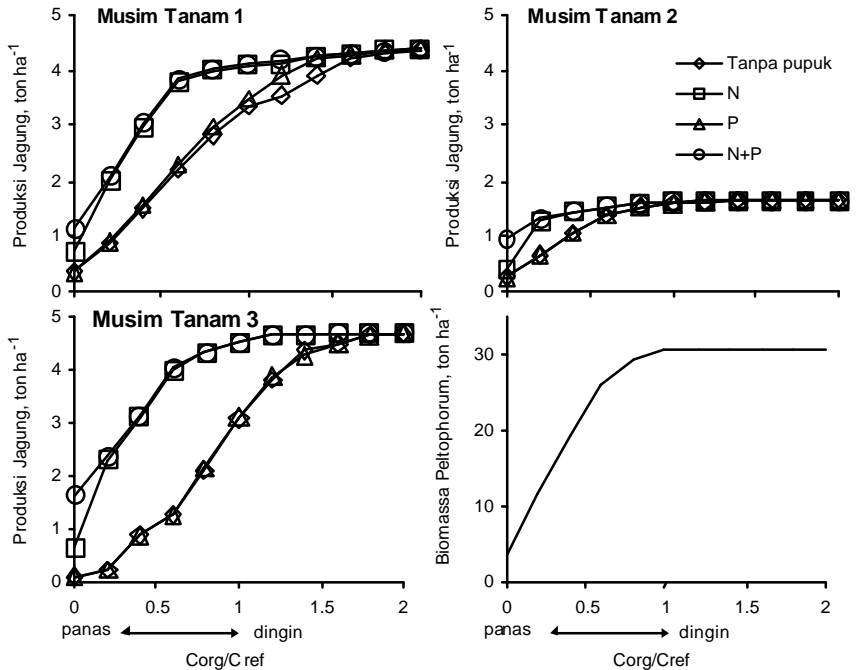


Gambar 9. Pengaruh perlakuan pemupukan N terhadap: (A) limpasan permukaan dan (B) drainase tanah pada pola tanam monokultur dan budidaya pagar.

(air yang keluar dari daerah perakaran) semakin berkurang bila dibandingkan dengan sistem monokultur (Gambar 9B). Jadi, pemakaian air oleh tanaman pagar secara tidak langsung dapat menurunkan pencucian N, dan memberikan waktu dan peluang kepada akar untuk menjalankan fungsi sebagai jaring penyelamat hara dengan mengambil N dari lapisan di bawah perakaran.

Hubungan tanah dingin dan usaha pemupukan pada sistem bera

Petani menyatakan kesuburan tanah dengan menggunakan istilah 'dingin' (subur) dan 'panas' (tidak subur). Sedangkan peneliti di bidang ilmu tanah menghubungkan kesuburan tanah dengan berbagai sifat tanah yang dapat diukur, namun tidak satupun sifat yang diukur dapat menggambarkan istilah sederhana tadi dengan tepat. Kemungkinan pendekatan yang paling tepat adalah dengan menghitung kejenuhan bahan organik tanah, yaitu nisbah antara kandungan total bahan organik tanah (C_{org}) pada kondisi sekarang dengan kandungan bahan organik dalam tanah yang bertekstur sama di bawah tegakan hutan (C_{ref}) pada iklim yang sama. Nilai nisbah (C_{org}/C_{ref}) yang diperoleh berkisar antara 0 – 1. Semakin rendah (mendekati nol) nilai nisbah C_{org}/C_{ref} suatu tanah maka tanah tersebut semakin 'panas'. Bila nilai C_{org}/C_{ref} mendekati nilai 1, maka tanah tersebut diklasifikasikan 'dingin'. Tanah pada lahan hutan yang baru saja dibuka mempunyai nilai nisbah 1. Sedangkan tanah hutan mempunyai nilai ≥ 1 , dikategorikan 'lebih dingin dari pada yang dingin'.



Gambar 10. Estimasi produksi biji jagung selama 3 musim tanam (MT). MT 1 dan 3 adalah pada musim penghujan (Desember-Maret) dari dua tahun simulasi, sedang MT 2 adalah pada kondisi kering (April-Juni). Setelah tanah diberakan (ditumbuhi petaian) yang merupakan titik awal simulasi, tanah mendapat perlakuan dengan atau tanpa pupuk N dan/atau P.

Berdasarkan kejenuhan bahan organik tanah (C_{org}/C_{ref}) ini, kita dapat melakukan simulasi model misalnya respon tanaman jagung terhadap pemupukan N dan P setelah lahan diberakan selama 2 tahun. Pada simulasi ini lahan bera ditumbuhi oleh petaian (*Peltophorum*), dengan perlakuan pemupukan: tanpa pupuk, +N, +P dan +N+P.

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa produksi jagung setelah 2 tahun pembeeraan sangat berkaitan dengan 'dinginnya' tanah pada awal pembeeraan. Pembeeraan selama 2 tahun ini tidak akan mempunyai pengaruh apapun pada tanah yang sudah terlanjur 'panas', dengan C_{org}/C_{ref} kurang dari 0.5 (Gambar 10). Hal ini sebagian dikarenakan pohon petaian tidak dapat tumbuh dengan baik sehingga tidak dapat memperbaiki kesuburan tanah. Tanah dengan nisbah C_{org}/C_{ref} sebesar 0.8 masih dapat menghasilkan produksi jagung yang cukup tinggi, meskipun tanpa pemupukan. Produksi jagung di musim tanam ketiga

sangat tergantung kepada tingkat kesuburan tanah awal (sebelum pemberaan). Jika nisbah $C_{org}/C_{ref} > 0.8$ maka respon tanaman jagung terhadap pemupukan akan rendah. Sedangkan pada tanah dengan nisbah $C_{org}/C_{ref} < 0.8$, respon tanaman jagung akan positif terhadap pemupukan N. Dalam hal ini, diasumsikan bahwa selama masa bera tidak ada masukan N secara langsung, N hanya didapatkan dari bahan organik tanah.

Respon tanaman jagung terhadap pemupukan P juga sangat kecil, meskipun konsentrasi awal P-Bray tanah cukup rendah. Dalam model ini, bahan organik tanah memberi masukan N dan P, tetapi nampaknya unsur N merupakan faktor pembatas utama sehingga tanaman menunjukkan respon yang lebih besar terhadap penambahan N.

Produksi jagung di musim tanam kedua lebih rendah dibandingkan dengan musim tanam kesatu dan ketiga, karena masalah kekurangan air. Pemberian pupuk pada musim tanam kedua ini tidak akan memperbaiki produksi jagung, kecuali pada tingkat nisbah $C_{org}/C_{ref} < 0.5$ (pada kondisi tanah '*panas*'). Hal inipun belum tentu menguntungkan karena tingkat produksi jagung yang diperoleh sangat rendah.

Secara keseluruhan contoh ini memperlihatkan bagaimana kita dapat menterjemahkan sifat '*dinginnya*' tanah ke dalam model dan membuat suatu prediksi yang masuk akal mengenai respon tanaman terhadap kandungan bahan organik, pemupukan, dan perbedaan musim dan tahun.

-- Ringkasan: interaksi pohon-tanah-tanaman pangan

Bila semua aspek interaksi dikombinasikan, maka dapat diperoleh gambaran sederhana tentang pengaruh tanaman pagar petanian terhadap produksi jagung pada sistem budi daya pagar (Tabel 4).

Dengan menggunakan model simulasi, dapat dipelajari bahwa pengaruh budidaya pagar sangat ditentukan oleh sifat dari masing-masing tanaman pagar. Kenyataan bahwa petanian tidak memiliki bintil akar yang dapat menambat N dari udara, menjelaskan ketergantungan sistem budidaya pagar tersebut terhadap pemupukan N. Tetapi apakah mungkin 'jaring penyelamat hara' dapat diperoleh dalam sistem tersebut bila tanaman pagar (legum) menyebabkan kelebihan N tersedia dalam tanah? Apa yang akan terjadi bila dua jenis tanaman (yang memiliki dan tidak memiliki bintil akar) dikombinasikan? Hal ini telah dicoba pada kebun percobaan

Tabel 4. Evaluasi dampak interaksi pohon dan tanaman pangan dalam sistem budidaya pagar dibandingkan dengan sistem monokultur.

Dampak pada	Indikator	Pengujian simulasi terhadap inovasi tanaman pagar petaian ¹⁾	
		Tanpa pupuk N	Dengan pupuk N
Peningkatan produktivitas lahan	Produksi pada MT1	0	-
	Produksi pada MT2	+	-
Kesuburan tanah	Bahan OrganikTanah	+++	+++
Siklus unsur hara	Serapan N	+	-
	Pencucian N	+	+++
	Jaring penyelamat hara	++	++
Sistem penyangga air	Limpasan permukaan	+++	+++
	Drainase	+	+

¹⁾ Dampak agak positif (+), cukup positif (++), sangat positif (+++), dan dampak agak negatif (-)

BMSF dengan mengkombinasikan gamal (berbintil akar) dengan petaian (tidak berbintil akar), hasil yang diperoleh membenarkan bahwa peran gamal sebagai jaring penyelamat hara lebih kecil dari pada petaian. Namun pengaruh negatif dari perakaran gamal yang lebih dangkal daripada petaian juga harus tetap diperhitungkan.

Di masa mendatang, model ini diharapkan bisa dipergunakan oleh tenaga penyuluh dengan bantuan peneliti, untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang mungkin muncul di lapangan. Dengan demikian penyuluh dapat memberikan jawaban yang cepat, dan bahkan dapat memberikan saran-saran kepada petani dalam memperkecil pengaruh negatif pohon dalam sistem agroforestri.

Pengelolaan Pohon

-- **Kelolanya baik, manfaatnya laik**

Telah diuraikan sebelumnya bahwa interaksi pohon-tanah-tanaman tergantung pada pertumbuhan dan bentuk spesifik dari pohon, baik pada bagian tajuk maupun akar tanaman. Sangatlah menarik untuk mengkaji seberapa besar aspek-aspek tersebut dapat dipengaruhi oleh adanya pengelolaan tajuk tanaman.

Ada 2 pertanyaan yang berhubungan dengan pengelolaan tajuk pohon yang mempengaruhi sebaran akar tanaman, yaitu:

a) Kapan dan pada ketinggian berapa pohon dipangkas?

b) Bagaimanakah teknik menanam pohon yang tepat untuk mendapatkan perkembangan akar yang dalam?

-- Tinggi pangkasan

Jawaban pertanyaan ini perlu dikaitkan dengan fungsi pohon yang kita harapkan sebagai jaring penyelamat hara, namun tidak menimbulkan persaingan akan air dan hara dengan akar tanaman semusim. Oleh karena itu, akar pohon harus menyebar secara horizontal, tetapi di bawah zone akar tanaman pangan.



Foto 20. Pemangkasan tanaman pagar: daun dan cabang kecil dikembalikan ke tanah, cabang yang besar untuk kayu bakar. (Foto: Kurniatun Hairiah)

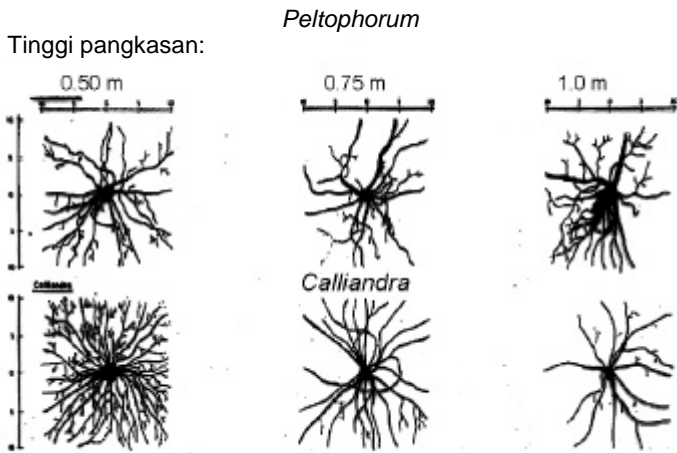
Percobaan yang dilakukan di Proyek BMSF, Pakuan

Ratu, Lampung menunjukkan bahwa semakin sering tajuk dipangkas (Foto 20), walaupun memperlambat efek naungan pohon pada tanaman pangan, terbukti merangsang pertumbuhan akar yang semakin menyebar di lapisan atas tanah (Gambar 11 dan Foto 21). Tinggi pangkasan yang

rendah (mendekati permukaan tanah) mengakibatkan tanaman membentuk lebih banyak akar halus pada lapisan 0-10 cm. Semakin banyak akar pohon yang terbentuk pada lapisan atas, semakin besar pula kemungkinan terjadinya kompetisi akan hara dan air antara akar pohon dan akar tanaman semusim. Di samping itu, tanaman yang berperakaran dangkal biasanya kurang



Foto 21. Sebaran akar petaian setelah 6 bulan batangnya dipangkas setinggi 50cm (kiri) dan 75cm (kanan). (foto: Kurniatun Hairiah)



Gambar 11. Sebaran akar petaian (*Peltophorum*) dan kaliandra (*Calliandra*) pada kedalaman 10 cm setelah 6 bulan dipangkas pada berbagai ketinggian. (Hairiah et al., 1992)

tahan terhadap kekeringan. Sehingga terjadi kegagalan fungsi sebagai jaring penyelamat hara.

Adanya pemangkasan tajuk petaian (*Peltophorum*) dan kaliandra (*Calliandra*), menyebabkan berkurangnya aktivitas akar. Jika pertumbuhan tajuk telah dimulai kembali, maka pertumbuhan akar-akar baru juga akan mengikuti. Dengan demikian, jika pemangkasan terlalu dini dilakukan, atau pada saat pohon masih muda, pertumbuhan akar hanya terbatas pada lapisan atas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemangkasan pertama sebaiknya dilakukan bila pohon telah cukup dewasa (sekitar 2 tahun), dimana akar pohon telah tumbuh cukup dalam.

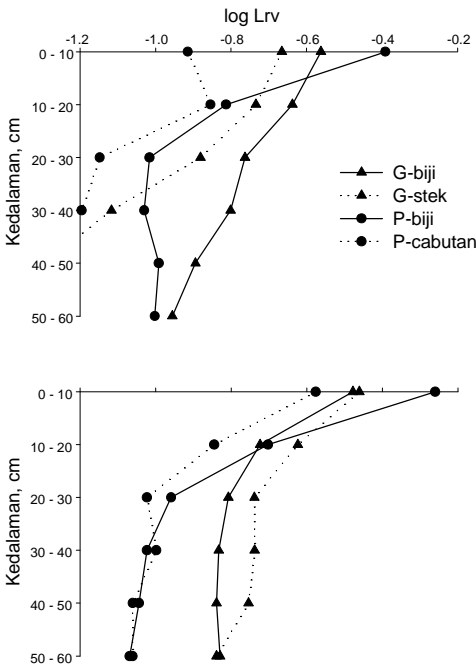
Hasil percobaan ini memberikan pelajaran bahwa untuk mendapatkan jaring penyelamat hara dari akar pohon, memang kita harus menerima adanya efek naungan pohon. Sebagai jalan tengahnya, jarak tanam pohon sebaiknya diperlebar.

-- Teknik menanam

Akar tumbuh lebih dalam bila ditanam langsung dari biji! Pernyataan ini umum kita jumpai. Kenyataannya di lapangan, petani juga suka menanam dari stek batang atau menggunakan bibit putaran karena lebih cepat.

Berikut ini disajikan hasil percobaan dari Proyek BMSFdi Pakuan Ratu, Lampung. Jenis pohon yang ditanam adalah gamal (*Gliciridia*) dan petaian (*Peltophorum*). Teknik penyediaan bibit gamal, menggunakan a) biji yang ditanam langsung di lapangan, serta b) menanam stek batang sepanjang 50 cm. Sedangkan teknik penyediaan bibit petaian menggunakan a) biji ditanam langsung di lapangan, dan b) menanam bibit cabutan. Perkembangan tajuk dan akar pohon diamati pada dua tahun pertama.

Hasil pengamatan pada periode pertama (15 bulan) menunjukkan bahwa penanaman pohon langsung dari biji menghasilkan panjang akar total lebih tinggi dibandingkan penanaman dengan bibit cabutan atau stek (Gambar 12). Namun pada periode pengamatan berikutnya, perbedaan kedua teknik penanaman tersebut secara bertahap mengecil.



Gambar 12. Pengaruh teknik penanaman gamal (G) dan petaian (P) terhadap panjang akar total (Lrv) pada berbagai kedalaman tanah, pada 2 periode pegamatan (gambar atas = tanaman berumur 15 bulan; dan gambar bawah = tanaman berumur 21 bulan)

Penanaman langsung dengan biji, sebenarnya lebih murah dan tidak membutuhkan tenaga yang banyak. Namun pertumbuhan pohon yang ditanam dengan teknik ini sangat lambat pada awalnya, sehingga memerlukan tenaga ekstra untuk penanggulangan gulma di sekeliling pohon. Bila penyediaan stek memungkinkan, maka teknik penanaman stek lebih menguntungkan karena pohon tumbuh dengan cepat menutupi permukaan tanah. Jadi kedua teknik penanaman sama-sama memiliki keuntungan dan kerugian. Petani dapat mencoba sendiri berbagai teknik penanaman yang lain pada berbagai pohon yang diinginkan, dengan mengamati pertumbuhan pohon di atas dan di bawah tanah.

Coba Dan Buktikan Sendiri

Telah dijelaskan betapa kompleksnya interaksi pohon – tanah –tanaman semusim dalam sistem agroforestri, sehingga kurang tepat bila peneliti/ penyuluh megeluarkan rekomendasi yang ‘baku’: ” Kerjakan ini! Jangan kerjakan itu”. Sistem pengelolaan berdasarkan rekomendasi baku sering mengalami kegagalan karena tidak sesuai dengan kondisi, kebutuhan dan kebiasaan setempat. Dan perlu dicatat bahwa “Tidak ada sistem pertanian yang selalu ideal”. Namun bila petani memahami prinsip dasar interaksi pohon – tanah–tanaman semusim, mereka dapat mengembangkan dan memperbaiki teknik pengelolaan yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhannya sendiri. Peneliti/penyuluh hanya membantu menyediakan alat bantu berupa jawaban dari pertanyaan -pertanyaan seperti : Mengapa tanah “dingin” atau “panas”?, atau Apakah akar pohon dalam atau dangkal?, atau Haruskah dan sampai berapa lamakah petani harus menunggu sampai suatu pohon dapat berproduksi, atau perlukah petani menanam tanaman pangan untuk kebutuhan jangka pandek? Apakah masih ada lahan “tidur” yang memungkinkan untuk diberakan secara alami menuju ke sistem agroforest kompleks? Atau akan dikelola lebih intensif dengan masukan tinggi dan tentu saja dengan harapan akan berhasil. Penyuluh tidak dituntut untuk dapat menjawab semua pertanyaan tersebut bagi petani, namun setidaknya memberi kesempatan untuk berpikir

Daftar Pustaka

- Hairiah, K., Van Noordwijk, M., Santoso, B. and Syekhfani, MS., 1992. Biomass production and root distribution of eight trees and their potential for hedgerow intercropping on an ultisol in Lampung. *AGRIVITA* 15: 54-68.
- Hairiah K, Van Noordwijk M and Cadisch G, 2000. Carbon and Nitrogen balance of three cropping systems in N. Lampung. *Neth.J. Agric. Sci.* 48(2000): 3-17.
- Michon G and de Foresta H, 1995. The Indonesian agro-forest model: forest resource management and biodiversity conservation. in Halladay P. and D.A. Gilmour eds.: *Conserving Biodiversity outside protected areas. The role of traditional agro-ecosystems.* IUCN: 90-106.
- Rowe E, Hairiah K, Giller K E, Van Noordwijk M and Cadisch G, 1999. Testing the "safety-net" role of hedgerow tree roots by ^{15}N placement at different soil depths. *Agroforestry Systems* 43(1-3):81-93. Kluwer Academic Publisher and ICRAF.
- Suprayogo D, Hairiah K, Van Noordwijk M, Giller K and Cadisch G, 1999. The effectiveness of hedgerow cropping system in reducing mineral N-leaching in Ultisol. *Int. C Ginting, A Gafur, FX Susilo, AK Salam, A Karyanto, S D Utomo, M Kamal, J Lumbanraja and Z Abidin (eds.). Proc. Int. Seminar Toward Sustainable Agriculture in the Humid Tropics Facing 21st Century UNILA, Lampung.* p. 96 - 106.
- Van der Heide, J., Setijono, S., Syekhfani, MS., Flach E.N., Hairiah, K., Ismunandar, S., Sitompul, S.M. and Van Noordwijk, M., 1992. Can low external input cropping systems on acid upland soils in the humid tropics be sustainable? Backgrounds of the UniBraw/IB Nitrogen management project in Bunga Mayang (Sungkai Selatan, Kotabumi, N. Lampung, S. Sumatera, Indonesia). *AGRIVITA* 15: 1-10
- Van Noordwijk M, Hairiah K, Lusiana B and Cadisch G, 1998. Tree-soil-crop interactions in sequential and simultaneous agroforestry systems. In: Bergstrom L and Kirchmann H (eds.). *Carbon and nutrient dynamics in natural and agricultural tropical ecosystems.* CAB International, Wallingford, UK. pp 173-191.
- Van Noordwijk M and Lusiana B, 1999. WANULCAS 1.2. Backgrounds of a model of water, nutrient and light capture in agroforestry systems. ICRAF SE. Asia, Bogor.

