



# Pemodelan Pertumbuhan Tanaman, Pohon dan Perubahan Lansekap

Oleh: Degi Harja dan Subekti Rahayu

Saat ini pemerintah sedang gencar-gencarnya mencanangkan penanaman pohon terutama di lahan-lahan kritis. Setelah sekian juta pohon tertanam, apa yang terjadi 30, 40 atau 50 tahun yang akan datang pada lokasi tersebut? Tak ada yang tahu, dan si penanam pun belum tentu dapat menyaksikan hasil jerih payahnya. Namun salah satu motivasi utama bagi mereka adalah “menanam untuk anak cucu”.

Keberhasilan penanaman lahan dapat diperkirakan melalui beberapa metode pendugaan yang berkembang saat ini, sehingga dapat direncanakan berapa banyak, dimana dan bagaimana pola penanamannya. Pada era teknologi komputer dan dengan berkembangnya ilmu pengetahuan saat ini, kita dapat menduga bagaimana pertumbuhan pohon tersebut beberapa tahun yang akan datang. Dengan model simulasi kita dapat melihat apakah satu species pohon dapat ditanam bersama-sama dengan tanaman lain, berapa jarak tanam untuk mendapatkan pertumbuhan optimal, dan bagaimana petani melakukan manajemen terhadap lahannya.

## Model, model simulasi, pemodelan dan Ilmu Pengetahuan

Model adalah contoh sederhana yang mewakili atau menggambarkan suatu

sistem yang nyata. Model itu sendiri dibangun dari hasil penelitian atau pengalaman yang berulang-ulang, sehingga tercipta suatu pengetahuan. Oleh karena itu, model memiliki peranan penting di dalam ilmu pengetahuan.

Lantas, apakah yang dimaksud dengan pemodelan itu? Pemodelan adalah suatu kegiatan yang berhubungan dengan model, mulai dari membangun model, melakukan validasi, menjalankan model hingga menganalisa hasil untuk mendapatkan suatu ilmu pengetahuan baru. Sedangkan model simulasi merupakan penyederhanaan suatu proses menggunakan formula matematika untuk mengkaji pertumbuhan tanaman, pohon dan perubahan lansekap sebagai akibat dari berbagai macam faktor yang mempengaruhi pertumbuhan.

## Apakah gunanya Pemodelan?

Pemodelan sangat penting dalam suatu penelitian, terutama untuk menghemat waktu dan biaya serta menghindari resiko kerusakan atau bahaya apabila dilakukan pada sistem nyata. Sebagai contoh, kita ingin melakukan penelitian untuk mengetahui perbedaan pertumbuhan pohon jati apabila ditanam secara monokultur dan secara tumpang sari dengan pohon

cedana. Untuk mengetahui hasilnya diperlukan waktu pengamatan paling sedikit 30-40 tahun untuk dapat melihat pertumbuhan dalam satu siklusnya. Bayangkan berapa lama seorang peneliti dapat bertahan untuk melakukan penelitian tersebut dan berapa banyak biaya yang dibutuhkan.

Sebagai alternatif untuk permasalahan diatas kita dapat menggunakan model simulasi. Model tersebut dapat dibangun dari hasil penelitian sebelumnya dengan melibatkan proses kausal menggunakan metode baik statistika, matematika maupun logika pemrograman. Dengan model simulasi tersebut kita dapat mencoba berbagai skenario model dan mendapatkan hasil dugaannya sebagai pertimbangan untuk suatu program yang akan direncanakan. Namun perlu diingat bahwa hasil dari suatu model adalah hanya berupa dugaan, artinya dalam kenyataannya bisa terjadi hal yang berbeda. Tapi tidak semata-mata hasil dari suatu model adalah hal yang tidak berguna, karena pada sistem model tersebut terdapat rangkaian logika sebab akibat berdasarkan hasil percobaan nyata, sehingga apapun hasilnya adalah merupakan ilmu pengetahuan yang bisa dijelaskan secara logis.

### Apa saja yang bisa dimodelkan?

Sebagian besar masyarakat Indonesia yang tinggal di pedesaan adalah petani. Tentu saja pengalaman bertani mereka yang telah berpuluh-puluh bahkan beratus-ratus tahun tersebut, baik secara langsung maupun tidak langsung menurun kepada anak cucunya, yaitu para petani kita sekarang. Bisa dibayangkan berapa banyak pengetahuan yang dapat digali dari pengalaman bertani mereka. Ditambah lagi dengan pengalaman para peneliti pertanian yang dituangkan dalam tulisan-tulisan berupa buku, literatur dan lain-lain. Jika semua itu dikumpulkan dan dirangkai menjadi suatu basis data, maka dapat digunakan untuk membangun suatu model pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, apabila ada pertanyaan: “apakah pertumbuhan tanaman bisa dimodelkan?”, jawabannya adalah: “kenapa tidak?”. Asalkan informasi yang dibutuhkan dalam membangun model tersebut terpenuhi, maka pertumbuhan tanaman dapat dimodelkan. Bahkan, tidak hanya pertumbuhan tanaman itu sendiri, tetapi interaksi tanaman tersebut dengan faktor lingkungannya berupa unsur biotik dan abiotikpun dapat dimodelkan. Pada skala yang lebih luas, model pertumbuhan tanaman dikaitkan dengan kehidupan sosial

ekonomi masyarakatpun dapat dibangun.

Telah diketahui secara umum bahwa dalam pertumbuhannya tanaman memerlukan air, udara, unsur hara dan cahaya matahari. Unsur-unsur tersebut diperlukan dalam proses fotosintesis yang selanjutnya menghasilkan zat gula dan disimpan dalam bentuk biomasa (akar, batang, daun, bunga, buah). Berapa jumlah air yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh? Berapa jumlah unsur haranya? Seberapa besar intensitas sinar matahari optimal yang diperlukan? Telah banyak catatan tentang besaran-besaran kebutuhan tanaman tersebut baik dari hasil penelitian maupun pengalaman petani. World Agroforestry Center (ICRAF) mencoba merangkai semua pengetahuan tersebut ke dalam sebuah model bernama **WaNuLCAS (Water, Nutrient and Light Capture in Agroforestry System)**, arti kepanjangannya adalah “Air, Unsur Hara dan Penyerapan Cahaya dalam Sistem Agroforestri”.

Dalam prosesnya, model WaNuLCAS tidak hanya mensimulasikan pertumbuhan tanaman, tapi juga persaingan dalam mendapatkan air, unsur hara dan cahaya jika dua jenis tanaman ditanam bersama-sama atau

ditanam dengan jenis pohon besar lainnya, seperti yang terjadi pada sistem tumpang sari (agroforestri sederhana). Dari simulasi persaingan tersebut kita bisa mendapat gambaran apakah dua jenis tanaman atau pohon bisa ditanam bersama? Berapa jauh jarak tanam yang optimum? Atau seberapa besar pertumbuhannya. Model WaNuLCAS ini cocok digunakan untuk memodelkan pola penanaman yang memiliki keteraturan seperti pada sistem tumpang sari dengan jarak tanam tertentu, sehingga masing-masing jenis tanaman memiliki zona pertumbuhan yang teratur.

Pada pola penanaman yang acak seperti pada kebun campur (agroforestri kompleks) dapat digunakan model lain yang menggunakan pendekatan spasial dan tiga dimensi yaitu **SEXI-FS (Spatially Explicite Individual-based Forest Simulator)**, yang arti kepanjangannya adalah model simulasi hutan dengan pendekatan spasial dan individual.

SEXI-FS dapat memprediksi pertumbuhan pohon, baik yang penanamannya secara acak maupun teratur. Namun, skala perhitungan pada model ini lebih kasar karena hanya memperhatikan persaingan dalam mendapatkan ruang dan cahaya

*Pengamatan kebutuhan cahaya pada tanaman karet sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan persaingan sumber daya.*





**Kiri:** Struktur, tekstur dan karakteristik kimia tanah dapat mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman, terutama dalam persaingan untuk mendapatkan unsur hara. **Kanan:** Ilmu pengetahuan dapat dihasilkan dari penelitian atau pengalaman yang berulang-ulang

dengan sedikit persaingan di bawah tanah tetapi tanpa memperhitungkan persaingan dalam mendapatkan air dan unsur hara secara detail. Meskipun demikian akurasi hasil prediksi pertumbuhan pohonnya bisa dipertanggung-jawabkan dan hasil simulasinya dapat dilihat dalam bentuk grafik tiga dimensi beserta interaksi dari masing-masing individual pohon.

SExI-FS cocok digunakan untuk mensimulasikan model kebun agroforestry yang dimiliki oleh petani dengan luasan 0.5 – 1 Ha, dimana model penanamannya cenderung acak dengan komposisi berbagai jenis pohon, baik jenis penghasil kayu maupun buah-buahan. Dalam simulasi, kita dapat menebang pohon dan melakukan penyisipan tanaman baru selama simulasi berjalan, seperti yang lazim dilakukan oleh petani agroforestry. Dengan pengelolaan yang bervariasi maka produktivitasnya pun akan bervariasi pula, sehingga kita dapat mencoba berbagai metode pengelolaan sehingga didapatkan produktivitas yang maksimum, seperti yang dilakukan oleh petani di sistem nyata.

Pada sistem nyata, pengelolaan kebun setiap petani kadang berbeda dengan petani lainnya, tergantung keinginan masing-masing dan kadang-kadang dipengaruhi oleh pasar dari produk yang dijual. Jika harga jual produk agroforestry naik maka petani cenderung akan mengganti tanamannya dengan tanaman yang dianggap lebih menguntungkan. Namun, petani lain bisa juga bertahan dengan komposisi kebun yang ada dengan pertimbangan biaya pengolahan atau alasan lain.

Dinamika pengelolaan kebun yang begitu beragam tersebut di satu sisi dapat memberikan keuntungan bagi petani, tetapi di lain pihak menyulitkan pemerintah daerah, misalnya dalam menghitung produktivitas daerah dari kebun petani. Tentunya, Pemerintah Daerah selaku pengambil kebijakan perlu mengetahui potensi daerahnya, karena sangat diperlukan dalam mengambil langkah-langkah pencegahan jika di kemudian hari terjadi ketidak seimbangan pasar, kehidupan penduduk maupun fungsi jasa lingkungan dari kawasan hijaunya.

Prediksi dinamika perubahan penggunaan lahan tidak mudah dilakukan dengan perhitungan sederhana, mengingat banyak faktor yang mempengaruhi variasi pengelolaan lahan yang dilakukan oleh petani. ICRAF juga telah mengembangkan model yang dikenal dengan nama **FALLOW (Forest, Agroforest, Low-value Landscape or Wasteland)** yang arti kepanjangannya adalah Hutan, Agroforestri, Lahan kurang produktif dan Lahan terlantar. FALLOW merupakan pemodelan skala lansekap dalam penggunaan lahan oleh petani berdasarkan pada berbagai faktor kemungkinan yang mempengaruhi keinginan para pemilik lahan untuk mengganti pola pengelolaan lahannya.

Fallow dapat digunakan oleh para pengambil kebijakan maupun peneliti untuk melihat kemungkinan perubahan penggunaan lahan yang terjadi jika suatu kebijakan diambil. Skenario yang dapat dimodelkan misalnya, apa yang akan terjadi 30 tahun kemudian jika Pemerintah Daerah memberikan subsidi pembibitan karet kepada para

petani? Atau apa yang akan terjadi pada penggunaan lahan di suatu wilayah penghasil tebu jika harga gula meningkat?

Pada kasus petani tebu dengan fenomena kenaikan harga tersebut diatas, telah dilakukan studi di ICRAF dan dapat ditunjukkan bahwa terjadi perluasan kebun tebu di wilayah tersebut karena petani cenderung ingin mendapat penghasilan yang lebih, dan kemungkinan akan terjadi konversi besar-besaran dari lahan hijau dengan nilai jasa lingkungan tinggi menjadi kebun tebu yang bernilai jasa lingkungan rendah, dan dengan menggunakan model dapat ditunjukkan seberapa besar perubahan lahan yang akan terjadi dalam beberapa tahun kemudian. Hasil prediksi ini dapat menjadi masukan kepada pengambil kebijakan untuk mencegah perubahan lahan yang lebih besar yang dapat berujung kepada ketidak-seimbangan lingkungan.

Banyak yang bisa ditunjukkan dari sebuah model simulasi, mulai dari model berskala individual (WaNuLCAS), plot (SExI-FS) maupun skala lansekap yang lebih luas (FALLOW). Semua model tersebut disediakan untuk kepentingan penelitian dan diharapkan dapat membantu para pengambil kebijakan untuk memperkirakan apa yang akan terjadi di masa yang akan datang, sehingga setiap keputusan yang diambil bisa lebih bijak dan memperhitungkan segala aspek. Semua model tersebut dapat diunduh secara gratis dari website: <http://www.worldagroforestry.org/sea/models>.