JMHT Vol. XIV (1): 9–18, April 2008
ISSN: 0215-157X

Artikel Ilmiah

Optimalisasi Alokasi Penggunaan Lahan di Sub DAS Ambang: Pendekatan Analitikal Hirarki Proses dan Goal Programming

(Optimalization of Land Use Planning in Ambang Sub-Watershed: Analytical Hierarchy Process and Goal Programming Approach)

Kresno Agus Hendarto*
Balai Penelitian Kehutanan, Mataram

Abstract

The purpose of land use planning on a river basin or a watershed is "to promote the accomplishment of service wide objectives and targets" subject to the lands potential and the public's desires. This paper aimed to describe a representative formulation of the analitical hierarchi process and linear programming application and show how it may be modified for goal programming. The purposive sampling was used to collect primary data. From five persons were represented each stakeholders on a watershed. The secondary data was collected from the report of each stakeholders and internet. The results show that goal programing had generated considerable interest as a tool for land use planning in multiple goal situations. It does present problems in terms of somewhat difficult data requirements-linearity in its usual form, possible inferior solutions, and lack of explicit recognition of tradeoffs.

Keywords: ambang watershed, linear program, analytical hierarchy process, goal programming, land use planning

Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh batas terluar gigir gunung dan membentuk suatu pengaliran air yang bersatu mengalir hingga muara sungai. Asdak (1995) mendefinisikan DAS sebagai suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Sedangkan Radhir (2005) menuliskan bahwa John Wesley Powell, seorang ahli geografi, memberikan batasan yang cukup komplit mengenai DAS ketika ia mendefinisikan DAS sebagai area yang dibatasi oleh suatu sistem hidrologi, di dalamnya terdapat suatu kehidupan yang tidak memungkinkan berdiri sendiri atau lepas dari air. Melihat dari definisi di atas, maka dapat dikatakan bahwa suatu DAS bisa sangat kecil, bisa sangat besar. Bisa hanya terdiri dari satu kabupaten, bisa lintas kabupaten, lintas propinsi, bahkan lintas negara. Sehingga dimanapun kita berada, per definisi kita berada di suatu daerah aliran sungai.

Secara biogesik, DAS dapat dibagi menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. Asdak (1995) menuliskan bahwa daerah hulu mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, daerah dengan kemiringan lereng besar (lebih dari 15%), dan (biasanya) jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan. Sementara daerah hilir merupakan daerah pemanfaatan, kerapatan drainase lebih kecil, kemiringan lereng lebih kecil (kurang dari 8%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir, dan jenis vegetasi biasanya didominasi tanaman pertanian. Sedangkan bagian tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik hulu dan hilir.

FAO (1976) menuliskan bahwa lahan adalah bagian dari bentang lahan (landscape) yang mencakup lingkungan fisik termasuk iklim, topografi/relief, hidrologi dan keadaan vegetasi alami yang semuanya secara potensial akan berpengaruh terhadap penggunaan lahan. Senawi (1999) menyatakan bahwa pola penggunaan sumberdaya alam yang baik harus dapat menempatkan sumberdaya alam tersebut sebagai subjek dan objek pembangunan regional maupun nasional secara menyeluruh, berlanjut dan terus

---

*Penulis untuk korespondensi
email: kresnoah@yahoo.com

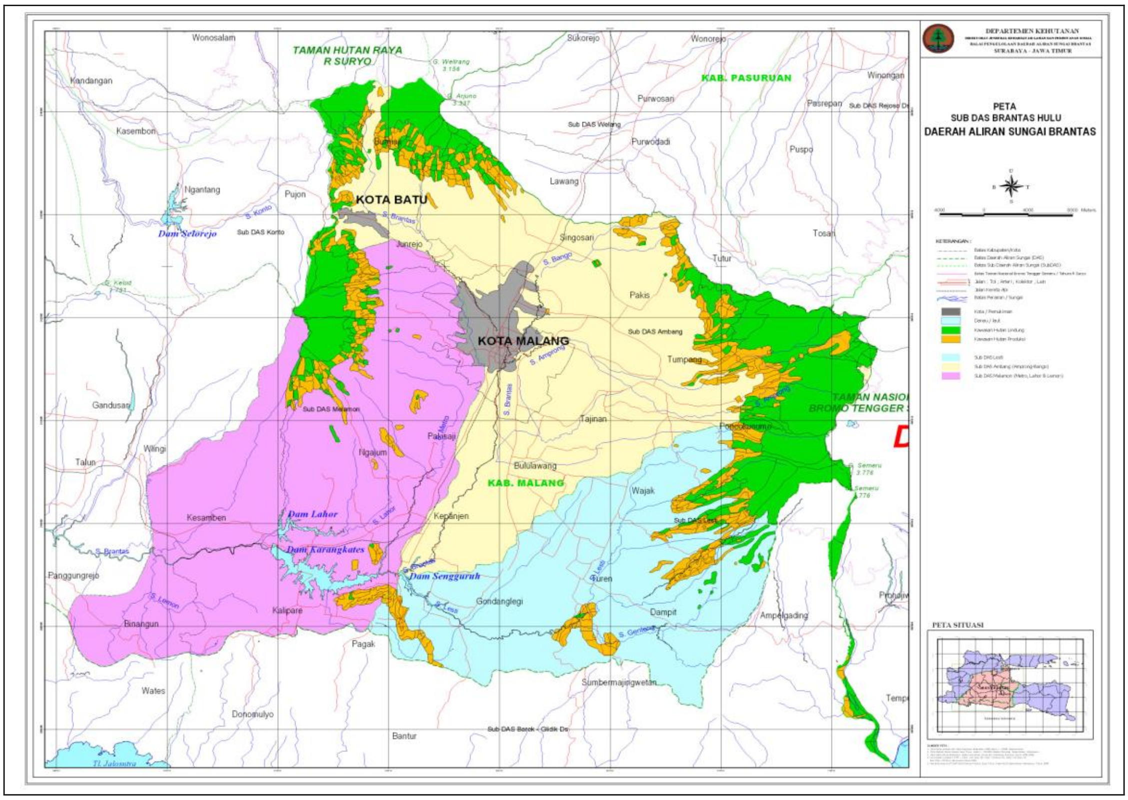
menerus. Lebih lanjut dinyatakan pula bahwa pembangunan suatu wilayah pada hakekatnya adalah upaya pengoptimalan pemanfaatan sumberdaya alam yang ada untuk kesejahteraan manusia secaa lestari. Kecenderungan yang demikian mendorong akan perlunya suatu perencanaan atau penataan kembali penggunaan lahan agar lahan dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien dengan memperhatikan aspek kelestarian produksi, kelestarian lingkungan dan pemecahan masalah-masalah sosial ekonomi masyarakat.

Penggunaan lahan yang optimal merupakan proses yang kompleks yang melibatkan berbagai sektor. Hal ini mendorong diperlukannya suatu model untuk mencoba menjelaskan secara sederhana proses untuk mencapai kondisi optimal tersebut. Model ini diharapkan dapat menjadi arahan dalam pengambilan keputusan dan penentuan kebijakan dalam pengelolaan suatu DAS. Berangkat dari hal tersebut, studi ini mencoba untuk menggambarkan bagaimana optimalisasi penggunaan lahan di Sub DAS Ambang seharusnya dilakukan.

Metode Penelitian

Lokasi

Sub DAS Ambang adalah bagian dari DAS Brantas (Gambar 1). Daerah Aliran Sungai Brantas merupakan DAS strategis sebagai penyedia air baku untuk berbagai kebutuhan seperti PDAM, pembangkit listrik, irigasi dan lain-lain. Panjang DAS Brantas sekitar 320 km dan memiliki luas kurang lebih 12,000 km^2, yang mencakup 25% luas propinsi Jawa Timur. Daerah Aliran Sungai Brantas terdiri dari beberapa Sub DAS seperti terlihat pada Tabel 1.



Sumber: BP DAS Brantas (2006)

Gambar 1. Peta Sub DAS Brantas Hulu

Tabel 1. Wilayah Daerah Aliran Sungai Brantas

DAS Brantas	Sub DAS	DAS Brantas	Sub DAS
Utara	Rejoso Ds Welang	Tengah	Lahar Ngowo Ngasinan Widas Konto
Selatan	Gedongan Diodo Pasiraman Ds Barek Glidik Ds	Hilir	Bluwek Brangkal Maspo
Hulu	Ambang Lesti Melamon		

Sumber: BP DAS (2005)

Tabel 2. Penggunaan lahan Sub DAS Ambang

No.	Penggunaan Lahan Saat Ini	Luas	
		Ha	%
1	Sawah (Sw)	22.701,13	22,32
2	Tegal (Tg)	22.761,83	22,39
3	Pekarangan (Pk)	18.643,78	18,33
4	Kebun Campuran (Kc)	686,44	0,67
5	Tebu (Tb)	1.176,42	1,16
6	Sayur (Sa)	2.969,43	2,92
7	Kopi (Ko)	159,08	0,16
8	Apel (Ap)	2.109,20	2,07
9	Kelapa (Ke)	917,94	0,92
10	Semak (S)	2.436,56	2,39
11	Belukar (B)	59,37	0,06
12	Hutan (H)	27.053,82	26,61
	Jumlah	101.675,00	100,00

Sumber: RTL Sub DAS Ambang (2003)

Sub DAS Ambang terletak pada koordinat 112^{0}28’37” – 112^{0}58’55” BT dan 7^{0}44’28”–8^{0}19’57”LS. Secara administratif terletak pada wilayah Kota Batu, Kota Malang dan Kabupaten Malang. Jumlah kecamatan yang masuk Sub DAS Ambang sebanyak 21 kecamatan, dengan rincian sebagai berikut: (a) Kota Batu yang masuk SUB DAS ada 3 kecamatan yang terdiri dari 22 kelurahan; (b) Kota Malang yang masuk SUB DAS Ambang ada 5 kecamatan yang terdiri dari 48 desa/kelurahan; dan (c) Kabupaten Malang yang masuk SUB DAS Ambang ada 13 kecamatan yang terdiri dari 146 desa.

Data yang Diperlukan

Dalam studi ini diperlukan data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil pengisian angket mengenai tingkat kepentingan (prioritas) penggunaan lahan dari beberapa stakeholders (pemangku kepentingan). Sedangkan data sekunder berupa peta wilayah, peta penggunaan lahan dan peta kelerengan sub DAS Ambang. Selain itu juga produksi hasil pertanian dan perkebunan di Sub DAS Ambang, serta data hasil studi dari Balai Pengembangan dan Studi Teknologi Pengelolaan DAS Indonesia Bagian Barat.

Pemodelan dan Pendekatan

Data primer dan data sekunder diolah dengan menggunakan analitikal hirarki proses dan goal programming. Dimana fungsi tujuan dari goal programming adalah meminimumkan peubah-peubah simpangan dengan nilai koefisien yang sesuai dengan nilai bobot kepentingan dalam pengelolaan Sub DAS Ambang. Selanjutnya fungsi tujuan, kendala-kendala disusun dengan model matematis untuk dicari nilai optimalnya.

Variabel Keputusan

Dengan melihat penggunaan lahan pada Tabel 2, maka variabel keputusan yang akan dioptimalkan adalah luasan lahan yang digunakan untuk sawah (irigasi dan tadah hujan), tegalan, kebun campur, hutan rakyat dan hutan negara. Tujuan dari optimalisasi, yaitu mencari kombinasi penggunaan lahan yang mampu menjamin sinergitas kepentingan ekologi dan ekonomi. Tujuan ekologi diwakili dengan teraturnya tata air dan menurunnya nilai erosi, sedangkan tujuan ekonomi diwakili dengan meningkatnya hasil produksi pertanian, kebun, tegal serta hutan rakyat dan hutan negara. Dengan alasan di atas, maka penggunaan lahan untuk pemukiman (pekarangan), semak dan belukar tidak dimasukkan dalam analisis.

Variabel keputusan dapat didefinisikan sebagai berikut:

a. Luas sawah irigasi (X_1) didefinisikan sebagai bagian dari Sub DAS yang dapat dijangkau oleh pengairan, dengan jumlah tanaman 2 x tanaman padi dan sekali palawija selama setahun dengan kelerengan rata-rata 0–8%.
b. Luas tegal (X_2) adalah bagian dari Sub DAS yang merupakan lahan milik dengan komposisi tanaman berupa tanaman padi atau tanaman tahunan, sayuran dan jenis umbi-umbian, dengan kelerengan rata-rata 15–25%.
c. Luas perkebunan/ Tegal (X_3) adalah bagian dari Sub DAS Ambang yang dimiliki secara perorangan (rakyat) dan negara yang ditanami dengan pola campuran berupa tanaman perkebunan, berkelerengan 8–15%.
d. Luas hutan (rakyat dan negara) atau X_4 adalah bagian dari Sub DAS Ambang yang dimiliki oleh perorangan dan negara, berkelerengan 25–45%.

Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada studi ini diasumsikan berbentuk linear. Terdiri dari dua komponen penyusun, komponen pertama adalah variabel yang menyatakan jumlah unit deviasi yang kekurangan maupun kelebihan terhadap tujuan yang merupakan bobot kepentingan dari pengelolaan DAS dinotasikan dengan Pi. Nilai Pi diperoleh dari pengukuran analitikal hirarki proses kepentingan penggunaan lahan pada beberapa responden stakeholders. Responden yang dipilih diharapkan mewakili kepentingan-kepentingan yang ada di masyarakat.

Fungsi Kendala

Ada dua macam fungsi kendala, yaitu kendala nyata (luas lahan) dan kendala sasaran (kendala tata air, kendala erosi, kendala produksi pertanian, kendala produksi perkebunan, dan kendala fungsi kehutanan).

Analisis Data

Analitikal Hirarki Proses (AHP) merupakan metode untuk membuat urutan alternatif keputusan (prioritas) dan memilih yang terbaik pada saat pengambil keputusan memiliki beberapa tujuan atau kriteria, untuk mengambil keputusan tertentu (Taylor, 2006). Lebih lanjut dinyatakan pula bahwa pada AHP pengambilan keputusan menentukan nilai atau skor tiap alternatif untuk suatu kriteria menggunakan perbandingan pasangan. Pada metode ini pembuat keputusan membandingkan 2 (dua) alternatif (yaitu sepasang) berdasarkan suatu kriteria tertentu dan mengindikasikan suatu preferensi.

Ciri khusus dari Program Linear (PL) adalah berusaha mendapatkan maksimisasi dan minimisasi. Taha (1996) menuliskan tahap-tahap dalam pengambilan keputusan yang memakai PL sebagai teknik riset operasi, pada dasarnya memiliki 5 tahap sebagai berikut: (1) definisi masalah, pengembangan model, (3) pemecahan model, (4) pengujian keabsahan model, dan (5) implementasi hasil akhir.

Namun dalam kenyataannya, hal demikian tidak selalu tepat atau layak bagi manajemen. Winston (2004) menuliskan dalam beberapa situasi, seorang manajer mungkin menghadapi tujuan yang tidak hanya satu dan mungkin tidak ada penyelesaian dalam PL yang masuk dalam daerah feasible yang dapat menyelesaikan semua tujuan. Yamit (1994) menuliskan bahwa masalah ini dapat muncul karena: (1) Pertentangan tujuan. Manajemen mungkin menghadapi pertentangan tujuan antara meminimumkan biaya atau memaksimumkan pelayanan kepada pelanggan. Padahal tingginya tingkat pelayanan akan menjadikan biaya pelayanan makin tinggi; (2) Perbedaan dimensi tujuan. Misalnya, tujuannya adalah menentukan jumlah unit produksi yang akan memaksimumkan keuntungan atau memaksimumkan market share; dan (3) Kesulitan mengukur tujuan. Misalnya, secara ekonomi tujuannya adalah memaksimumkan tingkat pelayanan pada pelanggan, hal ini sulit untuk diukur.

Salah satu variasi atau modifikasi khusus dari PL adalah program tujuan ganda (multiple objective programming atau goal programming). Goal Programming (GP) adalah kelanjutan dari linear programming di mana tujuan manajemen yang sesungguhnya adalah untuk mencapai goal secara tepat berdasarkan kendala yang dimiliki.

Nasendi dan Affendi (1985) menuliskan bahwa GP dikenalkan pertama kali oleh Charnes dan Cooper. Goal Programming bertujuan untuk meminimumkan jarak antara atau deviasi terhadap tujuan, target atau sasaran yang telah ditetapkan dengan usaha yang dapat ditempuh untuk mencapai target atau tujuan tersebut secara memuaskan sesuai dengan syarat ikatan yang ada, kendala tujuan dan sebagainya.

Sedangkan Buongiorno dan Gilles (1987) menuliskan bahwa dunia nyata penuh dengan berbagai tujuan sebagai target dan sasaran, dengan analisis GP maka kita mencoba untuk memuaskan atau memenuhi target (paling tidak mendekati target) yang telah kita tentukan menurut skala prioritasnya masing-masing. Pada GP selain kendala nyata (real constrain) setiap sasaran diformulasikan ke dalam model sebagai kendala kesamaan yang mengandung peubah simpangan (deviation variable). Model umum dari GP tanpa faktor prioritas di dalam strukturnya adalah sebagai berikut (Nasendi dan Effendi, 1985):

Fungsi Tujuan:

$$\text{Minimumkan } Z = \sum_{i=1}^{m} P_i \left(Wi^{+} + Wi^{-} \right)$$

$$= \sum_{i=1}^{m} Pi^{+} Wi^{+} + \sum_{i=1}^{m} Pi^{-} Wi^{-} \qquad ....(1)$$

Syarat Ikatan:

$$\sum_{i1}^{n} a_{kj} X_j + Wi^{-} - Wi^{+} = bi \qquad ....(2)$$

untuk i = 1, 2, 3, … m tujuan

$$\sum_{i1}^{n} g_{kj} X_j \leq \text{atau} \geq C_k \qquad ....(3)$$

untuk k = 1, 2, 3, … p kendala fungsional
J = 1, 2, 3 …. n
dan

$$X_j, Wi^{-}, Wi^{+} \geq 0 \qquad ....(4)$$

dimana:

Wi^{+} dan Wi^{-} = jumlah unit deviasi yang kekurangan (-) atau kelebihan (+) terhadap tujuan (bi)

Pi^{+} dan Pi^{-} = timbangan atau penalti (ordinal atau kardinal) yang diberikan terhadap suatu unit deviasi yang kekurangan (-) atau kelebihan (+) terhadap tujuan (bi)

a_{ij} = koefisien teknologi fungsi kendala tujuan, yaitu yang berhubungan dengan tujuan pengambilan keputusan (x_i)

x_j = peubah pengambilan keputusan atau kegiatan yang kini dinamakan sebagai sub tujuan

b_i = tujuan atau target yang ingin dicapai

g_{ij} = koefisien teknologi fungsi kendala biasa

C_k = jumlah sumber daya yang tersedia

Asumsi

Asumsi-asumsi yang mendasari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Luasan Sub DAS Ambang yang digunakan dalam studi adalah merupakan luas total dikurangi luas lahan yang digunakan untuk pemukiman (pekarangan), semak dan belukar.
2. Semua data yang digunakan untuk penelitian koefisien model adalah data statistik baik dari instansi terkait maupun dalam publikasi.
3. Sumberdaya tersedia dalam jumlah terbatas dan bersifat tetap selama jangka waktu penelitian.
4. Setiap alternatif kegiatan mempunyai kombinasi faktor produksi yang tetap dan linear.
5. Produksi hasil padi dari sawah irigasi diasumsikan dua kali produksi dari sawah tadah hujan (tegalan).
6. Produksi hasil palawija merupakan hasil dari sawah irigasi dan tegalan dengan proporsi 70% dari sawah dan 30% tegalan.
7. Hasil hutan optimum diambilkan dari hasil hutan di Sub DAS lain yang kemudian diproporsionalkan dengan luas di Sub DAS Ambang.
8. Jumlah tenaga kerja produktif adalah jumlah tenaga kerja berumur 14–64 tahun tanpa memperhatikan jenis kelamin (gender).

Analisis Sensitivitas dan Skenario Model Alternatif

Analisis sensitivitas adalah analisis yang dilakukan setelah menyelesaikan penyelesaian optimal. Analisis ini berguna untuk mempelajari gerak fungsi tujuan dan konsekuensi keputusan jika terjadi perubahan dari satu atau beberapa koefisien model program linear.

Model alternatif dibuat guna mengetahui seberapa besar pengaruh pemberian bobot kepentingan terhadap hasil solusi optimal. Dalam studi ini akan disusun tiga alternatif, yaitu: (1) Alternatif Model I, dengan memberikan bobot prioritas yang sama untuk masing-masing kepentingan; (2) Alternatif Model II, dengan memberikan bobot kepentingan ekonomi lebih besar dari kepentingan ekologi; dan (3) Alternatif Model III, dengan memberikan bobot alternatif prioritas ekologi dibandingkan dengan ekonomi.

Hasil

Koefisien dan Model Matematis Fungsi Tujuan

Berdasarkan hasil AHP, diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 3, sehingga fungsi tujuan dari model matematis yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$\text{Minimum } Z = 0{,}35W1P + 0{,}35W1N + 0{,}14W2P + 0{,}14W2N + 0{,}10W3P + 0{,}10W3N + 0{,}10W4P + 0{,}10W4N + 0{,}10W5P + 0{,}10W5N + 0{,}1W6P + 0{,}10W6N + 0{,}1W7P + 0{,}10W7N + 0{,}21W8P + 0{,}21W8N + 0{,}21W9P + 0{,}21W9N + 0{,}21W10P + 0{,}21W10N + 0{,}21W11P + 0{,}21W11N + 0{,}20W12P + 0{,}20W12N + W13P + W13N$$

Dari hasil pengumpulan data primer terhadap 5 stakeholders (Dinas Kehutanan, Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS), Sub Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Seksi Perencanaan Hutan dan Kelompok Tani diperoleh hasil rata-rata kepentingan tujuan pengelolaan Sub DAS Ambang sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Fungsi Kendala

Kendala Nyata

Kendala nyata adalah kendala luas lahan Sub DAS Ambang, yaitu:

$$X1 + X2 + X3 + X4 = 80.535{,}29$$

Kendala Sasaran

a. Kendala Tata Air
   Hasil penelitian mengenai kebutuhan air tiap penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 4, sedangkan total potensi air Sub DAS Ambang adalah sebesar 126.144.000 m^3. Berdasarkan informasi pada Tabel 4, maka model matematis fungsi kendala tata air adalah:

   $$2.000\ X1 + 800\ X2 + 1.200\ X3 + 900\ X4 = 126.144.000$$

Tabel 3. Rata-rata kepentingan tujuan pengelolaan Sub DAS Ambang

No.	Tujuan pengelolaan	Bobot kepentingan
1	Teraturnya tata air	0,35
2	Berkurangnya erosi tanah	0,14
3	Tingginya hasil pertanian	0,10
4	Tingginya hasil perkebunan	0,21
5	Tingginya hasil kehutanan	0,20

Sumber: Data Primer (2007)

Tabel 4. Kebutuhan air tiap penggunaan lahan

No.	Penggunaan lahan	Kebutuhan air (mm/th)
1	Sawah irigasi	2.000
2	Sawah tadah hujan	1.000
3	Tegal	800
4	Kebun campuran	1.200
5	Hutan rakyat	800
6	Hutan negara	1.000

Sumber: BP DAS (2005)

b. Kendala Erosi

Hasil studi mengenai perhitungan nilai erosi dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan ambang batas erosi yang diperbolehkan adalah sebesar 504.194,24 ton/ tahun.

Dengan demikian, maka model matematis fungsi kendala erosi adalah:

80,41 X1 + 625,70 X2 + 280 X3 + 549 X4 = 504.194,24

c. Kendala Produksi Pertanian

Berdasarkan data dari Dinas Pertanian Propinsi Jawa Timur (2007) dan Biro Pusat Statistik (2006) rata-rata produksi hasil pertanian yang ada di Sub DAS Ambang dan target produksinya dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6, maka model matematis fungsi kendala produk pertanian adalah:

1) Kendala produksi padi
   12.602 X1 + 6.301 X2 + 0,18 – 0,18 = 15.633,00
2) Kendala produksi jagung
   2.451 X1 + 1.050 X2 + 0,18 – 0,18 = 1.050,25
3) Kendala produksi ubi kayu
   11.441 X1 + 4.903 X2 + 0,18 – 0,18 = 2.647,68
4) Kendala produksi ubi jalar
   9.717 X1 + 4.165 X2 + 0,18 – 0,18 = 236,00
5) Kendala produksi sayur
   0,093 X1 + 0,04 X2 + 0,18 – 0,18 = 395,00

Tabel 5. Nilai erosi tiap penggunaan lahan

No.	Penggunaan lahan	Erosi (ton/ha)
1	Sawah irigasi	80,41
2	Sawah tadah hujan	19,45
3	Tegal	625,70
4	Kebun campuran	280,00
5	Hutan rakyat	549,00
6	Hutan negara	549,00

Sumber: BP DAS (2005)

Tabel 6. Rata-rata hasil dan target produksi pertanian

No.	Komoditi	Rata-rata produksi (ton/ha)	Target produksi (ton)
1	Padi	6.301	15.633,00
2	Jagung	3.501	1.050,25
3	Ubi kayu	16.344	2.647,68
4	Ubi jalar	13.882	236,00
5	Sayur	0.133	395,00

Sumber: Biro Pusat Statistik (2006)

d. Kendala Produksi Perkebunan

Berdasarkan data dari Dinas Perkebunan Propinsi Jawa Timur (2007) dan Biro Pusat Statistik (2006) rata-rata produksi hasil perkebunan dan target produksinya dapat dilihat pada Tabel 7

Denga demikian, maka model matematis fungsi kendala produk perkebunan adalah:

1) Kendala produksi tebu

84,260 X3 + 0,13 – 0,13 = 216.811,68

2) Kendala produksi apel

0,362 X3 + 0,13 – 0,13 = 13.071,49

3) Kendala produksi kopi

0,568 X3 + 0,13 – 0,13 = 214,85

4) Kendala produksi kelapa

0,364 X3 + 0,13 – 0,13 = 4.827,20

e. Kendala Produksi Kehutanan

Dalam penyusunan kendala produksi kehutanan, yang diperhitungkan adalah nilai rata-ratanya tidak diklasifikasikan berdasarkan jenis jati, akasia, ataupun mahoni. Rata-rata produksi dan jumlah produksi dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Karena luasan sub DAS Ambang dibandingkan dengan luas sub DAS Temon = (80.513:4.704.217) maka dengan melakukan interpolasi, model matematis fungsi kendala produk kehutanan sub DAS Ambang adalah: 9,74 X4 + 0,09 – 0,09 = 368.279,20

f. Kendala Ketersediaan Tenaga Kerja

Tohir (1991) menuliskan bahwa besarnya kebutuhan tenaga kerja untuk usaha tanaman semusim adalah 4 orang/ha, sedangkan tanaman tahunan adalah 2,5 orang/ha. Besarnya tenaga kerja usia produktif adalah 840.650 jiwa. Berdasarkan hal tersebut, model fungsi kendala ketersediaan tenaga kerja adalah:

4 X1 + 4 X2 + 2,5 X3 + 2,5 X4 = 840.650

Solusi program optimal, hasil keluaran program Excell memberikan informasi sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 7. Rata-rata produksi dan target produksi tegalan

No.	Komoditi	Rata-rata produksi (ton/ha)	Target produksi (ton)
1	Tebu	84,260	216.811,68
2	Apel	0,362	13.071,49
3	Kopi	0,568	214,85
4	Kelapa	0,364	4.827,20

Sumber: Biro Pusat Statistik (2006)

Tabel 8. Rata-rata produksi dan target produksi Kehutanan di Sub Das Temon

No.	Jenis hutan	Rata-rata produksi (m^3/ha)	Target produksi (m^3)
1	Hutan rakyat dan hutan negara	9,74	9.206,98

Sumber: Efendi (2006)

Tabel 9. Rata-rata produksi dan target produksi Kehutanan di Sub DAS Ambang

No.	Jenis hutan	Rata-rata produksi (m^3/ha)	Target produksi (m^3)
1	Hutan Rakyat dan Hutan Negara	9,74	368.279,20

Tabel 10. Solusi optimal dan sensitivitas

Name	Final value	Reduced cost	Objective coefficient	Allowable increase	Allowable decrease
solusi optimal = X1	48.082,09	0,00	0	6,395380001	0,5454
solusi optimal = X2	0,00	0,59	0	1E+30	0,594983038
solusi optimal = X3	2.573,13	0,00	0	15.95040545	1,744194546
solusi optimal = X4	29.880,07	0,00	0	0,5454	21,9318075

Tabel 11. Hasil perhitungan alternatif I (semua fungsi tujuan koefisiennya =1)

Name	Final value
solusi optimal = X1	50.572,10
solusi optimal = X2	27.390,07
solusi optimal = X3	2..73,13
solusi optimal = X4	0,00

Tabel 12. Hasil perhitungan alternatif II (fungsi tujuan Ekonomi koefisiennya dibuat lebih besar)

Name	Final value
solusi optimal = X1	40.151,.16
solusi optimal = X2	0.00
solusi optimal = X3	2.573,13
solusi optimal = X4	37.811,01

Tabel 13. Hasil perhitungan alternatif III (fungsi tujuan Ekologi koefisiennya dibuat lebih besar)

Name	Final value
solusi optimal = X1	48.082,09
solusi optimal = X2	0,00
solusi optimal = X3	2.573,13
solusi optimal = X4	29.880,07

Dari Tabel 10 terlihat bahwa nilai X2 = 0, hal ini dikarenakan selain hasil yang didapat dari X2 adalah minim, juga dikarenakan erosi yang terjadi di X2 besar. Perubahan yang dimungkinkan pada X2 juga sangat kecil. Sedangkan Model alternatif I, II dan III dibuat dengan mengganti koefisien fungsi tujuan. Dimana untuk alternatif I semua koefisien fungsi tujuan adalah 1, untuk alternatif II dibuat dengan memberi bobot lebih besar pada hasil pertanian, perkebunan dan kehutanan, dan alternatif ke III bobot lebih besar pada perlindungan mata air dan erosi. Hasil model alternatif dapat dilihat pada Tabel 11, 12 dan 13.

Kesimpulan dan Saran

Dengan menggunakan pendekatan program linear, Analitikal Hirarki Proses dan Goal Programming, dapat diketahui bahwa penggunaan lahan di sub DAS Ambang saat ini belum optimal. Solusi optimal penggunaan lahan akan tercapai pada kondisi dimana luas sawah, luas tegal, luas perkebunan dan luas hutan berturut-turut adalah: 48.082,09; 0; 2.573,13; dan 29.880,07.

Meskipun perhitungan optimalisasi penggunaan lahan telah ditemukan, perhitungan ini hanyalah di atas di atas kertas. Kita perlu dan harus melakukan cek fisik di lapangan guna menentukan pada daerah mana saja nilai-nilai optimum itu dapat digunakan. Selain itu, data yang digunakan dalam studi ini adalah data sekunder serta intrapolasi dari studi sebelumnya, untuk kedepannya sangat diperlukan adanya hasil deliniasi dari citra satelit guna lebih menghasilkan perhitungan yang lebih akurat.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Ibu Silvi, Fitri Nur Fatriani, M. Zahrul Mutaqqin, dan Handoyo dari PUSLIT Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan di Bogor, atas bantuan data yang diberikan; Emma Soraya dan Ari Susanti dari Fakultas Kehutanan UGM, Bapak Subanar dari Fakultas MIPA UGM, serta penelaah JMHT atas komentar dan saran yang diberikan.

Daftar Pustaka

Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 571hlm.

Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. 2005. Laporan Tahunan 2005. Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Malang. Tidak diterbitkan.

Biro Pusat Statistik. 2007. Malang Dalam Angka 2006. Biro Pusat Statistik, Malang. 227hlm.

Buongiorno, J., dan Gilless, J.K. 2003. Decision Methods for Forest Resource Management. Academic Press, California 439hlm.

Effendi. 2004. Alokasi Penggunaan Lahan di Sub DAS Temon dengan Goal Programming. Skripsi Sarjana Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta. Tidak diterbitkan.

FAO, 1976. A Frame Work for Land Evaluation. FAO Soil Bull. No. 32.

Nasendi, B.D., dan Affendi, A. 1985. Program Linear dan Variasinya. PT. Gramedia, Jakarta.324hlm.

Radhir, T. 2005. Watershed Management: Problem Solving Reference. http://madras.fnr.umass.edu/WIS/presentation/Manual4_1.pdf. 25 Agustus 2006.

Senawi. 1999. Evaluasi dan tata Guna Lahan Hutan. Diktat Kuliah Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta. Tidak diterbitkan.

Taha, H.A. 1987. Operation Research: An Introduction, 4th edition. MacMillan Publishing Company, New York 848hlm.

Taylor III, B.W. 2007. Introduction to Management Science, 9th edition. Pearson Education LTD, Singapore741hlm.

Tohir, K. 1991. Seuntai Pengetahuan Usaha Tani Indonesia. PT. Rineka Cipta, Jakarta.213hlm.

Winston, W.L. 2004. Operation Research: Aplications and Algorithms, 4th edition. Brooks/Cole Thomson Learning, Belmont CA 1419hlm.

Yamit, Z. 1994. Manajemen Kuantitatif untuk Bisnis. Penerbit BPFE, Yogyakarta. 554hlm.