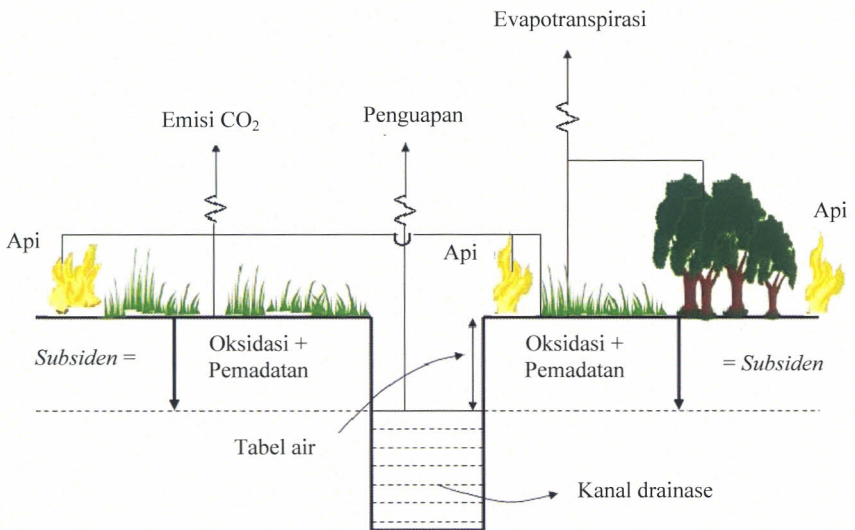
3.3.3. Emisi Gas Rumah Kaca

Dalam kaitannya dengan lahan gambut, GRK yang menjadi sorotan adalah CO₂, CH₄, dan N₂O. Gas CO₂ dan CH₄ merupakan produk dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba pendekomposisi dan mikroba metanogen di gambut masing-masing pada kondisi kering (aerob) dan tergenang (anaerob). Potensial redoks tanah (E_h) merupakan faktor penting yang mengontrol pembentukan CH₄. Pengeringan lahan setelah penggenangan yang terus-menerus akan menyangga penurunan potensial redoks karena peningkatan difusi oksigen sehingga pada akhirnya dapat menghambat pembentukan CH₄ di rizosfer tanah.

Emisi N₂O dihasilkan dari denitrifikasi NO₃⁻ menjadi N₂O dan/atau N₂ yang dipengaruhi oleh kelembapan tanah, suhu, ruang pori yang terisi air, dan konsentrasi N mineral serta nilai E_h (Melling *et al.*, 2007). Menurut Nykanen

(2003), emisi N_2O pada lahan gambut alami tergolong rendah ($< 4 \text{ mg N}_2\text{O/m}^2/\text{th}$) karena ketersediaan nitrit rendah. Pada sistem pertanian di lahan gambut dengan masukan pupuk N (urea, pupuk kandang) tinggi akan meningkatkan mineralisasi nitrogen yang menghasilkan nitrat dan N_2O . Berdasarkan pengukuran Inubushi *et al.* (2003), emisi pada lahan pertanian di gambut untuk N_2O antara $0,5\text{--}3,7\text{g/m}^2/\text{th}$.

Emisi CO_2 dari lahan gambut disebabkan oleh oksidasi setelah sistem lahan gambut didrainase, yang diikuti oleh terjadinya pemadatan dan subsiden permukaan gambut (Gambar 4). Pendugaan emisi akibat drainase dilaporkan oleh Hooijer *et al.* (2006) dalam IFCA (2007), yaitu emisi CO_2 berkisar antara 355 dan 874 juta ton/tahun atau rata-rata 632 juta ton/tahun untuk Asia Tenggara.



Gambar 4. Sumber emisi CO_2 pada lahan gambut akibat drainase yang mengakibatkan oksidasi pemadatan gambut yang mengakibatkan subsidensi serta kebakaran

Sumber: Wibowo, 2009

3.4. KEBAKARAN LAHAN GAMBUT

Lahan gambut merupakan salah satu tipe ekosistem yang paling rawan kebakaran. Walaupun berada di lingkungan rawa, tetapi bila kekeringan akan mudah terbakar. Bahan bakar potensial di areal hutan gambut adalah lahan gambut dengan kedalaman bervariasi serta tumbuhan bawah yang biasanya pertama kali memicu terjadinya kebakaran permukaan. Makin tebal lahan gambut makin rawan terbakar dan rawan deforestasi (Gambar 5). Pada musim kemarau panjang, seluruh bahan bakar di lahan gambut menjadi kering dan mudah terbakar. Kebakaran yang terjadi sulit dipadamkan karena sifatnya adalah kebakaran bawah (*ground fire*) yang terjadi di bawah permukaan tanah. Pada

kebakaran bawah, lokasi kebakaran sulit dideteksi karena api membakar bahan organik dan merambat di bawah permukaan (Gambar 6).



Gambar 5. Sebaran lahan gambut di Indonesia menurut ketebalan gambut, risiko terbakar, dan tingkat deforestasi

Sumber: IFCA, 2007

Kebakaran lahan gambut berdampak pada perubahan sifat gambut ombrogen dan lingkungan secara luas. Perubahan sifat tersebut meliputi beberapa sifat fisika, kimia, dan biologi gambut, serta proses biogeokimia penting dalam ekosistem lahan gambut. Sifat fisika gambut mengalami perubahan yang dapat menurunkan fungsi gambut sebagai media tumbuh maupun sebagai tandon air. Dampak kebakaran hutan dan lahan yang paling menonjol adalah terjadinya kabut asap yang sangat mengganggu kesehatan masyarakat dan sistem transportasi sungai, darat, laut, dan udara, meningkatnya emisi GRK dan pemanasan global. Secara sektoral, dampak kebakaran ini mencakup sektor perhubungan, kesehatan, ekonomi, ekologi, dan sosial, termasuk citra bangsa di mata negara tetangga dan dunia (Hermawan, 2006).

Lahan gambut menjadi penyumbang paling besar dalam dampak kebakaran lahan karena tingginya kandungan karbon dan besarnya jumlah karbon yang dilepas pada saat terjadinya kebakaran. Dampak kebakaran gambut dalam hubungannya dengan emisi GRK bervariasi menurut intensitas kebakaran. Hatano (2004) memperkirakan kedalaman gambut yang terbakar sewaktu pembukaan hutan sedalam 15 cm, apabila kandungan karbon gambut rata-rata 50 kg/m^3 (antara $30\text{--}60 \text{ kg/m}^3$), maka dengan terbakarnya 15 cm lapisan gambut akan dihasilkan emisi sebanyak 75 t C/ha atau ekuivalen dengan $275 \text{ t CO}_2/\text{ha}$. Kebakaran lahan gambut yang terjadi pada tahun 1997/1998 seluas 2,12 juta ha ditaksir menimbulkan emisi gas rumah kaca setara 0,6–4,2 juta ton C atau 2–16 juta ton CO_2 (Tacconi, 2003) sehingga Indonesia dikatakan sebagai penyumbang

gas rumah kaca ketiga di dunia.



Gambar 6. Kebakaran lahan gambut di Kalimantan Tengah dan Riau (Dok. Limin *et al.*, 2007 dan Balittra, 2011)

Dampak kebakaran terhadap produksi di sektor pertanian diduga tidak terlalu besar karena pembakaran dilakukan untuk penyiapan/pembersihan lahan, bukan untuk perluasan areal tanam, kecuali jika kebakaran menjalar secara tidak terkendali. Beberapa kasus telah menunjukkan bahwa kebakaran lahan gambut banyak dipicu oleh pembukaan lahan yang dilakukan oleh pengusaha perkebunan. Penegakan hukum secara adil perlu diterapkan kepada semua pihak pelaku kebakaran lahan. Salah satu cara membuktikan bahwa pengusaha perkebunan termasuk sebagai pelaku pembakaran hutan dapat dilakukan dengan membandingkan spektrum kebakaran tahun sebelumnya dengan perkembangan luas tanaman perkebunan pada tahun berikutnya. Sebagai ilustrasi, dari tahun 2003 sampai 2005, luas perkebunan di Provinsi Kalimantan Barat meningkat sebesar 20.636 ha atau rata-rata 10.500 ha per tahun yang terdiri dari tanaman karet, kelapa dalam, kelapa hibrida, kelapa sawit, kakao, lada, kopi, dan aneka tanaman. Di sisi lain, perkembangan produksi menunjukkan kenaikan yang cukup berarti sebesar 16,56 persen atau 263.000 ton. Peningkatan produksi tersebut bukan disebabkan oleh pertambahan luas areal tahun sebelumnya, tetapi lebih disebabkan oleh penggunaan teknologi pertanian dan pertambahan luas areal beberapa tahun lalu (sekitar 3 sampai 4 tahun). Peningkatan luas areal tanam yang paling dominan terjadi pada tanaman karet (14.000 ha selama kurun waktu tersebut atau rata-rata meningkat 7.000 ha per tahun) dan komoditas kelapa sawit (32.000 ha dalam kurun waktu yang sama atau rata-rata 16.200 ha per tahun). Ini berarti bahwa untuk komoditas karet dan kelapa sawit saja kegiatan penyiapan lahan dilakukan pada luasan rata-rata 23.000 ha per tahun. Sangat besar kemungkinan bahwa penyiapan lahannya dilakukan dengan membakar semak belukar (Pasaribu dan Priyatno, 2010).