



Langkah pertama Waseda-Bridgestone untuk Pengembangan Lingkungan Dunia

W-BRIDGE Model

Model Reboisasi pada Lahan Rusak/Tidak Subur Untuk Kepentingan Masyarakat Setempat di Pulau Lombok, Indonesia

(Indonesian version report)

2010



Takao Kawaguchi¹⁾, Eiichiro Nakama²⁾, Yasuo Osumi²⁾, Sri Tejowulan³⁾, Baderun Zainal⁴⁾, Hartina⁵⁾, A. Ngaloken Gintings⁶⁾ and Yasushi Morikawa¹⁾

¹⁾ Graduate School of Human Sciences, Waseda University, ²⁾ Japan International Forestry Promotion and Cooperation Center, ³⁾ Mataram University, ⁴⁾ Former Head of Forestry Service in West Nusa Tenggara Province, ⁵⁾ Head of Forestry Service in West Nusa Tenggara Province, ⁶⁾ Former Senior Researcher in Forest Research and Development Agency in Indonesia

Pendahuluan

Proyek ini bertujuan untuk kepentingan masyarakat setempat melalui kegiatan reboisasi pada lahan rusak dengan tingkat kekeringan yang tinggi. Proyek ini mengevaluasi CO₂ yang diserap dengan penanaman pohon, memberi manfaat bagi masyarakat setempat, dan hilangnya unsur hara dalam tanah yang diakibatkan oleh pemanenan dari berbagai model tanaman.

Lokasi Proyek

Penelitian ini dilakukan di bagian tenggara Desa Labuhan Pandan, Kecamatan Sambelia, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia dan masyarakat yang peduli akan tingkat kekeringan lahan yang semakin meningkat terutama pada musim kemarau dari Mei hingga Nopember. Curah hujan per tahun sekitar 1.000 mm (Tabel 1).

Desa Labuhan : Luas daerah ini 3.897 ha; dengan populasi sebanyak 8.402 jiwa pada tahun 2007; sehingga kepadatan populasinya sebesar 2,2 jiwa/ha, yang relatif rendah dibandingkan dengan kepadatan populasi rata-rata di Pulau Lombok (Tabel 2).

HDI (*Human Development Index*) di Provinsi Nusa Tenggara Barat terdapat pada urutan ke-30 diantara 30 Provinsi yang ada di Indonesia (BPS- Badan Pusat Statistik Indonesia, 2004) dan pendapatan tahunan desa tersebut adalah Rp 1.212.000 per kapita (JIFPRO, 2007). Baru-baru ini ada peningkatan pendapatan menjadi Rp. 1.525.000 per kapita, namun, jumlah tersebut masih dibawah batas garis kemiskinan yaitu Rp. 1.570.000 per kapita di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Lokasi proyek adalah padang rumput dengan pepohonan *Zizyphus jujube* yang tumbuh tersebar, dan terancam rawan terbakar yang kemungkinan disebabkan oleh penggunaan lahan pertanian dan peternakan pada musim kemarau. Pada awalnya, tanaman-tanaman di lahan ini sering mengalami kegagalan panen yang disebabkan oleh kebakaran yang berulang-ulang dan tingkat kekeringan yang tinggi.

Desain Proyek

Lokasi proyek adalah tanah milik negara sebagai hutan produksi, dan tidak ada masalah dengan pemanfaatan lahan terhadap masyarakat setempat. Plot 1.2 ha model W-BRIDGE (Gbr.3) telah dimulai saat musim hujan dari Desember 2008 sampai Januari 2009. Bibit yang ditanam diseleksi dan diaplikasikan dari jenis pohon sebagai berikut:

1. Tanaman pohon kayu yang berumur panjang :

Swietenia macrophylla: 100 pohon/ha

Gmelina arborea: 80 pohon/ha

2. Tanaman pohon penghasil minyak

Jatropha curcas: 2.050 pohon/ha

3. Tanaman pohon untuk kayu bakar dan pakan ternak

Turi (*Sesbania grandiflora*): 720 pohon/ha

4. Tanaman pohon untuk perlindungan terhadap api di batas proyek

Spondias pinatta

Gamal (*Gliricidia sepium*)

Tanaman tersebut ditanam dari arah timur ke barat. Seperti yang ditunjukkan dalam Gbr. 2 dan 3. jarak tanam antara *S.macrophylla* dan *G.arborea* adalah 10 m. Tanaman pohon *J.curcas* ditanam dengan jarak 2 m. Tanaman pohon *S.macrophylla* ditanam dengan jarak 5 m. Dua tanaman lainnya yakni *G.arborea* dan *S.grandiflora* ditanam dengan jarak 1 m.

Metoda

1. ***Jatropha curcas* (jarak pagar)**

Pengukuran pertumbuhan tanaman jarak pagar yang ditanam pada tahun 2007 pada areal $1 \times 1 \text{ m}^2$ yang dilakukan di dekat lokasi proyek pada tahun 2008 (13 Agustus dan 16 Desember) dan tahun 2009 (10 Februari dan 9 Agustus). Parameter-parameter pertumbuhan yang diamati adalah tinggi

pohon, diameter leher akar, dan mahkota pohon (panjang, lebar).

Biji tanaman jarak pagar ini dikumpulkan dari 20 pohon induk pada bulan April dan Mei 2009. Hasil biji tahunan dari satu pohon dihitung dari hasil rata-rata satu bulan dan dikalikan dengan 5 (lima) bulan. Hasil tersebut dikalikan 5 dikarenakan masa produktif hanya berlangsung selama 5 bulan pada musim hujan. Hasil bibit dari suatu area dihitung dari bidang dasar (*basal area*) leher akar per ha dikalikan dengan rasio total hasil tanaman dan total bidang dasar leher akar dengan 20 pohon sampel.

Pohon sampel dari tanaman jarak pagar dengan berbagai ukuran digali dengan hati-hati, kemudian dipisahkan bagian atas dan bawah organ dan akhirnya ditimbang pada tanggal 10 Agustus 2009. Tanah yang melekat pada akar juga dibersihkan dengan hati-hati. Tidak ada daun yang tersisa dikarenakan musim kering. Sekitar 500 g daun diambil sebagai sampel kering dari masing-masing bagian, kemudian dibawa ke laboratorium di Universitas Mataram dan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 90° selama 2 minggu untuk memperkirakan rasio berat kering dan basah.

Sampel biji diperas dengan alat remasan manual (San Seiki Co.Ltd) dan diukur jumlah minyak yang dihasilkan. Kandungan karbon dan nitrogen diukur dengan metode pembakaran kering oleh vario MAX CN dari Elementar Analysen Systeme GmbH (Elementar Co.Ltd) di Forestry and Forest Products Research Institute di Jepang. Kandungan lain seperti fosfor dan kalium dihitung dengan rasio unsur-unsur mineral dalam minyak tanaman jarak pagar (Kumar dan Sharma, 2008; Openshaw, 2000) dan rasio N, P dan K sebesar 4:2:1.

Tidak ada informasi lebih lanjut tentang isi mineral dari jenis pohon lain, jadi kami menggunakan beberapa nilai dari literatur (Yamada *et al.*, 2004).

2. Biomassa

Peningkatan biomassa pada *S.macrophylla* dan *G.arborea* diperkirakan dari kurva pertumbuhan DBH secara umum dengan umur tanaman (Morikawa 2007) di Gbr. 4 dan *S.grandiflora* diperkirakan dari ukuran diameter pohon yang berumur 6 tahun (Jama *et al.*, 1989) dan keterkaitan antara diameter dan biomassa (Morikawa, 2007) karena tanaman pohon masih terlalu kecil pada saat ini.

3. Perkiraan

Penyerapan karbondioksida selama 30 tahun diperkirakan terjadi pada

tanaman *S.macrophylla*, *G.arborea*, *J.curcas* dan *S.grandiflora*. Jumlah batang kayu diperkirakan sebagai bahan bakar untuk *S.grandiflora* dan *J.curcas*. Minyak yang dihasilkan diperkirakan menjadi energi alternatif sebagai minyak tanah dari bahan bakar fosil. Batang kayu yang dihasilkan oleh *S. grandiflora* dan *J. curcas* akan digunakan sebagai bahan bakar, sehingga kayu tersebut juga dihitung sebagai energi alternatif dari minyak tanah. Panas yang dihasilkan kayu dari *S.grandiflora* diperkirakan dengan koefisien dalam IPCC. Minyak dari bibit tanaman jarak pagar dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$V_{oil} = W_h \times S \times P_c \text{----- (1)}$$

$$E_{V_j} = V_{oil} \times E_{V_0} \text{----- (2)}$$

$$E_{CO_2} = E_{V_j} \times CEF_{fuel} \text{---- (3)}$$

dimana:

V_{oil}	Hasil minyak perasan (kl/ha/30tahun)
W_h	Hasil biji tanaman (t/ha/30 tahun)
S	Efisiensi dari hasil minyak perasan (kg/kg)
P_c	Volume / berat (l/kg)
E_{V_j}	Panas yang dihasilkan (GJ/ha/30 tahun)
E_{V_0}	Koefisien untuk panas yang dihasilkan (MJ/kg, Openshaw, 2000)
E_{CO_2}	CO ₂ yang dilepaskan dari minyak alternatif (kgCO ₂ /MJ)
CEF_{fuel}	Efisiensi pelepasan dari minyak tanah (kgCO ₂ /MJ)

4. Pendapatan

Volume batang dari *S.macrophylla* dan *G.arborea* dihitung (Morikawa, 2004, JIFPRO, 1996) dari biomassa seperti yang disebutkan di atas. Volume kayu yang digunakan dihitung dengan mengalikannya dengan 0,45, koefisien volume total batang (Dinas Kehutanan di Provinsi Nusa Tenggara Barat) sebagai berikut.

$$V_a = B_{AGB} \times V_0 \text{----- (4)}$$

$$V_T = V_a \times 0.45 \text{----- (5)}$$

$$I_{Rp} = V_T \times PL \text{----- (6)}$$

dimana:

V_a	Volume batang (m^3/ha)
B_{AGB}	Diatas biomassa tanah (t/ha)
P_V	Volume batang diatas biomassa tanah (m^3/t)
V_T	Volume kayu yang digunakan (m^3/ha)
I_{rp}	Pendapatan dari hasil kayu
PL	Harga kayu (Rp/m^3)

Pendapatan dari tanaman jarak pagar diperkirakan dari penjualan biji dan *S.grandiflora* per pohon yang berumur diatas 6 tahun dari tahun penanaman. Kayu dari tanaman jarak pagar tidak dihitung karena tidak ada informasi tentang harga batang kayunya di pasar.

5. Efek terhadap tanah

Eksplorasi unsur hara dalam tanah terjadi saat pemanenan kayu yang diperkirakan dari *G.arborea*, *S.grandiflora* dan biji tanaman jarak pagar. Pengembalian unsur hara dalam tanah diperkirakan terjadi pada saat turunnya hujan. Data kandungan unsur hara dalam hujan tropis didapat dari JIFPRO (1995) dan data curah hujan tersebut dikumpulkan di sekitar lokasi proyek (Table 1). Kami tidak memperhitungkan pengaruh debu maupun air tanah.

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan rata-rata diameter leher akar adalah 2.0 cm per tahun, selama 2 tahun (Tabel 3, 4). Hubungan antara diameter dengan tinggi pohon mempunyai korelasi yang tinggi yaitu $R^2 = 0,71$ pada bulan Agustus 2008. Namun, nilai R^2 menurun menjadi 0,37 pada bulan Agustus 2009 (Gbr.5). Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan pohon yang mengalami percabangan diatas leher akar. Terdapat persamaan hubungan yang tinggi antara diameter leher akar dan biomassa (Tabel 5, Gbr. 6, 7, 8).

Dibandingkan dengan jenis tanaman pohon lainnya, kadar air yang tinggi pada batang (Tabel 6, 7) sangat penting untuk *J.curcas*, karena mereka dapat bertahan saat musim kemarau yang parah dan menghindari naungan daun. Jika *J.curcas* ditanam sebagai pohon sekat bakar, akan efektif untuk melindungi dari angin dan api karena batang mengandung kadar air yang relatif tinggi.

Jumlah minyak perasan adalah 314 g dan 252 ml yang kemudian dibagi dengan berat biji 1.180 g, yang masing-masing 0.29 g/g dan 0.23 ml / g sebagai tingkat perasan (Table. 8).

Kandungan karbon dan nitrogen dari biji masing-masing adalah 57 dan 2,2%. Dengan rasio N, P dan K (4:2:1) (Kumar dan Sharma, 2008; Openshaw, 2000), maka jumlah P dan K masing-masing pada biji diperkirakan sebesar 1,1 dan 0,55% (Tabel. 9) . Biomassa diatas tanah dan hasil biji pohon ditunjukkan di Tabel.10. Hasil biji tersebut adalah 0.48 t/ha untuk tanaman *J. Curcas* yang berumur 2 tahun. Disebutkan bahwa hasil maksimum biji dapat diperoleh setelah 5 tahun penanaman, sehingga kita dapat asumsikan bahwa hasil yang diperoleh akan mencapai level yang sama setelah lima tahun (Tabel. 10). Prediksi hasil maksimum adalah 0,9 pohon dalam satu tahun. Total hasil adalah 2,3 t/ha/tahun dari 2.500 pohon/ha. Hasil utuh selama 10 tahun adalah 6,8 kg/pohon. Hasil maksimum didapat sebesar 5.3 t/ha/year setelah 6 tahun penanaman di India dan 2,5-3,5 t/ha/tahun pada pagar hidup di Mali (Openshaw, 2000). Rendahnya tingkat produktivitas di lokasi ini disebabkan oleh tingkat kekeringan yang tinggi dan tanah yang rendah unsur haranya.

Perkiraan pertumbuhan diameter dan biomassa serta kandungan unsur hara dari *S. macrophylla*, *G.arborea*, *S.grandiflora* dapat dilihat pada Gbr. 9, 10 dan Tabel 11. Dengan data *A.mangium* di Indonesia dan PNG (Yamada *et al.*, 2004) untuk jenis tanaman yang ditanam, kandungan N, P, K untuk 1t biomassa masing-masing adalah 2.22, 0,19, dan 1.25kg.

Evaluasi model W-BRIDGE

Kami menentukan periode panen masing-masing selama 6 tahun untuk *S.grandiflora*, 10 tahun untuk tanaman jarak pagar, 20 tahun untuk *G. arborea*, dan 30 tahun untuk *S. macrophylla*, dan pertumbuhan tahunan diperkirakan dengan menggunakan persamaan (Morikawa, 2007) (Tabel 12, Gbr.11). Biomassa sudah pasti menurun sejak 6 sampai 10 tahun, dan 20 tahun setelah penanaman yang disebabkan oleh pemanenan *S. grandiflora*, *J. curcas* dan *G. arborea*. Biomassa akhir *S. macrophylla*, adalah 85 t/ha setelah 30 tahun.

Penyerapan CO₂ setelah 30 tahun diperkirakan mencapai 231 tCO₂/ha (Gbr.12) yang termasuk penyerapan 155 tCO₂/ha oleh pepohonan yang ditanam dan 75,8 tCO₂/ha oleh *S. grandiflora* dan *J.curcas* sebagai bahan bakar.

Biomassa dari *S.grandiflora* dan *J. curcas* masing-masing adalah 18.8t/ha/6tahun dan 17.9 t/ha/10tahun. Produksi biji dari *J.curcas* adalah 14 t/ha/10tahun (Tabel. 13, 14).

Disebutkan bahwa volume bisnis kayu di Provinsi Nusa Tenggara pada bulan Februari 2009 adalah Rp. 2.000.000 ~ 2.500.000/m³ dari *G.arborea*, sekitar Rp. 6.000.000/m³ dari *S.macrophylla*, dan Rp. 4.500 ~ 6.000/pohon dari *S. grandiflora*. (Tabel. 13, 15).

Perkiraan pendapatan akhir proyek ini ditampilkan dalam Tabel.16 dan Gbr.13, 14. Pendapatan jangka pendek dalam 10 tahun setelah penanaman dari biji tanaman jarak pagar dan kayu bahan bakar *S.grandiflora*. Setelah itu, pendapatan relatif tinggi didapatkan dari kayu *G.arborea* dalam 20 tahun dan *S.macrophylla* dalam 30 tahun. Jika masa panen relatif pendek seperti diameter ukuran 10 sampai 15 cm, volume kayu yang dapat diperdagangkan mungkin menurun ke kisaran 100.000 hingga 125.000. Jadi kita harus berfokus pada pendapatan jangka panjang dari produk kayu. Saran penting lainnya adalah memilih dan memadupadankan jenis tanaman dengan pola pertumbuhan yang berbeda seperti jenis yang tumbuh cepat (misalnya *G.arborea*) dan jenis yang tumbuh lambat (misalnya *S.macrophylla*). Pilihan ini akan berkelanjutan untuk pendapatan masyarakat setempat.

Rincian pendapatan dalam 10 tahun ditunjukkan pada Gbr.14 Masyarakat setempat dapat memperoleh pendapatan sebesar Rp. 1.300.000/ha (JIFPRO, informasi pribadi) sebagai upah penanaman selama 5 tahun. Jika satu pekerja bertanggung jawab untuk satu hektar, dia bisa mendapatkan Rp. 260.000/ha/tahun. Selain itu, masyarakat setempat bisa mendapatkan pendapatan sekitar Rp. 1.000.000/ha/tahun dari biji tanaman jarak pagar dan kayu dari *S.grandiflora*, walaupun dengan harga yang relatif rendah (Tabel. 16). Ada pendapatan sekitar Rp. 1.500.000/tahun/kapita di wilayah ini. Masyarakat setempat dapat memperoleh sekitar dua pertiga dari pendapatan lokasi proyek. Diharapkan hal ini dapat memberikan motivasi untuk berpartisipasi dalam proyek penanaman pada lahan yang tidak subur.

Permasalahan unsur hara

Perkiraan penambahan unsur hara yang berasal dari curah hujan ditunjukkan pada Tabel. 17. Total penambahan adalah 1.5-3.8 kg/ha/30tahun untuk nitrogen dan 0.4-1.5 kg/ha/30tahun untuk fosfor. Hilangnya

elemen-elemen ini melalui proses pemanenan ditunjukkan di Gbr. 16. Hilangnya unsur fosfor terlihat jelas saat pemanenan biji *J.curcas* yang sepuluh kali lebih besar daripada pohon lainnya dalam 30 tahun (Gbr. 15). Hal ini yang membuat *J. curcas* tidak memungkinkan untuk ditanam pada lahan yang rusak/tidak subur..

Keadaan sosial

Permintaan bahan bakar kayu meningkat baru-baru ini di Pulau Lombok dan ketergantungan untuk bahan bakar kayu sebagai sumber energi pun ikut meningkat: 86% dari total, untuk kebutuhan rumah tangga (Tabel. 18). Subsidi minyak tanah adalah Rp 2.500/l pada bulan Mei, 2009 dan mereka bisa membeli minyak tanah Rp 4.000/l dimana awalnya biaya Rp 6.500/l. Namun, rumah tangga yang menggunakan minyak tanah mungkin akan beralih ke bahan bakar kayu karena subsidi minyak tanah akan berakhir pada tahun 2010. Selain itu, situasi yang hampir sama akan terjadi pada beberapa perusahaan yang dapat menyebabkan peningkatan biaya minyak tanah misalnya perusahaan rokok di Pulau Lombok.

Perbandingan antar model

1. Model Reboisasi

a) model W-BRIDGE

Tanaman pohon kayu yang berumur panjang

. *S.macrophylla*: 100 pohon/ha, panen dalam 30 tahun

. *G.arborea*: 80 pohon/ha, panen dalam 20 tahun

Tanaman pohon penghasil minyak.

.*J. curcas*: 2.050 pohon/ha, panen dalam 10 tahun

Tanaman pohon untuk kayu bakar dan pakan ternak

. *S.grandiflora*: 720 pohon/ha, panen dalam 6 tahun

Tanaman pohon untuk perlindungan terhadap api di batas proyek

. *S.pinatta*

. *G.sepium*

b) Model Hutan Produktif

Tanaman pohon kayu yang berumur panjang

Area: 5 m × 5 m

. *S.macrophylla*: 350 pohon/ha, panen dalam 30 tahun

. *G. arborea*: 180 pohon/ha, panen dalam 20 tahun

2. Model Perkebunan

a) Model terubusan

. *S.grandiflora*: area 2 m × 2 m dan 2.500 pohon/ha, panen dalam 6 tahun dengan 5 kali rotasi

b) Model perkebunan tanaman jarak pagar

. *J. curcas*: area 2 m × 2 m dan 2.500 pohon/ha, panen dalam 10 tahun dengan 3 kali rotasi

Penyerapan karbondioksida untuk semua model ditunjukkan pada Gbr.16. Ada penyerapan yang efektif dalam model reboisasi dibandingkan dengan model perkebunan. Saat kami mempertimbangkan efek bahan bakar kayu dari *S. grandiflora* dan biji tanaman jarak pagar sebagai energi alternatif untuk minyak, model terubusan adalah model yang lebih baik dibandingkan model tanaman jarak pagar (Gbr. 17). Alasan yang memungkinkan adalah interval yang rapat, pola pertumbuhan yang tinggi, rotasi yang pendek, dan penggunaan total hasil panen kayu. Di sisi lain, model tanaman jarak pagar sangat tergantung pada produksi biji yang merupakan bagian dari organ tanaman.

Penurunan yang nyata untuk penyerapan CO₂ pada tanaman *G.arborea* setelah panen adalah tergantung pada perhitungan sebagai berikut. Kami tidak menghitung kayu sebagai energi alternatif untuk minyak, karena produk kayu termasuk kayu glondongan tidak dikenal sebagai stok karbon dalam definisi Kyoto Protocol. Jika kita mempertimbangkan efek kayu glondongan, jumlahnya menjadi 80 tCO₂/ha di W-BRIDGE model dan 180 tCO₂/ha dalam model hutan produktif.

1. Pendapatan antar model

Perbedaan pendapatan antar model dalam 30 tahun ditunjukkan dalam Tabel. 19 dan Gbr. 17. Model reboisasi rata-rata jauh lebih tinggi pendapatannya daripada model perkebunan. Dalam estimasi tersebut, kita asumsikan bahwa tingkat kelangsungan hidup adalah 50% untuk *S. macrophylla* dan *G. arborea*. Kayu-kayu dan biji pohon tersebut bernilai tinggi untuk saat ini.. Selain itu, pendapatan yang tinggi Rp. 60.000/m³ saat ini dalam model hutan produktif mungkin dikarenakan tanaman *S. macrophylla*. Jadi kebaikan model perkebunan adalah masyarakat dapat memperoleh pendapatan dalam waktu singkat dan berlangsung selama 10 tahun. Namun, masih ada masalah tentang biji tanaman jarak pagar. Pendapatan dari biji tersebut secara umum masih belum stabil dan rendah.

2. Tingkat pengembalian internal

Tingkat pengembalian internal antar model ditunjukkan pada Tabel. 20. Terdapat tingkat pengembalian internal yang cukup tinggi pada model reboisasi. Dibandingkan dengan total pendapatan sebagaimana disebutkan di atas, peningkatan tingkat pendapatan internal bisa jadi hasil dari total pendapatan, investasi, dan waktu setelah penanaman.

3. Hilangnya unsur hara antar model

Hilangnya unsur hara yang paling tinggi terjadi pada model tanaman jarak pagar (Tabel. 21, 22, Gbr. 19) dan bahkan lebih tinggi dari tanaman pertanian di kabupaten ini. Unsur nitrogen akan ditambahkan oleh curah hujan dan tumbuhan yang berfungsi untuk fiksasi nitrogen. Namun, fosfor hanya akan bertambah dari pelapukan batuan yang mengandung fosfor. Kami bisa fokus pada tanaman jarak pagar dengan tujuan mengisi kekurangan fosfor di lahan tidak subur. Jika tidak, tanah akan lebih rusak ketika kita melanjutkan perkebunan tanpa pasokan unsur hara.

4. Evaluasi bahan bakar kayu dan minyak-bio

Pembangkit energi dan menggunakan koefisien ditunjukkan pada Tabel.23. Membangkitkan energi dari kayu *S.grandiflora* (4.553 GJ/ha/30tahun) jauh lebih tinggi daripada minyak dari tanaman jarak pagar (2.550 GJ/ha/tahun). Selain itu, hasil kayu pun dapat langsung digunakan, tetapi minyak baru akan tersedia melalui proses panen, meremas, dan pengolahan. Ini akan menjadi penambahan biaya dalam produksi minyak. Jika tidak ada masalah di mesin api, hasil kayu akan lebih efektif daripada minyak-bio. Masalah lain adalah produktifitas biji tanaman jarak pagar. Produktifitas biji cukup rendah. Sebaliknya, hilangnya unsur hara dari tanah yang tinggi di lahan rusak seperti yang sudah disebutkan di atas. Kami menyarankan bahwa jika kami memanfaatkan lahan tidak subur sebagai sumber bio-energi, kami bisa memilih jenis kayu api dengan pola pertumbuhan yang cepat. Jika kami ingin menghasilkan minyak-bio secara efektif, kami akan memilih tanah dengan produktivitas yang tinggi yang juga cocok untuk tanaman pangan. Kesimpulan kami adalah jenis tanaman minyak-bio tidak bersaing dengan tanaman pangan di daerah tropis.

5. Pengenalan model W-BRIDGE

Model W-BRIDGE menjelaskan bahwa masyarakat setempat dapat

memperoleh pendapatan dalam waktu singkat setelah menanam tanaman jarak pagar dan *S. grandiflora*. Tujuan lain untuk memperkenalkan tanaman jarak pagar adalah untuk melindungi fungsi hutan dari kebakaran liar seperti disebutkan diatas. Kami juga ingin memperkenalkan model W-BRIDGE kepada tanah hutan nasional yang tidak subur / rusak seluas 5.565 ha di Pulau Lombok.

Tidak ada perdagangan biji tanaman jarak pagar pada bulan Februari 2009 karena pasokan minyak yang stabil. Harga biji adalah Rp. 1.500/kg pada bulan Desember 2008 dan mengalami penurunan menjadi Rp. 700/kg. Itu sebabnya biji tanaman yang terdapat pada batasan area proyek ini tidak dipanen. Masyarakat setempat akan mendapatkan uang sebesar Rp. 20.000 /hari/kapita dari pekerjaan konstruksi tersebut dan memanen bibit sebanyak 10kg/hari/kapita. Harga minimum Rp. 2.000 /kg agar menguntungkan. Harga dan produktifitas biji masih belum stabil, hal ini dikarenakan kondisi cuaca dan produktivitas lahan yang masih rendah seperti yang disebutkan diatas.

Proyek Reboisasi akan diminta untuk membeli biji dengan harga yang terjangkau dalam waktu singkat sampai akhir masa reboisasi, dan anggaran biaya untuk proyek perlu menyertakan biaya penyediaan biji. Proyek tersebut diharapkan akan memotivasi masyarakat setempat untuk melakukan reboisasi jangka panjang yang berkelanjutan.

Tidak ada pendapatan dari kayu glondongan *G. arborea* sampai pada tahun dimana sudah siap dipanen, maka proyek kami diadakan dengan sistem tumpangsari dengan pakan ternak dan pohon kayu bahan bakar dengan pola pertumbuhan yang cepat diantara pohon-pohon kayu lainnya. Sistem ini akan membantu untuk memperoleh pendapatan dari lokasi proyek. Setelah 20 tahun, kayu akan tersedia, dan tanah itu akan menjadi hutan rakyat dengan sistem pengelolaan *sylvicultural*. Skema proyek ini ditampilkan dalam Gbr. 20.



Gambar 1 Lokasi Proyek W-BRIDGE (Turi and Jatropha, Mar.2010)

Tabel 1 Perubahan curah hujan per tahun (mm) di Sambelia

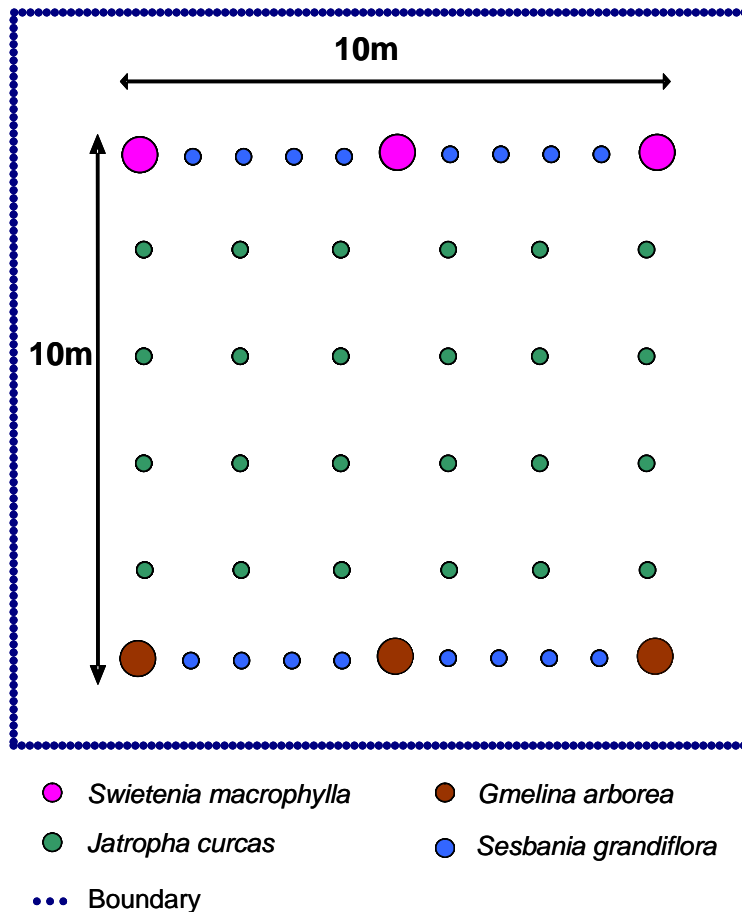
Tahun	Bulan												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1999	963	307	180	113	0	0	2	15	0	0	37	138	1755
2000	493	179	145	107	62	0	0	0	23	88	225	385	1707
2001	371	90	214	98	25	0	0	0	0	13	121	50	982
2002	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	35	70
2003	194	360	126	129	0	0	0	0	0	0	38	135	982
2004	207	237	321	37	39	0	0	0	0	0	14	252	1107
2005	140	213	187	204	0	0	84	35	20	18	17	191	1109
2006	658	181	257	370	21	0	0	0	0	0	0	121	1608
2007	128	348	277	147	21	61	0	0	0	0	11	39	1032
Total	3155	1917	1710	1244	173	67	93	58	52	129	474	1358	10352
Rata-rata	350	213	190	138	19	7	10	6	5	13	51	150	1150

Sumber: Dinas Kehunantan (2008)

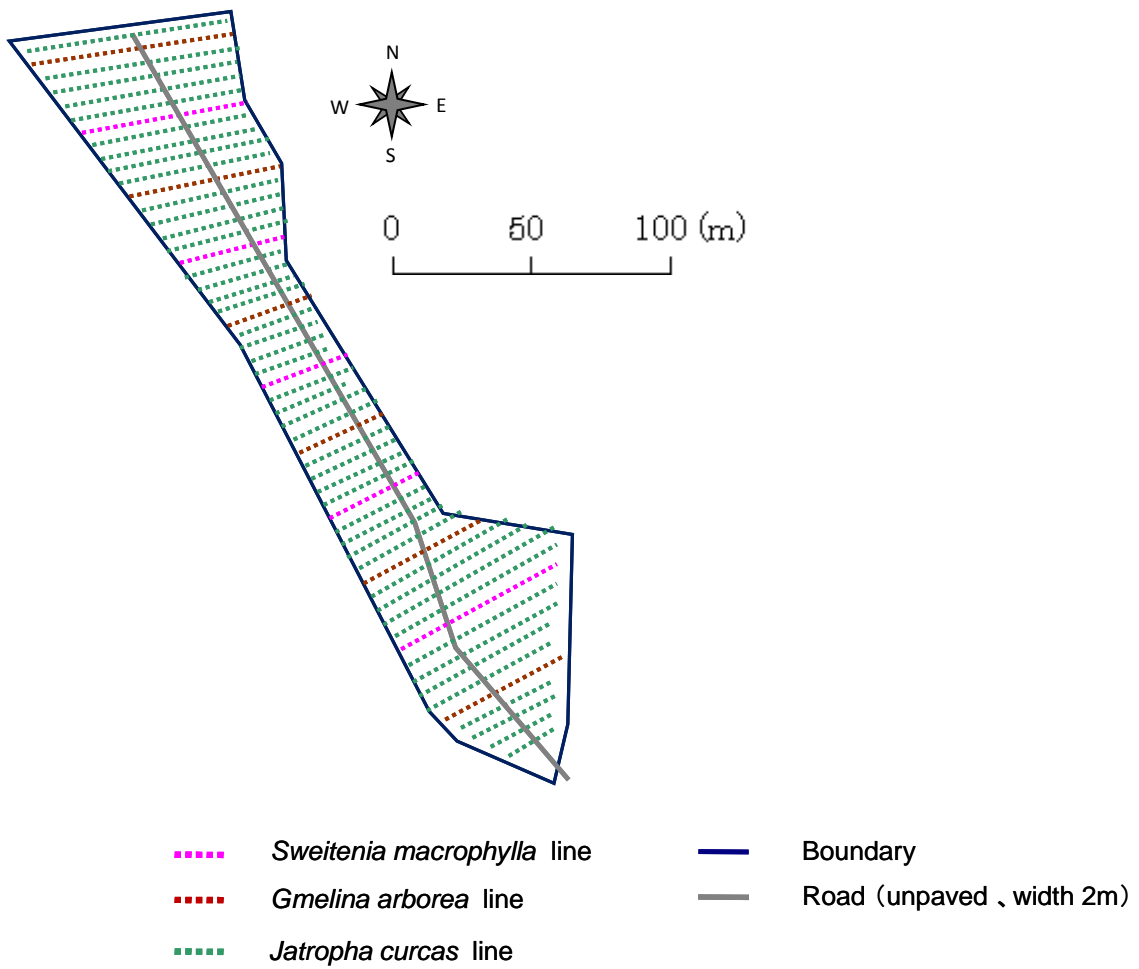
Tabel 2 Informasi Populasi sekitar Lokasi dan Indonesia

Lokasi	Total Area (ha)	Penduduk (jiwa)	Kepadatan (jiwa/ha)
Desa Labuan Pandan ^{*1}	3,897	8,402	2.2
Kecamatan Sambelia ^{*1}	24,522	30,829	1.3
Kabupaten Lombok Timur ^{*1}	160,600	1,067,673	6.7
Pulau Lombok ^{*2}	473,900	2,837,642	6.0
Provinsi Nusa Tenggara Barat ^{*3}	1,970,900	4,286,000	2.2
Indonesia ^{*3}	186,036,000	216,382,000	1.7

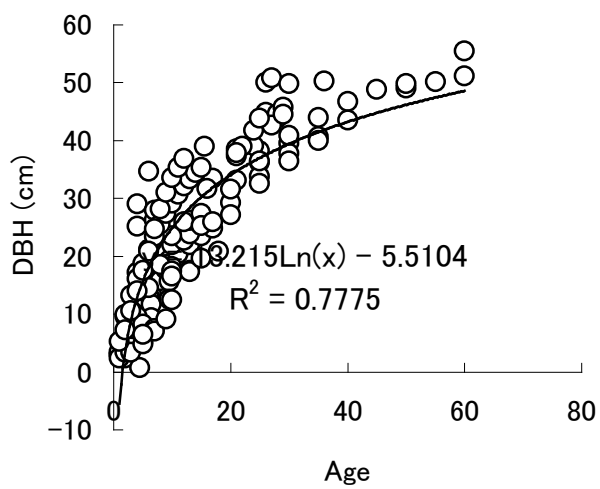
*1 : BPS-NTB (2008), *2 : BPS-NTB (2004) , *3 : BPS (2006)



Gambar 2 Desain Penanaman



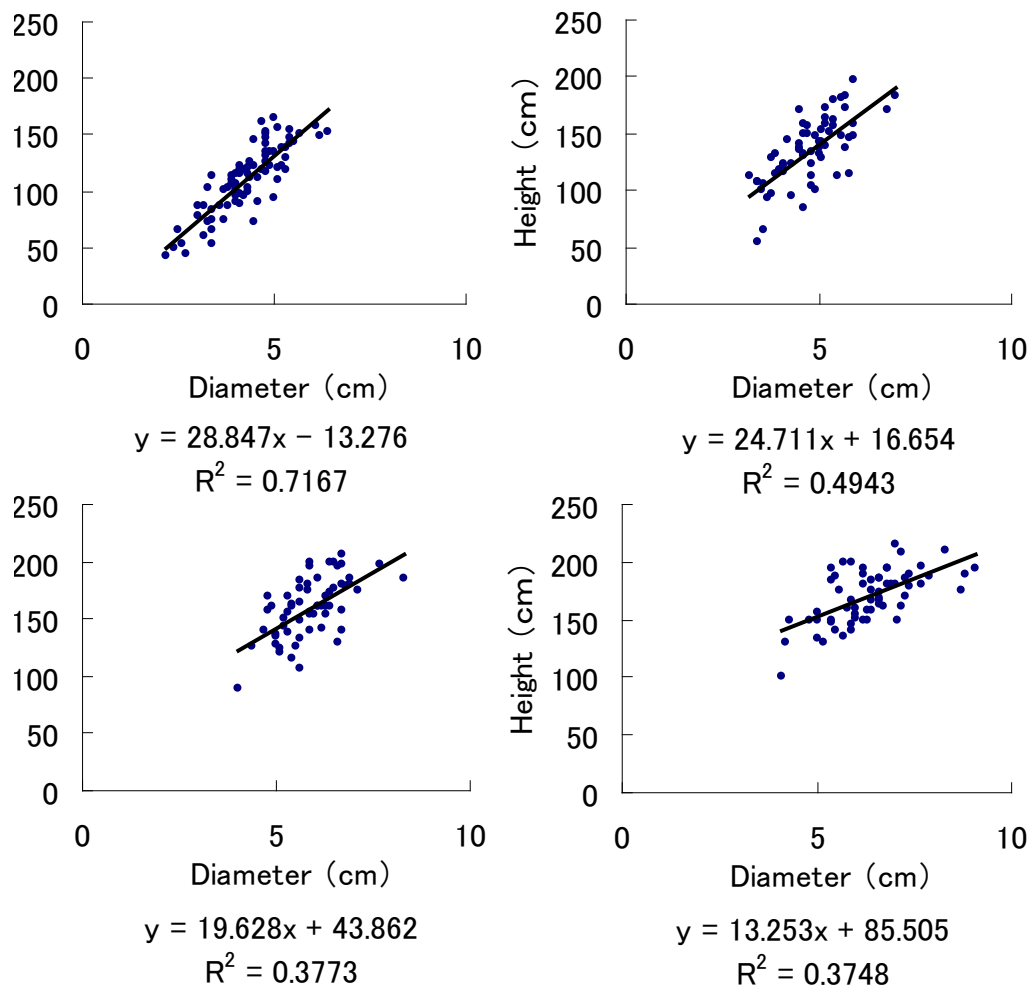
Gambar 3 Jalur tanaman



Gambar 4 Hubungan umur dan diameter dari beberapa spesies tanaman di tropis (dari database of JIFPRO, 1996)

Tabel 3 Pertumbuhan jarak pagar

Jenis	<i>Jatropha curcus</i>			
	Aug-08	Dec-08	Feb-09	Aug-09
Tanggal				
Jumlah pohon	80	63	63	63
Diameter(cm)				
Max	6.4	7	8.3	9.1
Min	2.2	3.2	4	4.1
Rata-rata	4.3	4.8	5.9	6.4
Tinggi(cm)				
Max	165	197	206	215
Min	42	54	90	100
Rata-rata	111	135	160.0	170
Lebar tajuk (cm)				
Max			168	125
Min			63	13.5
Rata-rata			105	59.3



Gambar 5 Hubungan diameter pada leher akar dan tinggi jarak pagar.

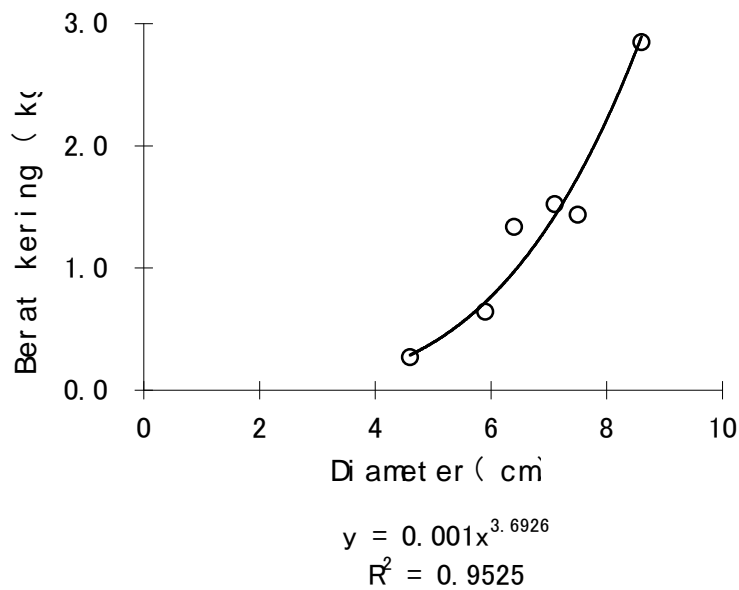
Kiri atas; Aug.2008, kanan atas; Dec. 2009, kiri bawah; Feb. 2009, kanan bawah; Aug.2009

Tabel 4 Pertumbuhan tahunan dari jarak pagar

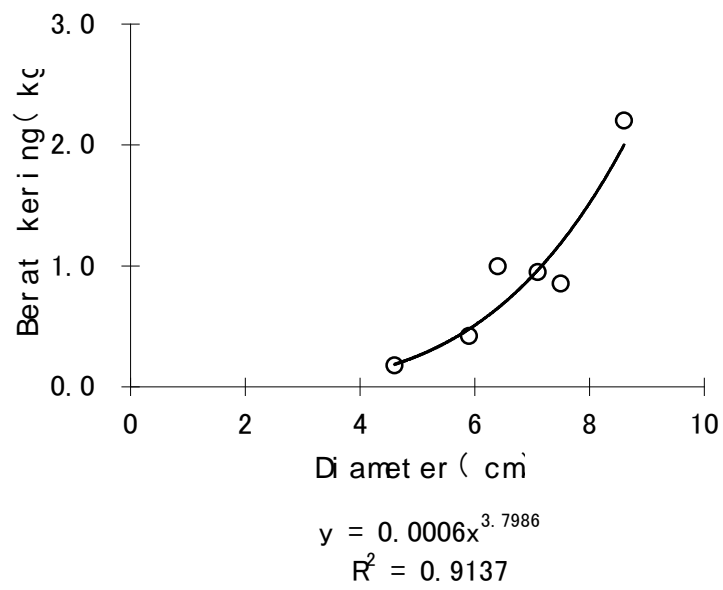
Jumlah pertumbuhan	Aug-08 to Aug-09
Diameter (cm/tahun)	2.04
Tinggi (cm/tahun)	58.7

Tabel 5 Pohon sampel untuk menduga biomassa jarak pagar

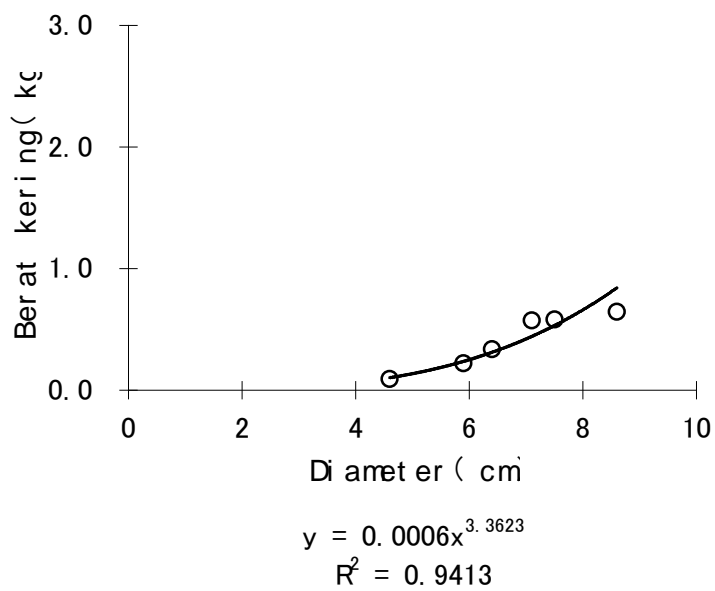
Jenis	<i>Jatropha curcus</i>					
	1	2	3	4	5	6
No. Sampel						
Umur (tahun)	2	2	2	2	2	2
Diameter (cm)	8.6	7.5	7.1	6.4	5.9	4.6
Tinggi (cm)	290	195	200	175	144	113
Lebar tajuk 1 (cm)	93	80	65	55	40	40
Lebar tajuk 2 (cm)	69	55	80	55	30	30
Berat kering (kg)						
Diatas tanah	2.20	0.85	0.95	1.00	0.42	0.18
Akar	0.65	0.58	0.57	0.34	0.22	0.09
Total	2.85	1.44	1.52	1.34	0.64	0.27



Gambar 6 Persamaan hubungan antara diameter pada leher akar dan total biomassa jarak pagar



Gambar 7 Persamaan hubungan antara diameter pada leher akar dan biomassa diatas permukaan tanah dari jarak pagar.



Gambar 8 Persamaan hubungan antara diameter pada leher akar dan biomassa akar jarak pagar

Tabel 6 Berat basah dan kering dan bagian air (Berat kering) dari sampel batang jarak pagar

	Berat basah (g)	Berat kering (g)	Kadar air (g)	Kadar air (%)
Diatas tanah	502	127.1	374.9	295.0
Akar	537	135.5	401.5	296.3
Total	1039	262.6	776.4	295.7

Tabel 7 Kadar air dari berbagai jenis tanaman di Sambelia

Jenis	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Tectona grandis</i>	<i>Samanea samman</i>	<i>Azadirachta indica</i>
Kadar air (%)				
Diatas air	122.0	112.6	73.3	78.9
Akar	104.6	126.1	72.5	80.8
Total	117.0	116.6	73.1	79.5

Tabel 8 Minyak yang dapat dipisahkan dari biji jarak pagar

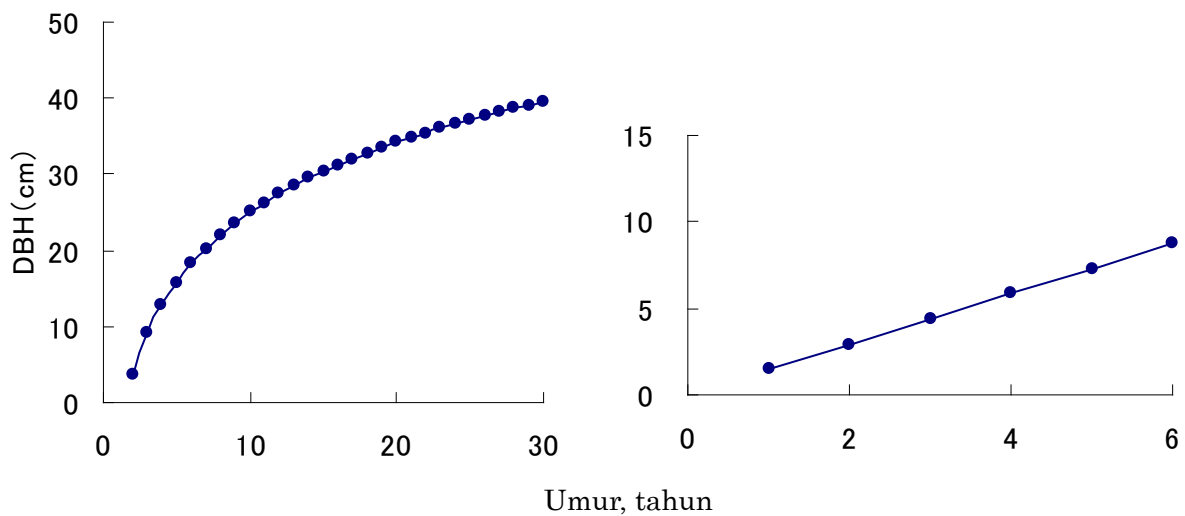
Sampel(g)	Marc (g)	Minyak		Minyak/Sampel		
		Berat (g)	Volume (ml)	Berat (g/g)	Volume (ml/g)	
1	120	91.5	28.5	23	0.24	0.19
2	120	82.2	37.8	30	0.31	0.25
3	120	82.8	37.2	30	0.31	0.25
4	120	85.8	34.2	27	0.28	0.23
5	120	82.1	37.9	30	0.32	0.25
6	120	76.9	43.1	35	0.36	0.29
7	120	82.1	37.9	30	0.32	0.25
8	120	86.8	33.2	27	0.28	0.22
9	120	95.7	24.3	20	0.20	0.17
Total	1080	765.8	314.2	252	0.29	0.23

Tabel 9 Kadar karbon dan nitrogen dari biji jarak pagar.

	Berat (mg)	C (%)	N (%)
Sampel 1			
Biji	293	57.2	2.2
Marc	240.3	51.3	2.8
Sampel 2			
Biji	259.8	57.2	2.2
Marc	229.4	51.1	2.8

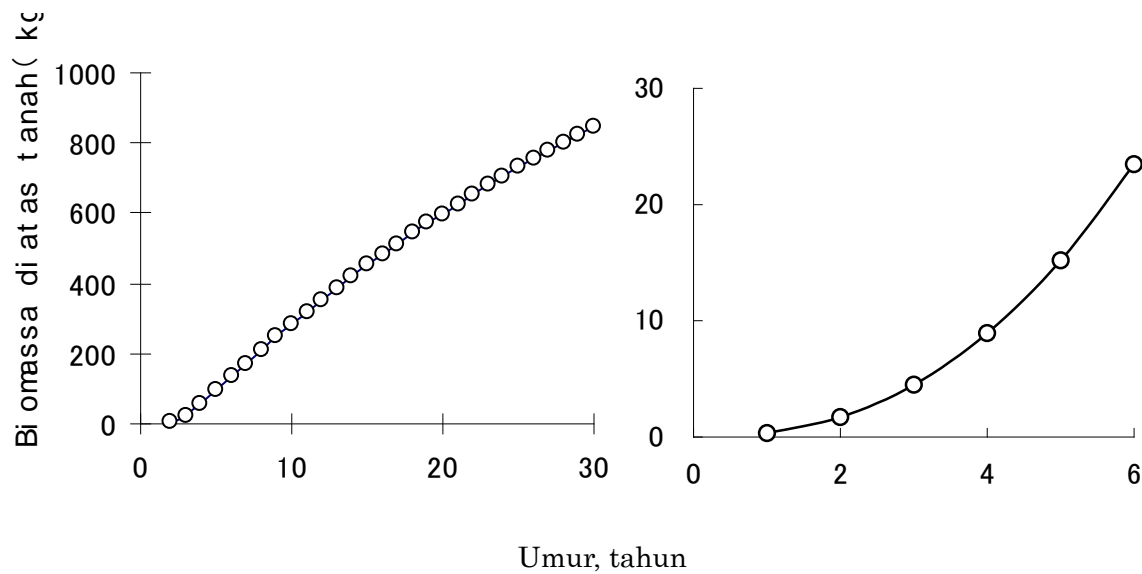
Tabel 10 Prediksi biomassa di atas tanah dan produksi biji jarak pagar dengan berbagai umur

Umur	Diameter (cm)	Bidang dasar (cm ²)	Biomassa diatas tanah (kg)	Panen (kg)
1	4.3	14.6	0.2	0.1
2	6.4	31.7	0.7	0.2
3	8.4	55.3	1.9	0.4
4	10.4	85.4	4.4	0.6
5	12.5	122.1	8.7	0.9
6	12.5	122.1	8.7	0.9
7	12.5	122.1	8.7	0.9
8	12.5	122.1	8.7	0.9
9	12.5	122.1	8.7	0.9
10	12.5	122.1	8.7	0.9
Total				6.8



Gambar 9 Predidiksi pertumbuhan diameter dari *Swietenia macrophylla* dan *Gmelina arborea* (kiri), dan *Sesbania grandiflora* (kanan)

Data dari Jama et al. (1989)



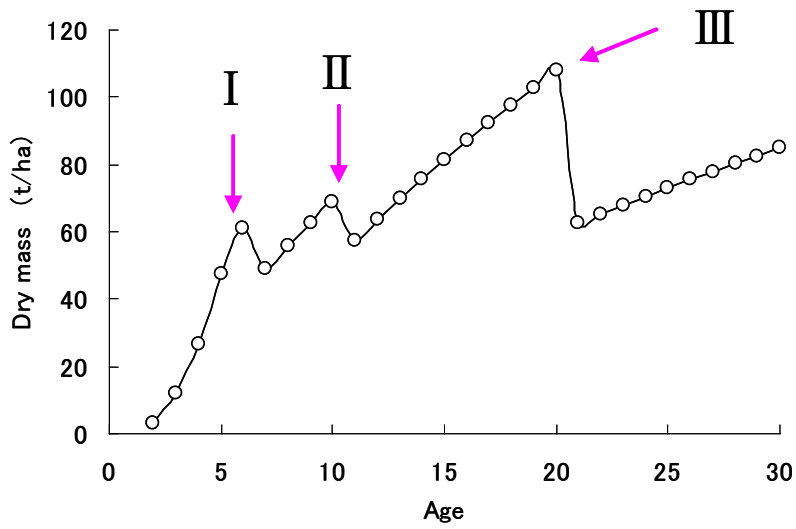
Gambar 10 Prediksi biomassa di atas tanah dari *Swietenia macrophylla* dan *Gmelina arborea* (kiri) dan *Sesbania grandiflora* (kanan)

Menggunakan persamaan Morikawa (2007) dan data dari Jama et al. (1989)

Tabel 11 Kadar nutrien dari *Acacia mangium*

Jenis	<i>Acacia mangium</i>				
	Negara	PNG	Indonesia	Indonesia	Rata-rata
N /Berat kering (kg/t)		2.52	2.39	1.76	2.22
P /Berat kering (kg/t)		0.13	0.05	0.37	0.19
K /Berat kering (kg/t)		1.48	1.76	0.51	1.25

Yamada et al. (2004)



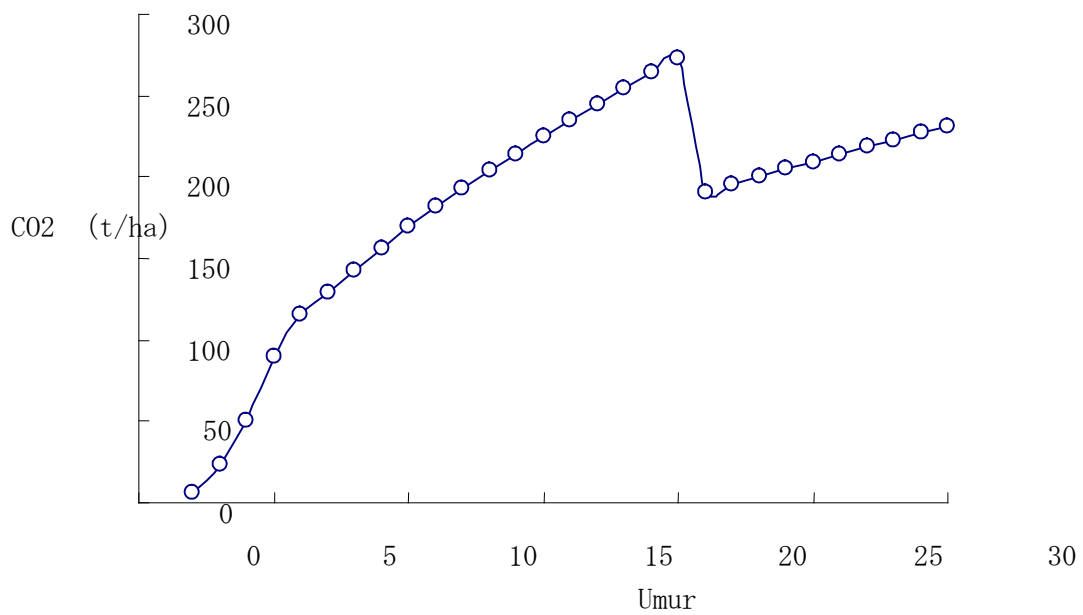
panen

I : *Sesbania grandifrola*

II : *Jatropha curcas*

III : *Gmelina arborea*

Gambar 11 Prediksi perubahan biomassa di lokasi proyek
 Dari persamaan Morikawa (2007) dan data dari Jama et al. (1989)



Gambar 12 Prediksi penyerapan karbon dilokasi proyek

Tabel 12 Prediksi produksi kayu dan pendapatan di lokasi proyek

Jenis	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>
Umur	20	30
Biomassa diatas tanah (t/ha) *1	47.9	84.8
Produk kayu (m ³ /ha)	51.4*1,2	127.5*1,3
Pendapatan (mil Rp/ha)	102.9~128.6 *1,2	765*1,3

Dihitung dari Morikawa (2007), JIFPRO (1996), dan Morikawa (2004)

Tabel 13 Prediksi biomas di atas tanah dan pendapatan dari *Sesbania grandiflora*

Jenis	<i>Sesbania grandiflora</i>	
Jumlah pohon (pohon / ha)	800	
Biomassa diatas tanah (t/ha/6thn)*	18.8	
Harga (Rp/pohon)	4500	6000
Pendapatan (mil Rp/ha/6 tahun)	3.6	4.8

Dihitung dari Morikawa (2007) dan Jamma et al. (1989)

Tabel 14 Prediksi pendapatan total dari *J. curcas* di lokasi proyek

Jenis	<i>Jatropha curcus</i>
Umur	10
Biomassa diatas tanah (t/ha/tahun)	17.9
Panen (t /ha/tahun)	1.86
Panen Total (t /ha/10tahun)	14
Pendapatan dari kayu (mil Rp /ha)	—
Pendapatan dari biji (mil Rp /ha/10tah	7 21
Harga biji : 500 (Rp /kg)	7
Harga biji : 1000 Rp /kg)	14
Harga biji : 1500 Rp /kg)	21

Tabel 15 Harga penjualan kayu di Pulau Lombok (Feb. 2009)

Jenis	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Tectona grandis</i>
Harga kayu (mil Rp/ m3)	6	2~2.5	7~7.5

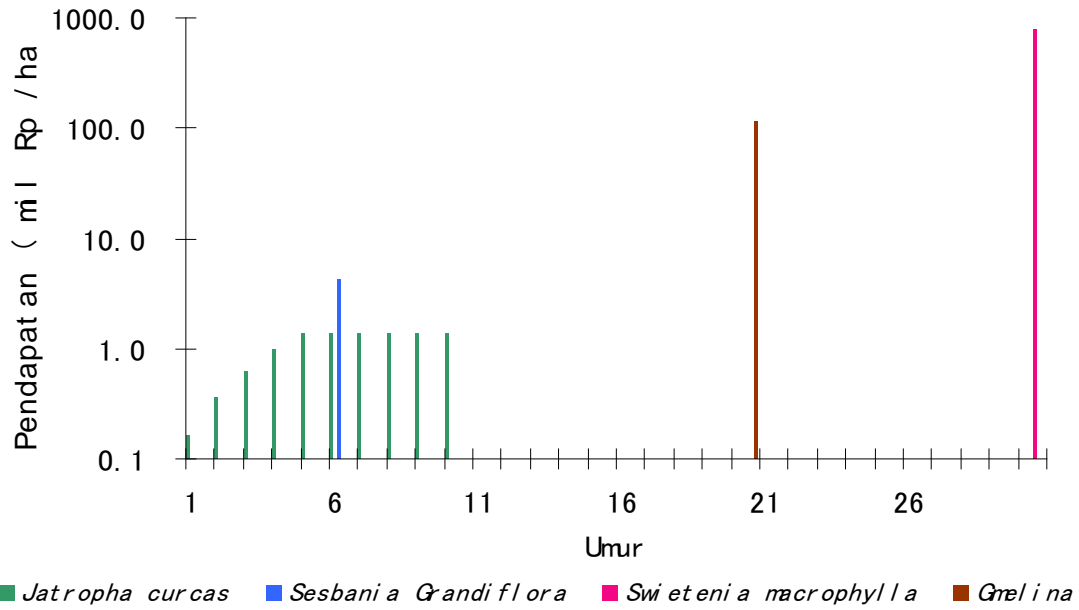
Jenis	<i>Samanea samman</i>	<i>Azartica indica</i>
Harga kayu (mil Rp/ m3)	5~6	3.5

Dinas Kehutanan Nusa Tenggara Barat

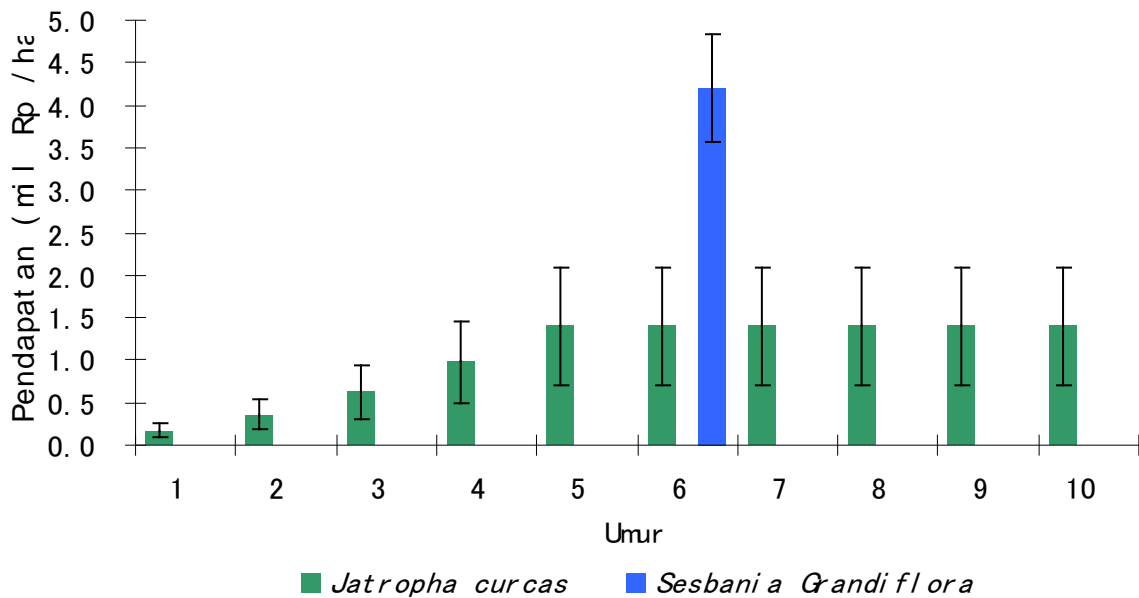
Tabel 16 Pendapatan total dari hasil kayu pada 30 tahun di lokasi proyek

Jenis	Total	<i>Gmelina arborea</i> *1,2	<i>Swietenia macrophylla</i> *1,3	<i>Jatropha curcas</i>	<i>Sesbania grandiflora</i> *1,4
Pendapatan (mil Rp)					
1~10 tahun	10.6-25.8	0	0	7.0-21.0	3.6-4.8
11~20 tahun	102.9-128.6	102.9-128.6	0	0	0
21~30 tahun	765	0	765	0	0
Total	879-919	102.9-128.6	765	7.0-21.0	3.6-4.8
Rata-rata	29.3-30.6				

Dihitung dari Morikawa (2004, 2007), JIFPRO (1996), dan Jama et al. (1989)



Gambar 13 Penghasilan tahunan dari hasil hutan selama 30 tahun di lokasi proyek
 Dihitung dari Morikawa (2004), JIFPRO (1996), Jama et al. (1989), dan Dinas
 Kehutanan Nusa Tenggara Barat.

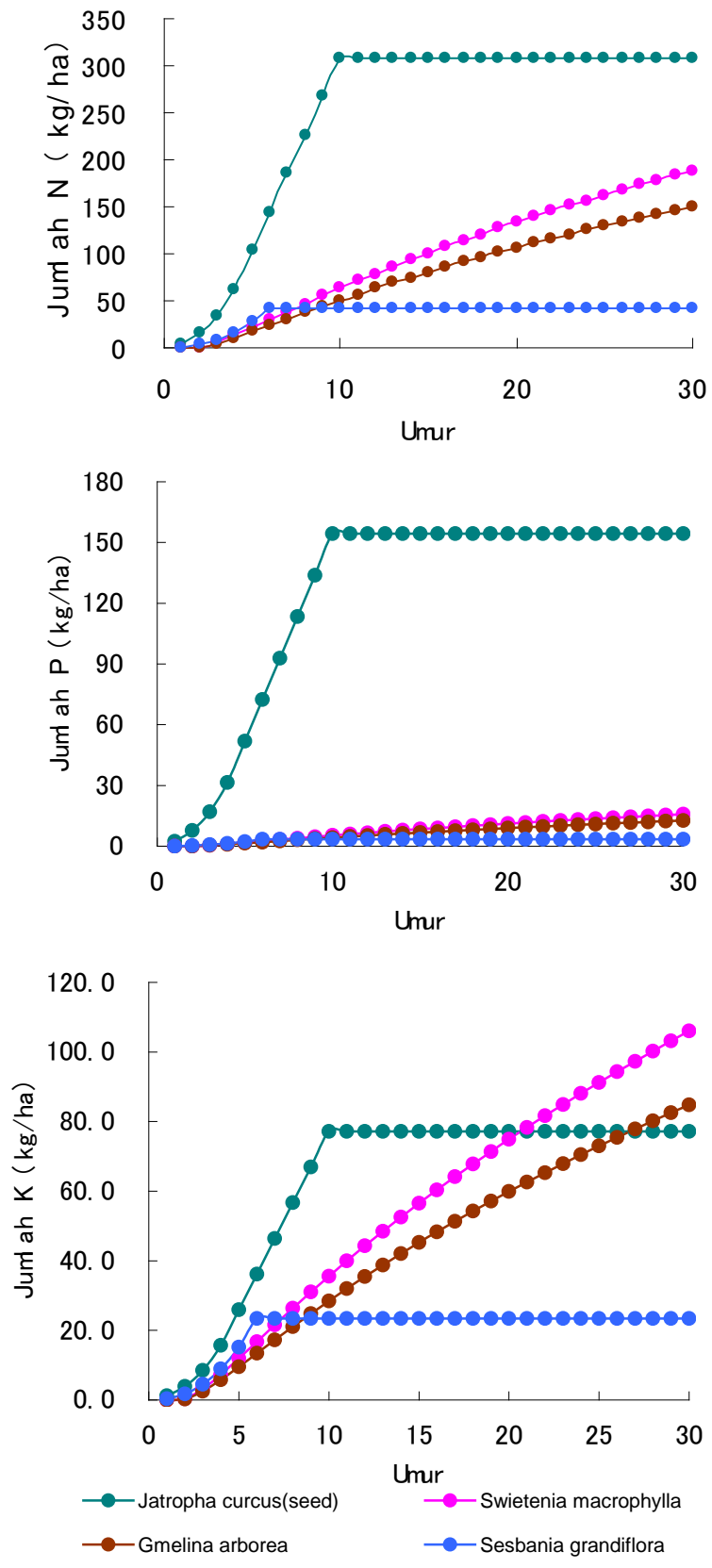


Gambar 14 Penghasilan dalam periode singkat dari hasil hutan di lokasi proyek
 Dihitung dari Morikawa (2004), Jama et al. (1989), dan Dinas Kehutanan
 Nusa Tenggara Barat.

Tabel 17 Masukan unsur hara dari air hujan tahunan (1,150mm)

Jenis Nutrien	Nitrogen	Phosphorus
Pasokan dari air hujan		
Kebutuhan per unit (mg /mm)	46 - 111	11.3 - 44.3
per tahun (g/tahun)	53 - 128	13 - 51
total 30 tahun (kg /30years)	1.5 - 3.8	0.4 - 1.5

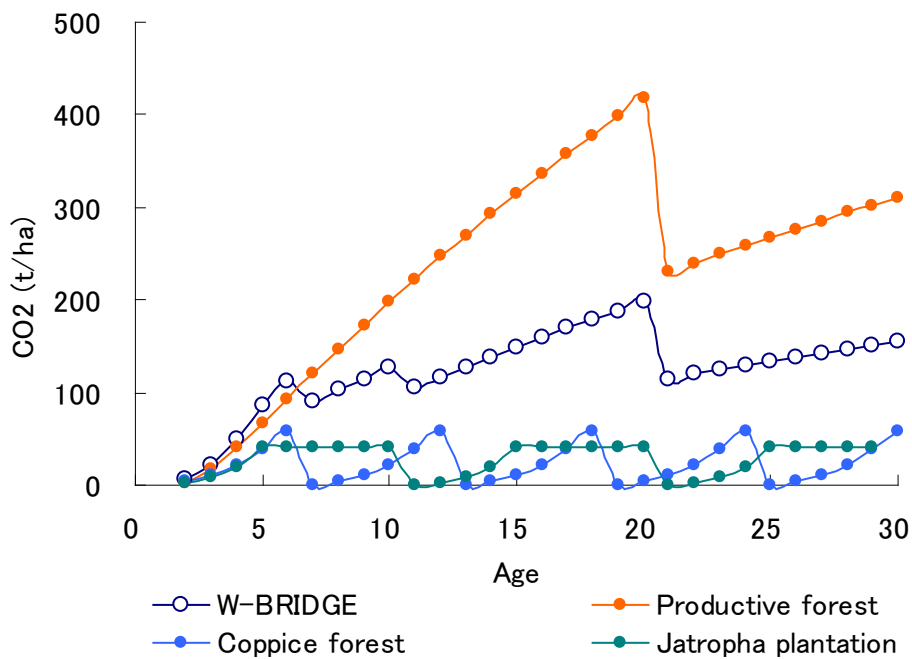
DINAS Kehutanan (2008)、JIFPRO (1995)



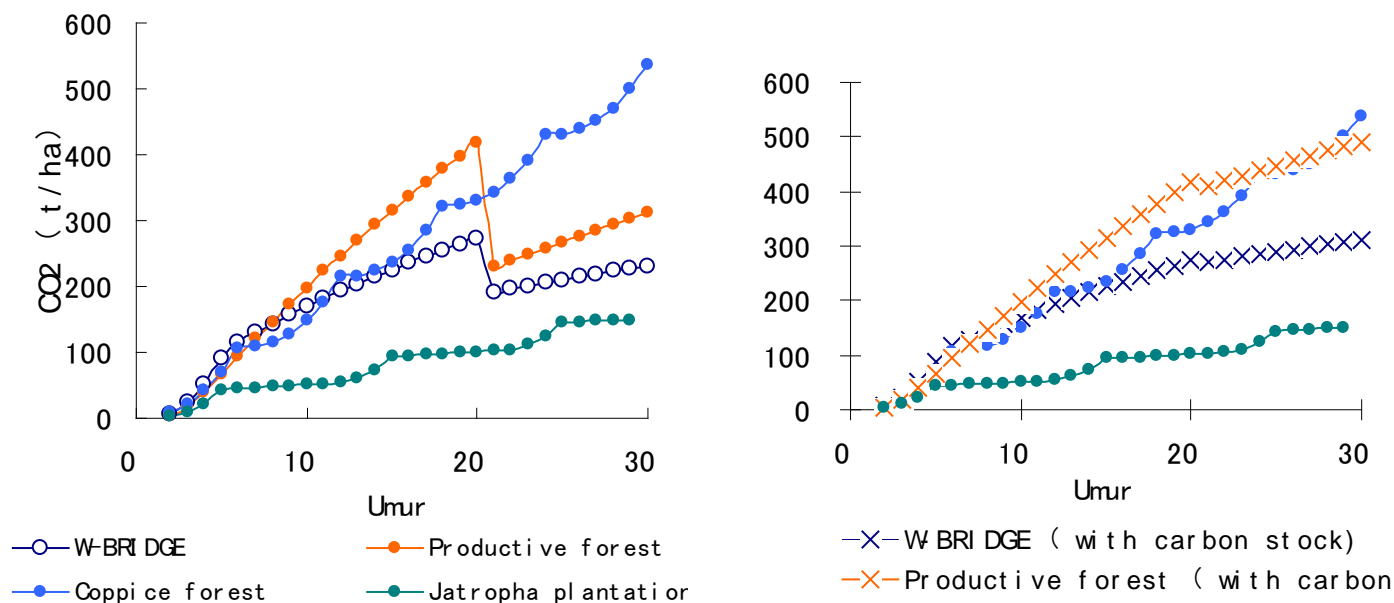
Gambar 15 Prediksi nutrien yang keluar karena pemanenan kayu yang ditanam
 Dihitung dari Yamada et al. (2004), Morikawa(2007), dan Jamaet al. (1989)

Tabel 18 Energi utama dari keluarga di Sambelia

No	Desa	Jumlah keluarga			kayu bakar
		Pakai kayu bakar	Pakai minyak tanah	Total	
1	Sambelia	1300	505	1805	72
2	Belanting	1629	123	1752	93
3	Obel-Obel	954	168	1122	85
4	Sugien	1448	76	1524	95
5	Labuan Panda	1958	319	2277	86
	Total	7289	1191	8480	86



Gambar 16 Prediksi penyerapan karbon di berbagai model tanaman
Dihitung dari Morikawa(2007) dan Jamaet al. (1989)



Note: Coppice forest (Hutan terubus) Productive forest (Hutan produktif)
 Jatropha plantation (tanaman jarak pagar)

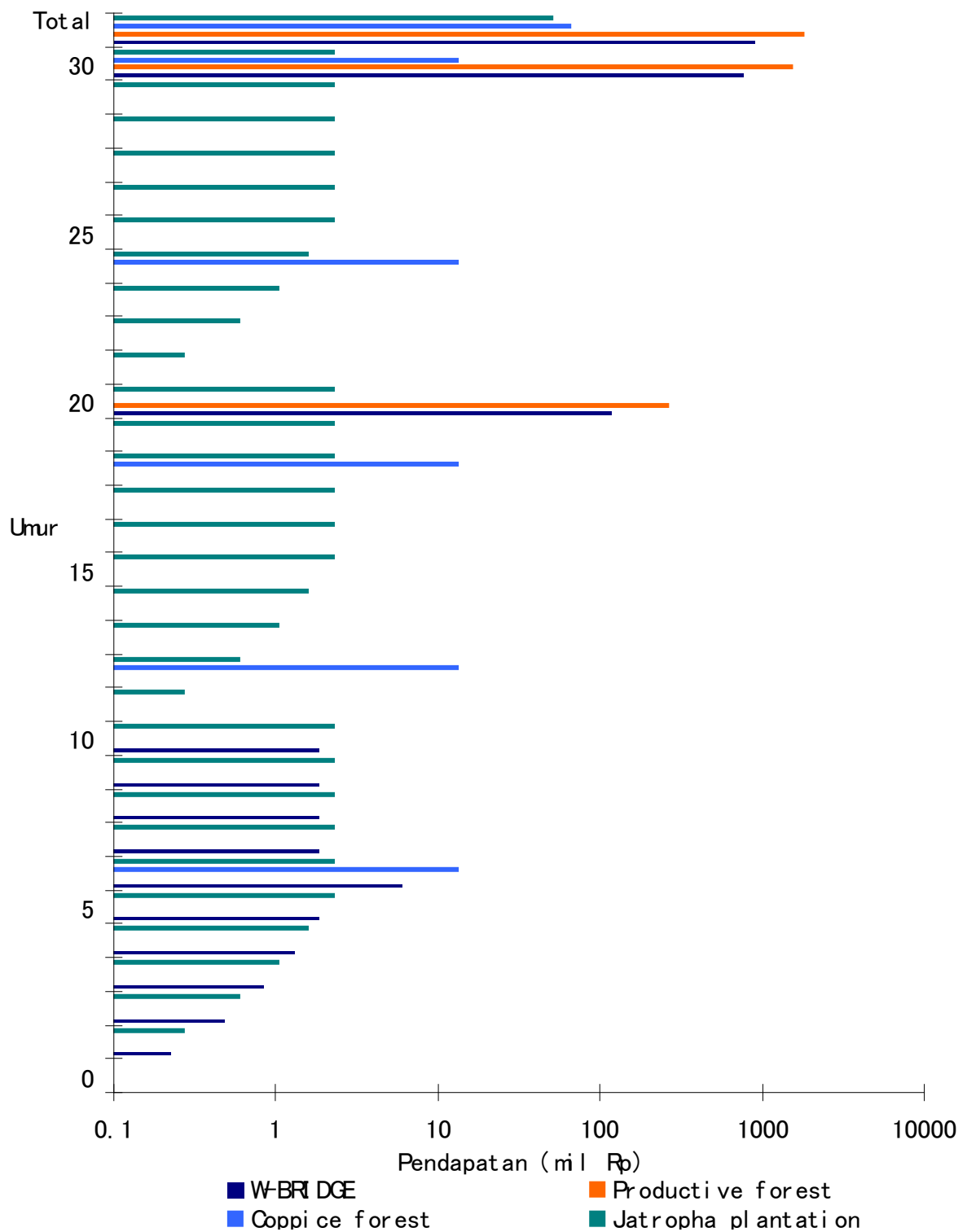
Gambar 17 Prediksi pengurangan CO₂ setelah penebangan pada berbagai model tanaman.

Dihitung dari *Morikawa(2007), Jama et al. (1989), Openshaw(2000), dan IPCC

Tabel 19 Pendapatan dari setiap model

Penggunaan lahan	W-BRIDGE *1,2,3	Hutan Produktif *1,2,3	Hutan terubus *1,4	Tanaman jarak pagar
Pendapatan (mil Rp)				
1~10 tahun	10.6-25.8	0	11.3-15	8.6-25.7
11~20 tahun	103-129	232-290	22.6-30	8.6-25.7
21~30 tahun	765	1529	22.6-30	8.6-25.7
Total	878.6	1760-1819	56.5-75	25.7-77.0
Rata-rata (mil Rp /tahun)	29.3-30.7	58.7-60.6	1.9-2.5	0.9-2.6

Dihitung dari *1 : Morikawa (2007) ,*2 : JIFPRO (1996) ,*3 : Morikawa (2004) ,dan *4 : Jama et al. (1989)



Gambar 18 Prediksi pendapatan tahunan dari berbagai model tanaman
 Dihitung dari Morikawa(2004, 2007), JIFPRO(1996), Jama et al. (1989), dan Dinas
 Kehutanan Nusa Tenggara Barat

Tabel 20 IRR dari berbagai model tanaman.

Penggunaan lahan	W-BRIDGE *1,2,3	Hutan produktif	Hutan terubus *1,4	Tanaman jarak pagar
Investasi (mil Rp/ha)				
Bibit	1.45	1.45	2.5	1.25
Penanaman	1.3	1.3	1.3	1.3
IRR (%)	29~50	28~29	20~26	22~54

Dihitung dari *1,3 : Morikawa (2004, 2007) ,*2 : JIFPRO (1996) ,dan *4 : Jamaet al. (1989)

Tabel 21 Kadar hara/nutrien dari jarak pagar dan tanaman pertanian

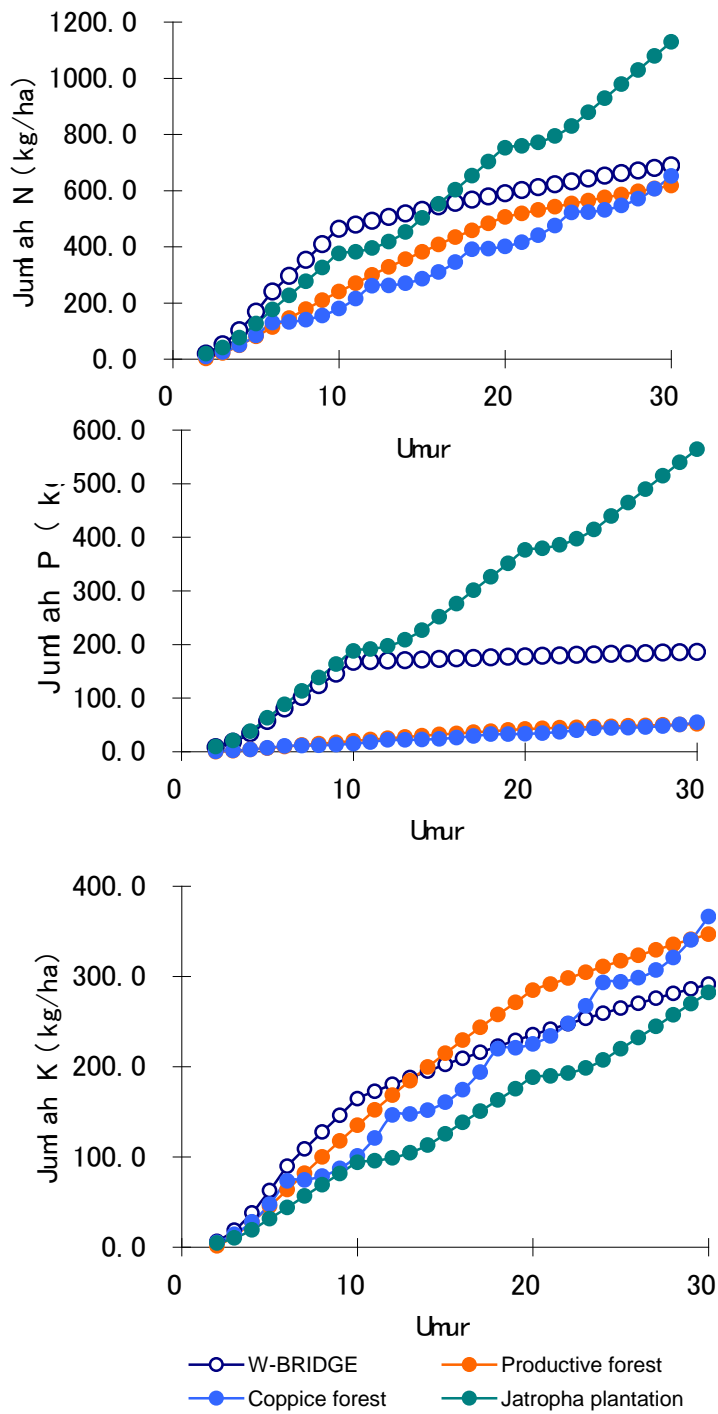
Jenis	<i>Jatropha curcas</i>	Jagung	Kedelai	Padi
Produktivitas (t/ha)	1.7	5*1	0.7*1	9*1
Kandungan hara (%)				
N	2.2	1.38*2	5.78*2	1.03*2
P	1.1	0.27*2	0.48*2	0.09*2
K	0.55	0.29*2	0.18*2	0.09*2

Dihitung dari *1 : Ministry of Education, Japan (2005) dan *2 : Barbier (1989)

Tabel 22; Nutrien/hara yang hilang dari jarak pagar dan tanaman pertanian

Jenis	<i>Jatropha curcas</i>	Jagung*	Kedelai*	Padi*
Kebutuhan hara (kg/ha (tahun)				
N	38	69	40	93
P	19	14	3	8
K	9	15	13	8

Dihitung dari * Ministry of Education, Japan (2005) dan Barbier (1989)



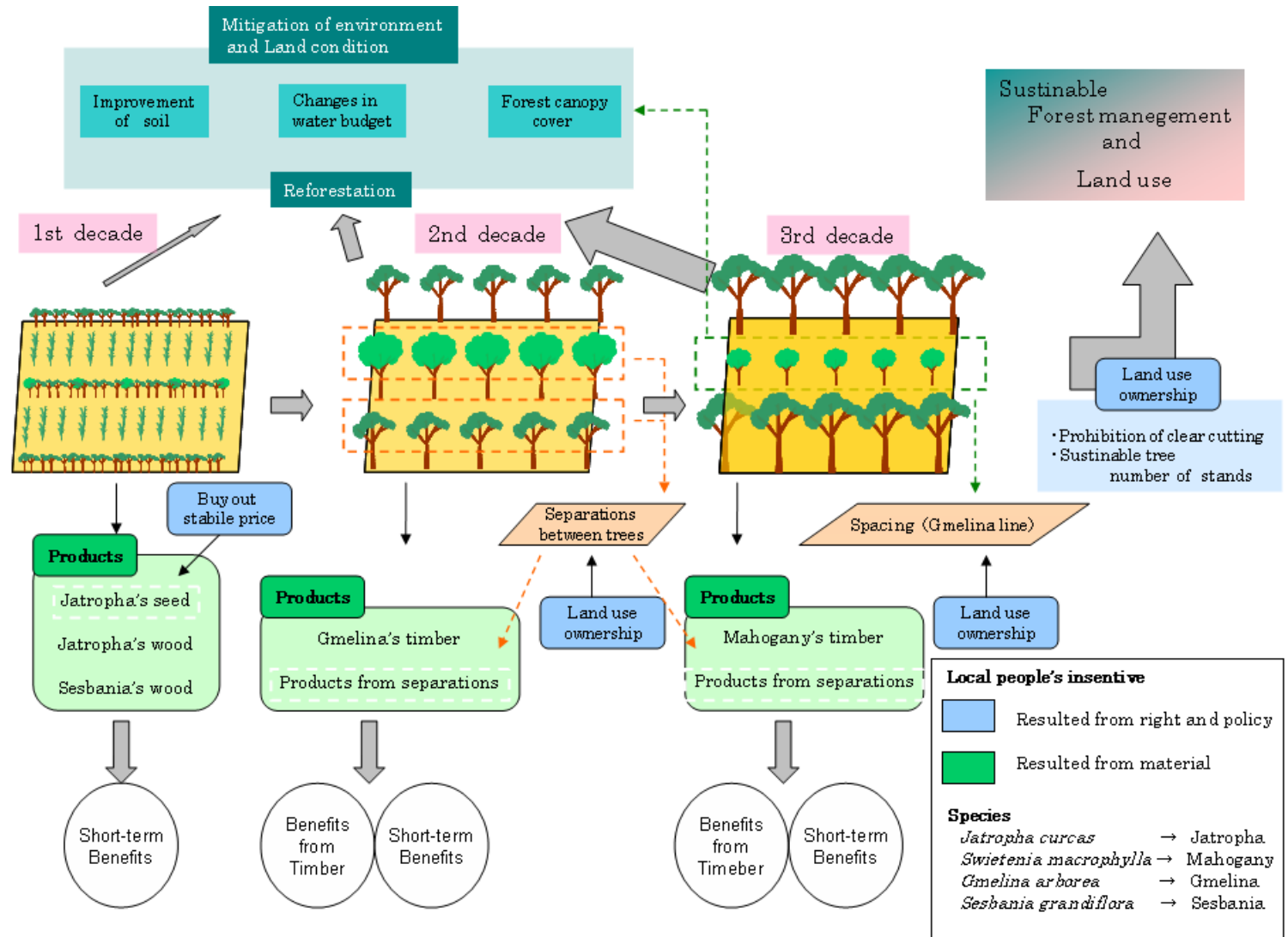
Gambar 19 Prediksi nutrien/hara yang hilang dari model tanaman

Dihitung dari *Yamada et al. (2004), Morikawa(2007), dan Jamaet al. (1989)

Tabel 22 Nilai Energi (Kerapatan:2,500 pohon/ha)

Jenis Bagian	<i>Sesbania grandiflora</i>		<i>Jatropha curcas</i>	
	Biomassa diatas tanah	Minyak	Marc	Biomassa diatas tanah
Nilai energi (MJ/kg)	15.5 ¹	40.7 ^{*3}	25.5 ^{*3}	15.5 ^{*3}
Panen (t /ha /30tahun)	293 ^{*2}	14.9	36.4	65.4
Nilai energi (GJ /ha / 30tahun)	4553 ^{*1,2}	606 ^{*4}	930 ^{*4}	1014 ^{*4}

Dihitung dari *1 : IPCC, *2 : Jama (1989), Morikawa (2007) , *3 : Openshaw (2000), dan *4 : Openshaw (2000)



Gambar 20 Gambaran dari Proyek W-BRIDGE

Translation of the Scheme of the W-BRIDGE project for each information:

1. Mitigation of environment and land condition (Mitigasi dari lingkungan dan kondisi lahan)
2. Improvement of soil (Perbaikan tanah)
3. Changes in water budget (Perubahan ketersediaan air)
4. Forest canopy cover (Penutupan tajuk hutan)
5. Sustainable Forest Management and Landuse (Pengelolaan Hutan dan Penggunaan Lahan secara lestari)
6. Reforestation (Reboisasi)
7. 1st decade (dekade pertama)
8. 2nd decade (dekade kedua)
9. 3rd decade (dekade ketiga)
10. Land use ownership (Kepemilikan lahan)
11. Prohibition of clear cutting (Larangan tebang habis)
12. Sustainable tree number of stands (Jumlah pohon yang lestari dari tegakan)
13. Spacing (Gmelina line) (Jarak tanam (garis Gmelina))
14. Separation between trees (Pemisahan antar pohon)
15. Buy out stable price (Pembelian dengan harga yang stabil)
16. Products (Produk)
17. Jatropha's seed (biji jarak pagar)
18. Jatropha's wood (kayu jarak pagar)
19. Sesbania's wood (kayu turi)
20. Gmelina's timber (kayu Gmelina)
21. Products from separation (Hasil dari pemisahan)
22. Mahogany's timber (kayu mahoni)
23. Local's people incentive (Insentif untuk masyarakat setempat)
24. Resulted from right and policy (hasil dari hak dan kebijakan)
25. Resulted from material (hasil dari material)
26. Species (jenis)
27. Jatropha curcas (jarak pagar)
28. Switenia macrophylla (mahoni)
29. Gmelina arborea (Gmelina)
30. Sesbania grandiflora (turi)
31. Short term benefits (Keuntungan jangka pendek)
32. Benefits from Timber (Keuntungan dari kayu)

Referensi

- Barbier, Edward, B. 1989. Cash crops, food crops, and sustainability: the case of Indonesia. *World Development*, Vol17, No.6. 879-895
- BPS. 2006. *Statistical yearbook of Indonesia 2005/2006*
- BPS-NTB. 2004. *Nusa Tenggara Barat Dalam Angka Tahun 2004*. Kantor Badan Pusat Statistik Provinsi NTB, Mataram
- BPS-NTB. 2008. *Nusa Tenggara Barat Dalam Angka Tahun 2008*. Kantor Badan Pusat Statistik Provinsi NTB, Mataram
- BPS-Statistics Indonesia, Bappenas and UNDP Indonesia. 2004. *National Human Development Report 2004, The Economics of Democracy: Financing Human Development in Indonesia*
- Brawn, S. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35: 881-902
- DINAS KEHUNANTAN. 2008. *Meteorological data of East Lombok*
- FAO. 2007. *State of world's forests 2007*. 109-115
- Google Earth
- IPCC. Emission factor database,
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>
- IPCC. 2007. *Climate change 2007: Synthesis report*
- Jama, B. Nari, P.K.R, and Kurira, P.W. 1989. Comparative growth performance of Some multipurpose trees and shrubs grown at Machakos, Kenya. *Agroforestry Systems* 9: 17-27
- JIFPRO (Japan International Forestry Promotion and Cooperation Center), 1995. *Annual report on acid deposition in foreign countries (in Japanese)*
- JIFPRO 1996. *Data base on growth in the tropics vol.2. (in Japanese)*
- JIFPRO 2006. *Annual report on short term AR-CDM (in Japanese)*
- JIFPRO 2007. *Annual report on short term AR-CDM (in Japanese)*
- JIFPRO 2009. *Annual report on short term AR-CDM (in Japanese)*
- Kumar, A. and Sharma, S. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha Cucus L.*): A review. *Industrial crops and products*, 28: 1-10
- Morikawa, Y. 2007. *Development of Forest Carbon Sink Mensuration Methods for First Commitment Period of the Kyoto Protocol in JAPAN. B-60 Development of Evaluation Model for Carbon Sink Global Environment Research Fund of the Ministry of the Environment,*

Japan

- Y. Morikawa. 2004. Estimate of carbon sequestration in man-made-forests and its meaning on forest management. *Environmental Resources Technology* 51: 228-233 (in Japanese)
- Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19: 1-15
- Yamada, M. Toma, T. Hiratsuka, M. and Morikawa, Y. 2004. Biomass and Potential Nutrient Removal by Harvesting in Short-rotation; Plantations. *Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests (CIFOR. 2004) : 223-226*