UTAMA
2017, BPDP-KS SEGERA MEREMAJAKAN KEBUN PETANI SWADAYA

SAWIT
PETANI SWADAYA MAMPU MEMPEROLEH SERTIFIKASI ISPO

KARET
PETANI MAMPU HASILKAN BOKAR BERSIH

BENIH
TUJUH VARIETAS PERKEBUNAN DILEPAS

SDM PERKEBUNAN
HAL 52

mediaperkebunan

www.perkebunannews.com

sumber inspirasi agribisnis

KELAPA KOPYOR

OTENTIK INDONESIA BERNILAI EKONOMI TINGGI

LAPSUS

ISPO BUKTI "NYATA" SAWIT DI INDONESIA SUSTAINABLE

SDM

YONNY KOESMARYONO,
WAKIL REKTOR
BIDANG AKADEMIK IPB

PROGRAM D3 IPB SEDANG BERTRANSFORMASI MENJADI SEKOLAH VOKASI

Edisi 162 Mei 2017
Rp 30.000, Luar Jkt Rp 40.000
ISSN: 0215-1278

TOLAK UKUR PRODUKSI UNTUK INTENSIFIKASI PRODUKSI KELAPA SAWIT YANG BERKELANJUTAN DI INDONESIA DENGAN PALMSIM

M.P. HOFFMANN[1], C. DONOUGH[2], H. SUGIANTO[2], A. CASTANEDA VERA[3], M.T. VAN WIJK[3], C.H. LIM[4], D. ASMONO[5], Y. SAMOSIR[6], A.P. LUBIS[7], D.S. MOSES[8], A.M. WHITBREAD[1&9] DAN T. OBERTHÜR[2],

ABSTRAK

Secara fisiologis model PALMSIM pertumbuhan kelapa sawit dapat digunakan untuk memperkirakan batas potensi produksi yang menjadi tolak ukur untuk intensifikasi produksi kelapa sawit secara berkelanjutan, baik dengan perluasan area ke lahan yang terdegradasi atau dengan meningkatkan produksi pada lahan yang sudah ditanami. Hal ini ditunjukkan melalui dua studi kasus. Dalam studi kasus pertama, PALMSIM memperkirakan hasil yang dibatasi air untuk Kalimantan ditumpang-tindihkan ke peta lahan terdegradasi yang baru diterbitkan menunjukkan bahwa secara potensial lahan tersebut adalah sesuai untuk budidaya tanaman kelapa sawit. Sebagian besar (35,6% atau 115.300 km^2) dari daerah yang diidentifikasi masuk dalam range potensi produksi 35-40 ton TBS ha^{-1}. Dalam studi kasus kedua, PALMSIM digunakan untuk memperkirakan potensi produksi di enam lokasi perkebunan di Indonesia dimana *Best Management Practices* (BMP) diterapkan untuk intensifikasi produksi oleh *International Plant Nutrition Institute* (IPNI) *Southeast Asia Program* (SEAP) yang berkolaborasi dengan mitra perkebunannya. Potensi produksi umumnya lebih tinggi di Sumatera daripada Kalimantan karena radiasi matahari yang lebih tinggi. Defisit air adalah masalah di dua lokasi tersebut. Kesenjangan antara produksi yang dibatasi air dan produksi aktual berbeda dari lokasi ke lokasi, dan karena itu memerlukan analisis spesifik lokasi. Dalam dua studi kasus ini, ruang lingkup untuk intensifikasi berkelanjutan di tingkat regional dan kebun dieksplorasi secara kuantitatif – sebuah pendekatan baru untuk produksi kelapa sawit.

Kata kunci: PALMSIM, intensifikasi kelapa sawit, tolak ukur produksi

1. Crop Production System in the Tropics, Georg-August-Universität Göttingen, Grisebachstraße 6, 37077 Göttingen, Germany; email: mhoffma@gwdg.de
2. International Plant Nutrition Institute, Southeast Asia Program, 29C-03-08 Maritime Piazza, Karpal Singh Drive, 11600 Penang, Malaysia.
3. Plant Production System, Wageningen University, PO Box 430, 6700 AK Wageningen, The Netherlands
4. Wilmar International Limited, Indonesia, Multivision Tower Lt. 12, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12980, Indonesia (retired - e-mail: chlimch@hotmail.com)
5. PT Sampoerna Agro Tbk, Sampoerna Strategic Square, North Tower, 28/F, Jln. Jendral Sudirman Kav. 45, Jakarta, Indonesia 12930
6. Oil Palm Research & Development Centre of Asian Agri, P O Box 35, Bahilang Estate, Tebing Tinggi Deli, 20600 North Sumatra, Indonesia (former Head of Bakrie Agriculture Research Institute (BARI), PT Bakrie Sumatera Plantations Tbk, Kisaran 21202, Kab Asahan, Sumatera Utara, Indonesia).
7. Permata Hijau Group, Jl Iskandar Muda No. 107, Medan, Sumatra Utara, Indonesia 20154
8. PT REA Kaltim Plantations, Jl Hasan Basri 21-A, Sungai Pinang Dalam, Samarinda Ilir, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia 75117
9. International Crops Research Intitute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, Telangana, India

PENGANTAR

Didorong oleh produktivitas yang tinggi hingga 6 ton minyak ha^{-1}, untuk dua dekade terakhir produksi kelapa sawit meningkat pesat di Indonesia, khususnya di Sumatera dan Kalimantan. Lahan yang diperuntukkan kelapa sawit menjadi dua kali lipat dalam sepuluh tahun terakhir. Sehingga Indonesia menjadi produsen terbesar minyak sawit, yang mencapai 31 juta ton pada tahun 2013 (FAOSTAT, 2013).

Masalah lingkungan terutama yang berkaitan dengan drainase lahan gambut untuk dikonversi menjadi perkebunan menjadi sumber emisi gas rumah kaca dan penebangan hutan yang kaya keanekaragaman hayati untuk pembangunan perkebunan kelapa sawit (Koh dkk., 2011). Organisasi non-pemerintah menuding produsen kelapa sawit atas kejahatan hak lahan dalam kaitannya dengan kelompok adat (Sayer dkk., 2012). Namun demikian, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kelapa sawit dapat menjadi pendorong pembangunan pedesaan (Feintrenie dkk, 2010; Rist dkk, 2010). Lebih jauh, pertumbuhan populasi dunia

sangat mungkin akan menuntut peningkatan permintaan (Corley, 2009).

Untuk meminimalkan konversi hutan hujan lebih lanjut, kunci untuk produksi kelapa sawit di masa depan adalah fokus ekspansi ke lahan yang terdegradasi dan meningkatkan produksi dari produksi aktual saat ini hingga mendekati produksi yang bisa dicapai sejalan dengan peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya (Sayer dkk., 2012). Statistik kelapa sawit di Indonesia saat ini menunjukkan ruang lingkup untuk intensifikasi berkelanjutan seperti: produksi rata-rata nasional Indonesia dari 17 ton ha^{-1} tandan buah segar (TBS) di bawah produksi rata-rata Malaysia yang mencapai 21 ton ha^{-1}. Hasil percobaan di lapangan di beberapa lokasi di Sumatera dan Kalimantan menunjukkan bahwa produksi lebih dari 30 ton TBS ha^{-1} dapat dicapai bila dikelola secara optimal (Hoffmann dkk., 2014). Kondisi iklim di kedua pulau ini diklasifikasikan sesuai untuk tanaman kelapa sawit dengan rata-rata curah hujan tahunan 2.000 mm dan radiasi matahari 6,000-6,300 MJ m^{-2}.

Dalam laporan terbaru, Gingold dkk. (2012) bertujuan untuk mengidentifikasi lahan yang terdegradasi di Kalimantan. Mereka menggunakan informasi jenis tanah, curah hujan, taman alam, infrastruktur dan kemungkinan hak atas tanah untuk memperkirakan ukuran lahan terdegradasi. Meskipun mereka harus mengakui bahwa masih ada beberapa diskusi atas definisi lahan terdegradasi, mereka menyimpulkan bahwa ada, bahkan sangat samar-samar didefinisikan, suatu lingkup yang wajar untuk ekspansi kelapa sawit di lahan tersebut. Namun, tidak ada penilaian potensi produktivitas di lokasi ini, yang akan membantu lebih jauh sehingga mengurangi waktu untuk identifikasi kesesuaian lahan untuk kelapa sawit.

Menilai produksi yang dibatasi air pada lokasi tertentu akan memberikan dukungan baik untuk identifikasi lahan terdegradasi dengan potensi produktivitas tinggi intensifikasi terhadap perkebunan yang sudah ada. Percobaan di lapangan dan produksi tertinggi yang diperoleh oleh kebun merupakan sumber informasi yang berguna untuk menentukan target produksi. Namun percobaan lapangan membutuhkan biaya tinggi karena kebutuhan waktu dan tenaga yang banyak serta hanya terbatas pada perkebunan yang sudah ada. Lagi pula, hasil produksi tertinggi seperti halnya hasil percobaan lapangan sulit untuk meramalkan untuk lokasi dan tahun yang berbeda, dikarenakan variasi cuaca pada masa pengamatan atau manajemen yang diterapkan di lapangan. Oleh karena itu, mekanisme permodelan pertumbuhan tanaman telah menjadi metode standar untuk tanaman tahunan dalam menentukan target produksi dan meneliti kesenjangan produksi (van Ittersum dkk., 2013).

Untuk tanaman menahun, khususnya tanaman perkebunan tropis, pengembangan model berbasis proses tersebut masih dalam masa pertumbuhan. Hal ini mungkin disebabkan kurangnya informasi untuk parameterisasi (data fisiologis) dan data yang dibutuhkan (terutama data iklim dan tanah) untuk menjalankan model (van Oijen dkk, 2010;. Huth dkk, 2014.). Selanjutnya, perkembangan tanaman menahun yang kompleks (misalnya, perkembangan buah kelapa sawit membutuhkan empat tahun) membuat ini sulit untuk dijelaskan dalam model.

Namun, meningkatnya minat pada tanaman kelapa sawit telah menghasilkan beberapa permodelan pada tanaman kelapa sawit. Model yang sangat rinci dalam hal pembungaan, ECOPALM, dikembangkan oleh Combres dkk. (2013). Model produksi diterapkan di APSIM (Huth dkk., 2104). Model yang sedikit lebih tua OPRODSIM oleh Henson (2009). Semua model ini memerlukan informasi yang sangat rinci dalam hal cuaca dan sebagian tanah serta fisiologis tanaman untuk dapat diterapkan.

Model lain baru-baru ini dikembangkan oleh Hoffmann dkk. (2014) yang disebut PALMSIM, dibangun dengan tujuan untuk membuatnya sederhana sehingga dapat diterapkan di berbagai lokasi, tapi masih merekam proses utama yang menentukan hasil. PALMSIM mensimulasikan potensi pertumbuhan tanaman kelapa sawit dengan data bulanan berdasarkan radiasi matahari yang diterima untuk periode 30 tahun. Data pelepah dan produksi dari percobaan lapangan di berbagai lokasi di Malaysia dan Indonesia telah digunakan untuk mengevaluasi model. Sejak itu, neraca air yang banyak digunakan ditambahkan untuk memberikan penilaian terhadap produksi yang dibatasi air, memperhitungkan radiasi matahari, curah hujan, hari hujan per bulan dan perkiraan kapasitas ketersediaan tanaman. yang telah ditingkatkan dapat ditemukan dalam Rhebergen dkk. (2014).

Terhadap latar belakang ini, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai tolak ukur produksi untuk (i) lokasi yang berpotensi terdegradasi di Kalimantan, yang diidentifikasi oleh Gingold dkk. (2012) dan (ii) untuk enam perkebunan kelapa sawit di Sumatera dan Kalimantan di mana best management practices (BMP) diterapkan untuk intensifikasi produksi (Donough dkk), 2009). Dengan demikian, ruang lingkup untuk intensifikasi berkelanjutan di tingkat regional dan kebun dieksplorasi secara kuantitatif – sebuah pendekatan baru untuk produksi kelapa sawit.

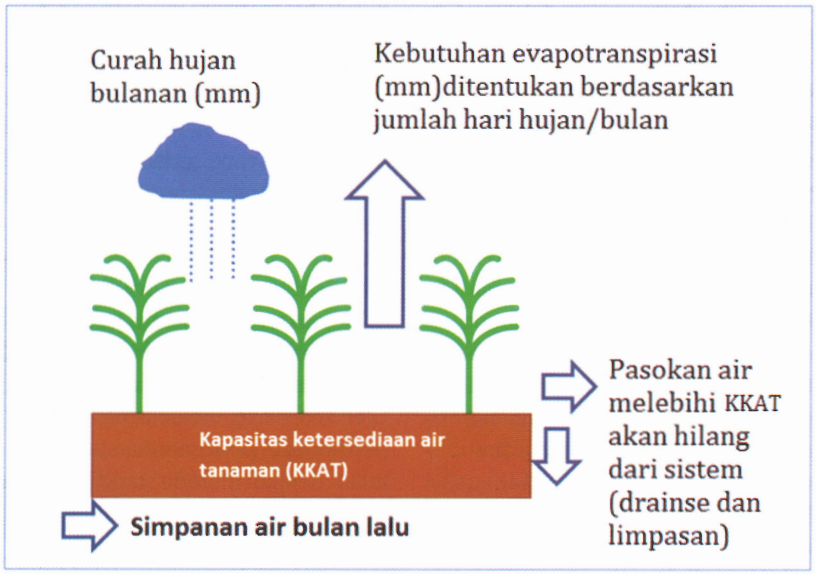
Bahan dan metode

Model PALMSIM

Simulasi model PALMSIM terdiri dari modul pertumbuhan tanaman, yang mensimulasikan potensi pertumbuhan dan hasil dari kelapa sawit secara individu dengan basis hektar, dan modul radiasi. Potensi produksi didefinisikan dengan menghitung radiasi di bawah kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan, tidak ada hambatan pertumbuhan dalam hal air atau ketersediaan hara, dan tidak ada serangan hama atau penyakit (van Ittersum dkk., 2013). Model ini juga mengasumsikan keseragaman bahan tanaman dan manajemen kanopi yang direkomendasi dalam hal pemangkasannya. Kepadatan tanaman diatur 143 pokok ha^{-1}, yang berada dalam kisaran (138 atau 148 pokok ha^{-1}) yang umumnya digunakan dalam industri kelapa sawit (Corley dan Tinker, 2003). Namun, kepadatan tanaman dan rezim pemangkasan dapat diubah dalam model. Modul pertumbuhan dan radiasi dihubungkan melalui manager modul, yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna. Modul pertumbuhan tanaman kelapa sawit juga dapat digunakan secara mandiri di suatu lokasi yang tersedia nilai pengukuran atau estimasi radiasinya.

PALMSIM berhasil diujicobakan terhadap range optimal hasil percobaan lapangan di Malaysia dan Indonesia dalam hal produksi pelepah dan tandan. Untuk penjelasan yang terperinci dan evaluasi termasuk sensitivitas dan uji peluang dari model kita mengacu pada Hoffmann dkk. (2014).

Pengaruh dari keterbatasan ketersediaan air sudah dimasuk dalam PALMSIM dalam penelitian ini. Karena dibutuhkan jangka waktu yang lama untuk tandan menjadi dewasa, defisit air diperkirakan memiliki efek ekonomis tidak hanya dalam jangka pendek tetapi juga dalam jangka menengah dan panjang. Untuk perhitungan neraca air, PALMSIM menggunakan metode sederhana yang dikembangkan oleh CIRAD (Sure, 1968) dan diterapkan secara luas (Gambar 1).



GAMBAR 1 : *Ilustrasi neraca air yang diterapkan dalam model PALMSIM*

Dalam neraca air, evapotranspirasi diasumsikan sebesar 150 mm bila hari hujan kurang dari 10 hari dan sebaliknya bila hari hujan lebih dari 10 hari maka nilai evapotranspirasinya adalah 120 mm. Air tanah yang tidak digunakan untuk kebutuhan evapotranspirasi disimpan hingga batas maksimum dari kapasitas ketersediaan air tanah untuk bulan berikutnya. Pasokan air di atas batas maksimum tersebut akan hilang dari sistem melalui drainase dan limpasan. Produksi yaitu asimilat tersedia untuk bunga dan tandan dengan faktor pengurang (0,0288) yang berasal dari percobaan irigasi kelapa sawit saat kebutuhan evapotranspirasi tidak terpenuhi (Carr, 2011).

Studi Kasus 1: Penilaian kesesuaian lokasi terdegradasi yang sesuai untuk kelapa sawit di Kalimantan

Gingold dkk. (2012) telah melakukan *desk study* untuk menilai lingkup lokasi terdegradasi yang sesuai untuk tanaman kelapa sawit di Kalimantan. Pada saat ini, Kalimantan mendapat perhatian besar untuk kelapa sawit. Hal ini berhubungan dengan wilayah yang besar ekspansi kelapa sawitnya dengan laju deforestasi yang tinggi (Carlson dkk., 2012). Lahan diklasifikasikan oleh Gingold dkk. (2012) - berdasarkan ketersediaan informasi tentang penutupan lahan, lahan gambut, kawasan konservasi dengan zona penyangga, risiko erosi, potensi resapan air tanah, penyangga sumber daya air, topografi, curah hujan, sifat-sifat tanah (kedalaman, jenis, drainase, keasaman, warna), ukuran dan aksesibilitas dari lahan, serta hak kepemilikan lahan - ke dalam tiga kategori yaitu potensi tinggi, potensi dan tidak sesuai untuk budidaya kelapa sawit.

Pada tahap kedua, survei lapangan dilakukan untuk mengecek ukuran dan aksesibilitas serta untuk menyelidiki klasifikasi tanah dan konsesi. Pada tahap

akhir, data dari survei lapangan dan *desk study* digabungkan untuk membuat peta yang menunjukkan wilayah yang sesuai untuk budidaya kelapa sawit. Lahan yang tidak sesuai untuk tanaman kelapa sawit adalah: lahan gambut, areal konservasi, hutan dan kawasan pemukiman. Lahan yang berpotensi untuk tanaman kelapa sawit adalah lahan yang saat ini digunakan untuk pertambangan, pertanian atau produksi kayu. Lahan berpotensi tinggi adalah lahan terbuka yang didominasi oleh semak belukar/ semak dan savana. Untuk deskripsi yang terperinci dari penilaian dapat mengacu ke Gingold dkk. (2012). Peta yang dihasilkan tersedia bebas di : http://www.wri.org/publication/how-identify-degraded-land-sustainable-palm-oil-indonesia.

PALMSIM dipersiapkan untuk Kalimantan pada grid 0,1°. Data keadaan berawan bulanan untuk menghitung radiasi matahari yang tersedia dari NASA (http://earthobservatory.nasa.gov/). Data rata-rata curah hujan bulanan menggunakan data base dari WORLDCLIM (Gambar 2). Jenis tanah dan kapasitas ketersediaan air tanah tanaman diekstrak dari database tanah ISRIC-WISE (Batjes, 2009) (Tabel 1 dan Gambar 3). Daerah yang sesuai untuk kelapa sawit dari penilaian Gingold. dkk. (2012) kemudian dihubungkan dengan hasil simulasi pada wilayah itu.

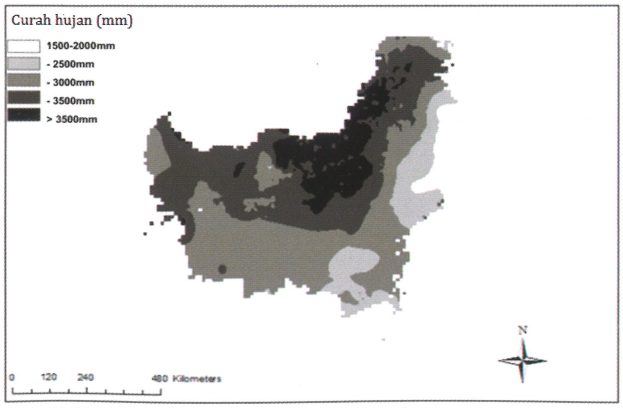
Tabel 1: Jenis tanah di Kalimantan dan hubungannya dengan kapasitas ketersediaan air tanaman dari database tanah ISRIC-WISE

Jenis Tanah	Kapasitas ketersediaan air tanah tanaman
Acrisol	*150 mm*
Arenosol	*100 mm*
Ferralsol	*50 mm*
Fluvisol	*150 mm*
Gleysol	*150 mm*
Histosol	*150 mm*
Nitisol	*150 mm*
Luvisol	*150 mm*
Lixisol	*20 mm*
Podzol	*100 mm*

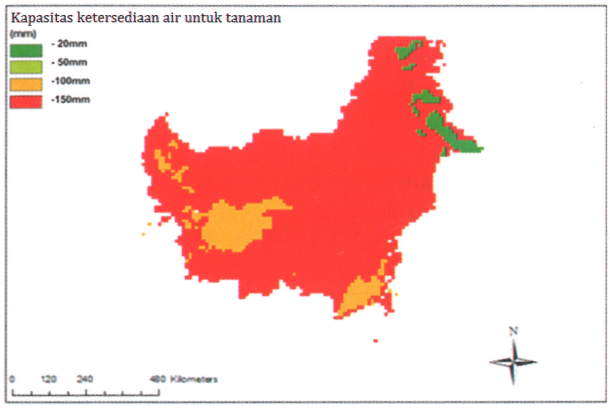
Studi Kasus 2: Intensifikasi produksi perkebunan di Indonesia

Dari pertengahan tahun 2006 sampai pertengahan tahun 2011, *Southeast Asia Program - International Plant Nutrition Institute (SEAP-IPNI)* menerapkan *best management practices* (BMP) di enam lokasi perkebunan kelapa sawit di Sumatera dan Kalimantan dengan tujuan meningkatkan produktivitas dan melestarikan kualitas tanah (Tabel 2) (Donough dkk., 2010, 2011). Implementasi BMP diklasifikasikan menjadi tiga kategori fungsional yaitu; panen, pengelolaan kanopi dan pengelolaan hara tanaman, secara terperinci disajikan dalam dalam Tabel 3 (Donough dkk., 2010).

Dalam desain percobaan, sepasang blok berdampingan yang mewakili kebun dipilih. Blok dengan produksi lebih tinggi dijadikan standar komersial (blok REF), sedangkan blok dengan produksi lebih rendah ditetapkan sebagai blok BMP untuk dijadikan sebagai pembanding terhadap pasangannya (Tabel 3). Untuk kedua blok, inventarisasi faktor pembatas dilakukan, namun tindakan perbaikan hanya dilakukan pada blok BMP.



GAMBAR 2 : *Rata-rata curah hujan tahunan (mm) untuk Kalimantan. Data berasal dari WORLDCLIM*



GAMBAR 3 : *Kapasitas ketersediaan air tanah bagi tanaman padagrid 0.1° untuk Kalimantan. Data berasal dari jenis tanah*

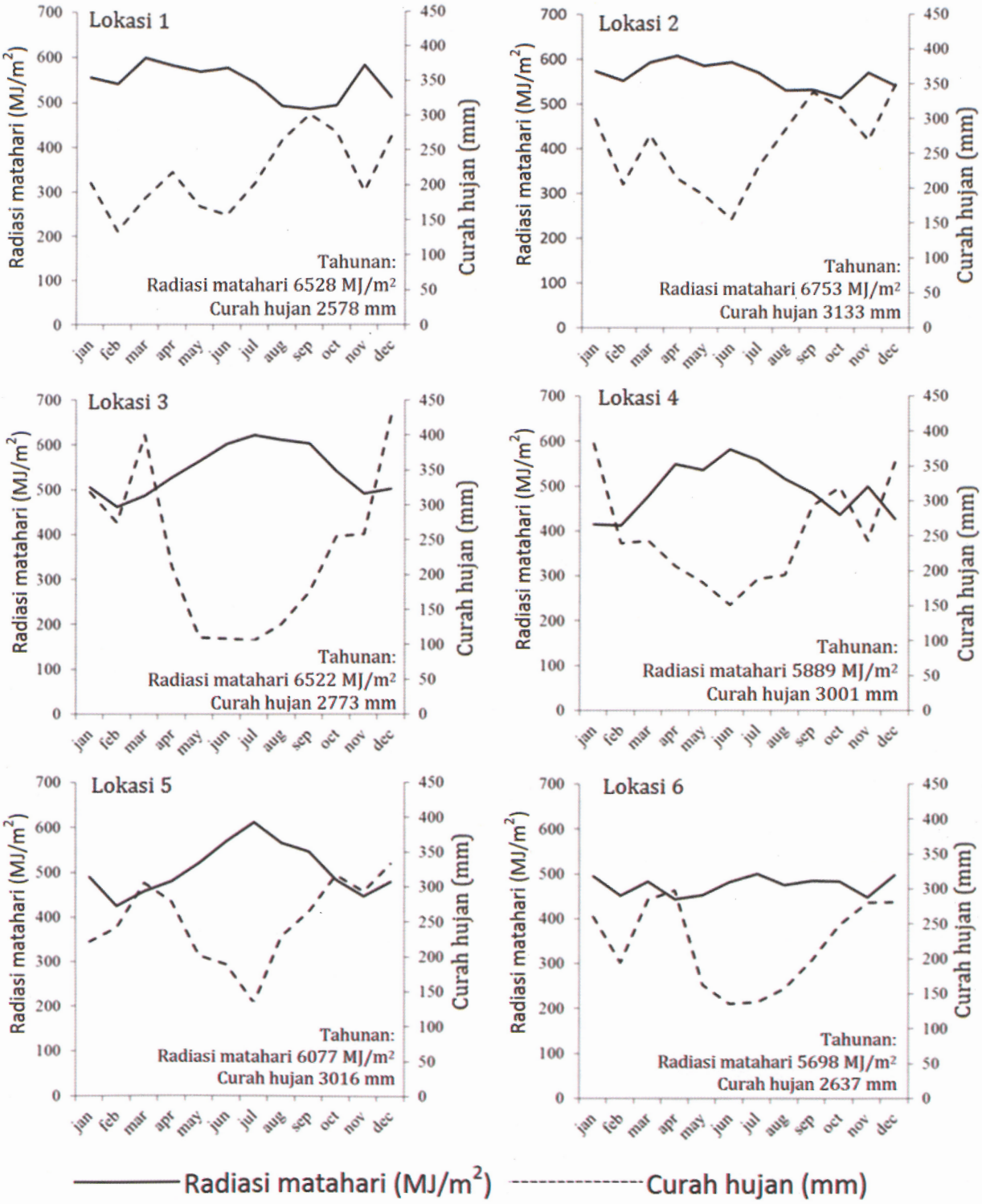
Tabel 2: Lokasi terpilih untuk implementasi BMP oleh *International Plant Nutrition Institute - Southeast Asia Program* (SEAP-IPNI) (Donough dkk., 2010)

Tempat	Lokasi	Umur Tanaman	Level[3] Produksi Awal
1	Sumatra Utara	5-12 tahun	26-29 ton h a^{-1}
2	Sumatra Utara	8-13 tahun	24-25 ton ha^{-1}
3	Sumatra Selatan	15-18 tahun	16-24 ton ha^{-1}
4	Kalimantan Barat	8-9 tahun	16-17 ton ha^{-1}
5	Kalimantan Tengah	8-9 tahun	12-13 ton ha^{-1}
6	Kalimantan Timur	3-12 tahun	23-26 ton ha^{-1}

Tabel 3: *Best Management Practices* (BMP) diterapkan oleh *International Plant Nutrition Institute - Southeast Asia Program* (IPNI-SEAP) (Donough dkk., 2010).

Panen	Manjemen kanopi	Manajemen nutrisi tanaman
Interval panen 7 hari	Menjaga kecukupan pelepah untuk menunjang produktifitas tanaman yang tinggi.	Menyebar pelepah hasil pemangkasan di gawangan mati dan antar tanaman dalam barisan tanam.
Standar kematangan minimum = 1 berondolan sebelum panen.	Membuang tanaman abnormal dan tidak produktif.	Eradikasi gulma berkayu.
Pengiriman tandan ke pabrik minyak kelapa sawit dilakukan pada hari yang sama.	Melakukan penyisipan untuk areal kosong.	Beri mulsa janjangan kosong
Audit panen dilakukan untuk memonitor kebersihan panen dan tingkat kematangan.	Melakukan penjarangan selektif untuk lokasi yang padat.	Manajemen pemupukan
Aksesabilitas yang bagus di lapangan.	Pemantau dan pengendalian hama dan penyakit.	Pantau status nutrisi tanaman dan pertumbuhannya
Piringan yang bersih.		
Tapak kuda dibuat dan dirawat sesuai kebutuhan.		
Sedikit pokok tinggi yang kurang pemangkasan untuk memastikan tandan terlihat.		

Sejak Juli 2006, 60 pasangan blok (total luas 2.184 ha) telah dipilih, BMP diterapkan pada 30 blok (total luas 1.080 ha). Lima group perusahaan perkebunan berkolaborasi dalam proyek BMP di enam lokasi yang berbeda di Indonesia, yang menjangkau lingkungan pertanaman kelapa sawit yang luas di Sumatra Utara, Kaliman Tengah dan Kalimantan Timur (Tabel 2). Informasi lebih lanjut tentang desain percobaan lapangan dapat dilihat dalam Donough dkk. (2009, 2010) dan Rhebergen (2012).



GAMBAR 4 : *IRata-rata radiasi matahari dan curah hujan bulanan dari enam lokasi yang digunakan dalam penelitian ini: lokasi pertama (Sumatera Utara), lokasi kedua (Sumatera Utara), lokasi ketiga (Sumatera Selatan), lokasi keempat (Kalimantan Barat), lokasi kelima (Kalimantan Tengah), dan lokasi keenam (Kalimantan Timur) berdasarkan data dari WorldClim dan penggunaannya dalam generator cuaca stochastic MARKSIM.*

PALMSIM dipersiapkan untuk masing-masing perkebunan untuk radiasi matahari bulanan, curah hujan dan hari hujan yang dihasilkan dari *MARKSIM weather generator*.

MARKSIM menggunakan data pengamatan dari data base WORLDCLIM dan stokastik menghasilkan berbagai skenario kemungkinan cuaca tahunan (Jones dan Thornton, 2013). Karena tidak ada catatan cuaca jangka panjang yang tersedia untuk lokasi tersebut, kami menggunakan kemungkinan cuaca dari 99 tahun dan menjalankan PALMSIM dengan masing-masing data tersebut.

Data rata-rata cuaca untuk setiap lokasi disajikan pada Gambar 4: Radiasi tertinggi di Sumatera Utara (lokasi satu dan dua) dan terendah di Kalimantan Timur (lokasi enam). Rata-rata curah hujan terendah terjadi di lokasi satuSumatera Utara, 2.578 mm yang diikuti oleh lokasi enam di Kalimantan Timur (2.637 mm) dan lokasi tiga di Sumatra Selatan (2.773 mm). Rata-rata curah hujan tertinggi terjadi di lokasi dua yaitu 3.133 mm. KKAT ditentukan dari kelas tekstur tanah utama pada lokasi perkebunan (Tabel 4).

Tabel 4: Karakterisasi perkebunan untuk simulasi PALMSIM.

Hasil

Studi Kasus 1: Peta potensi produksi TBS kelapa sawit untuk lokasi terdegradasi di Kalimantan

PALMSIM mensimulasikan produksi (yang dibatasi oleh radiasi dan air saja) untuk Kalimantan yang menunjukkan hasil dibawah 10 ton ha^{-1} di Tengah dan Timur Laut hingga ke tingkat produksi yang sangat tinggi lebih dari 40 ton ha^{-1} di wilayah pesisir (Gambar 5). Hasil rendah dari simulasi di wilayah bagian Tengah dan Timur Laut menunjukan wilayah tinggi dan termasuk kawasan hutan hujan – oleh karena itu tidak sesuai. Hasil simulasi yang sangat tinggi yang melebihi 40 ton TBS ha^{-1} untuk wilayah selatan adalah kawasan dengan lahan gambut, yang tidak dihubungkan dengan kesesuaian budidaya tanaman kelapa sawit karena kepentingan lingkungan (Gambar 5).

Overlay wilayah yang sesuai hasil identifikasi Gingold dkk. (2012) dengan hasil simulasi PALMSIM (Gambar 6) menunjukkan bahwa 8,1% dari lahan tersebut memiliki potensi produktivitas lebih dari 40 ton TBS ha^{-1} TBS. Porsi terbesar (35,6% dari lahan yang sesuai atau 115.300 km^2) masuk dalam kategori antara 35 dan 40 ton TBS ha^{-1}. Porsi yang sama sekitar 20% (atau 63.000 km^2) masuk dalam kategori 25-30 dan 30-35 ton TBS ha^{-1}. Sebagian kecil masuk kategori 15-25 ton TBS ha^{-1}, yang meliputi area seluas 56.500 km^2 (17,4%). Hanya 1.300 km^2yang memiliki hasil yang sangat rendah di bawah 15 ton TBS ha^{-1}.

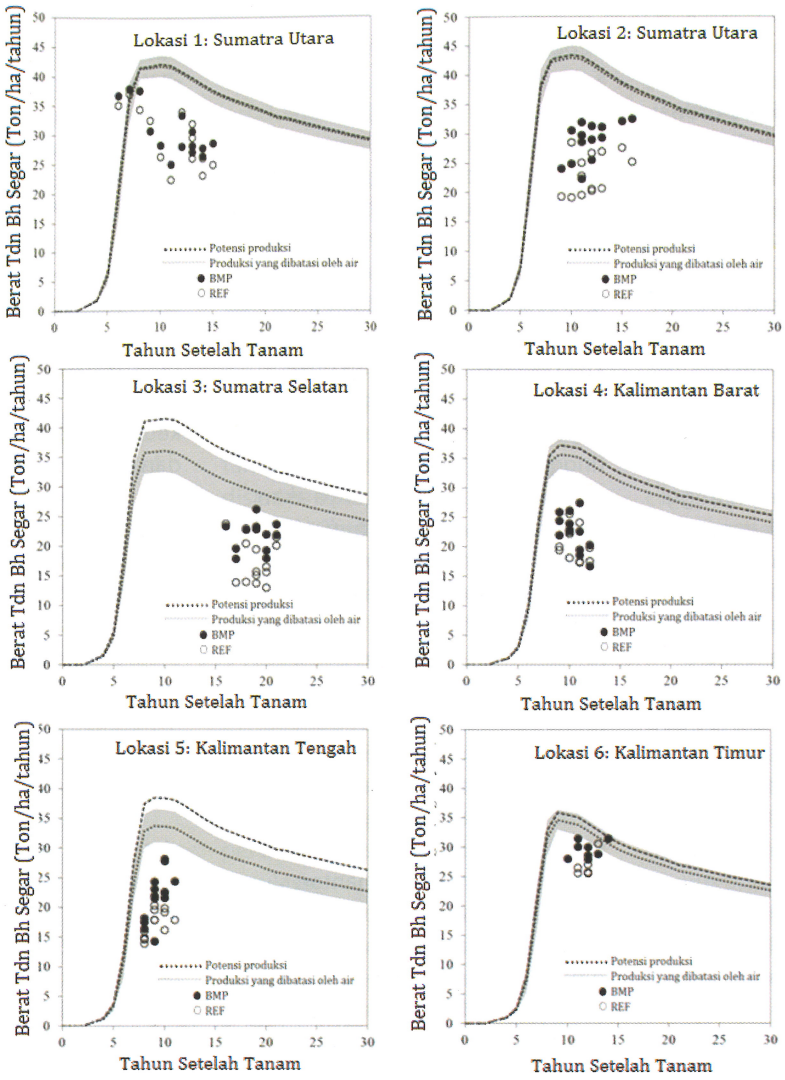
Studi Kasus 2: Penilaian kesenjangan produksi BMP proyek dari SEAP-IPNI

Pengamatan produksi TBS dari blok BMP pada umumnya lebih tinggi daripada REF di lokasi dua, tiga, empat dan lima (Gambar 7). Di lokasi 1 dan 6, perbedaan produksi BMP-REF tidak terlalu besar. Produksi TBS di BMP mencapai 25-38 ton TBS ha^{-1} untuk lokasi satu, 21-33 ton TBS ha^{-1} di lokasi dua, 18-28 ton TBS ha^{-1} di lokasi tiga, 16-27 ton TBS ha^{-1} di lokasi empat, 13-29 ton TBS ha^{-1} di lokasi lima dan 27-32 ton TBS ha^{-1} di lokasi enam.

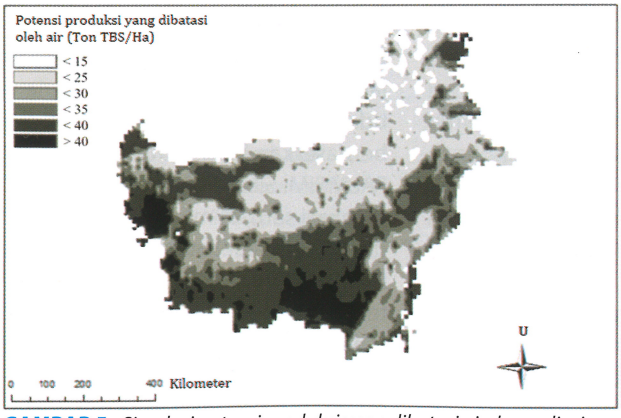
PALMSIM mengsimulasikan potensi produksi TBS yang berbeda-beda dari lokasi ke lokasi (Gambar 7): Pada fase datar, potensi produksi tertinggi di lokasi satu dan dua, mencapai 45 ton TBS ha^{-1} dan terendah di lokasi enam dengan hasil 35 ton TBS ha^{-1}. Di lokasi satu, dua, empat dan enam, hanya ada perbedaan sedikit antara potensi produksi (yang dibatasi hanya oleh radiasi matahari) dan produksi yang dibatasi air. Untuk lokasi tiga dan lima, ada perbedaan sebesar 5 ton TBS ha^{-1}. Selain itu, variabilitas potensi produksi yang ditunjukan oleh amplitudo dari zona potensi produksi (zona abu-abu pada Gambar 7) terkuat dibandingkan dengan lokasi lain.

Bersambung Ke BAG III Edisi 163 Juni 2017

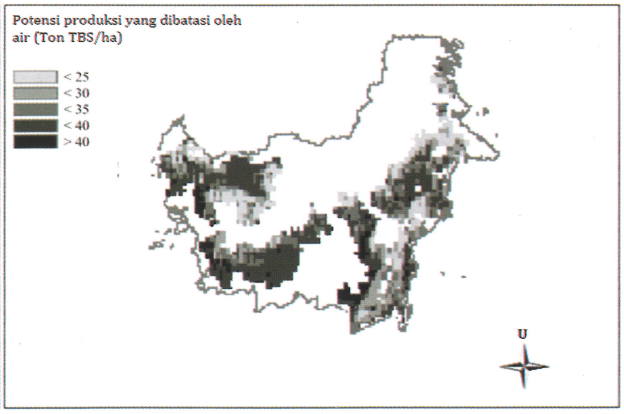
Lokasi	Tekstur tanah dominan	KKAT
Lokasi 1	*Lempung liat berpasir/lempung berpasir*	*157*
Lokasi 2	*liat berpasir/liat berpasir*	*142*
Lokasi 3	*Lempung liat berpasir/Liat berpasir*	*140*
Lokasi 4	*Pasir berlempung/pasir berlempung*	*107*
Lokasi 5	*Pasir berlempung*	*40*
Lokasi 6	*Lempung berliat*	*157*



GAMBAR 7 : *Simulasi rata-rata potensi produksi dan produksi yang dibatasi air untuk 6 lokasi perkebunan di Indonesia berdasarkan data 99 tahun yang digunakan oleh PALMSIM (data berasal dari MARKSIM). Zona abu-abu memberikan standar deviasi untuk rata-rata produksi. Pengamatan produksi dari blok best management practice dan blok referensi ditampilkan dalam titik-titik.*



GAMBAR 5 : *Simulasi potensi produksi yang dibatasi air dan radiasi matahari untuk Kalimantan pada skala 0,1° grid berdasarkan hasil dari PALMSIM.*



GAMBAR 6 : *Potensi produksi yang dibatasi oleh faktor air dan radiasi matahari pada grid 0,1° berdasarkan hasil PALMSIM. Lokasi yang tidak sesuai untuk perkebunan menurut Gingold dkk. (2012) telah dikeluarkan.*

DISKUSI

Studi Kasus 1: Menilai potensi produktivitas kelapa sawit di lokasi terdegradasi Kalimantan

Simulasi peta produksi yang dibatasi oleh air menghasilkan zona potensi berproduktivitas tinggi (Gambar 5). Lahan tersebut berada di kawasan pesisir dan datar dengan radiasi matahari yang lebih tinggi dan curah hujan yang lebih sedikit. Sejalan dengan meningkatnya ketinggian, terjadi penutupan awan yang lebih tinggi (Corley dan Tinker, 2003), yang mengarah ke potensi produktivitas yang lebih rendah. Suhu yang lebih rendah (<20°C) yang berkaitan dengan ketinggian yang lebih tinggi menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tandan (Corley dan Tinker, 2003); kawasan dengan rata-rata suhu tahunan kurang dari 16°C dianggap tidak sesuai untuk tanaman kelapa sawit.

Simulasi potensi produksi tinggi (> 40 ton ha^{-1}) untuk Kalimantan Selatan harus ditafsirkan dengan hati-hati karena kendala dominanya lahan gambut di kawasan tersebut yang tidak terekam dalam model (biaya pembuatan drainase, status unsur hara yang rendah pada lahan tersebut). Umumnya, lahan gambut ini sangat penting untuk kepentingan lingkungan (wadah CO_2), dan akibatnya diklasifikasikan ke dalam lahan yang tidak sesuai untuk tanaman kelapa sawit.

Namun di Kalimantan Barat, radiasi matahari tinggi dan curah hujan cukup, sesuai dengan model, mengarah pada produksi yang dibatasi air tinggi, dan menurut Gingold dkk. (2012) kawasan ini memiliki lahan yang sesuai untuk kelapa sawit. Survei untuk perencanaan penggunaan lahan kelapa sawit di kawasan ini dan beberapa bagian tertentu di Kalimantan Timur harus dilakukan, dimana lahan diklasifikasikan dalam kategori sesuai tinggi yang sesuai dengan simulasi hasil tinggi. Namun 43,7% dari lahan yangdiklasifikasikan sesuai dan sangat sesuai oleh Gingold dkk. (2012) telah disimulasikan produksi yang dibatasi air di atas 35 ton TBS ha^{-1}. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh rata-rata curah hujan tahunan di kawasan tersebut tinggi di atas 2.500 mm (Gambar 2). Kekurangan air biasanya akan berlaku pada tahun-tahun yang lebih kering daripada rata-rata tahunan atau pada saat kondisi tanah memiliki KKAT yang sangat rendah. Konsekwensinya, radiasi matahari sering menjadi faktor pembatas untuk pertumbuhan dalam analisis simulasi.

Dalam literatur, ada diskusi terbatas tentang perbedaan hasil yang terkait iklim di Kalimantan. Biasanya, iklim di Kalimantan dan Sumatera dianggap baik untuk tanaman kelapa sawit jika dibandingkan dengan wilayah lain. Namun, penilaian spesifik lokasi di luar zona agro-ekologi skala besar jarang ditemukan (Corley dan Tinker, 2003).

Studi Kasus 2: Menjelajahi kesenjangan produksi kelapa sawit yang terkait dengan aspek manajemen dan iklim

Memahami keterbatasan produksi terkait iklim adalah kunci ketika menafsirkan dan membandingkan hasil percobaan lapangan dari beberapa lokasi, seperti halnya proyek BMP dari IPNI-SEAP. Umumnya, radiasi matahari lebih tinggi di Sumatera daripada Kalimantan, akibatnya hasil model menunjukkan potensi produksi (dibatasi oleh radiasi matahari saja) lebih dari 40 ton TBS ha^{-1} di fase datar untuk lokasi Sumatera dan di Kalimantan di bawah 40 ton TBS ha^{-1}. Hal ini mungkin disebabkan penutupan awan di Kalimantan lebih tinggi.

Kesenjangan produksi yang dibatasi air yang dapat dicapai dan potensi produksi berbeda dari lokasi ke lokasi: Sementara untuk dua lokasi di Sumatera Utara tidak terjadi defisit air yang besar sepanjang simulasi berjalan, stres kecil terjadi untuk lokasi empat dan enam di Kalimantan. Lokasi tiga di Sumatera bagian Selatan dipengaruhi oleh kekurangan air regular dimana distribusi curah hujan tahunan adalah sangat musiman (Gambar 3) jika dibandingkan dengan lokasi lain. Lokasi lima di Kalimantan Tengah, kekuragan air dikarenakan curah hujan yang rendah dan tanah (pasir) dengan KKAT yang sangat rendah.

Kesenjangan produksi yang terkait manajemen, yaitu perbedaan antara produksi yang dibatasi air dan hasil pengamatan produksi BMP dan REF, paling kecil terjadi di lokasi enam (Gambar 7). Di lokasi ini, produksi kebanyakan blok BMP dan beberapa blok REF sesuai dengan zona potensi produksi. Di sini, manajemen sudah dijalankan pada batas atas produksi dan perbedaan antara BMP dan REF sangat tidak jelas. Oleh karena itu, peningkatan lebih jauh melalui perbaikan manajemen tidak mungkin dilakukan lagi berdasarkan hasil simulasi PALMSIM. Situasi yang sama terjadi di lokasi satu, di mana produksi BMP dan REF mendekati batas produksi. Di lokasi tiga, hasil TBS yang rendah terutama disebabkan oleh usia tanaman. Namun, masih mungkin untuk meningkatkan produksi mendekati produksi yang dibatasi oleh air melalui penerapan BMP. Peningkatan produksi yang lebih

baik lagi tidak mungkin dilakukan di lokasi tersebut daripada lokasi lainnya untuk produksi yang dibatasi air. Lokasi dua menunjukan kesenjangan produksi yang lebih besar. Implementasi BMP telah memperbaiki kondisi ini, namun masih ada potensi untuk eksploitasi. Alasan utama mungkin bahan tanam yang jelek (kontaminasi dura tinggi), yang tidak dapat diubah dalam jangka pendek. Alasan yang sama juga mungkin menjelaskan kesenjangan produksi yang terjadi di lokasi lima.

Untuk meringkas hasil simulasi, analisis menunjukkan bahwa lokasi satu dan enam telah beroperasi pada batas atas produksi, dan lokasi tiga dapat ditingkatkan dengan penanaman ulang. Untuk lokasi dua, empat dan lima, kesenjangan produksi lebih besar terkait dengan manajemen. Analisis tersebut dapat membantu untuk memahami hasil evaluasi percobaan best management practices di lapangan dengan lebih baik.

Ada fokus yang kuat untuk nutrisi yang menyebabkan kesenjangan produksi dalam penelitian kelapa sawit (Dubosdkk, 2010;Rafflegeau dkk, 2010; Webb, 2008; Webb dkk, 2011..), tetapi literatur mengenai kesenjangan produksi yang berhubungan dengan iklim untuk lokasi tertentu terbatas. Beberapa penelitian mencoba menghubungkan produksi dengan kondisi cuaca (Adam dkk, 2011; Caliman dan Southworth, 1998; Combres dkk, 2013; Dufrene dkk, 1990; Legros dkk, 2009). Ekspansi kelapa sawit saat ini di Afrika dan Amerika Selatan dengan iklim yang berbeda dengan yang ada di Asia Tenggara tentu akan meningkatkan minat terhadap hubungan iklim dan produktivitas kelapa sawit. Penelitian ini menggambarkan meskipun dalam kawasan Asia Tenggara, perbedaan potensi produksi dan produksi yang dibatasi air dapat ditemukan. Namun, hasil simulasi ini harus digunakan dengan hati-hati, sebagai input data untuk model seperti KKAT dan, khususnya data cuaca simulasi tidak dapat menjamin akurasi secara terperinci. Perhatian saat ini dalam studi kesenjangan produksi berdasarkan model simulasi masih terbatas pada tanaman tahunan, seperti yang disampaikan oleh van Ittersum dkk. (2013) sebagai model dan input data yang agak langka untuk tanaman perkebunan tropis (van Oijen dkk., 2010).

Pendekatan dalam penelitian ini menggunakan model PALMSIM dengan input data rendah menunjukkan beberapa wawasan yang berguna dan memberikan analisis kesenjangan produksi pertama berdasarkan pemodelan simulasi.

Namun, ini mengandung sejumlah faktor tertentu yang tidak pasti, seperti suhu, distribusi curah hujan dalam waktu satu bulan, dan efek nutrisi yang tidak terekam dalam model ini. Meskipun tantangan ini, studi-studi kesenjangan produksi berdasarkan simulasi pemodelan bisa secara potensi lebih bermanfaat bagi tanaman perkebunan tropis. Percobaan lapangan untuk tanaman keras secara finansial dan logistik sulit untuk dilakukan; untuk tanah yang tidak digarap, hal ini hilang. Studi perubahan iklim kelapa sawit berdasarkan analisis pemodelan masih kurang. Simulasi pemodelan dapat membantu untuk mengevaluasi apakah suatu wilayah tertentu masih sesuai dalam 20 atau 30 tahun, dengan mempertimbangkan bahwa investasi ini harus dibuat sekarang.

Tantangan untuk tolak ukur produksi pada kelapa sawit

Untuk kedua strategi intensifikasi berkelanjutan yang diusulkan –yaitu ekspansi kelahan terdegradasi saja dan meningkatkan produktivitas lahan yang sudah ditanami –tolak ukur produksi di atas bisa digunakan sebagai alat yang berharga dan mendukung. Namun, mendefinisikan produksi yang dibatasi air adalah menantang pada tanaman menahun. Tanaman tersebut sangat dipengaruhi oleh cuaca jangka panjang, yang tidak hanya terbatas pada satu tahun. Sebaliknya, cuaca beberapa tahun menentukan produksi yang dibatasi air untuk lokasi tertentu (Carr, 2011).

Dalam penelitian ini kami menguraikan secara berbeda dengan tantangan ini: untuk pembuatan peta produksi kelapa sawit dari Kalimantan hanya data rata-rata cuaca digunakan. Dalam penilaian kesenjangan produksi, skenario kemungkinan data cuaca 99 tahun digunakan untuk simulasi produksi yang dibatasi air. Pendekatan pertama ini mungkin cukup untuk memberikan gambaran lokasi mana yang lebih baik. Namun, untuk pemahaman yang lebih baik dari potensi produktivitas lokasi tertentu perlu untuk mengetahui rentang produksi yang mungkin. Untuk merefleksikan hal ini, kami mengembangkan konsep zona produksi yang dibatasi oleh air (Gambar 7), yang mewakili rata-rata plus/minus standar deviasi dari produksi TBS sebagai hasil dari 99 simulasi. Namun, pendekatan ini masih jauh dari akurasi analisis kesenjangan produksi pada tanaman tahunan. Hal ini terutama dikarenakan kesederhanaan PALMSIM, terutama dalam hal neraca air, dan kedua kurangnya informasi dalam hal data pengamatan cuaca jangka panjang.

KESIMPULAN

Untuk menyeimbangkan dampak besar lingkungan dari perkebunan kelapa sawit dan meningkatnya permintaan minyak sawit, intensifikasi berkelanjutan - melalui ekspansi yang hanya ke lahan terdegradasi dan peningkatan produktivitas per satuan unit lahan untuk lahan yang telah ditanami - sangat diperlukan. Untuk kedua strategi tersebut, tolak ukur produksi dengan simulasi pemodelan dapat menjadi alat yang beguna dan mendukung. Oleh karena itu, kami menggunakan model PALMSIM fisiologis kelapa sawit sederhana untuk menetapkan target produksi dalam dua studi kasus yang menggambarkan dua pilihan untuk intensifikasi berkelanjutan. Jalur kuantitatif terhadap hasil tolak ukur seperti ini adalah - untuk pengetahuan kita - sebuah pendekatan baru untuk produksi kelapa sawit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Untuk informasi lebih lanjut mengenai model termasuk sumber kode tersedia pada http://www.uni-goettingen.de/en/palmsim/499488.html. Artikel ini merupakan bagian dari thesis Doktoral Munir Hoffmann (2015) "Understanding potential yield in the context of the climate and resource constraint to sustainably intensify cropping systems in tropical and temperate regions" University of Göttingen, Germany.

Catatan:

Versi asli dari artikel ini diterbitkan di "The Planter"; Kuala Lumpur, 91 (1067): 81-96 (2015)

DAFTAR PUSTAKA

ADAM, H., COLLIN, M., RICHAUD, F., BEULÉ, T., CROS, D., OMORÉ, A., NODICHAO, L., NOUY, B., TREGEAR, J.W., 2011. Environmental Regulation of Sex Determination in Oil Palm: Current Knowledge and Insights from Other Species. Ann. Bot. 108 (8): 1529–37.

BATJES, N.H., 2009. Harmonized Soil Profile Data For Applications At Global And Continental Scales: Updates To The WISE Database. Soil Use and Management 25 (2): 124-127.

CARLSON, K.M., CURRAN, L.M., ASNER, G.P., PITTMAN, A.M., TRIGG, S.N., MARION ADENEY, J., 2012. Carbon Emissions from Forest Conversion by Kalimantan Oil Palm Plantations. Nat. Clim. Chang. 3: 283–287.

CALIMAN, P., SOUTHWORTH, A.1998. Effect Of Drought And Haze On The Performance of Oil Palm. International Oil Palm Conference, Bali, 25; 250-274.

CARR, M.K.V., 2011. The Water Relations and Irrigation Requirements of Oil Palm (*Elaeis Guineensis*): A Review. Exp. Agric. 47 (4): 629–652.

COMBRES, J.-C., PALLAS, B., ROUAN, L., MIALET-SERRA, I., CALIMAN, J.-P., BRACONNIER, S., SOULIÉ, J.-C., DINGKUHN, M., 2013. Simulation of Inflorescence Dynamics in Oil Palm And Estimation Of Environment-Sensitive Phenological Phases: A Model Based Analysis. Funct. Plant Biol. 40 (3): 263.

CORLEY, R.H.V., 2009. How Much Palm Oil Do We Need? Environmental Science & Policy 12:134-139.

CORLEY, R.H.V., TINKER, P.B.H., 2003. The Oil Palm, 4th ed. Wiley-Blackwell.

DONOUGH, C. R., WITT, C., FAIRHURST, T. H., 2009. Yield Intensification in Oil Palm Plantations Through Best Management Practice. Better Crop. Int. 93(1):12–14.

DONOUGH, C.R., WITT, C., FAIRHURST, T.H., 2010. Yield Intensification in Oil Palm Using BMP As A Management Tool. Presented at: International Oil Palm Conference 2010, 1-3 June 2010, Jogjakarta, Indonesia. Indonesian Oil Palm Research Insitute (IOPRI).

DONOUGH, C.R., OBERTHUR. T., COCK, J., RAHMADSYAH, GATOT, A., KOOSENI, I., AHMAD, L., TENRI, D., WITT, C., FAIRHURST, T.H., 2011. Successful Yield Intensification with Best Management Practices (BMP) For Oil Palm At Six Plantation Locations Representing Major Growing Environments of Southeast Asia. In: Proceedings of Agriculture, Biotechnology & Sustainability Conference (unedited), PIPOC 2011, 15-17 November 2011, Kuala Lumpur, Malaysia. Malaysian Palm Oil Board (MPOB), 464-469.

DUBOS, B., ALARCÓN, W.H., LÓPEZ, J.E., OLLIVIER, J., 2010. Potassium Uptake and Storage in Oil Palm Organs: The Role of Chlorine and the Influence

of Soil Characteristics in the Magdalena Valley, Colombia. Nutr. Cycl. Agroecosystems 89 (2): 219–227.

DUFRÊNE, E., OCHS, R., SAUGIER, B., 1990. Oil Palm Photosynthesis and Productivity Linked to Climatic Factors. Oleagineux 45 (8-9): 345-355.

FAO, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat. <http://faostat3.fao.org/home/index.html> (accessed 25.04.13).

FEINTRENIE, L., CHONG, W.K., LEVANG, P., 2010. Why Do Farmers Prefer Oil Palm? Lessons Learnt From Bungo District, Indonesia. Small-scale For. 9 (3): 379–396.

GINGOLD, B., ROSENBARGER, A., MULIASTRA, Y.I.K.D., STOLLE, F., SUDANA, I.M., MANESSA, M.D.M., MURDIMANTO, A., TIANGGA, S.B., MADUSARI, C.C., DOUARD, P., 2012. How to Identify Degraded Land for Sustainable Palm Oil in Indonesia. Working Paper. World Resources Institute and Sekala, Washington, DC. WRI/SE. <http://wri.org/ publication/identifying-degraded-land-sustainable-palm-oil-indonesia>.

HENSON, I.E., 2009. Modelling Dry Matter Production, Partitioning and Yield Of Oil Palm. OPRODSIM: A Mechanistic Simulation Model For Teaching and Research: Technical Manual And User's Guide. Malaysian Palm Oil Board. Ministry of Plantation Industries and Commodities Malaysia. 92p

HUTH, N.I., M. BANABAS, P.N. NELSON, AND M. WEBB., 2014 Development of an Oil Palm Cropping Systems Model: Lessons Learned and Future Directions. Environ. Model. Softw. In press.

HOFFMANN, M.P., CASTANEDA VERA, A., VAN WIJK, M.T., GILLER, K.E., OBERTHÜR, T., DONOUGH, C., WHITBREAD, A. M., 2014. Simulating Potential Growth and Yield of Oil Palm (*Elaeis Guineensis*) with PALMSIM: Model Description, Evaluation and Application. Agric. Syst. 131: 1–10.

JONES, P.G., THORNTON, P.K., 2013. Generating Downscaled Weather Data From A Suite of Climate Models for Agricultural Modelling Applications. Agric. Syst. 114: 1–5.

KOH, L.P., MIETTINEN, J., LIEW, S.C., GHAZOUL, J., 2011. Remotely Sensed Evidence of Tropical Peatland Conversion to Oil Palm. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 108 (12): 5127–32.

LEGROS, S., MIALET-SERRA, I., CLÉMENT-VIDAL, A., CALIMAN, J.-P., SIREGAR, F. A, FABRE, D., DINGKUHN, M., 2009. Role of Transitory Carbon Reserves during Adjustment to Climate Variability and Source-Sink Imbalances In Oil Palm (*Elaeis Guineensis*). Tree Physiol. 29 (10): 1199–1211.

RAFFLEGEAU, S., MICHEL-DOUNIAS, I., TAILLIEZ, B., NDIGUI, B., PAPY, F., 2010. Unexpected N and K Nutrition Diagnosis in Oil Palm Smallholdings Using References of High-Yielding Industrial Plantations. Agron. Sustain. Dev. 30 (4): 777–787.

RHEBERGEN, T. 2012 Analysis of Implementation of Best Management Practices in Oil Palm Plantations In Indonesia. MSc thesis. Plant production Systems. Download from: http://edepot.wur.nl/211498

RHEBERGEN, T., HOFFMANN, M.P., ZINGORE, S., OBERTHÜR, T., ACHEAMPONG, K., DWUMFOUR, G., ZUTAH, V., ADU-FRIMPONG, C., OHIPENI, F., FAIRHURST, T., 2014. The Effects of Climate, Soil and Oil Palm Management Practices On Yield In Ghana. International Oil Palm Conference (IOPC) 17 to 19 June, Bali, Indonesia.

RIST, L., FEINTRENIE, L., LEVANG, P., 2010. The Livelihood Impacts of Oil Palm: Smallholders In Indonesia. Biodivers. Conserv. 19 (4): 1009–1024.

SAYER, J., GHAZOUL, J., NELSON, P., KLINTUNI BOEDHIHARTONO, A., 2012. Oil Palm Expansion Transforms Tropical Landscapes And Livelihoods. Glob. Food Sec. 1 (2): 114–119.

SURRE, C., 1968. Les Besoins En Eau Du Palmier A Huile. Oléagineux 23: 165–167

VAN ITTERSUM, M.K., CASSMAN, K.G., GRASSINI, P., WOLF, J., TITTONELL, P., HOCHMAN, Z., 2013. Yield Gap Analysis with Local to Global Relevance: A Review. F. Crop. Res. 143: 4–17.

VAN OIJEN, M., DAUZAT, J., HARMAND, J.-M., LAWSON, G., VAAST, P., 2010. Coffee Agroforestry Systems in Central America: I. A Review of Quantitative Information on Physiological and Ecological Processes. Agrofor. Syst. 80 (3): 341–359.

WEBB, M.J., 2008. A Conceptual Framework for Determining Economically Optimal Fertiliser Use In Oil Palm Plantations with Factorial Fertiliser Trials. Nutr. Cycl. Agroecosystems 83 (2): 163–178.

WEBB, M.J., NELSON, P.N., ROGERS, L.G., CURRY, G.N., 2011. Site-Specific Fertilizer Recommendations for Oil Palm Smallholders Using Information from Large Plantations. J. Plant Nutr. Soil Sci. 174 (2): 311–320.

CATATAN:

Dalam Edisi 161 Bulan April Dalam Rubrik Jurnal, Kami Memuat Bagian I Karena Alasan Redaksi Maka Dalam Edisi 162 Bulan Mei Kami Ulangi Kembali Dari Awal Sampai Selesai, *Redaksi.*