

UKURAN KELESTARIAN HASIL DALAM PENGUSAHAAN HUTAN ALAM PRODUKSI

Oleh :
Endang Suhendang

*Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor (IPB)
Bogor*

Konsep Kelestarian Hasil dalam Pengusahaan Hutan Produksi

Prinsip kelestarian hasil (*sustained yield principles*) telah sejak lama dianut dalam pengusahaan hutan produksi. Konon khabarnya prinsip ini mulai dianut dan diterapkan sejak manusia mulai memikirkan keadaan masa depannya (Davis dan Johnson, 1987). Menurut beberapa penulis, cikal bakal dianutnya prinsip ini dalam pengelolaan hutan adalah dikeluarkannya *Ordonansi Hutan* oleh Raja Louis XIV di Perancis tahun 1669 (Departemen Kehutanan, 1992).

Harus diakui, konsep kelestarian hasil dalam pengelolaan sumberdaya hutan pada mulanya muncul dalam kegiatan pengusahaan hutan untuk keperluan produksi, bahkan secara lebih khusus adalah untuk produksi kayu. Hal ini mudah dimengerti, mengingat hasil hutan yang pertama kali dirasakan paling besar manfaatnya dalam memenuhi kebutuhan manusia adalah kayu. Walaupun dalam perkembangannya penerapan konsep ini cenderung diperluas ke dalam pengelolaan sumberdaya hutan secara umum, akan tetapi kejelasan konsep (rumusan-rumusan, metode dan ukuran-ukuran kuantitatif) pengaturan hasil hutan yang berupa kayu telah jauh lebih maju dan lengkap dibandingkan dengan konsep pengaturan hasil hutan bukan kayu dan hasil hutan yang bersifat *intangible* lainnya.

Perkembangan konsep kelestarian hasil dalam pengelolaan sumberdaya hutan diduga sejalan dengan nilai manfaat hasil hutan bukan kayu, baik yang bersifat *tangible* maupun *intangibile*, yang makin tinggi akibat pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Hal ini dapat dilihat dari perkembangan dalam penerapan konsep manfaat ganda sumberdaya hutan yang bermula dari pembagian sumberdaya hutan secara tegas ke dalam fungsi-fungsi tertentu (perlindungan, produksi, pengawetan dan pelestarian serta rekreasi) dalam areal yang terpisah ke dalam cara pengelolaan intensif yang menuntut terpenuhinya setiap fungsi tersebut dari setiap satuan lahan hutan yang dikelola.

Penerapan Prinsip Kelestarian Hasil dalam Pengusahaan Hutan Produksi

Beberapa pertanyaan mendasar

1. Dalam kesatuan hutan yang manakah prinsip kelestarian hasil harus diterapkan ?

Ilustrasi di bawah ini hanyalah sebuah anekdot belaka ! Kisahnya begini. Konon khabarnya suatu ketika datanglah seorang *Rimbawan* pemilik lebih dari satu HPH yang beberapa di antaranya terletak di Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi, menghadap staf *Perencanaan Hutan* pada Departemen Kehutanan untuk membicarakan usulan RKT (Rencana Karya Tahunan) dari beberapa HPH miliknya. Ringkas ceriteranya, *Sang Rimbawan* ini mengusulkan agar dalam RKT yang akan dibuat nanti ia diizinkan untuk menebang hanya pada HPH di Sumatera saja sebanyak jatah tebangan semua HPH yang dimilikinya, sedangkan penebangan pada HPH yang lain (di Kalimantan dan Sulawesi) biarlah pada tahun-tahun berikutnya dengan cara penentuan jatah tebang yang sama.

Agaknya *Tuan Rimbawan* yang kita tokohkan dalam cerita ini cukup cerdas dengan menjadikan seluruh areal HPH yang dimilikinya (tidak peduli letaknya yang terpencar di mana-mana) sebagai satu kesatuan kelestarian tempat diberlakukannya prinsip kelestarian hasil secara utuh.

2. Apakah ukuran hasil yang akan dipakai dalam menerapkan prinsip kelestarian hasil ?

Ada dua kelompok ukuran yang dapat dipakai untuk menyatakan ukuran hasil, yaitu ukuran fisik (luas areal, volume kayu, massa, jumlah batang) dan ukuran ekonomis dalam bentuk nilai uang. Pengukuran hasil dengan ukuran fisik, terutama volume, telah banyak digunakan mengingat kepraktisan dan kemudahannya dalam menerapkan metode pengaturan hasilnya. Pemakaian nilai uang untuk mengukur hasil dalam menerapkan metode pengaturan hasil akan sangat rumit mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi besarnya nilai uang (inflasi, tingkat suku bunga, dll.).

3. Bagaimanakah ukuran bagi kelestarian hasil dan bilamanakah hal itu akan dicapai ?

Hendaknya dipahami bahwa konsep kelestarian hasil tidaklah bersifat mutlak. Ada unsur kenisbian di dalamnya. Salah satu sumber kenisbian ini adalah ukuran yang dipakai untuk menyatakan hasilnya, apakah luas, volume

kayu, nilai uang, atau jumlah batang pohon. Tidak ada jaminan pemakaian salah satu ukuran hasil memberikan tingkat kelestarian yang sama apabila diukur oleh ukuran yang lain. Kalaupun, secara kebetulan, tingkat kelestarian yang sama ini dicapai untuk semua ukuran hasil, maka kejadiannya haruslah sangat istimewa dan hal demikian ini tentulah bukan merupakan fenomena alam yang biasa.

4. Syarat-syarat apa sajakah yang diperlukan agar prinsip kelestarian hasil dalam pengusahaan hutan produksi dapat dicapai ?

Keadaan hutan yang dapat menjamin terselenggaranya prinsip kelestarian hasil dapat didefinisikan sesuai dengan ukuran hasil yang dipilih dan metode pengaturan hasil yang akan diterapkan. Beberapa besaran yang mencirikan karakteristik tegakan, tempat tumbuh dan rotasi tebang yang menjadi syarat tercapainya keadaan hutan yang diinginkan perlu ditentukan rumusan kuantitatif dan nilainya. Nilai-nilai ciri ini haruslah diperoleh berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan, tidak cukup hanya berlandaskan kepada asumsi semata. Selain itu, nilai-nilai karakteristik ini haruslah memperhatikan keadaan spesifik hutan dan tidak berdasarkan kepada hasil generalisasi data yang berlebihan dari data yang sifatnya khusus.

Jawaban terhadap pertanyaan mendasar

1. Wujud, fungsi dan ukuran dasar kesatuan kelestarian hasil

Dalam pengusahaan hutan produksi perlu ditetapkan kesatuan tempat diberlakukannya pengaturan hasil tertentu guna menjamin terselenggaranya prinsip kelestarian hasil. Kesatuan areal hutan yang diusahakan dengan fungsi ini dinamakan kesatuan kelestarian. Dari kesatuan ini diharapkan diperoleh besarnya hasil yang relatif sama setiap tahun. Dengan demikian maka perhitungan besarnya AAC, yaitu jatah tebang tahunan yang dapat memberikan jaminan kelestarian hasil haruslah berdasarkan kepada keadaan potensi hutan dalam setiap kesatuan ini.

Agar dari kesatuan ini setiap tahunnya dapat dipanen hasil dengan jumlahnya yang sama, maka dalam kesatuan ini setiap tahunnya harus terdapat seluruh kegiatan produksi hutan (penanaman, pemeliharaan dan pemanenan) dengan bobot volume pekerjaan yang sebanding dengan produktivitas lahan tempat dilakukannya kegiatan-kegiatan tersebut. Sehubungan dengan sifat ini maka kesatuan kelestarian dikatakan berfungsi pula sebagai kesatuan produksi.

Dalam setiap kesatuan produksi setiap komponen pekerjaan produksi hutan harus dapat diselesaikan dalam waktu tidak lebih dari satu tahun, sehingga beberapa pertimbangan rasional perlu dikembangkan untuk menentu-

kan wujud dan ukuran kesatuan ini. Untuk keperluan ini, ukuran dasar yang perlu diperhatikan adalah beberapa ukuran yang dapat dipakai untuk menerangkan keefektifan pelaksanaan pekerjaan produksi hutan yang mencakup : peremajaan/perkayaan tegakan, pemeliharaan dan penebangan.

Selain itu perlu juga diperhatikan bahwa kesatuan ini seyogyanya berfungsi pula sebagai kesatuan usaha, baik yang bersifat mandiri maupun terintegrasi dengan industri. Oleh karenanya maka ukuran lain yang dapat menerangkan manfaat ekonomi dan finansial merupakan persyaratan penting yang perlu diperhatikan. Dalam ukuran ini, selain luas optimal yang disesuaikan dengan besarnya riap, produktivitas lahan dan nilai dari kayu yang dihasilkannya, perlu pula ditambahkan tingkat aksesibilitas dan derajat kekompakan areal hutan yang diusahakan.

Memperhatikan pertimbangan di atas, beberapa ukuran dasar yang dapat dipakai untuk menentukan bentuk/wujud dan ukuran kesatuan kelestarian hasil adalah :

- a. Kriteria kelayakan finansial (NPV, BCR, IRR) untuk menentukan luas optimal kesatuan kelestarian untuk tujuan perusahaan tertentu.
- b. Kriteria tingkat keefektifan penyelenggaraan proses produksi hutan (penanaman, pemeliharaan, pemanenan), pengangkutan dan pengawasan yang dapat dicirikan oleh :
 - Prestasi kerja setiap unit kerja untuk pekerjaan-pekerjaan penanaman dan pemanenan.
 - Jenjang pengawasan optimal pada berbagai tingkat/jabatan tenaga kerja.
 - Topografi lapangan.
 - Tingkat kekompakan wilayah kerja.

Berdasarkan beberapa persyaratan kesatuan kelestarian di atas, wujud kesatuan ini akan sangat cocok apabila dikaitkan dengan batas-batas wilayah DAS (Daerah Aliran Sungai) atau Sub DAS.

2. Alternatif ukuran hasil

Hasil hutan yang berupa kayu dapat diukur dengan dua kelompok ukuran hasil, yaitu ukuran fisik dan nilai uang. Dalam ukuran fisik hasil dapat dinyatakan dalam : banyaknya batang atau pohon, volume pohon dan massa pohon dari areal yang diusahakan. Oleh karena besarnya hasil fisik ini akan berkorelasi dengan luas areal yang diusahakan (untuk tingkat produktivitas lahan yang tertentu besarnya), hasil fisik ini ada kalanya diukur secara tidak langsung oleh luas areal yang diusahakan.

Perbandingan keuntungan dan kerugian pemakaian ukuran hasil fisik dan nilai uang untuk beberapa faktor terpenting adalah sebagai berikut :

A. Ukuran hasil dalam bentuk sifat fisik :

a. Keuntungan

1. Memiliki korelasi yang sangat besar dengan pertumbuhan yang tunduk kepada hukum-hukum alam yang menentukan proses biologis di dalam hutan. Urutan tingkat keeratan hubungan ini dari yang terbesar berturut-turut adalah : massa, volume dan jumlah batang.
2. Memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi dalam penggunaan oleh karena ukuran yang biasa dipakai untuk menyatakan ukuran bentuk penggunaannya biasanya sama dengan ukuran hasil fisiknya. Oleh karena setiap macam penggunaan hasil menuntut ukuran yang tertentu, maka tingkat kepraktisan pemakaian ukuran fisik dalam bentuk massa, volume dan jumlah batang dapat dipandang sama.
3. Mudah dalam pengukuran mengingat satuan-satuan pengukuran fisik (banyaknya, volume, massa) tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang bersifat dinamis. Satu m³ kayu sekarang sama dengan satu m³ kayu lima tahun yang akan datang.

b. Kerugian

Ukuran hasil fisik tidak mampu menerangkan perubahan-perubahan nilai akibat adanya pengaruh faktor-faktor yang menentukan besarnya nilai uang (a.l. suku bunga, inflasi) yang biasa dipakai sebagai ukuran dalam kegiatan bisnis.

B. Ukuran hasil dalam bentuk nilai uang :

a. Keuntungan

Nilai uang merupakan ukuran nilai yang sudah biasa dipakai dalam kegiatan bisnis yang besar nilainya sudah memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap perubahan nilainya.

b. Kerugian

1. Nilai uang sangat ditentukan oleh faktor-faktor yang tunduk kepada hukum-hukum mekanisme pasar yang bersifat sangat kompleks dan cenderung tidak pasti.
2. Kurang praktis dalam pemakaian oleh karena tidak sama dengan ukuran hasil yang biasa dipakai untuk menyatakan penggunaannya yaitu dalam bentuk ukuran hasil fisik.

3. Sulit dalam pengukurannya oleh karena besarnya sangat ditentukan oleh beberapa faktor yang bersifat dinamis.
4. Memiliki korelasi yang rendah dengan besarnya pertumbuhan sehingga besarnya nilai ini tidak dapat dikaitkan langsung dengan hukum-hukum alam yang menentukan proses biologis dalam hutan.

Dalam pengusahaan hutan alam dan hutan pada umumnya, bentuk tindakan manajemen yang diperlukan sangat bergantung kepada pola perilaku tegakan yang sangat ditentukan oleh proses biologis yang terjadi di dalamnya. Oleh karenanya maka adanya korelasi antara ukuran hasil yang dipergunakan dengan ukuran besaran yang dapat menerangkan proses biologis tegakan (pertumbuhan) merupakan syarat pokok agar dapat ditentukan metode pengaturan hasil yang dapat menjamin kelestariannya. Dengan alasan ini maka pemakaian ukuran hasil fisik akan sangat menguntungkan dibandingkan dengan ukuran nilai uang. Beberapa keuntungan lain berupa kepraktisan dan kemudahan dalam pemakaiannya dapat dipandang sebagai keunggulan tambahan dari ukuran ini.

3. Ukuran kelestarian hasil fisik dan ciri utamanya

Sebagaimana telah diutarakan di muka, tidaklah cukup alasan untuk memilih salah satu bentuk ukuran hasil fisik untuk menyatakan tujuan penggunaan hasil yang berbeda-beda. Apabila tujuan penggunaan hasil adalah untuk tiang penyangga kerangka pengecoran gedung atau bangunan lainnya, maka ukuran hasil fisik yang terbaik untuk dipakai adalah banyaknya batang. Massa kayu merupakan ukuran hasil fisik terbaik apabila tujuan penggunaan hasilnya adalah bahan baku industri pulp, sedangkan apabila tujuan penggunaan hasilnya adalah kayu pertukangan maka ukuran hasil fisik yang terbaik untuk dipakai adalah volume kayunya. Untuk memudahkan pembahasan materi selanjutnya, dalam tulisan ini pembahasan dikhususkan bagi pengusahaan hutan dengan tujuan untuk menghasilkan kayu pertukangan dengan ukuran hasil fisik volume kayu dalam m^3 atau volume tegakan dalam m^3/ha .

Prinsip kelestarian hasil dalam pengusahaan hutan mensyaratkan diperolehnya hasil yang sedikitnya sama besar untuk setiap satuan waktu dari kesatuan tertentu yang diusahakan. Satuan waktu yang biasa dipakai adalah tahun, sehingga secara operasional prinsip ini dapat diartikan sebagai diperolehnya hasil yang sama setiap tahun dari setiap kesatuan yang diusahakan.

Apabila besarnya hasil pada tahun ke- t dilambangkan oleh V_t , maka prinsip kelestarian hasil dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$V_t \geq AAC, \text{ untuk } t = 1, 2, 3, \dots, r, r + 1, \dots$$

Huruf r melambangkan rotasi tebangan yang menyatakan lamanya waktu (tahun) antara satu penebangan sampai penebangan berikutnya di tempat yang sama. AAC (*Annual Allowable Cut*) merupakan jatah tebangan tahunan maksimum yang dibenarkan agar kelestarian hasil dapat dicapai.

Dalam mengukur tingkat kelestarian hasil, V_t sebenarnya harus diartikan sebagai volume tegakan yang siap ditebang pada tahun ke- t , oleh karena besarnya hasil sangat tergantung kepada keinginan pengusaha untuk menebang yang tidak selamanya sebesar V_t . Dengan demikian maka prinsip kelestarian hasil sebenarnya lebih ditentukan oleh kemampuan lahan hutan dalam memproduksi kayu yang tumbuh di atasnya, sehingga faktor kemampuan lahan inilah yang sebenarnya menjadi pembatas (pada tingkat teknologi tertentu yang dipergunakan).

Apabila besarnya AAC pada rotasi tebang ke- s dinyatakan dalam AACs dan perbandingan antara besarnya AAC pada rotasi ke s dengan AAC pada rotasi $(s-1)$ dinyatakan oleh :

$$q_s = \frac{(AAC)_s}{(AAC)_{s-1}}$$

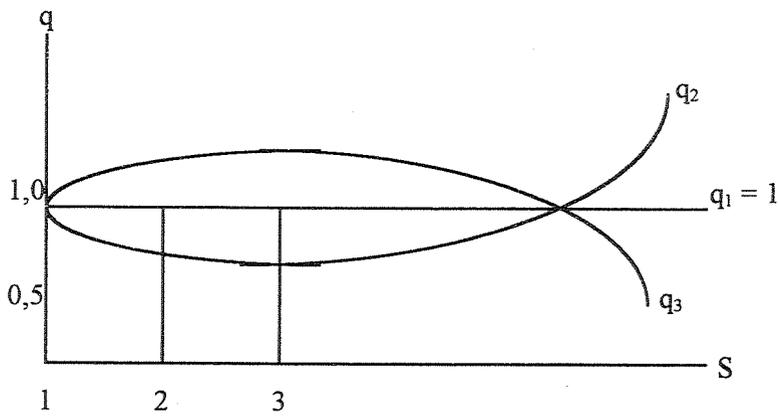
maka prinsip kelestarian hasil akan dapat dicapai apabila $q_s > 1$, dimana :

- a. Untuk hutan alam $s = 1, 2, 3, \dots$ dst., dengan $AAC(1-1) = AAC(0)$ dianggap sebagai AAC pada keadaan mula-mula (*virgin forest*), sehingga $q_1 = 1,0$.
- b. Untuk hutan tanaman dengan menganggap potensi mula-mula 0 (nol), maka $s = 2, 3, 4, \dots$

Oleh karena besar kecilnya nilai q ini menerangkan kemungkinan dicapai tidaknya kelestarian hasil pada suatu kesatuan kelestarian, maka q dapat dipakai sebagai petunjuk bagi tingkat kelestarian hasil dan dinamakan sebagai koefisiensi kelestarian hasil (k_{kh}) dari suatu kesatuan kelestarian hutan yang diusahakan.

Secara grafis keadaan hutan alam yang dapat mencapai tingkat kelestarian hasil dalam pengusahaannya adalah sebagaimana diperlihatkan pada **Gambar 1**.

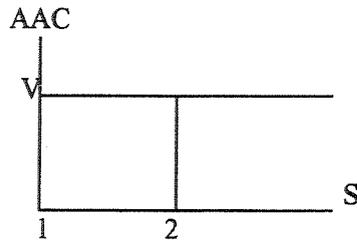
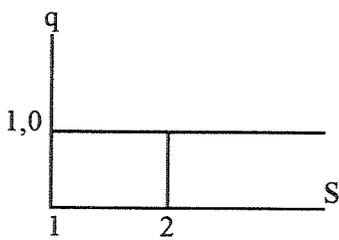
Perbandingan besarnya nilai q dengan AAC dapat dilihat pada kurva dalam **Gambar 2**. Prinsip kelestarian hasil kayu akan dapat dicapai apabila $q \geq 1$ (kurva 1 dan 3). Khusus untuk bentuk kurva 3 ($q > 1$), keadaan ini sangat mustahil untuk dicapai mengingat adanya keterbatasan kemampuan lahan. Yang mungkin terjadi adalah terjadi penurunan nilai q dari $q > 1$ menuju ke nilai 0, yang apabila dinyatakan dalam kurva akan terlihat seperti pada **Gambar 3**.



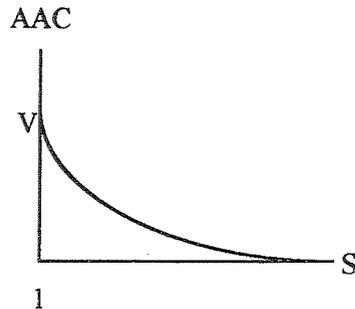
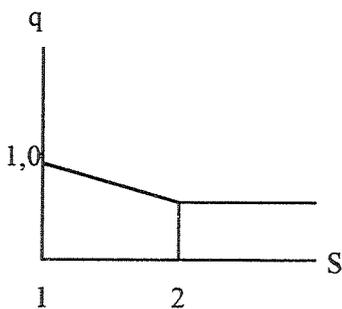
Keterangan : q_1 = kurva q hipotetis
 q_2, q_3 = contoh kurva q nyata yang masih dapat dianggap mencerminkan kelestarian hasil
 S = pengulangan rotasi penebangan

Gambar 1. Kurva hubungan antara q dengan S yang dapat menjamin kelestarian hasil

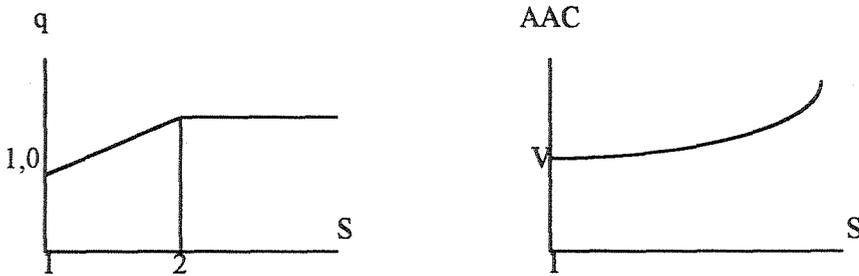
1. Untuk $q = 1$



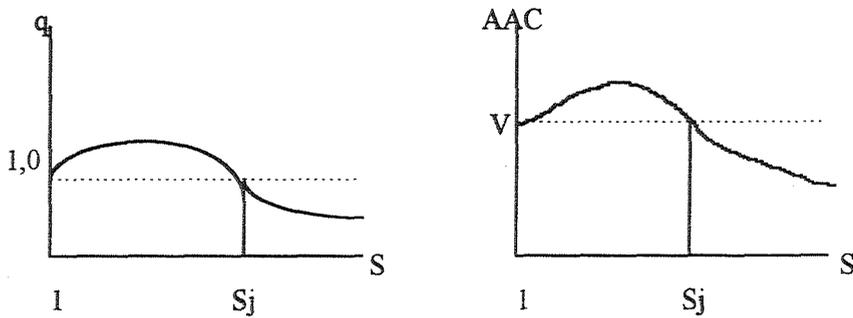
2. Untuk $q < 1$ dan konstan untuk $S \geq 2$



3. Untuk $q > 1$ dan konstan untuk $S \geq 2$



Gambar 2. Kurva macam-macam bentuk hubungan antara q dan AAC dengan S



Gambar 3. Kurva hubungan q dengan S yang diduga secara umum terjadi di lapangan

Apabila dianggap bahwa besarnya riap dari suatu areal lahan hutan yang diusahakan adalah I ($m^3/ha/th$), besarnya jatah tebangan yang dinyatakan dalam setiap hektar lahan hutan yang ditebang adalah V (m^3/ha) sedangkan rotasi tebangan adalah r (tahun), nilai $q_s = 1$ akan dicapai pada saat :

$$I_s = \frac{V_{(s-1)}}{r_s}$$

oleh karena $q_s = \frac{I_s \times r_s}{V_{(s-1)}} = I_s \times \left(\frac{r_s}{V_{(s-1)}} \right)$

$$= \left(\frac{V_{(s-1)}}{r_s} \right) \times \left(\frac{r_s}{V_{(s-1)}} \right) = 1$$

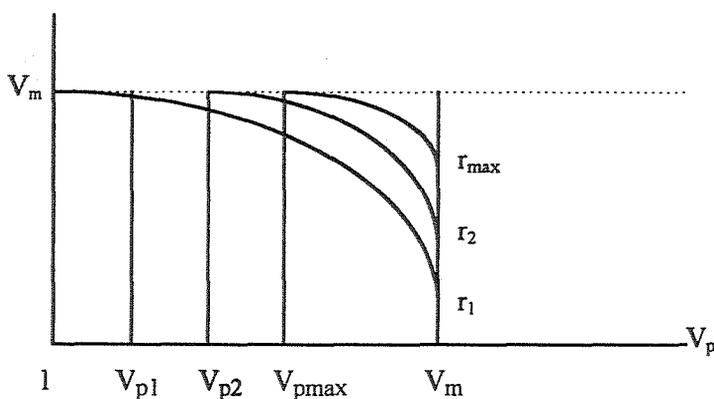
Dari rumus di atas dapat dilihat bahwa besarnya I_s merupakan faktor pembatas yang sangat tergantung kepada kemampuan lahan (pada tingkat teknologi tertentu yang layak diterapkan), sedangkan besarnya r_s dan $V_{(s-1)}$ dapat ditentukan oleh pengelola. Besarnya r_s biasanya diambil sama untuk setiap s , sehingga $r_1 = r_2 = \dots = r$. Oleh karenanya maka :

$$I_s = \frac{V_{(s-1)}}{r} q_s$$

Besarnya $(I_s \times r)$ tidak lain merupakan kemampuan regenerasi tegakan hutan selama rotasi tebang yang untuk r tertentu, besarnya sangat ditentukan oleh I_s dan tingkat persediaan tegakan mula-mula (V_m).

Hubungan antara kemampuan regenerasi (V_s) dengan banyaknya bagian tegakan yang ditebang (V_p) secara hipotetis dapat dinyatakan dalam **Gambar 4**.

$$V_s = I_s \times r$$



Catatan : $r_1 < r_2 < \dots < r_{max}$

Gambar 4. Hubungan antara kemampuan regenerasi pada rotasi ke- s (V_s) dengan banyaknya volume tegakan yang dipanen (V_p) untuk berbagai nilai rotasi (r)

Dari kurva di muka dapat dilihat bahwa :

1. Makin besar r , kurva makin bergeser ke kanan.
2. Akibat adanya keterbatasan kemampuan lahan dalam menunjang pertumbuhan tegakannya kurva tidak akan bergeser ke kanan walaupun r diperbesar. Jadi akan ada kurva jenuh yang dicapai pada r tertentu, katakan pada saat r_{max} .

3. Pada setiap kurva yang dihasilkan akan dapat ditentukan V_p terbesar yang masih memberi kemungkinan untuk terjadi regenerasi sampai mencapai keadaan volume tegakan mula-mula. V_p ini adalah V_p maksimum untuk r tertentu yang menyebabkan nilai $q = 1$.
4. V_p yang terbaik untuk dipilih, katakan V_p optimum (V_{p-opt}) adalah V_p yang dapat memberikan keuntungan finansial maksimal, setelah memperhatikan besarnya r dan V_p yang dicapai. Rotasi tebang yang dapat memberikan keadaan ini merupakan rotasi tebang optimal ($r-opt$).

Besarnya V_{p-opt} dan $r-opt$ merupakan persyaratan yang harus diketahui untuk mendapatkan $q = 1$ atau kelestarian hasil dari setiap kesatuan kelestarian hasil dan memberikan keuntungan finansial tertinggi. Nilai V_{p-opt} dan $r-opt$ yang sangat tergantung kepada tipe hutan dan komposisi jenisnya ini harus dicari secara empiris di lapangan.

4. Syarat-syarat yang diperlukan untuk mencapai tingkat kelestarian hasil

Tingkat kelestarian hasil yang memberikan keuntungan tertinggi yang dapat diperoleh akan diberikan oleh hutan yang mencapai keadaan normal.

Tingkat kenormalan hutan alam tidak seumur yang diusahakan untuk menghasilkan kayu pertukangan dapat diukur berdasarkan dua cara pendekatan, yaitu :

- a. Berdasarkan volume tegakan
- b. Berdasarkan struktur tegakan

a. Cara pengukuran tingkat kenormalan tegakan dan hutan tidak seumur berdasarkan volume tegakan.

a.1. Tingkat Kenormalan Tegakan

Volume tegakan normal pada hutan alam tidak seumur dapat dicirikan oleh volume tegakan hutan tersebut pada keadaan fase klimaksnya, oleh karena pada fase ini tingkat pemanfaatan faktor-faktor pertumbuhan oleh pohon-pohon dalam tegakan bersifat optimal. Volume tegakan pada fase ini dinamakan sebagai volume tegakan normal, dilambangkan oleh V_n (m^3/ha).

Apabila rotasi tebang optimal yang sesungguhnya diketahui, katakan rotasi tebang normal (r_n) dan besarnya riap normal yang sesungguhnya di tempat itu diketahui, katakan I_n , maka besarnya regenerasi normal setelah satu rotasi tebang ke s adalah $V_{ns} = I_n \times r_n$. Apabila dari tempat itu diambil jatah tebang per hektar normal (V_{pn}), maka haruslah :

$$V_{pn} = V_{ns} = I_s \times r_n$$

$$\text{sehingga : } V_n = V_n - V_{pn} + V_{ns} = V_n - V_{ns} + V_{ns} = V_n$$

Untuk umur tegakan bekas tebangan t-tahun setelah penebangan, volume tegakan normal dapat dilambangkan oleh V_{nt} di mana :

$$V_{nt} = V_n - V_p + t \times I_n$$

Dari persamaan :

$$I = \frac{V_p}{r_n} \quad (\text{syarat untuk } q = 1)$$

dapat ditempuh cara penentuan I_n , V_{p-opt} dan r_n sebagai berikut :

1. I_n dapat diambil besarnya riap tegakan nyata di lapangan dalam keadaan tegakan setelah penebangan tidak mengalami perlakuan dan gangguan apapun.
2. V_{p-opt} dan r_n dapat dicari secara empiris dengan memakai kurva regenerasi sebagaimana telah diutarakan di muka.

Apabila satu petak tegakan tertentu memiliki volume tegakan mula-mula V_m , ditebang sebanyak V_p dan pada t tahun setelah penebangan memiliki volume tegakan sebesar V_t , maka Tingkat Kenormalan Tegakan (TKT) dapat diukur dengan cara sebagai berikut :

$$V_{nt} = V_m - V_p + t \times I_n$$

$$\text{dan TKT} = \frac{V_t}{V_{nt}} = \frac{V_t}{V_m - V_p + t \times I_n}$$

a.2. Tingkat Kenormalan Hutan

Tingkat kenormalan hutan alam selain dicirikan oleh penyebaran luas areal yang sebanding dengan besarnya produktivitas lahan pada setiap jangka waktu setelah penebangannya juga harus dicirikan oleh besarnya nilai rata-rata dan keragaman TKT dari setiap tegakan yang terdapat dalam hutan tersebut. Hutan normal dapat dicirikan oleh :

1. Sebaran luas areal pada setiap jangka waktu setelah penebangan sebanding dengan tingkat produktivitas lahannya.
2. Memiliki nilai $TKT = 1$ dan $\sigma^2_{TKT} = 0$

b. Cara pengukuran tingkat kenormalan tegakan dan hutan tidak seumur berdasarkan struktur tegakan

Teknik pengukuran dengan cara ini diuraikan secara lengkap dalam tulisan lain (lihat artikel : Ukuran Kenormalan pada Hutan Tidak Seumur).

Syarat agar tingkat kenormalan tegakan dan hutan dapat diukur diperlukan adanya pembagian kesatuan kelestarian hasil ke dalam kesatuan-kesatuan tindakan silvikultur yang berupa tegakan. Untuk memudahkan pelaksanaan pengelolaan, kesatuan ini berfungsi sebagai kesatuan manajemen dan kesatuan administrasi.

Pembagian ke dalam kesatuan tindakan silvikultur ini harus berdasarkan kepada tingkat kesesuaian lahan, jangka waktu setelah penebangan, kualitas tempat tumbuh dan tingkat kenormalan tegakan. Dengan demikian maka pada setiap kesatuan ini dapat dikenakan satu macam perlakuan silvikultur yang sama.

Kualitas tempat tumbuh pada hutan alam dapat dicirikan oleh besarnya volume tegakan pada keadaan hutan tersebut berada pada fase klimaksnya. Untuk areal bekas tebangan, kualitas tempat tumbuhnya dapat diduga melalui beberapa peubah lapangan yang berkorelasi dengan volume tegakan pada keadaan klimaksnya asal moel hubungan antar peubah tersebut telah diketahui sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Davis, L.S. and K.N. Johnson. 1987. Forest Management. Third Edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Departemen Kehutanan. 1992. Manual Kehutanan. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- ITTO. 1990. ITTO Guidelines for The Sustainable Management of Natural Tropical Forest. ITTO Technical Series 5. ITTO, Yokohama.
- Meyer, H.A., A.B. Recknagel, D.D. Stevenson and R.A. Bartoo. 1961. Forest Management. The Ronald Press Company, New York.