

Sandalwood as a component of agroforestry: exploration of parasitism and competition with the WaNuLCAS model

Meine van Noordwijk¹, Albert Husein Wawo², Betha Lusiana¹
and Jim Roshetko¹

ICRAF SE Asia, P.O. Box 161, Bogor 16001, Indonesia; 2. LIPI

Introduction

Conditions for agroforestry development

Sandalwood has to rapidly make the transition from an over-regulated 'forest product' (Rohadi et al., 2000) to a commodity grown in plantation forestry or agroforestry context if future supply is to keep up with the demand that is expected to persist. Other forest products, either timber or non-timber, have gone through such a transition before and a number of steps and thresholds have been recognized. Wiersum (1997) identified three thresholds: 'controlled utilization' (separating the open-access from the controlled harvesting regime), 'purposeful regeneration' (separating the dependence on natural regeneration from the interventions that generally require control over subsequent utilization) and 'domestication' (into horticultural or plantation style production system). Sandalwood utilization is 'controlled' but the incentive structure may not be conducive yet to achieve 'purposeful regeneration'

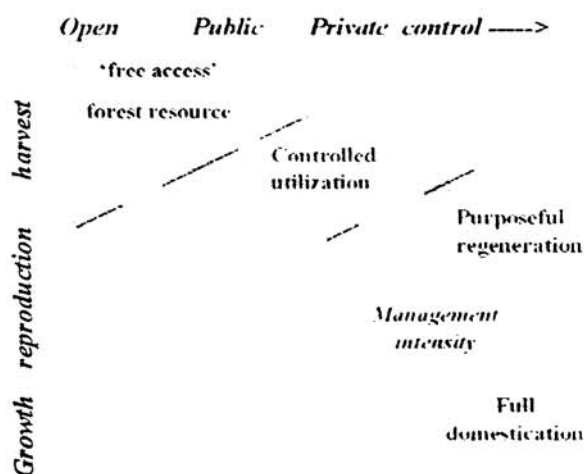


Figure 1. Stages in 'domestication' of forest resources (modified from Wiersum, 1997)

As evident in other contributions to this seminar, the transition involves aspects of local institutions controlling access to the remaining forest resources, market access, rules and regulations, cultural traditions as well as technical aspects. Technical aspects include the identification and supply of quality germplasm, nurture in the tree establishment phase and interactions with other components of an agroforestry system, assuming the latter provides the most interesting option for smallholders who want to get involved in growing the tree.

In this contribution we will explore how a generic simulation model of tree-soil-crop interactions can be adapted to the specific properties of sandalwood, and explore a range of possible agroforestry systems. Our contribution is a preliminary attempt, not based on any specific knowledge of the tree or the system but aimed at identifying open questions that warrant further research.

Parasite-host relationships in agroforestry

Sandalwood (*Santalum album*), along with other members of the Santalaceae is a (non-obligatory?) root parasite, that uses the root system of companion plants to complement its limited own root system and acquire water and nutrients. It is native to open monsoon forest and is a slow grower, despite being evergreen. It can apparently parasitize a wide range of host plants, but little is understood of the reasons why some hosts turn out to be better than others. Effective host plants include: *Capsicum spec.*, *Acacia villosa*, *Desmanthus virgatus*, *Crotalaria juncea*, *Alternanthera spec.* (Fox et al., 1995a,b). Sandalwood is not shade tolerant, and a vigorously growing host can easily outshade the parasite. Agroforestry systems of potential interest include food crops in early stages and leguminous host trees that yield potentially viable products (fodder) while pruned and regulated in vigour to allow the sandalwood to gradually reach harvestable size. Some income stream in the early years is probably essential to maintain farmers interest in tending the plot, while waiting for the payback through sandalwood in 30-50 years...

Simple schemes for analyzing the balance of impact of positive and negative interactions between tree, soil and crop components have contributed to our understanding of agroforestry systems (Ong and Huxley 1997, Sanchez 1996, Van

Noordwijk et al. 1997, Cannell et al. 1998). For simultaneous tree-crop systems, such as hedgerow intercropping where most of the direct value for the farmer is to be derived from the annual food crops, the focus is on the tree effects on crop yields. The simplest scheme then is $I = F + C$, stating that the overall impact I on the crop is the balance of a positive effect F on soil fertility (largely via the organic matter feedback) and a negative competitive interaction, C . For a positive effect on the crop a simple requirement is that $|F| > |C|$ (there is some confusion in whether C is counted as a negative number, as in $I = F + C$, or as positive value in an equation written as $I = F - C$). Can we develop a similar approach for root hemi-parasites such as sandalwood?

For a facultive (non-obligatory) parasite-host relationship between two plants, we may have to consider three interaction terms: parasitic resource capture (P), competition (C) and soil fertility effects (F). For the yield of the parasite in a mixed system we can expect:

$$Y_{\text{parasite_in_mixture}} = Y_{\text{parasite_in_monoculture}} (1 + C + P + F)$$

The parasitic relation should thus be considered from three terms:

- the degree to which parasitism weakens the host and thus reduces the negative impacts of competition C for water, nutrients and/or light; this effect will be approximately proportional to the growth and vigour of the host, the benefits of root parasitism in the capture of water and nutrients it allows to take place at low energy cost for the parasite; these potential benefits will increase with the vigour of the root system of the host, the effects of the host on soil fertility, that may be inversely proportional to the vigour and growth of the host, and may need time to develop.

By combining these three effects we expect a non-linear relationship between the vigour (growth rate) of the host and its impacts on the parasite (Fig. 2), if the relative effectiveness of the parasitic relationship is constant, and a similar relation (Fig. 3) if we compare relations hosts of the same vigour but different susceptibility to exploitation by the parasite root system.

Figure 2. Schematic representation of relation between vigour of host and growth of the parasite

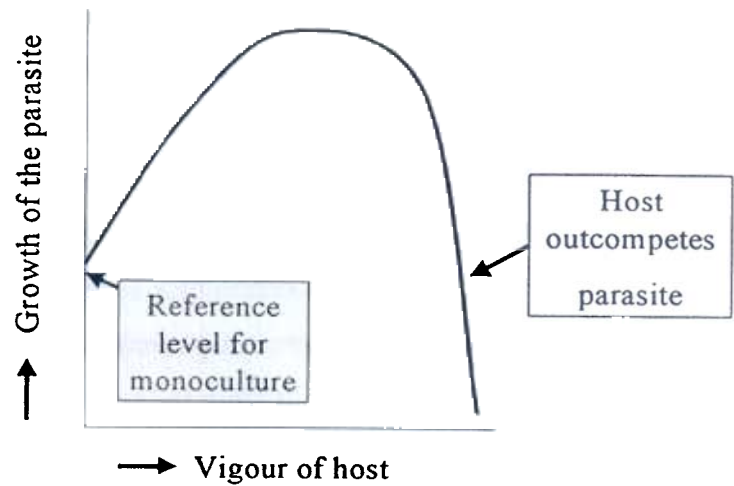
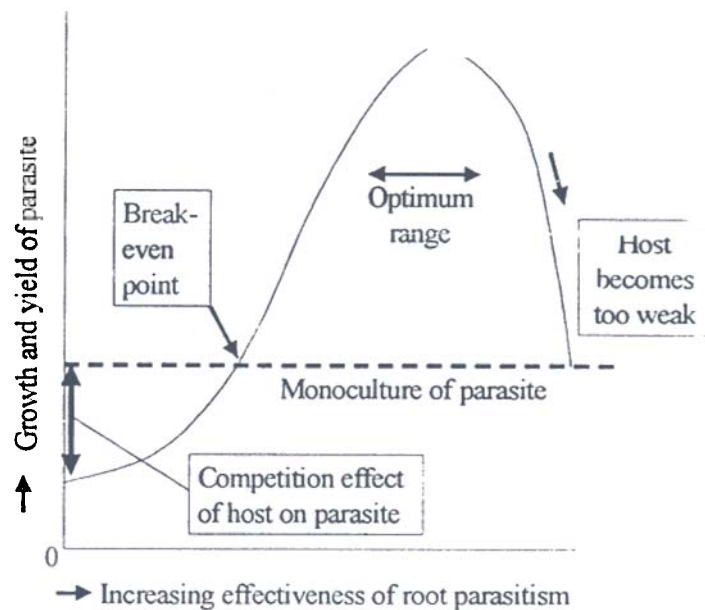


Figure 3. Expected response of sandalwood if the effectiveness of root parasitism is increased (by comparison of different hosts that only differ in the degree to which they allow a parasitic relation to be established)



In this scheme the benefits for the parasite are all attributed to resource capture relations: extra water and/or nutrients taken up and less light intercepted by the host. In the literature on parasitism (as in allelopathy) mention is made of other benefits for the parasite, based on its response to specific substances (hormones, growth regulators) derived from the host. This may be the immediate (proximate) effects of a mechanism that is ultimately driven by the resource access it provides.

To apply this conceptual scheme to the question of finding suitable hosts for sandalwood in an agroforestry context, we will try to separate the competitive effects of hosts of different vigour from the benefits of parasitism. *A priori* we expect that the best choice of host should (strongly) depend on the growth conditions of the site, and that general statements on species X or species Y is a suitable host are restricted to the site conditions (resource supply) for which they were derived. We may also expect that the curves in figure 2 and 3 shift over time and that what may be an 'optimum' host in early growth is to vigorous for later growth stages.

Explorations with the WaNuLCAS model

The WaNuLCAS model (van Noordwijk and Lusiana 1999, 2000) was designed to describe water, nutrient and light capture in agroforestry systems, with a high degree of flexibility for defining the temporal and spatial aspects of the way different trees, crops and weeds interact and are managed.

The steps required for the development of WaNuLCAS applications for sandalwood agroforestry are:

- adapt input files to the climate and soil conditions typical of the sandalwood

- domain in eastern Indonesia (NTT province),

- estimate main tree growth parameters for sandalwood,

- modify the model to account for root parasitism,

- sensitivity analysis for root parasitism parameters,

- explore agroforestry systems with different spacings and companion crops. At the moment we have not done this. This would be for future research

Climate and soil conditions typical of the sandalwood domain in NTT

Most of Eastern Indonesia has a unimodal rainfall with a distinct rainy season (2-4 months with rainfall exceeding potential evapotranspiration) and 4 – 8 dry months (Monk et al., 1997). Climates classified as D3, D4, E3 or E4 in the Oldeman classification scheme (E with <3 wet months, D with 3-4 wet months, *3 with 4-6 and *4 with >6 dry months) dominate Lombok, Sumbawa, Flores, Sumba and W. Timor.

In WaNuLCAS we use an option to generate random rainfall patterns based on a set monthly average, using weather records for P. Sumba with an annual total of 1200 mm.

Soils in NTT show a wide range of depths, texture and fertility. We choose a medium textured soil (50% sand, 25% silt, 25% clay) and a depth of 0.6 m. As the available data show a very wide range in P status, we opted for simulation with a low P supply.

main tree growth parameters for sandalwood

For sandalwood we model it as a tree with similar characteristics to *Peltophorum dasyrrachis*, a slow growing tree with rather weak but deep root system, a fairly open but narrower canopy compared to *Gliricidia*.

Based on available tree parameters, we explored how a tree such as *Gliricidia sepium* would behave as a host: a reasonably fast grower with good N₂ fixation properties and a fairly open canopy, that expands rapidly, with a rather shallow root system.

These parameter choices will need further attention in future work.

modify the model to account for root parasitism

In the WaNuLCAS model version 2.0 water and nutrient uptake is described by up to three trees along with a crop or weed (that can differ from zone to zone), on the basis of the respective root length densities (corrected for mycorrhizal hyphae). The routine first considers the potential combined uptake by the roots of all types of plants from each layer and zone, and then allocates this uptake over the various plant types on the basis of effective root length and demand. A simple representation of root parasitism can be obtained by shifting a certain fraction [0, 1] of the host root in each zone to the parasite,

leaving all other relations intact. As long as the fraction parasitized is less than 1 and water and nutrient supplies are abundant, both the host and the parasite can grow undisturbed, but if the resources are in short supply the parasite becomes an effective competitor.

As a first approach we assume that the fraction of the host roots parasitized and added to the host root system is:

$$\text{ParasitFrac} = \text{Min}(1, \text{Effectiveness} * \text{RootLengthDensHost} * \text{RootLengthDensParasite})$$

The cross product of root length densities represents the need for contact between host and parasite roots to be established by the presence of both within close range, while the effectiveness parameter can attain any value ≥ 0 .

For the time being we assume that parasitic relationships are established in the topsoil, on the basis of root length densities in layer 1. If there is root parasitism, a constant fraction of the host roots in all layers is allocated to the parasite, as roots in deeper layers can be 'tapped' by the parasite in the topsoil.

Sensitivity analysis for root parasitism parameters

Results

Figure 4 shows the result of simulations to explore the sensitivity of root parasitism parameters. We simulate sandalwood and *Gliricidia* grown together as hedgerow in an alley cropping system with maize growing between the alley. We mainly focused on the result of both the biomass of sandalwood and *Gliricidia*.

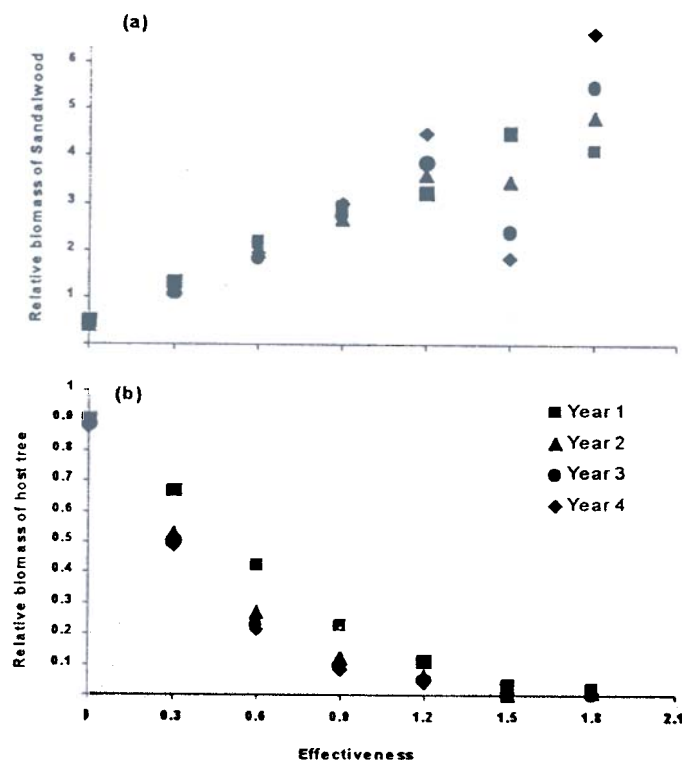


Figure 4. Relative biomass of sandalwood and *Gliricidia* after 1, 2, 3 and 4 years.

In figure 4(a) the biomass of sandalwood in the agroforestry setting is expressed relative to the biomass when grown in a monoculture (compare Figs 2 and 3). In the simulation we assume that sandalwood is able to grow without host tree. Similarly, figure 4(b) shows biomass of *Gliricidia* as host tree relative to *Gliricidia* when grown as monoculture.

As the effectiveness of host tree increases we see a general increase of predicted sandalwood biomass. The opposite results occurred for *Gliricidia*. When the effectiveness of host is 0, both sandalwood and *Gliricidia* are growing less than in their respective monocultures, but the competition effect is stronger for sandalwood (-60%) than for *Gliricidia* (-10%).

The break-even point for competition and parasitism is reached for a parasitism effectiveness of about 0.2 and beyond those values growth of cendana is promoted by the presence of a host. At a host effectiveness above 1 the simulated results show a large decrease of sandalwood biomass, especially for biomass after 4 years. This decline is as expected because by that time the host tree has severely suffered from parasitism and is no longer able to grow and support the parasite (sandalwood) through its N_2 fixation. We expected the biomass will continue to decrease at a higher value of host effectiveness, but the results in Figure 4(a) show an unexpected oscillation. The continued positive impacts of parasitism in the near absence of a host is probably due to a rather artificial assumption in the model. In the current runs we do not consider a feedback effect of host biomass on host root development, allowing the cendana to take advantage of the host tree roots. Because of this we believe that the results shown for high value of host effectiveness are overestimates.

Discussion

The results of initial simulations presented here may raise more questions than they answer. In developing the model we realize that the information in the literature on how the host-parasite relation functions is rather superficial. The description of parasitism we developed here may serve as a 'null hypothesis' for actual experiments – root parasitism requires the host and the parasite roots to meet and establish contact. Expressing the number of parasite points relative to the root length density of both species would be a first step in quantifying the parasitism. Other factors contributing to our 'effectiveness' parameters are the share of the root system that is actually exploited per infection point and the question for how long such parasitized roots can depend on the energy supply of the host and stay alive and functional. For the parasite there is a continued need to establish new parasitic relations and it needs to invest in roots to do so: for very low root investment it will not find enough hosts, at high root investment it might as well depend on its own roots, so a parasitism benefits probably highest for intermediate root allocation of the parasite. We plan to quantify these factors in existing field experiments with a range of hosts in the near future.

Technical aspects are only part of the constraints on successful agroforestry development, as indicated in our introduction. Resolving existing 'parasitic' relationships among the human actors may be a prerequisite for successful agroforestry with this parasitic tree.

References

- Cannell MGR, van Noordwijk M and Ong CK 1996. The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire. *Agroforestry Systems* 33: 1-5
- Fox, J.E.D., Doronilla, A.I., Barrett, D.R. and Suratra, I.K., 1995a. Practical guidelines of superior pot hosts for maximum nursery growth in *Santalum album*. In: L. Gierum, J.E.D. Fox and Y. Ehrhart (Eds.) *Sandalwood seed nursery and plantation technology, proceedings of a regional workshop for Pacific Island countries*, 1-11 August 1994, Noumea, New Caledonia. UNDP/FAO RAS/92/361 Field Document No. 8, pp 75 - 86
- Fox, J.E.D. and Barrett, D.R. 1995b. Silvicultural characteristics associated with the ecology and parasitic habit of sandalwood. In: L. Gierum, J.E.D. Fox and Y. Ehrhart (Eds.) *Sandalwood seed nursery and plantation technology, proceedings of a regional workshop for Pacific Island countries*, 1-11 August 1994, Noumea, New Caledonia. UNDP/FAO RAS/92/361 Field Document No. 8, pp 119 - 140
- Monk K.A., Y. de Fretes, G. Reksodihardjo-lilley, 1997. *The ecology of Nusa tenggara and Maiuku*. Periplus Editions, Singapore.
- Ong CK and PA Huxley (Eds.). 1996. *Tree-Crop Interactions - a Physiological Approach*. CAB International, Wallingford (UK)
- Rao MR, Nair PK and Ong CK 1997. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38: 3 - 49.
- Rohadi D., R. Maryani, B. Belcher, M.R. Perez and M. Widnyana, 2000. Can sandalwood in Timor islands survive? Lesson of policy impacts on resource sustainability. Manuscript.
- Sanchez P 1995. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems* 30: 5-55

- Van Noordwijk M, Hairiah K, Lusiana B and Cadisch G (1998) Tree - Soil - Crop Interactions in Sequential and Simultaneous Agroforestry Systems. *in:* L. Bergstrom and H. Kirschner (Ed.) Carbon and Nutrient Dynamics in Natural and Agricultural Tropical Ecosystems. CAB International, Wallingford (UK). pp 173-190
- Van Noordwijk, M. and Lusiana, B., 1999 WaNuLCAS, a model of water, nutrient and light capture in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 43: 217-242
- Van Noordwijk, M. and Lusiana, B. 2000. WaNuLCAS 2.0, Background on a model of water nutrient and light capture in agroforestry systems. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Bogor, Indonesia. 186 pp
- Wiersum, K.F. 1997 Indigenous exploitation and management of tropical forest resources: an evolutionary continuum in forest-people interactions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 63: 1-16

ANALISIS NILAI EKONOMI WANATANI

Suseno Budidarsono¹⁷

A. PERSPEKTIF EKONOMI DALAM WANATANI

Perhatian utama ilmu ekonomi adalah pengalokasian sumberdaya yang terbatas. Dalam hal ini masalah yang digeluti terutama menyangkut bagaimana menggunakan sumberdaya yang terbatas untuk memenuhi berbagai kebutuhan atas barang dan jasa yang memuaskan berbagai pihak secara efisien dan merata. Budidaya wanatani, seperti halnya kegiatan pertanian, adalah satu kegiatan yang memerlukan lahan, tenaga kerja dan modal, yang semua itu merupakan sumberdaya yang tidak tak terbatas.

Analisis ekonomi terhadap wanatani antara lain diarahkan untuk menilai apakah sumberdaya yang digunakan dalam kegiatan wanatani sudah cukup efisien; dalam hal ini dilakukan dengan membandingkan antara manfaat yang dihasilkan dengan biaya yang harus dikeluarkan. Dalam analisis yang konvensional, penilaian atas hasil yang diperoleh (output) dan penilaian pengeluaran dalam kegiatan wanatani hanya terbatas pada barang privat, yaitu barang dan jasa yang mempunyai nilai finansial (memiliki harga pasar). Padahal, di samping barang privat tersebut, wanatani juga menghasilkan jasa lingkungan yang di dalam dirinya belum melekat harga pasar atau tidak memiliki nilai finansial nyata. Kajian tentang bagaimana menilai jasa lingkungan ke dalam unit moneter – yang menjadi perhatian ekonomi lingkungan – bisa menjadi panduan untuk mengukur nilai finansial jasa lingkungan tersebut¹⁸. Akan tetapi nilai finansial yang diberikan belum tentu merupakan harga pasar.

Perhatian yang lain dari analisis ekonomi terhadap kegiatan wanatani adalah kaitan antara kegiatan wanatani yang bersifat mikro dengan konteks perwilayahan yang lebih luas. Misalnya bagaimana wanatani dapat memberikan kontribusi terhadap kegiatan ekonomi regional dan nasional. Sebaliknya bagaimana kegiatan ekonomi pada aras regional dan nasional mempengaruhi keberadaan wanatani. Pada tataran ini analisis ekonomi dapat berperan untuk

¹⁷ Agricultural Economics Associate Research Officer, ICRAF

¹⁸ Garrod, G dan Kenneth G Willis (1999) membahas secara comprehensive teori dan praktek dalam menilai jasa lingkungan; Pearce, D dan Dominic Moran (1994) membahas nilai ekonomi dari keanekaragaman hayati; Santos, JML (1998) membahas teori dan metoda yang dapat digunakan untuk menganalisis perubahan lanskap dan penerapannya ke dalam kegiatan konservasi lahan.

memberikan masukan dalam perumusan kebijakan, baik pada aras nasional maupun pada aras regional, dalam hal pemanfaatan sumberdaya alam yang ada.

B. ANALISIS FINANSIAL ATAU ANALISIS EKONOMI

Sebelum membahas lebih lanjut, perlu ditegaskan di sini bahwa perlu dibedakan antara analisis finansial dan analisis ekonomi dalam evaluasi manfaat dan biaya dalam kegiatan wanatani. Analisis finansial dalam evaluasi manfaat – biaya mengacu kepada penerimaan dan pengeluaran yang mencerminkan harga pasar aktual yang benar-benar diterima atau yang dibayar oleh operator (petani). Sedangkan analisis ekonomi mengacu pada keunggulan komparatif atau efisiensi dari penggunaan barang dan jasa dalam satu kegiatan produktif. Efisien di sini diartikan bahwa alokasi sumber-sumber ekonomi digunakan untuk kegiatan yang menghasilkan output dengan nilai ekonomi tertinggi.

C. PENILAIAN MANFAAT DAN BIAYA WANATANI

Berbagai kajian tentang agroforestri atau wanatani memberikan gambaran bahwa bentuk penggunaan lahan ini sudah lama dipraktekkan oleh masyarakat pedesaan dalam beragam bentuk dan model (Nair, 1989, 1993; de Foresta *et al.*, 2001). Masing-masing bentuk mempunyai ciri-ciri yang relevan dengan karakteristik lingkungannya, baik lingkungan alam maupun lingkungan budaya. Sebagai salah satu bentuk penggunaan lahan, wanatani juga diyakini mampu memberikan sumbangan terhadap upaya mengatasi masalah kerusakan lingkungan dan sekaligus sebagai salah satu pendekatan dalam pengentasan kemiskinan di pedesaan.

Bertolak dari pandangan tersebut, evaluasi ekonomi wanatani perlu dimulai dari pemahaman atas model atau bentuk wanatani yang menjadi target analisis. Pemahaman tersebut menyangkut proses dan tahapan pengembangannya, karakteristik lingkungannya, output yang dihasilkan termasuk jasa lingkungan, teknologi yang digunakan, kebutuhan modal, biaya sosial yang ditimbulkan – jika memang ada, dan juga manfaat ekologis yang seringkali tidak dengan sengaja untuk dihasilkan oleh operatornya. Sebagai contoh, budidaya repong damar di Krui, Lampung. Pemahaman sebatas tentang repong damar adalah bentuk wanatani yang menghasilkan damar, buah-buahan, kayu, dan berbagai produk non kayu lainnya. Padahal dalam prosesnya, pada 15 tahun pertama lahan yang sama berupa kebun kopi dan lada. (Budidarsono *et al.*, 1999; de Foresta dan G. Michon, 1994a, 1994b, 1995, 1997)

Menyangkut apa yang dihasilkan oleh wanatani (*output*), dengan bertolak dari pandangan nilai ekonomi total, penilaian ekonomi wanatani tidak hanya terbatas pada hasil produksi yang memiliki nilai pasar (buah, getah, serat, umbi-umbian,

kayu, dan produk non kayu lainnya), akan tetapi juga terhadap jasa lingkungan yang secara empiris tidak atau belum memiliki nilai finansial. Contoh jasa lingkungan yang perlu diperhitungkan dalam penilaian ekonomi wanatani adalah: nilai keaneka-ragaman hayati yang mampu dikonservasi atau bahkan dikembangkan¹⁹, kemampuan untuk meningkatkan dan menjaga kesuburan tanah, dampak hidrologis dari satu model wanatani dan lain sebagainya. Demikian juga dengan biaya. Biaya yang dikeluarkan untuk membangun wanatani tidak hanya terbatas dalam artiart jumlah uang yang dikeluarkan para operator, akan tetapi juga pengorbanan dari pihak lain dengan adanya wanatani tersebut.

Persoalan yang muncul kemudian adalah bagaimana penilaian ekonomi terhadap semua itu dilakukan. Untuk output dan input yang memiliki nilai pasar, harga pasar dapat digunakan untuk menilai barang dan jasa yang dihasilkan ataupun yang digunakan. Harga pasar yang mana yang akan digunakan merupakan persoalan yang akan di bicarakan di bagian lain.

Untuk menilai jasa lingkungan terdapat beberapa metoda penilaian yang masuk dalam cakupan ekonomi lingkungan. Turner *et al.*, (1994) mengelompokan metoda penilaian lingkungan ke dalam dua kategori besar, yaitu penilaian dengan pendekatan permintaan pasar (*demand curve approach*), dan penilaian dengan pendekatan *non-market demand*. Pendekatan *non-market demand* pada hakekatnya merupakan penialain atas biaya yang harus dikeluarkan sebagai akibat dari satu aktivitas atau dikeluarkannya satu kebijakan pemerintah. Pendekatan atau metoda yang termasuk dalam kategori ini adalah: pendekatan *effect on production* (EoP) atau metoda *opportunity cost* (OC) yang merupakan penilaian atas biaya yang harus dikeluarkan atau kerugian yang harus ditanggung oleh satu proses produksi akibat satu kegiatan atau kebijakan tertentu; pendekatan *dose response* (DR) yaitu penilaian terhadap dampak yang terjadi akibat diterbitkannya ketentuan baku mutu lingkungan tertentu; pendekatan *prevantive expenditure*, menilai kesediaan seseorang untuk menjaga kenyamanan lingkungannya; dan lain sebagainya.

¹⁹ Sebagai contoh, repong damar merupakan bentuk penggunaan lahan yang memberikan manfaat lingkungan yang cukup besar. Bentuk penggunaan lahan ini mampu mengkonservasi sebagaian besar species yang ada di hutan alam (de Foresta and Michon, 1994). Repong damar tua merupakan campuran serasi berbagai pohon yang dibangfun dan dikelola oleh petani damar. Pohon-pohon naungan dengan berbagai tingkatan menghasilkan buah-buahan dan getah (damar) yang mempunyia nilai cukup tinggi, tanaman obat-obatan dan kayu berkualitas. Inventarisasi tanaman yang dilakukan pada repong damar di Krui, pada 75 plot yang dipilih secara acak masing-masing 20 x 20 m, telah mencatat 39 species pohon (diameter 20 cm keatas) dengan rata-rata perapatan 245 pohon per hectare dan *basal area* 33m² (Wijayanto, 1993). Berkenaan dengan mamamlia, Sibuea and Herdimansyah (1993) mencatat sebagaian besar species mamalia hutan juga ditemui di dalam repong damar (terdapat 46 species mamalia termasuk 17 species yang dilindungi. Thiolay (1993. p 341) mencatat paling tidak terdapat 92 92 species burung yang hidup di dalam repong damar.

Pendekatan *demand market* pada hakekatnya adalah menilai barang dan jasa lingkungan berdasarkan permintaannya. Ada dua metoda penilaian. **Pertama**, metoda *revealed preference*, yaitu penilaian atas barang dan jasa lingkungan berdasarkan permintaan nyata di pasar. Contohnya, adanya permintaan atas hasil barang yang ramah lingkungan dengan harga yang lebih tinggi. *Travel cost method* dan *hedonic price method* adalah contoh dari metoda ini. **Kedua**, penilaian dengan metoda *expressed preference*, yaitu penilaian barang dan jasa lingkungan berdasarkan pernyataan orang yang secara eksplisit disampaikan melalui satu survey, misalnya dalam *contingent valuation method* diajukan pertanyaan secara individual berapa nilai satu barang dan jasa lingkungan.

D. MENILAI KEBERADAAN WANATANI DAN MENGUKUR EFFISIENSI

Salah satu cara untuk menilai keberadaan wanatani adalah mengevaluasi produktivitas wanatani, baik secara finansial maupun secara ekonomi. Produktivitas di sini diartikan sebagai kemampuan untuk memproduksi yang secara finansial dan ekonomi diukur dari seberapa besar wanatani mampu memberikan keuntungan berupa pendapatan bersih atau sering disebut dengan profitabilitas. Pertanyaan pertama yang harus dikemukakan adalah siapa yang berkepentingan terhadap wanatani dan apa kepentingannya. Jawaban terhadap pertanyaan tersebut akan menentukan ukuran efisiensi yang mana yang akan digunakan.

Seperti halnya kegiatan pertanian, keberadaan wanatani tidak hanya menjadi kepentingan petani saja. Akan tetapi juga merupakan kepentingan pemerintah (pengambil keputusan). Para pengambil keputusan berkepentingan terhadap produktivitas penggunaan lahan, kelestarian lingkungan, tersedianya lapangan pekerjaan di pedesaan, kecukupan pangan bagi masyarakat. Kepentingan petani dalam membudidayakan wanatani terutama terletak harapan untuk mendapatkan penerimaan dari hasil wanatani. Kedua kepentingan tersebut akan menentukan parameter produktivitas yang mana yang akan dipakai.

1. Parameter

Terdapat sejumlah cara dan pengukuran profitabilitas yang lazim dipakai. Analisa Manfaat-Biaya atau *Benefit-Cost Analysis* menghasilkan dua parameter: *Benefit-Cost Ratio* (BCR) dan *Internal Rate of Return* (IRR). BCR merupakan perbandingan antara nilai manfaat dan nilai biaya dari satu investasi pada tingkat bunga yang telah ditentukan. Nilai BCR lebih besar dari satu menunjukkan bahwa investasi cukup menguntungkan. Sedangkan IRR membandingkan manfaat dan biaya yang ditunjukkan dalam persentasi. Dalam hal ini nilai IRR merupakan tingkat bunga di mana nilai manfaat sama dengan nilai biaya. IRR merupakan parameter yang menunjukkan sejauh mana satu investasi mampu memberikan keuntungan. Nilai IRR yang lebih

besar dari tingkat bunga umum memberikan petunjuk bahwa investasi tersebut cukup menguntungkan.

Analisis yang lebih sering digunakan untuk mengukur profitabilitas satu investasi jangka panjang dalam kegiatan pertanian adalah *Net Present Value*, yaitu selisih antara nilai manfaat dan nilai biaya selama kurun waktu tertentu pada tingkat bunga yang ditentukan. Nilai positif NPV dari satu sistem kegiatan investasi (dalam hal ini wanatani) menunjukkan bahwa wanatani tersebut cukup menguntungkan.

Mengingat bahwa para petani wanatani kebanyakan mengelola sendiri wanatannya, maka profitabilitas yang diukur dengan NPV diturunkan menjadi penerimaan bersih per hari kerja yang dalam hal ini disebut dengan *return to labor*. *Return to labor* dihitung dengan cara mengubah tingkat upah dalam perhitungan NPV sehingga menghasilkan $NPV = 0$. Perhitungan ini mengubah 'surplus' yang ada menjadi upah setelah memasukkan biaya input dan modal dalam *discounted cash flow*. *Return to labor* yang lebih besar dari tingkat upah umum memberikan indikasi bahwa kegiatan itu memberikan keuntungan bagi petani.

NPV yang dihitung dengan harga finansial (analisis finansial), yaitu perhitungan dengan nilai pasar yang mencerminkan penerimaan dan pengeluaran nyata petani, menghasilkan parameter profitabilitas untuk kepentingan petani. Dalam hal ini akan memberikan estimasi besarnya keuntungan petani dari sistem wanatani yang dianalisis. Atau dengan perkataan lain penerimaan nyata petani. Sehingga *return to labor* yang dihitung dengan nilai finansial, merupakan indikator profitabilitas bagi petani yang merupakan insentif untuk berproduksi.

Sedangkan perhitungan NPV dengan menggunakan harga-harga ekonomi (analisis ekonomi), yaitu harga barang dan jasa yang mencerminkan nilai tertinggi, menghasilkan parameter profitabilitas untuk kepentingan para pengambil keputusan atau masyarakat yang lebih luas. Mengingat bahwa produktivitas lahan merupakan kepentingan para pengambil keputusan, maka NPV yang dihitung dengan nilai ekonomi, merupakan indikator profitabilitas yang lebih baik. Karena memasukkan semua komponen lingkungan di dalamnya.

2. Pengukuran manfaat dan biaya

Persoalan lain yang perlu mendapat perhatian dalam analisis finansial dan ekonomi terhadap kegiatan wanatani adalah menyangkut: (1) komponen apa saja yang harus masuk ke dalam perhitungan dan (2) bagaimana kita mengukur atau memberi nilai untuk masing-masing komponen. Table 1. memberikan gambaran secara garis besar mengenai kedua hal tersebut.

Tabel 1. Komponen perhitungan profitabilitas wanatani.

Analisis Finansial			Analisis Ekonomi	
	Item	Pengukuran nilai ^{*)}	Item	Pengukuran nilai ^{*)}
Manfaat	Semua komoditas yang dihasilkan wanatani	Rata-rata tahunan harga nyata setiap komoditas di tingkat petani selama sepuluh tahun terakhir	Semua komoditas yang dihasilkan wanatani	Rata-rata tahunan harga nyata selama sepuluh tahun terakhir untuk masing komoditas di tingkat petani yang mencerminkan harga internasional atau harga sosial yang dibayar oleh pasar internasional pada tingkat petani. (<i>export/import parity price at farm gate</i>)
			Semua jasa lingkungan yang bisa dimanfaatkan dari wanatani	Tergantung pada metoda penilaian??
Biaya	<i>Input pertanian</i> Semua input pertanian	Rata-rata tahunan harga nyata selama sepuluh tahun terakhir untuk setiap input pertanian yang digunakankat.	<i>Input pertanian</i> Semua input pertanian	Rata-rata tahunan harga nyata selama sepuluh tahun terakhir untuk setiap input pertanian yang digunakan pada tingkat petani yangm,encerminkan harga internasional. (<i>export/import parity price at farm gate</i>)
	<i>Faktor domestik tenaga kerja:</i> Semua tenaga kerja yang terlibat	Tingkat upah nyata	<i>Faktor domestik tenaga kerja:</i> Semua tenaga kerja yang terlibat	Tingkat upah nyata
	<i>Faktor domestik modal</i>	Nilai kumulatif modal kerja, termasuk retribusi yang harus dibayar, suap, dana taktis dll.	<i>Faktor domestik modal</i>	Nilai kumulatif modal kerja, <u>tidak termasuk</u> biaya-biaya retribusi, suap, dana taktis lainnya.

*) harga dan upah nyata adalah harga dan upah yang sudah dihilangkan dampak infasinya (deflated)

3. Pengukuran kendala

Paling tidak terdapat dua kendala yang selalu dihadapi petani dalam membudidayakan wanatani, sepertihalnya dalam budidaya pertanian, yaitu ketersediaan tenaga kerja dan ketersediaan uang kas sebagai modal usaha.

Pemahaman terhadap kendala yang menyangkut tenaga kerja dapat didekati dengan menghitung kebutuhan tenaga kerja untuk membudidayakan wanatani yang mencakup: jumlah kebutuhan tenaga kerja untuk membangun (dalam HOK/hektar, dihitung dengan cara menjumlah semua tenaga kerja yang dialokasikan sampai saat terjadinya cash-flow positif), kebutuhan tenaga kerja untuk pemeliharaan (HOK/ha/tahun, yaitu rata-rata curahan tenaga kerja per hectare per tahun setelah tercapainya (*positive cash flow*) dan tenaga kerja total (rata-rata HOK/ha/tahun). Kebutuhan tenaga kerja untuk membangun. Angka-angka tersebut kemudian dibandingkan dengan angka ketersediaan tenaga kerja daerah setempat. Bagi para pengambil keputusan,

angka-angka tersebut merupakan informasi tentang berapa besar tenaga kerja yang mampu diserap oleh satu sistem produksi tertentu (dalam hal ini wanatani).

Sedangkan untuk mengetahui kendala aliran uang kas, pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan cara menghitung biaya pembangunan satu sistem wanatani; yaitu semua biaya yang harus dikeluarkan sampai terjadinya *positive cash flow*. Informasi ini menjadi penting jika dikaitkan dengan rencana untuk memperluas sistem wanatani atau memperbaiki sistem wanatani.

E. MASIHKAH ADA YANG LAIN?

Apa yang dikemukakan di atas merupakan sebagian kecil dari salah satu sisi wanatani yang perlu mendapatkan perhatian. Masih banyak pertanyaan yang belum terjawabkan. Misalnya, apakah sudah bisa menjadi jaminan bahwa wanatani yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi, benar-benar memberikan kesejahteraan bagi petani pemiliknya? Upaya untuk mengubah nilai lingkungan menjadi benar-benar mempunyai nilai pasar nampaknya masih diperlukan kerja keras untuk mencapainya.

KEPUSTAKAAN

- Budidarsono S, B Arifatmi, H de Foresta and TP Tomich. 2000. Damar Agroforest Establishment and Sources of Livelihood: A Profitability Assessment of Damar Agroforest System in Krui, Lampung, Indonesia. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Bogor, Indonesia.
- de Foresta H, A Kusworo, G Michon dan WA Djatmiko. 2001. Ketika Kebun Berupa Hutan - Agroforeet Khas Indonesia: Sebuah sumbangan masyarakat. ICRAF, Bogor, Indonesia.
- de Foresta H dan G Michon. 1994a. "Agroforestry in Sumatra - Where ecology meets economy". *Agroforestry Today* 6-4: 12-13.
- de Foresta H dan G Michon. 1994b. "From Shifting to Forest Management through Agroforestry: Smallholder Damar Agroforest in West Lampung (Sumatra)" *APA News* 6/7, 1994 pp12-16.
- de Foresta H dan G Michon. 1995. 'Beberapa Aspek Ekologi dan Ekonomi Kebun Damar Di Daerah Krui, Lampung Barat' paper presented in a seminar of "Kebun Damar Di Krui, Lampung Sebagai Model Hutan Rakyat". Bandar Lampung, 6 Juni 1995. ICRAF. Bogor.
- de Foresta H dan G Michon. 1997. "The Agroforest alternative to Imperata grassland: when smallholder agriculture and forestry reach sustainability" *Agroforestry System* 36: 105-120.
- Garrod G dan KG Willis. 1999. *Economic Valuation on the Environment, Method and Case Studies*. Edward Elgar, Massachusetts, USA.
- Hanley ND and C Spash. 1993. *Cost-Benefic Analysis and the Environment*. Edward Elgar, Cheltenham, UK.

- Nair, RPK. 1989. *Agroforestry Systems in the Tropics*. Kluwer Academic Publisher. Doordrect, The Netherland.
- Nair, RPK. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publisher. Doordrect, The Netherland.
- Pearce D dan D Moran. 1994. *The Economic Value of Biodiversity*. IUCN - The World Conservation Union. London, UK.
- Price C. 1989. *The Theory and Applicarion of Forest Economics*. Blackwell, Oxford, UK.
- Santos, JML. 1998. *The economic Valuation od Landscape Change, Theory and Policies for Land Use and Concervation* (New Horizons in Environmental Economics). Edward Elgar, Massachusetts, USA.
- Sibuea T and Th Herdimansyah. 1993. *The variety of Mammal species in the agroforest areas of Krui (Lampung), Muara Bungo (Jambi) and Maninjau (West Sumatra)*. Final research report, Orstom and Himbio.
- Turner RK, D Pearce and I Bateman. 1994. *Environmental Economics*. Harvester Wheatsheaf, London.
- Thiollay JM. 1995. *The role of traditional agroforests in the conservation of rain forest bird diversity in Sumatra*. *Conservation biology* 9(2): 335-353.
- Wijayanto N. 1993. *Potensi pohon kebun campuran damar matakucing di Desa Pahmungan, Lampung*, Laporan Orstom-Biotrop.