

OPTIMALISASI MANFAAT REVEGETASI ACACIA MANGIUM DAN SENGON PADA LAHAN BEKAS PENAMBANGAN BATUBARA

Waterman Sulistyana Bargawa
waterman.sb@upnyk.ac.id

Magister Teknik Pertambangan
Program Pascasarjana
UPN "Veteran" Jogjakarta

Abstrak

Kontribusi tambang batubara adalah menghasilkan devisa, yang dapat dimanfaatkan untuk menumbuhkan perekonomian daerah. Namun demikian penambangan batubara berpotensi merusak lingkungan. Pengelolaan pascatambang memakai model revegetasi diharapkan dapat memperbaiki lingkungan dan memberikan kontribusi untuk masyarakat sekitar tambang. Fokus kajian ini adalah optimalisasi usulan revegetasi lahan bekas tambang batubara menggunakan tanaman *Acacia Mangium* (AM) dan *Sengon* (S). Metode penelitian meliputi perhitungan laju pertumbuhan biologi tanaman, dengan asumsi parameter pertumbuhan sama, dan menghitung kelayakan ekonomi sehingga usaha tersebut dapat memberikan kontribusi. Model matematis untuk menentukan kelayakan komoditi berdasarkan teori ekonomi kehutanan *Faustmann* dan persamaan *Chapman-Richards* untuk menaksir laju pertumbuhan biologi pohon. Model matematis diprogram dalam *Microsoft® Excel*, selanjutnya hasil *spreadsheet* dipakai untuk menentukan kontribusi optimal dari revegetasi tanaman komoditi tersebut. Komoditi *Acacia Mangium* (AM) memberi keuntungan pada tahun kelima dengan jumlah volume sebesar 306.780 m³, dan luas lahan sebesar 2.000ha. Komoditi *Sengon* (S) memberikan keuntungan pada tahun kesepuluh dengan volume sebesar 31.661,76 m³ untuk luas lahan 83ha. Penelitian ini dilakukan

berdasarkan *master plan* peruntukan lahan bekas penambangan batubara di Kabupaten Muaraenim Provinsi Sumatera Selatan.

Kata kunci: reklamasi, model Faustmann, persamaan Chapman-Richards, kontribusi optimal

The contribution of coal mines is to generate foreign exchange, which can be utilized to grow the regional economy. However, coal mining has the potential to damage the environment. Post-mining management using the revegetation model can improve the environment and contribute to society. The focus of this study is to optimize the proposed revegetation in the post-coal mining area using Acacia Mangium (AM) and Sengon (S) plants. Research methods include calculating the growth rate of plant biology, assuming the same growth parameters, and calculating economic feasibility so that the business can contribute. A mathematical model to determine the feasibility of a commodity based on Faustmann's forest economy theory and the Chapman-Richards equation to estimate the rate of biological growth of trees. Mathematical models are programmed in Microsoft® Excel, then spreadsheet results are used to determine the optimal contribution of the revegetation of commodity crops. The Acacia Mangium (AM) commodity benefits the fifth year with a total volume of 306,780 m³, and a land area of 2,000ha. Sengon Commodity (S) gives profit in the tenth year with volume of 31,661.76 m³ for 83ha land area. This research was conducted based on master plan of allotment of coal mining in Muaraenim Regency of South Sumatera Province.

Keywords: reclamation, Faustmann model, Chapman-Richards equation, optimal contribution

Keywords: reclamation, Faustmann model, Chapman-Richards equation, optimal contribution

1. PENDAHULUAN

Reklamasi merupakan program yang harus direalisasikan pada setiap kegiatan penambangan. Fungsi reklamasi adalah mengalihfungsikan lahan kritis akibat penambangan menjadi lahan yang produktif, dengan mengintegrasikan kualitas lingkungan dan manfaat ekonomi pascatambang. Pada saat sekarang banyak pemikiran skeptis tentang reklamasi karena lahan pascatambang tidak dapat memberikan kontribusi bagi daerah. Penelitian ini dilakukan pada tambang batubara di daerah Kabupaten Muaraenim. Berdasarkan rencana induk, salah satu peruntukan lahan pascatambang adalah peruntukan zone hutan tanaman seluas 2.083ha yang terbagi dalam dua kawasan, yaitu kawasan Tambang Air Laya seluas 2000ha dan Kawasan Banko Barat seluas 83ha. Penelitian ini memakai konsep dasar revegetasi lahan dengan usulan penanaman komoditi *acacia mangium* dan *sengon*. Permasalahan adalah bagaimana mengelola kedua komoditi tersebut agar layak secara ekonomi, dan memberikan kontribusi optimal berdasarkan laju pertumbuhan biologi tanaman. Pemilihan tanaman *acacia mangium* didasarkan pada karakteristik yang mudah dalam penanaman, banyak tumbuh di daerah Sumatera Selatan. Tanaman tumbuh pada ketinggian 0-300m dari permukaan laut (dpl), curah hujan 1.000-2.100 mm per tahun, temperatur udara antara 13-32°C, tekstur tanah sedang, dan tingkat keasaman (pH) tanah asam sampai netral, dapat hidup pada kondisi banjir musima, dan kelembaban (Subarudi dkk.,1998). Sedangkan *Sengon* dapat tumbuh pada ketinggian 0-1.500m dpl, suhu optimal rata-rata 22-29°C. *Sengon* tumbuh dengan baik di lokasi dengan iklim basah sampai agak kering, terutama pada curah hujan bulanan sekitar 4.500mm tanpa bulan kering. Tanah yang sesuai untuk tumbuhan ini adalah tanah kering, lembab, agak asin, dengan tekstur tanah yang ringan berat, dan pH tanah masam sampai netral. Tanaman ini memerlukan tipe tanah dengan sistem drainase yang baik.

2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi hutan tanaman industri pada lahan reklamasi bekas penambangan batubara sehingga dapat memberikan kontribusi bagi masyarakat, dan pemerintah daerah pada saat pascatambang. Berdasarkan parameter biologi pertumbuhan pohon, dapat ditentukan umur pohon, taksiran volume kayu, dan kelayakan tanaman untuk dipanen.

3. LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di area reklamasi lahan penambangan batubara di Kabupaten Muaraenim pada konsesi PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Area peruntukan lahan reklamasi adalah zone hutan tanaman produksi seluas 2.083ha.

4. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini terdiri dari perhitungan laju pertumbuhan biologi tanaman, dengan asumsi parameter pertumbuhan sama, dan perhitungan kelayakan ekonomi sehingga revegetasi tanaman kehutanan dapat memberikan kontribusi kepada masyarakat.

Fungsi pertumbuhan biologi dirumuskan bersifat non-linear karena pada periode-periode awal pertumbuhan, volume kayu akan mengalami pertumbuhan yang cepat dan akan mengalami perlambatan pada titik maksimum. Berdasarkan hasil penelitian Subarudi dkk, (1998) diperoleh parameter pertumbuhan tanaman *Acacia Mangium* dan *Sengon* (Tabel 1). Pengaruh parameter pertumbuhan biologi tanaman sangat penting karena peruntukan lahan adalah lahan kritis akibat penambangan batubara. Berdasarkan kajian kesesuaian lahan pengelolaan lahan layak untuk tanaman komoditi tersebut. Biaya operasional pengelolaan sumberdaya kehutanan sangat sensitive, terutama pada masalah input produksi. Penggunaan tenaga kerja manual tergantung jenis kegiatan, sehingga konsep yang digunakan adalah tenaga kerja akan meningkat pada awal

pengembangan komoditi kehutanan, misalnya pembukaan lahan. Pengaruh dalam perhitungan ekonomi adalah penentuan tingkat suku bunga (*discount rate*), karena sangat berpengaruh terhadap modal yang akan dikeluarkan. Asumsi yang digunakan adalah tingkat suku bunga sebesar 9%. Penaksiran biaya produksi penanaman komoditi kehutanan berdasarkan perhitungan yang dilakukan saat penelitian.

5. DASAR TEORI

Pada pengembangan model matematis dipertimbangkan pengaruh *input* dalam variabel-variabel yang digunakan, dan kemampuan daerah dalam menerima hasil produksi dari pengelolaan sumberdaya tersebut. Dari permasalahan tersebut di atas, akan dikembangkan metodologi pemecahan solusi optimal dalam pengelolaan sumberdaya yang komprehensif sehingga manfaat dapat diterima secara langsung oleh masyarakat di daerah tersebut.

Parameter α, β , dan γ (Tabel 1) merupakan parameter biologi laju pertumbuhan spesies pohon berdasarkan iklim, dan karakteristik tanah. Faktor kelembaban tanah, kesuburan, dan tekstur memiliki pengaruh penting terhadap parameter tersebut. Parameter θ merupakan maksimum volume pada *steady state* dan δ adalah tingkat suku bunga.

Tabel 1. Nilai Parameter dari *Acacia mangium* dan *Sengon**

| Parameter | Jenis komoditi | |
|---|-----------------------|---------------|
| | <i>Acacia Mangium</i> | <i>Sengon</i> |
| Biophysical | | |
| α | 8.846 | 3,741 |
| β | 0.864 | 0,798 |
| γ | 4.206 | 0,966 |
| θ^a | 231.9 | 811,4 |
| δ | 0.09 | 0.09 |
| Economic : P_v (Rp '000/m ³) | 450 | 500 |

*Sumber: Subaru, Djaenudin, Erwidodo, Cacho, 1999)

Berikut ini formulasi yang dipakai untuk memecahkan masalah penelitian.

a. Laju Pertumbuhan

Berdasarkan pendekatan biologi, pengelolaan sumberdaya hutan dapat ditentukan dengan cara memperoleh volume kayu yang paling maksimum. Berdasarkan pertimbangan peubah ekonomi, pengelolaan sumberdaya dapat ditentukan berdasarkan umur optimal yaitu dengan pendekatan nilai *present value (PV)*. Pendekatan dengan persamaan *Chapman-Richards*, tentang pertumbuhan penanaman dapat dituliskan :

$$W_t = \theta [1 - \exp(-\gamma(1 - \beta).t)]^{1/(1-\beta)} \dots\dots\dots (1)$$

dengan

$$\theta = \left(\frac{\alpha}{\gamma} \right)^{1/(1-\beta)} \dots\dots\dots (2)$$

$W_{(t)}$ adalah volume kayu (m³/ha) dalam tahun t dan θ merupakan maximum volume pada *steady-state*. Parameter α, β, γ secara spesifik merupakan spesies pohon yang tergantung pada iklim, dan karakteristik tanah.

b. Mean annual increment (MAI)

Formula ini menggambarkan rata-rata volume komoditi hutan. Perhitungan berdasarkan pendekatan aspek biologi dengan persamaan

$$MAI = \frac{W(T)}{T} \dots\dots\dots (3)$$

Berdasarkan perhitungan fungsi pertumbuhan sumberdaya hutan tersebut (persamaan 1) dapat dimasukkan dalam model Faustmann, dengan mengasumsikan parameter ekonomi seperti harga, biaya, *discount rate*, dan parameter biologi tidak berubah sepanjang waktu. Persamaan secara matematik dapat ditulis sebagai berikut:

$$\max PV = V(T_1)e^{-\delta T_1} + V(T_2 - T_1)e^{-\delta T_2} + V(T_3 - T_2)e^{-\delta T_3} + \dots \dots (4)$$

$e^{\delta T}$ dan $\frac{1}{e^{\delta T} - 1}$ adalah *discount rate*, persamaan ini untuk memudahkan perhitungan *present value*. Nilai $V(T)$ adalah nilai bersih pemanfaatan hutan. Permasalahan adalah mengoptimalkan

rotasi pada parameter T, T_1, T_2, T_3 dan seterusnya yang akan memberikan manfaat *present value* maksimum. Perhitungan interval waktu di atas dapat disederhanakan dengan persamaan $T_1=T_2-T_1=T_3-T_2=...=T$ sehingga persamaan (4) dapat disederhanakan menjadi :

$$\max PV = V(T)[e^{-\delta T} + e^{-\delta 2T} + e^{-\delta 3T} + \dots] \dots\dots (5)$$

Komponen dalam kurung [] merupakan bilangan urut (*series*) yang sama dalam proses *discounting* dalam waktu tak terhingga. Persamaan (5) dapat ditulius menjadi:

$$PV = V(T)e^{-\delta T} + PVe^{-\delta T} \dots\dots\dots (6)$$

$$PV(1 - e^{-\delta T}) = V(T)e^{-\delta T}$$

disederhanakan menjadi:

$$PV = \frac{V(T)e^{-\delta T}}{1 - e^{-\delta T}} = \frac{V(T)}{e^{\delta T} - 1} \dots\dots\dots (7)$$

Upaya memaksimalkan nilai *present value* dari persamaan (7) di atas dilakukan dengan menurunkan persamaan tersebut terhadap waktu dan menyamakannya dengan nol dan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{\partial PV}{\partial T} = \frac{\dot{V}(T)(e^{\delta T} - 1) - \delta e^{\delta T} V}{(e^{\delta T} - 2)^2} = 0 \dots\dots\dots (8)$$

berdasarkan penyederhanaan aljabar, persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{V(T)}{V(T)} = \frac{\delta}{1 - e^{-\delta T}} \dots\dots\dots (9)$$

c. Parameter *wood value (WV)* merupakan nilai kayu berdasarkan perkalian parameter harga per meter kubik dan volume kayu (*W*).

e. *Present value (PV)*, dengan memasukkan persamaan (7).

f. Persamaan deferensiasi dV/dT menjadi bentuk persamaan:

$$\delta V(T) \left[1 + \frac{1}{e^{\delta T} - 1} \right] \dots\dots\dots (10)$$

g. *MV* merupakan nilai marginal dari volume kayu, dengan selisih

$$(W_T - W_{T-1})/1 \dots\dots\dots (11)$$

Berdasarkan persamaan di atas diharapkan dapat mempermudah perhitungan. Model matematis dibuat dalam *spreetsheet* menggunakan program *Microsoft © Excel*.

6. HASIL DAN DISKUSI

Salah satu peruntukan lahan bekas penambangan batubara yang dikelola oleh PT. Tambang Batubara Bukit Asam (Persero) Tbk di Kabupaten Muara Enim adalah untuk hutan tanaman produksi. Pada penelitian ini diusulkan pengelolaan tanaman *Acacia Mangium* dengan luas lahan 2.000 hektar dan *Sengon* dengan luas 83 hektar.

Pertumbuhan biologi tanaman yang dinilai dengan model ekonomi diperoleh umur tanaman yang layak secara ekonomi berdasarkan nilai *present value*. Perhitungan umur ekonomis untuk tanaman *acacia mangium* dan *sengon* dapat dilihat pada *spreadsheet* di bawah ini (Tabel 2 dan 3).

Berdasarkan *spreadsheet acacia mangium* (Tabel 2), pada kolom PV menggambarkan nilai aset sumberdaya hutan yang akan diproduksi, dan diinvestasikan dengan tingkat suku bunga 9% per tahun. Nilai ini juga menggambarkan harga pohon sebelum produksi.

Tabel 2. Perhitungan umur ekonomis
Acacia Mangium

| Tahun | W | MAI | e^{rt} | $\frac{1}{e^{rt}-1}$ | WV | PV (ribu) | dV/MT | MV (ribu) |
|-------|--------|-------|----------|----------------------|------------|--------------|-------|--------------|
| 1.00 | 0.53 | 0.53 | 1.09 | 10.62 | 236.40 | 2,510.23 | 0.00 | - |
| 2.00 | 14.11 | 7.05 | 1.20 | 5.07 | 6,348.15 | 32,188.57 | 2.24 | 6,111.75 |
| 3.00 | 55.11 | 18.37 | 1.31 | 3.23 | 24,800.85 | 80,011.92 | 8.66 | 18,452.71 |
| 4.00 | 107.76 | 26.94 | 1.43 | 2.31 | 48,491.63 | 111,904.80 | 16.37 | 23,690.77 |
| 5.00 | 153.39 | 30.68 | 1.57 | 1.76 | 69,024.66 | 121,455.50 | 22.52 | 20,533.03 |
| 6.00 | 185.86 | 30.98 | 1.72 | 1.40 | 83,637.76 | 116,811.40 | 26.39 | 14,613.10 |
| 7.00 | 206.69 | 29.53 | 1.88 | 1.14 | 93,009.46 | 105,980.30 | 28.42 | 9,371.70 |
| 8.00 | 219.31 | 27.41 | 2.05 | 0.95 | 98,688.87 | 93,594.24 | 29.26 | 5,679.41 |
| 9.00 | 226.72 | 25.19 | 2.25 | 0.80 | 102,024.60 | 81,756.53 | 29.39 | 3,335.75 |
| 10.00 | 231.00 | 23.10 | 2.46 | 0.69 | 103,949.90 | 71,217.95 | 29.15 | 1,925.31 |
| 11.00 | 233.45 | 21.22 | 2.69 | 0.59 | 105,050.40 | 62,114.60 | 28.73 | 1,100.42 |
| 12.00 | 234.84 | 19.57 | 2.94 | 0.51 | 105,675.80 | 54,341.01 | 28.22 | 625.49 |

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 2, pada tahun kelima nilai per hektar diperoleh nilai PV: Rp. 121.455.500 dan nilai volume kayu (W) sebesar 153,38m³. Apabila analisis dilakukan pada tahun sebelum dan sesudah tahun kelima, misalnya pada tahun ke-4 dan rotasi diperpanjang sampai tahun keenam, aset sumberdaya hutan akan terapresiasi (MV) sebesar Rp. 23.690.770. Nilai tersebut lebih kecil dari nilai PV pada tahun kelima. Sebaliknya, apabila rotasi ditunda dari tahun kelima sampai tahun keenam, aset hanya akan terapresiasi sebesar Rp. 20.533.030. Oleh karena itu penebangan pohon memiliki nilai maksimum hanya pada tahun kelima dengan volume sebesar 306.780m³ untuk 2.000 hektar.

Tabel 3. Perhitungan umur ekonomis *Sengon*

| Tahun | W | MAI | e^{rt} | $\frac{1}{e^{rt}-1}$ | WV | PV (ribu) | dV/MT | MV (ribu) |
|-------|--------|-------|----------|----------------------|------------|--------------|--------|--------------|
| 1.00 | 0.16 | 0.16 | 1.09 | 10.62 | 77.68 | 824.90 | (0.06) | - |
| 2.00 | 3.03 | 1.52 | 1.20 | 5.07 | 1,517.17 | 7,692.88 | 0.41 | 1,439.48 |
| 3.00 | 14.49 | 4.83 | 1.31 | 3.23 | 7,244.25 | 23,371.23 | 2.21 | 5,727.08 |
| 4.00 | 39.22 | 9.80 | 1.43 | 2.31 | 19,607.74 | 45,249.03 | 5.90 | 12,363.49 |
| 5.00 | 78.30 | 15.66 | 1.57 | 1.76 | 39,149.17 | 68,886.74 | 11.45 | 19,541.44 |
| 6.00 | 129.65 | 21.61 | 1.72 | 1.40 | 64,827.45 | 90,540.25 | 18.38 | 25,678.28 |
| 7.00 | 189.51 | 27.07 | 1.88 | 1.14 | 94,755.80 | 107,970.20 | 26.05 | 29,928.35 |
| 8.00 | 253.73 | 31.72 | 2.05 | 0.95 | 126,867.40 | 120,318.10 | 33.86 | 32,111.64 |
| 9.00 | 318.66 | 35.41 | 2.25 | 0.80 | 159,330.80 | 127,678.30 | 41.35 | 32,463.320 |
| 10.00 | 381.47 | 38.15 | 2.46 | 0.69 | 190,733.10 | 130,674.70 | 48.20 | 31,482.37 |
| 11.00 | 440.22 | 40.02 | 2.69 | 0.59 | 220,110.20 | 130,147.60 | 54.25 | 29,377.05 |
| 12.00 | 493.79 | 41.15 | 2.94 | 0.51 | 246,893.00 | 126,958.20 | 59.44 | 26,782.87 |
| 13.00 | 541.65 | 41.67 | 3.22 | 0.45 | 270,824.00 | 121,883.40 | 63.79 | 23,931.00 |
| 14.00 | 583.74 | 41.70 | 3.53 | 0.40 | 291,869.80 | 115,572.70 | 67.35 | 21,045.74 |
| 15.00 | 620.29 | 41.35 | 3.86 | 0.35 | 310,145.70 | 108,540.20 | 70.21 | 18,275.90 |
| 16.00 | 651.71 | 40.73 | 4.22 | 0.31 | 325,856.50 | 101,175.80 | 72.46 | 15,710.84 |
| 17.00 | 678.51 | 39.91 | 4.62 | 0.28 | 339,252.80 | 93,763.47 | 74.20 | 13,396.29 |
| 18.00 | 701.20 | 38.96 | 5.05 | 0.25 | 350,600.70 | 86,502.06 | 75.51 | 11,347.84 |
| 19.00 | 720.32 | 37.91 | 5.53 | 0.22 | 360,162.20 | 79,524.23 | 76.46 | 9,561.50 |
| 20.00 | 736.37 | 36.82 | 6.05 | 0.20 | 368,183.70 | 72,912.75 | 77.14 | 8,021.52 |

Berdasarkan Tabel 3 perhitungan spreadsheet *sengon* pada kolom PV

menggambarkan nilai aset sumberdaya hutan yang akan di produksi dan diinvestasikan dengan tingkat bunga yang sama yaitu 9% per tahun. Nilai tersebut dapat menggambarkan harga pohon sebelum produksi. Pada tahun kesepuluh nilai per hektar adalah sebesar Rp. 130.674.700 dan volume 381,47m³. Apabila dilakukan analisis terhadap tahun sebelum dan sesudah tahun kesepuluh, pada tahun kesembilan, dan rotasi diperpanjang sampai tahun kesebelas, aset sumberdaya hutan akan terapresiasi (MV) sebesar Rp. 32.463.320. Nilai ini lebih kecil dari nilai PV pada tahun kesepuluh. Apabila rotasi di tunda dari tahun kesepuluh sampai tahun kesebelas, aset hanya akan terapresiasi (MV) sebesar Rp. 31.402.370. Komoditas *Sengon* memiliki nilai maksimum apabila dilakukan penebangan pada tahun kesepuluh dengan volume sebesar 31.661,70m³ untuk 83 hektar. Kebutuhan bahan baku industri terutama komoditi *acacia mangium* untuk bahan baku industri kertas dan komoditi *sengon* untuk bahan baku industri meubel pada masa yang akan datang cukup baik, sehingga perlu pengembangan secara efektif dan efisien untuk komoditas tersebut.

7. KESIMPULAN

- Pengelolaan tanaman *Acacia Mangium* pada lahan bekas tambang batubara memberikan manfaat optimum tahun kelima dengan volume kayu sebesar 306.780m³ pada luas lahan sebesar 2.000 hektar. Sedangkan *Sengon*, layak untuk diproduksi pada tahun kesepuluh dengan volume kayu sebesar 31.661,70m³ untuk 83 hektar.
- Pemanfaatan lahan kritis terutama lahan bekas penambangan batubara memiliki potensi mengembangkan perekonomian daerah terutama pada era pasca tambang.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzi (2006), *Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Teori dan Aplikasi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dradjat (2010), *Kinerja Subsektor Perkebunan: Evaluasi masa lalu (1994-1998) dan Prospek Pada Era Perdagangan Bebas Dunia (2003-2008)*, Lembaga Riset Perkebunan Indonesia.
- Bukit Asam Tbk (2005), *Master Plan Pemanfaatan lahan bekas penambangan batubara PT. Tambang Batubara Bukit Asam (Persero) Tbk di Kabupaten Muara Enim Sebagai Taman Hutan Raya (TAHURA) Enim*.
- Cacho, Marshall, and Milne (2003), *Smallholder Agroforestry Projects: Potential For Carbon Sequestration and Poverty Alleviation.*, ESA Working Paper No. 03-06.
- Djaenudin, dkk. 2003. Petunjuk Teknik Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. Hlm 139
- Djaenudin, dkk. 2000. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian. Versi Tiga. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. Hlm 1-19
- Gaspersz (1995.), *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan Jilid 2*, Tarsito, Bandung.
- Gujarati, Sumarno, *Ekonometrika Dasar*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Hatfindo, (1998), Soil and Mycorrhizae Research for Reclamation Planning in the PT. Freeport Indonesia Contract of Work Mining and Project Area, Irian Jaya-Indonesia, PT. Hatfindo Prima Bogor.
- Hardjowigeno.S dan Widiatmaka. 2007. Evaluasi Kesesuaian Lahan & Perencanaan Tata Guna Lahan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Heriansyah (2005), *Potensi Hutan Tanaman Industri Dalam Mensequester Karbon: Studi kasus di Hutan Tanaman Akasia dan Pinus*, Inovasi Vol.3/XVII/Maret 2005.
- Niemiller, M.L., et.al (2016), Vertebrate fauna in caves of eastern Tennessee within the appalachians karst region USA, *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 78, no. 1, p. 1–24. DOI: 10.4311/2015LSC0109, April 2016.
- Shokri, M., et.al (2016), Surface and subsurface karstification of aquifers in arid regions: the case study of Cheshme-Ali Spring, NE Iran, *Weather and Climate Extremes* Volume 3, June 2014, Pages 4–13, Elsevier, <http://dx.doi.org/10.4311/2014ES0020>
- Subarudi, Djaenudin, Erwidodo, Cacho (1999), *Growth and Carbon sequestration of plantation forestry in Indonesia : Paraserianthes Falcataria and Acacia Mangium*, Working Paper CC08, ACIAR Project ASEM 1999/093.
- Waterman, S. (2010), Model pengakhiran tambang (*mine closure*) pada usaha pertambangan batubara, *Proceeding, Joint Conference UPN and UKM*.
- Waterman, S. (2007), Model reklamasi pada lahan bekas penambangan batubara, *Wimaya*, UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Widyastuti, M., and Haryono, E. (2016), Water Quality Characteristics of Jonge Telaga (Doline Pond) as Water Resources for the People of Semanu District Gunungkidul Regency, *Indonesian Journal of Geography*, Vol. 48, No.2, December 2016 (157-167), DOI:10.22146/ijg.17595.
- Wilhitea, D.A., et.al (2014), Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy, *Weather*

and Climate Extremes, Volume 3, June
2014, Pages 4–13, Elsevier.