

Model Periode Pemanenan Optimal dalam Kaitannya dengan Faktor Pencurian Kayu Jati di KPH Ngawi

Aris Alfani^{1a}, Nuning Nuraini^{1b}

¹Prodi Magister Matematika
Institut Teknologi Bandung

²KK Matematika Industri & Keuangan FMIPA
Institut Teknologi Bandung

^aarisalfan@gmail.com,

^bnuning@math.itb.ac.id

Abstrak

Jati merupakan jenis kayu yang sangat dibutuhkan didalam kehidupan sehari-hari karena selain keindahan seratnya, kekuatan kayu ini paling bagus dibandingkan jenis kayu lain sehingga memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Layaknya barang berharga lainnya, pohon jati juga rawan dicuri. Dengan biaya operasional yang tetap tetapi terjadi pengurangan volume kayu akibat pencurian pasti menyebabkan berkurangnya perolehan keuntungan dan dapat mempengaruhi hasil periode pemanenan yang optimal. Dalam makalah ini dijelaskan secara matematis bagaimana tingkat pencurian di area KPH Ngawi berpengaruh terhadap nilai Soil Expectation Value (V) yang selanjutnya juga mempengaruhi periode pemanenan optimal. Dari pembahasan diperoleh nilai V optimal KPH Ngawi tanpa pencurian dicapai saat periode pemanenan 62 tahun. Dengan memasukkan faktor pencurian 0.312895 yang diperoleh dari data KPH Ngawi, nilai V optimal turun sebesar 20% yang terjadi saat periode pemanenan 56 tahun. Sesuai dengan hasil diskusi diperoleh kesimpulan semakin tinggi tingkat pencurian pohon akan menurunkan nilai V dan mempersingkat periode pemanenan optimal.

Kata Kunci: periode pemanenan optimal, Soil Expectation Value, tingkat pencurian pohon

PENDAHULUAN

Periode pemanenan hutan yang menghasilkan keuntungan optimal telah menjadi bahan diskusi antara pengelola hutan dengan para ilmuwan sejak lama. Dalam [2] dijelaskan bahwasannya pembahasan mengenai manajemen hutan telah dimulai sejak tahun 1700an melalui artikel tulisan Hans Carl von Carlowitz yang berjudul "Sylvicultura Oeconomica". Penelitian terus dilakukan di beberapa daerah karena diketahui fakta bahwa lingkungan dan jenis pohon sangat berpengaruh terhadap periode pemanenan optimal. Tahun 1849, Martin Faustmann memperkenalkan model perhitungan nilai harapan tanah (*Soil Expectation Value*) dengan memasukkan prinsip discount sehingga bisa digunakan sampai tak hingga kali periode pemanenan. Model yang selanjutnya juga dikenal sebagai Formula Faustmann tersebut telah dibuktikan kebenarannya oleh Max Pressler dan ilmuwan lain baik dari segi matematis maupun dari segi ekonomis sehingga formula ini banyak digunakan sampai sekarang.

Di Indonesia perhitungan periode pemanenan hutan telah dilakukan di beberapa wilayah diantaranya yaitu di Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Bojonegoro [3] dan di KPH Madiun [4]. Melalui artikel ini akan dihitung periode pemanenan optimal di KPH Ngawi dengan memasukkan faktor pencurian pohon berdasarkan data yang ada. Hasil akhir tulisan ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan KPH Ngawi dalam menentukan periode pemanenan hutan mengingat selama ini penentuan periode pemanenan hutan mengikuti intruksi pemerintah yaitu 60 tahun.

Pada bagian kedua akan dijelaskan beberapa teori dasar dan pengolahan data yang digunakan dalam pengerjaan artikel ini. Hasil perhitungan dan diskusi akan ditunjukkan pada bagian ketiga. Sebagai penutup, kesimpulan dan saran akan diberikan pada bagian keempat.

TEORI DASAR DAN DATA

Soil Expectation Value (V)

Misal p merupakan harga jual kayu jati per m^3 , pertumbuhan volume setiap pohon terhadap waktu mengikuti aturan fungsi $F(t)$, setelah dipanen lahan akan segera dibersihkan dan ditanami kembali dengan jenis pohon yang sama dengan biaya sebesar c dan pohon akan dipanen jika telah mencapai umur periode T , maka menurut [1] diperoleh hubungan berupa nilai harapan lahan yang biasa disebut sebagai *Soil Expectation Value (V)* berikut

$$V = \sum_{n=1}^{\infty} e^{-nrT} (pF(T) - c)$$

dengan r merupakan perkembangan ekonomi (*discount rate*) dan n menyatakan periode pemanenan. Dengan begitu, persamaan tersebut merupakan model nilai harapan lahan yang berlaku sampai tak hingga kali periode pemanenan. Menggunakan aturan penjumlahan geometri, nilai dari $\sum_{n=0}^{\infty} e^{-nrT}$ dapat didekati dengan $\frac{1}{1-e^{-rT}}$ sehingga diperoleh

$$V = \frac{(pF(T)-c)e^{-rT}}{1-e^{-rT}} \tag{2.1}$$

Untuk mendapatkan keuntungan optimal maka perlu dicari periode T yang menyebabkan nilai V maksimal yaitu ketika $V' = 0$ dengan V' menyatakan turunan pertama dari V terhadap T atau dengan kata lain periode T harus memenuhi

$$pF' = \frac{(pF - c)r}{1 - e^{-rT}}$$

Dalam artikel ini penulis menggunakan fungsi pertumbuhan volume pohon $F(t)$ per acre hasil penelitian yang dilakukan oleh Fridth dan Nilson (1980) [2] terhadap hutan di Scandinavia

$$F(t) = a \cdot b \cdot 1.64 \cdot \left(1 - 6.36b^{\frac{t}{b}}\right)^{3.897}$$

dimana a merupakan rata-rata pertumbuhan dalam suatu periode dan b menyatakan umur pohon saat mencapai rata-rata pertumbuhan. Dalam [2] digunakan parameter $a = 4$ dan $b = 80$. Untuk pertumbuhan volume pohon per Hektar hanya perlu dikalikan 2.5 (1 Ha= ±2.5 acre).

Perhitungan tingkat pencurian kayu

Dengan asumsi bahwa kehilangan kayu hanya disebabkan oleh penebangan liar, kita dapat menghitung banyaknya pohon yang hilang dari data yang diperoleh di area KPH Ngawi sebagai berikut,

Tabel 1: Data pencurian pohon KPH Ngawi 2015

Kls	Luas (Ha)	N data	N yang ada	Tercuri (batang)	Tingkat pencurian
KUVI	62.1	951	534	417	0.43848
KUV	117.2	2044	1384	660	0.32289
KUIV	97.4	3989	2478	1511	0.37879
KUIII	102.4	3620	3322	298	0.08232
KUII	71	8081	6012	2069	0.25603
KUI	663.3	90151	54195	35956	0.39884
Σ	1113	108836	67925	40911	0.312895

Dari data diperoleh rata-rata tingkat pencurian pohon tiap Kelompok Umur (KU) 0.312895. Angka tersebut selanjutnya akan digunakan untuk perhitungan periode pemanenan optimal pohon pada KU I.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Soil Expectation Value dengan Melibatkan Faktor Pencurian

Misal terjadi pencurian pohon beberapa kali terhadap suatu lahan hutan jati. Diasumsikan bahwa setelah terjadi pencurian pohon, lahan segera dibersihkan kemudian ditanami kembali dengan bibit pohon jati yang baru dengan menghabiskan biaya sebesar c_1 . Misal kejadian pencurian pohon tiap KU disimbolkan dengan X_1, X_2, \dots dimana setiap kejadian tidak bergantung satu sama lain, dengan asumsi kejadian tersebut memenuhi proses Poisson yang memiliki fungsi distribusi kumulatif berikut:

$$J(x) = pr(X = x) = \begin{cases} 1 - e^{-\varepsilon x}, & x < T \\ 1, & x \geq T \end{cases} \quad (3.1)$$

dimana ε adalah rata-rata tingkat pencurian tiap kelas umur.

Untuk pencurian sebanyak n , biaya/ keuntungan yang diperoleh adalah

$$Y_n = \begin{cases} -c_1, & X_n < T \text{ (terjadi pencurian)} \\ pF(T) - c, & X_n = T \text{ (tanpa pencurian)} \end{cases}$$

dengan c_1 merupakan biaya penanaman lahan kosong setelah pencurian. Sehingga nilai ekspektasi dari nilai V dengan adanya kemungkinan pencurian adalah

$$V = E\left(\sum_{n=1}^{\infty} e^{-r(X_1+X_2+\dots+X_n)} Y_n\right).$$

Karena Y_n hanya terkait dengan X_n tidak dengan X_1, X_2, \dots, X_{n-1} maka persamaan diatas dapat ditulis

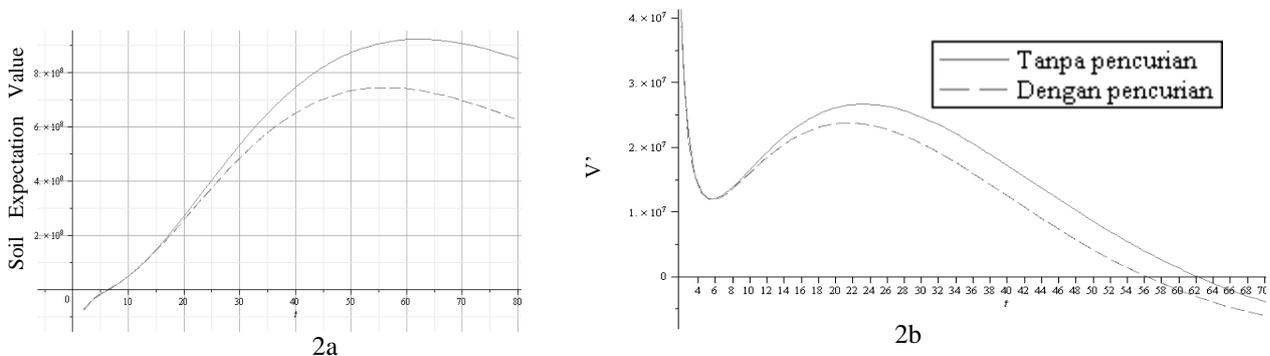
$$V = \sum_{n=1}^{\infty} E\left(e^{-r(X_1+X_2+\dots+X_{n-1})}\right) E\left(e^{-rX_n} Y_n\right)$$

dengan pengintegralan dan penjumlahan deret geometri diperoleh model *Soil Expectation Value* dengan memasukkan faktor pencurian berikut,

$$V = \frac{(\varepsilon+r)(pF(T)-c)e^{-(\varepsilon+r)T}}{r(1-e^{-(\varepsilon+r)T})} - \frac{\varepsilon}{r} c_1 \quad (3.2)$$

Selanjutnya untuk mencari periode pemanenan optimal dapat diperoleh ketika nilai V pada persamaan (3.2) maksimal yaitu ketika $V' = 0$ dengan V' menyatakan turunan pertama dari V terhadap T atau dengan kata lain periode optimal T memenuhi

$$pF'(T) = \frac{(\varepsilon + r)(pF(T) - c)}{1 - e^{-(\varepsilon+r)T}}$$



Gambar 2: (2a) grafik pertumbuhan V (2b) V' tanpa dan dengan faktor pencurian pohon.

Periode pemanenan optimal

Pada bagian ini akan kita cari periode waktu T sehingga diperoleh nilai V optimal baik tanpa maupun dengan memasukkan faktor pencurian. Untuk nilai V tanpa ada faktor pencurian pohon dapat menggunakan persamaan 2.1. Dengan memilih nilai parameter harga jual kayu jati per $m^3, p = 5.000.000$, discount rate $r = 0,02$, dan biaya penanaman awal $c = 3.200.000$ akan diperoleh nilai V terhadap waktu t berikut,

$$V = \frac{(5000000 F(t) \cdot 2,5 - 3200000)e^{-0,02t}}{1 - e^{-0,02t}}$$

yang dapat digambarkan secara grafik pada gambar 2a. Untuk melihat kapan terjadinya titik maksimum pada gambar 2a dapat dilihat ketika $V' = 0$ pada gambar 2b.

Dari grafik jelas diperoleh nilai V optimal pada tahun ke 62 setelah penanaman sehingga diperoleh periode pemanenan untuk mendapatkan hasil yang optimal tanpa adanya pencurian pohon adalah $T = 62$ dengan $V = 9.230034141 \times 10^8$.

Untuk nilai V dengan pengaruh pencurian pohon dapat digunakan persamaan (3.2). Dari angka tingkat pencurian yang dipilih yaitu 0.312895 maka dapat dihitung peluang terjadi sebelum periode pemanenan berdasarkan persamaan (3.1) diperoleh $1 - e^{-\varepsilon T} = 0.312895 \leftrightarrow \varepsilon = 0.006$.

Dengan memilih parameter p, r dan c sama dengan perhitungan sebelumnya, biaya penanaman ulang setelah terjadi pencurian $c_1 = 2.000.000$ dan parameter yang terkait dengan faktor pencurian $\varepsilon = 0.006$ akan diperoleh

$$V = \frac{(0.026)(5000000 F(t) \cdot 2,5 - 3200000)e^{-(0,026)T}}{0,02 \cdot (1 - e^{-(0,026)t})} - \frac{3}{10} \cdot 2000000$$

yang dapat digambarkan dengan grafik putus-putus pada gambar 2a dan grafik V' untuk melihat kapan terjadi V maksimal pada 2b. Dengan memasukkan faktor pencurian pohon diperoleh periode pemanenan optimal lebih singkat yaitu $T = 56$ dengan $V = 7.430976567 \times 10^8$. Sehingga terjadi penurunan V sekitar 20% dan periode pemanenan menjadi 6 tahun lebih singkat.

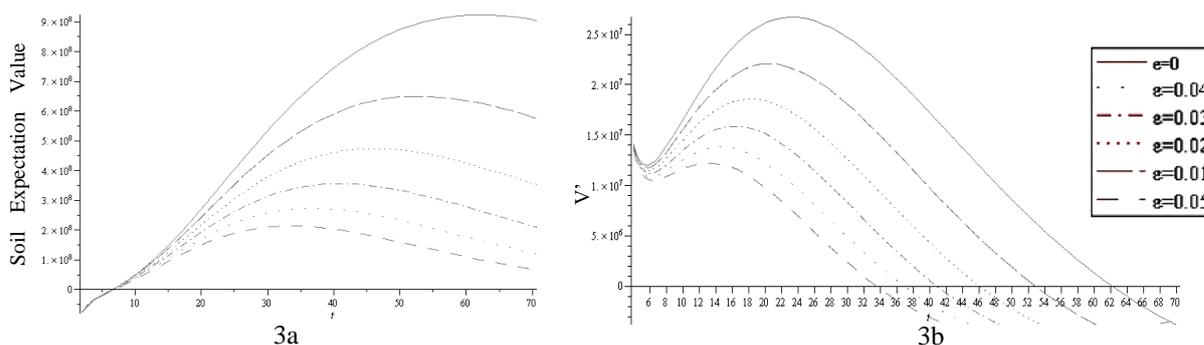
Diskusi

Pada bagian ini akan dibahas bagaimana faktor pencurian dapat berpengaruh terhadap Soil Expectation Value (V) dan periode pemanenan (T) dengan variasi beberapa parameter.

Misal dipilih tingkat pencurian ε sebesar 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 dan 0.05 maka akan diperoleh hasil grafik seperti pada gambar 3. dalam bentuk tabel, grafik 3 dapat ditulis sebagai,

Tabel 2: pengaruh parameter ε terhadap periode dan nilai V

ε	T	V
0	62	9.230034141×10^8
0.01	53	6.484076189×10^8
0.02	46	4.726061359×10^8
0.03	41	3.546155038×10^8
0.04	37	2.722988445×10^8
0.05	33	2.129157161×10^8



Gambar 3: grafik nilai V (3a) dan V' pada (3b) dengan beberapa variasi parameter ε .

Terlihat bahwa semakin besar parameter ε yang terkait dengan tingkat pencurian pohon akan menyebabkan periode pemanenan optimal dan nilai V semakin menurun secara eksponensial. Hal tersebut sesuai dengan kenyataan mengingat dengan pembiayaan yang sama diperoleh volume kayu yang lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa adanya pencurian.

KESIMPULAN

Dengan menggunakan asumsi seperti pada artikel ini, diperoleh periode pemanenan optimal adalah 62 tahun tanpa adanya pencurian pohon. Dengan memasukkan faktor pencurian pohon, periode pemanenan optimal KPH Ngawi terjadi pada tahun ke 56 dengan penurunan nilai V sekitar 20%. Dari hasil diskusi juga disimpulkan semakin besar parameter ε

yang terkait dengan tingkat pencurian pohon akan menyebabkan nilai V semakin menurun dan mempersingkat periode pemanenan optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan KPH Ngawi atas bantuan dan dukungan berupa data yang sangat kami butuhkan dalam penulisan artikel ini. Semoga hasil dari penelitian ini dapat menjadi pertimbangan bagi KPH Ngawi dalam menentukan periode pemanenan.

REFERENSI

1. Reed WJ, 1985, *Some Examples of Mathematical Models in Forest Management*, Departement of Mathematics University of Victoria, Canada.
2. Amacher GS, Markku O, Erkki K, 1962, *Economic of Forest Resources*, The MIT Press, London, Hal 11-18.
3. Aruan MR, 2007, *Penentuan Daur Optimal Dengan Faktor Pencurian Kayu Di KPH Bojonegoro Perum Perhutani Unit II Jawa Timur* (skripsi), Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
4. Nuswantari M, 2012, *Penentuan Daur Finansial Kelas Perusahaan Jati Di KPH Madiun Perum Perhutani Unit II Jawa Timur* (skripsi), Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
5. Englin J, Peter B, Grant H, 2000, *An Empirical Examination of Optimal Rotation in a Multiple-Use Forest in the Presence of Fire Risk*, *Journal of Agricultural and Resource Economics* 25(1):14-27
6. _____, 2014, *Dijual Kayu Jati Asal Sulawesi Tenggara Berbagai Bentuk*, <https://www.facebook.com/BursaKayuJati/posts/247025995473633>, diakses 25 juni 2016 15:13.