

**KAJIAN KOMPETISI TUMBUHAN EKSOTIK YANG BERSIFAT
INVASIF TERHADAP POHON HUTAN PEGUNUNGAN ASLI
TAMAN NASIONAL GUNUNG GEDE PANGRANGO**
**(Alien Plant Species Mountain Endemic Tree Species in Gunung Gede
Pangrango National Park)**

**BUDI UTOMO¹⁾, CECEP KUSMANA²⁾, SUKISMAN TJITROSEMITO³⁾, dan MUHAMMAD NUR
AIDI⁴⁾**

ABSTRACT

Up to now, montane rain forest of Gunung Gede-Pangrango National Park, faces problem in the form of invasion of exotic plant species into the area. Location of the area that borders with various land uses, such as Botanical Garden and agricultural land, make it very susceptible toward invasion of plant species from outside the area. The collapse of large trees which normally constitute a mechanism of natural regeneration, was in fact stimulating the development of exotic species, particularly those which were invasive, inside the area.

*The objective of this research was to test the competitive ability of endemic species, which in this case was represented by *Cleystocalyx operculata* and *Mischocarpus pentapetalus*, toward exotic plant species, represented by *Austroeupeatorium inulaefolium* and *Passiflora ligularis*, during 5 months of study.*

*Growth rate of exotic plant species, as well as the dry weight biomass, were larger than those of endemic species. Indirect estimation of competitive ability showed that competitive ability (β) of endemic species were 4- 5 times less, namely 0.0274 (for *C. operculata*) and 0.0251 (for *M. pentapetalus*); as compared with those of exotic species, namely 0.125 (for *P. ligularis*) and 0.1104 (for *A. inulaefolium*). Direct test also proved that competitive ability (β) of endemic species was lower than that of exotic species, as shown by relative crowding value < 1 . Estimation of future competitive ability, using diagram of input/ output ratio, showed also the disability of endemic species to compete with exotic species, where position of input/output ratio points were parallel with equilibrium line $y=x$.*

Considering those facts, there is urgent need for controlling these invasive exotic species inside the National Park area to maintain the sustainability of biodiversity and regeneration of endemic species in montane rain forest of Gunung Gede – Pangrango National Park.

Key words: endemic, exotic, invasion, competitive ability, regeneration

1. Mahasiswa Program Doktor pada Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan Sekolah Pascasarjana IPB e-mail: utomobud@plasa.com

2. Guru Besar Fakultas Kehutanan IPB

3. Dosen Senior Fakultas MIPA IPB dan Peneliti pada SEAMEO BIOTROP

4. Dosen Senior Fakultas MIPA IPB

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Konservasi sumber daya alam hayati beserta ekosistemnya merupakan salah satu bentuk pembangunan yang berkelanjutan agar dapat memenuhi kebutuhan manusia di masa kini dan masa yang akan datang. Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) merupakan salah satu kawasan dilindungi yang pengelolaannya lebih diarahkan untuk melindungi sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman tumbuhan, satwa beserta ekosistemnya dan pemanfaatan secara lestari sumberdaya alam hayati beserta ekosistemnya (Dephut, 1995).

Pesatnya perkembangan penduduk diikuti peningkatan kebutuhan yang semakin kompleks memaksa banyak jalur hijau beralih fungsi menjadi jalan raya dan bangunan fisik lainnya. Seiring dengan hal tersebut pemerintah dituntut untuk melakukan pembangunan di segala bidang serta membuka kesempatan seluas-luasnya bagi investor lokal maupun asing untuk mengembangkan usahanya di negeri ini bagi peningkatan kesejahteraan dan kemajuan bangsa ini. Pembukaan areal dan pembangunan fisik pun terus berlangsung hingga kini baik untuk pemukiman, industri, tambang, dsb. Akibatnya lambat laun terjadi ketimpangan ekologi yang ada di sekitarnya dan kini telah dirasakan dampaknya oleh masyarakat luas berupa banjir dan kekeringan.

Di sisi lain luas kawasan konservasi yang ditetapkan untuk menunjang keseimbangan tata air bagi wilayah di sekitarnya tidak banyak mengalami peningkatan karena tekanan perkembangan penduduk, bahkan cenderung mengalami degradasi fungsi akibat berbagai faktor, salah satu diantaranya adalah terhambatnya regenerasi jenis endemik akibat masuknya jenis tumbuhan eksotik yang bersifat invasif.

Di hutan alam, proses regenerasi berlangsung secara alami dengan matinya pohon akibat tua, penyakit, angin, petir, dll, diikuti tumbuhnya biji-biji yang berada dalam tanah berupa *seed bank*, atau anakan yang selama itu tertekan. Dengan demikian terdapat mekanisme alami yang mengembalikan hutan kepada keseimbangan. (Hayashii & Numata, 1971). Sebagai salah satu kawasan konservasi pengelolaan TNGGP juga diarahkan agar dapat memenuhi fungsinya sebagai wilayah resapan air yang mampu menjaga wilayah di sekitarnya dari ancaman banjir dan longsor di musim hujan serta ancaman kekeringan di musim kemarau. Pada kenyataannya bencana angin topan yang melanda kawasan ini di akhir tahun 1984 telah menciptakan kerusakan berat di dalam kawasan sehingga menyebabkan lebih dari 3.000 pohon roboh di resort Cibodas saja (luas 1.040 ha). Kondisi ini diperparah dengan masuknya beberapa jenis tumbuhan eksotik yang bersifat invasif ke dalam kawasan konservasi ini karena letaknya yang berbatasan dengan berbagai penggunaan lahan sehingga menyebabkannya menjadi amat rentan terhadap invasi jenis-jenis tumbuhan yang berasal dari luar kawasan. Hingga tahun 2000 tercatat tak kurang dari 38 jenis tumbuhan eksotik telah ditemukan di tepi kawasan hingga ke interior (Syamsudin, 2000). Beberapa di antaranya diduga bersifat invasif atau lebih dikenal dengan *invasive alien plant species (IAS)*. Tekanan jenis tumbuhan eksotik ini diduga dapat membawa dampak pada degradasi fungsi hutan sebagai daerah resapan dan penyimpanan air.

Berkaitan dengan masalah-masalah tersebut maka studi mengenai kemampuan kompetisi jenis-jenis pohon endemik terhadap *IAS* menjadi sangat penting dalam menjaga kelestarian fungsi kawasan konservasi khususnya di TNGGP.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji daya saing jenis pohon endemik dan jenis tumbuhan eksotik yang menginvasi kawasan TNGGP.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di bawah paranet (naungan 55%) yang berlokasi di daerah penyangga TNGGP tepatnya di Desa Cimacan Kecamatan Cipanas Kabupaten Cianjur-Jawa Barat dengan total waktu 6 bulan yang dimulai dari bulan Agustus 2004 dan berakhir pada Februari 2005.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan selama penelitian meliputi: media tanah hutan, paranet (warna hitam dengan persentase naungan 55 %), anakan pohon hutan endemik (tinggi tanaman $\pm 11 - 13$ cm) yaitu salam banen (*Cleystocalyx operculata* Roxb.) dan kihoe (*Mischocarpus pentapetalus* (Roxb.) Radlk.), sedangkan benih tumbuhan eksotik yang digunakan adalah konyal (*Passiflora ligularis* Juss.) dan kirinyuh (*Austroeupeatorium inulaefolium* (Kunth) R.M.King & H.Rob.). Alat-alat mencakup: cangkul, pot plastik 4 kg, gembor, dan alat lain yang diperlukan.

Metode Penanaman

Dua jenis anakan pohon endemik dan dua jenis tumbuhan eksotik ditanam pada pot-pot berisi tanah ukuran 4 kg sebanyak masing-masing sebanyak 20 biji pot⁻¹, setelah tumbuh kemudian dilakukan penjarangan sesuai perlakuan, yaitu 0, 3, 6, 9 dan 12 tanaman pot⁻¹ yang disusun menurut metode rangkaian substitusi/*replacement series* (Tabel 1).

Tabel 1. Kombinasi kepadatan dua jenis pohon endemik dan jenis tumbuhan eksotik yang dominan

Jumlah kombinasi biji/pot										
A ₁ X ₀ 3:0	A ₂ X ₀ 6:0	A ₃ X ₀ 9:0	A ₄ X ₀ 12:0	A ₀ X ₁ 0:3	A ₀ X ₂ 0:6	A ₀ X ₃ 0:9	A ₀ X ₄ 0:12	A ₁ X ₃ 3:9	A ₂ X ₂ 6:6	A ₃ X ₁ 9:3
A ₁ Y ₀ 3:0	A ₂ Y ₀ 6:0	A ₃ Y ₀ 9:0	A ₄ Y ₀ 12:0	A ₀ Y ₁ 0:3	A ₀ Y ₂ 0:6	A ₀ Y ₃ 0:9	A ₀ Y ₄ 0:12	A ₁ Y ₃ 3:9	A ₂ Y ₂ 6:6	A ₃ Y ₁ 9:3
B ₁ X ₀ 3:0	B ₂ X ₀ 6:0	B ₃ X ₀ 9:0	B ₄ X ₀ 12:0	B ₀ X ₁ 0:3	B ₀ X ₂ 0:6	B ₀ X ₃ 0:9	B ₀ X ₄ 0:12	B ₁ X ₃ 3:9	B ₂ X ₂ 6:6	B ₃ X ₁ 9:3
B ₁ Y ₀ 3:0	B ₂ Y ₀ 6:0	B ₃ Y ₀ 9:0	B ₄ Y ₀ 12:0	B ₀ Y ₁ 0:3	B ₀ Y ₂ 0:6	B ₀ Y ₃ 0:9	B ₀ Y ₄ 0:12	B ₁ Y ₃ 3:9	B ₂ Y ₂ 6:6	B ₃ Y ₁ 9:3

A: Jenis endemik A, B: Jenis endemik B, X: Jenis eksotik X, Y: Jenis eksotik Y

Baris ke dua di tabel adalah komposisi kepadatan antara jenis pohon endemik dan jenis eksotik. Setiap perlakuan diulang 3 kali, sehingga 44 perlakuan x 3 ulangan = 132 pot percobaan.

Analisis Data

Data yang dianalisis meliputi beberapa komponen yaitu:

- (1) Tinggi tanaman, diukur mulai dari leher akar (permukaan tanah) hingga ke ujung daun tertinggi dengan menggunakan mistar setiap bulan
- (2) *Competitive ability* diestimasi menggunakan metode grafis mengikuti cara yang dikembangkan Beaumer dan de Wit (1968) yang diperbaiki Spitters dan van den Bergh (1982). Secara umum pertumbuhan tanaman dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\theta = \frac{\beta z}{\beta z + 1} \times \Omega$$

di mana:

θ = Produk biomasa

β = *Competitive ability*

z = Tingkat kepadatan tanaman

Ω = Bobot kering maksimum yang mungkin dapat dicapai pada tingkat kepadatan yang tinggi, merupakan nilai *asymtote* dari persamaan hiperbolik

- (3) Untuk mengkaji persaingan (daya kompetisi) yang terjadi, dilakukan perhitungan *koefisien kesesakan relatif* (*Crowding coeficient*) berdasarkan berat kering tanaman menurut formula yang dikembangkan oleh De Wit (1960) dan disederhanakan oleh Sitompul dan Guritno (1995):

$$K_{ab} = \frac{Y_{ab} \times Z_{ba}}{(Y_{aa} - Y_{ab}) Z_{ab}}$$

di mana:

K_{ab} = Koefisien kesesakan relatif jenis endemik (*a*) terhadap jenis eksotik (*b*)

Y_{aa} = Bobot kering dari jenis endemik dalam sistem monokultur

- Y_{ab} = Bobot kering dari jenis endemik dalam sistem campuran dengan jenis eksotik
- Z_{ab} = Proporsi penanaman jenis endemik terhadap jenis eksotik dalam sistem campuran
- Z_{ba} = Proporsi penanaman jenis eksotik terhadap jenis endemik dalam sistem campuran

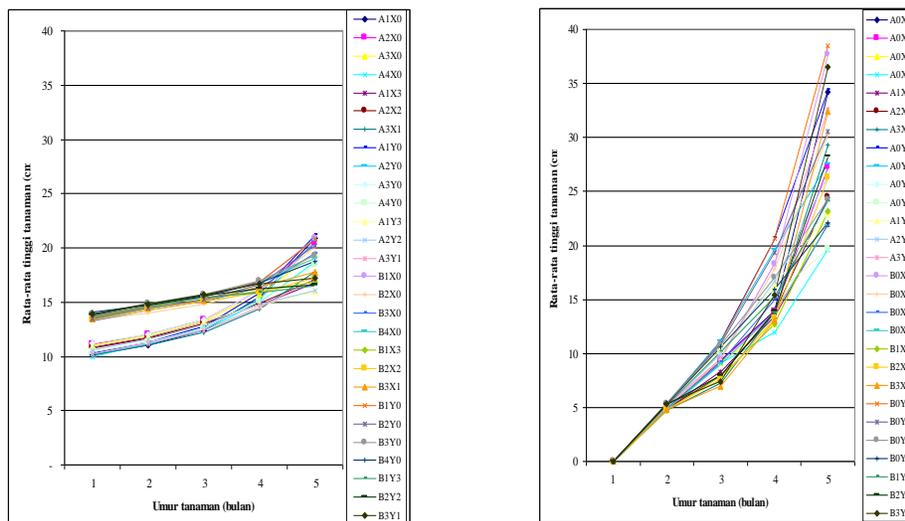
- (4) Untuk memprediksi persaingan yang terjadi jika percobaan terus berlangsung, dilakukan perhitungan rasio *input/output* dari data bobot kering pada percobaan kompetisi *replacement series*. Sebagai *input* adalah kepadatan sedangkan *output*-nya adalah biomas/bobot kering. Selanjutnya nilai-nilai rasio tersebut dimasukkan dalam diagram rasio *input/output* untuk menggambarkan prediksi persaingan yang terjadi (Silvertown, 1982).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tinggi Tanaman

Laju pertumbuhan tinggi tanaman untuk masing-masing jenis pohon endemik dan jenis tumbuhan eksotik selama 5 bulan pengamatan dapat dilihat pada Gambar 1.

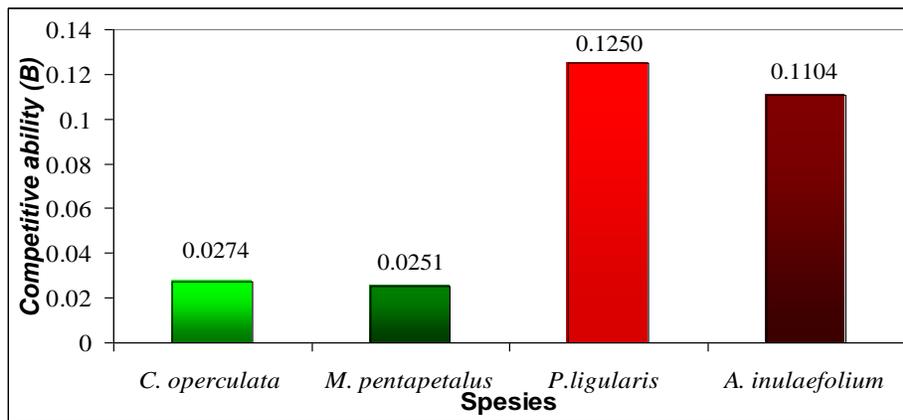


Gambar 1 Hubungan antara umur dan pertumbuhan tinggi jenis endemik secara monokultur dan campuran dengan jenis eksotik (kiri); Hubungan antara umur dengan pertumbuhan tinggi jenis eksotik secara monokultur dan campuran dengan jenis endemik (kanan).

Di antara jenis pohon endemik, *C. operculata* (A) memiliki kecepatan tumbuh lebih tinggi daripada *M. pentapetalus* (B). Namun bila dibandingkan dengan kedua jenis tumbuhan eksotik, maka kecepatan pertumbuhan jenis eksotik jauh melebihi kecepatan pertumbuhan kedua jenis pohon endemik.

Kemampuan kompetisi (Competitive ability)

Kemampuan kompetisi dapat diduga secara tidak langsung dengan menggunakan data bobot kering dari percobaan monokultur pada masing-masing jenis pohon endemik dan jenis tumbuhan eksotik dengan mengubah persamaan hiperbolik menjadi linier menurut prosedur yang dikembangkan oleh Spitters dan van den Bergh (1982) sehingga diperoleh nilai kemampuan kompetisi (β) masing-masing jenis sebagai berikut:



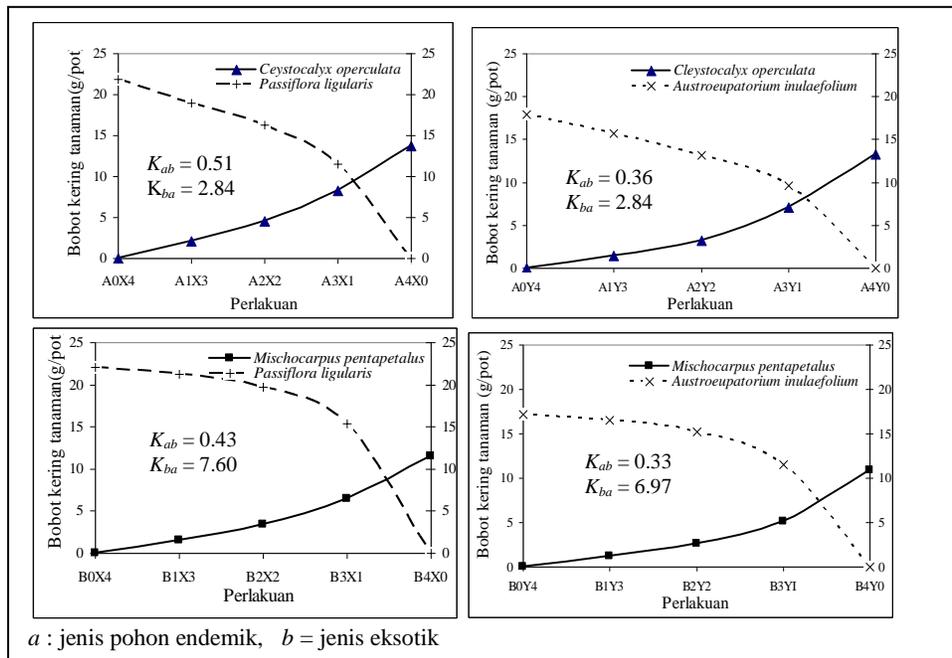
Gambar 2 Kemampuan kompetisi (β) masing-masing jenis pohon endemik dan jenis eksotik pada percobaan monokultur umur 5 bulan.

Gambar di atas mengindikasikan bahwa kemampuan kompetisi (β) jenis tumbuhan eksotik lebih tinggi yakni *P. ligularis* (0.125) dan *A. inulaefolium* (0.1104), dibandingkan dengan jenis pohon endemik *C. operculata* (0.0274) dan *M. pentapetalus* (0.0251).

Koefisien Kesesakan Relatif (Crowding coefficient)

Kompetisi yang terjadi dapat diketahui melalui percobaan kompetisi secara langsung yakni dengan menanam kedua jenis tanaman pada ruang tumbuh yang sama dengan menggunakan metode substitusi (*replacement series*) yang dikembangkan de Wit (1960). Koefisien kesesakan relatif merupakan suatu nilai yang menunjukkan tolak ukur kemampuan bersaing suatu tanaman. Jenis tumbuhan yang memiliki koefisien kesesakan relatif yang tinggi menunjukkan kemampuannya yang tinggi dalam persaingan. Berdasarkan hasil perhitungan dari data pada percobaan kompetisi yang dilakukan pada dua jenis pohon endemik (*C. operculata* dan *M. pentapetalus*) terhadap dua jenis

tumbuhan eksotik (*P. ligularis* dan *A. inulaefolium*) diperoleh hasil koefisien kesesakan relatif seperti ditampilkan pada Gambar 3.



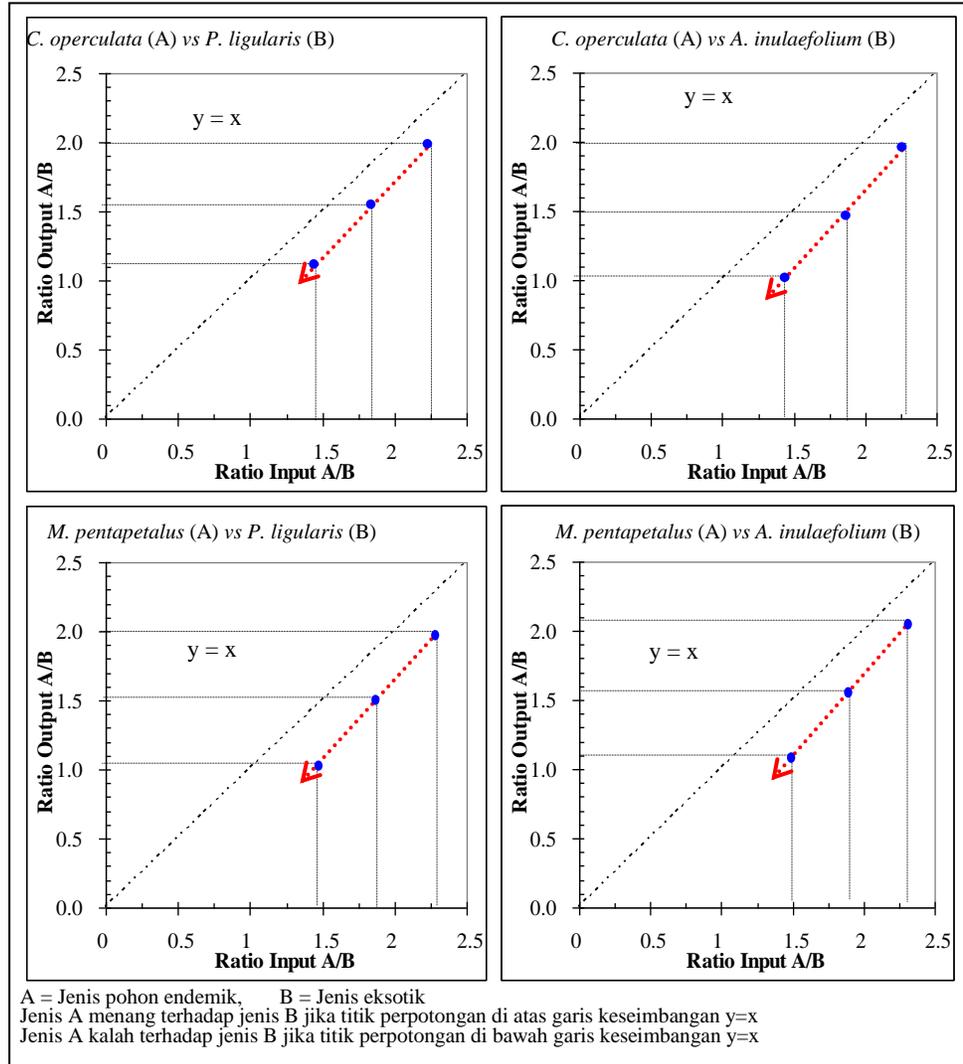
Gambar 3. Hubungan bobot kering dan kepadatan tanaman pada percobaan kompetisi dengan metode *replacement series* antara jenis endemik dan jenis eksotik pada umur tanaman 5 bulan.

Dari gambar di atas terlihat bahwa secara menyeluruh nilai koefisien kesesakan relatif jenis pohon endemik < 1 , hal ini berarti dalam proses kompetisinya, kedua jenis pohon endemik kalah bersaing dengan jenis eksotik. Nilai *crowding coefficient* jenis pohon endemik tertinggi terjadi pada *C. operculata* (K_{ab} 0.51) diikuti *M. pentapetalus* (K_{ab} 0.43). *C. operculata* dan *M. pentapetalus* yang berkompetisi dengan *P. ligularis* memiliki nilai koefisien kesesakan relatif yang lebih tinggi (K_{ab} 0.51 dan 0.43) dibandingkan dengan yang berkompetisi dengan *A. inulaefolium* (K_{ab} 0.36 dan 0.33).

Diagram rasio input/output

Kemampuan kompetisi dari masing-masing jenis yang dikompetisikan jika proses kompetisi terus berlangsung pada ruang tumbuh yang sama dapat diduga dengan melakukan pendekatan berupa pembuatan diagram rasio *input/output* menurut tata cara yang dikembangkan Silvertown (1982) menggunakan data bobot kering dari tanaman yang dikompetisikan pada percobaan *replacement series*.

Berdasarkan prosedur Silvertown (1982) hasil perhitungan rasio *input* (kepadatan), dan *output* (biomas) dari tumbuhan-tumbuhan yang dikompetisikan pada tabel di atas yang diambil dari data hasil percobaan kompetisi dan dilogarithmakan selanjutnya dibuat diagram rasio *input/output* untuk menduga daya kompetisinya, seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Diagram rasio *input-output* jenis-jenis pohon hutan endemik terhadap jenis eksotik.

Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa seluruh titik perpotongan antara rasio *input* dan *output* jenis pohon endemik berada di bawah garis keseimbangan $y = x$. Hal ini menunjukkan bahwa jenis pohon endemik (A) kalah dalam bersaing dengan jenis tumbuhan eksotik (B). Selanjutnya bila ditarik garis yang menghubungkan masing-masing titik tersebut terbentuk pola garis yang sejajar dengan garis keseimbangan $y = x$ namun berada di bawah garis keseimbangan. Apabila garis tersebut diteruskan ke atas akan terlihat *trend* di mana kedua garis tersebut tidak mengarah pada suatu titik pertemuan, dan bila diteruskan ke bawah ternyata garis tersebut akan menyentuh titik $x > 0$ pada saat $y = 0$. Hal ini berarti terjadi ketidak seimbangan di mana *input* yang diberikan tidak mampu menghasilkan *output* yang seimbang.

Pembahasan

Pada stadia awal pertumbuhan, jenis tumbuhan eksotik memiliki kecepatan tumbuh yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua jenis pohon endemik sehingga walaupun kedua jenis pohon endemik ditanamkan pada stadia anakan (tinggi $\pm 11 - 13$ cm), dan kedua jenis tumbuhan eksotik ditanamkan dari biji, karena pertumbuhannya yang cepat, tinggi tanman jenis eksotik ini pada umur 5 bulan telah mencapai hampir 2 kali tinggi tanaman jenis pohon endemik (Gambar 1). Hal ini disebabkan karena penyerapan sumberdaya jenis tumbuhan eksotik lebih tinggi dibandingkan jenis endemik. Jenis eksotik yang bersifat invasif memiliki sifat membutuhkan intensitas radiasi matahari yang tinggi (*strong light demanding*), hal ini menyebabkan jenis ini lebih banyak mengikat karbon dalam jaringan daun untuk pertumbuhannya. Tingginya karbon dan energi yang diserap oleh daun dalam proses fotosintesis mengakibatkan jenis eksotik rakus akan unsur hara. Banyaknya unsur hara yang diserap, serapan energi matahari yang tinggi serta jaringan tubuh yang lebih lunak (banyak mengandung air) mengakibatkan penyebaran akar lebih cepat dan laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan anakan jenis pohon endemik yang lebih sedikit menyerap radiasi matahari, memiliki jaringan serat yang tinggi dan sedikit mengandung air sehingga jenis ini relatif lambat pertumbuhannya. Sukman dan Yakup (1991) menyatakan jenis tumbuhan yang tumbuh dengan cepat seperti gulma memiliki kemampuan menyerap unsur hara yang lebih tinggi dibandingkan tanaman. Dengan bobot kering yang sama gulma dapat mengandung kadar N dua kali lipat lebih banyak dibandingkan dengan tanaman jagung, fosfat 1.5 kali lebih banyak dan kalium 3.5 kali lebih banyak.

Di samping menang dalam persaingan unsur hara, laju pertumbuhan yang cepat mengakibatkan jenis tumbuhan eksotik dengan cepat membentuk naungan, sehingga pasokan sinar matahari berkurang bagi jenis pohon endemik. Menurut Moenandir (1993) kompetisi cahaya terjadi bila satu daun menutupi cahaya yang akan mengenai daun lainnya dalam satu tanaman atau tanaman lain. Akibatnya pertumbuhan jenis pohon endemik menjadi semakin lambat hingga terhenti pada tingkat *sapling bank* (anakan). Pada kondisi yang lebih ekstrim di mana pasokan sinar matahari tidak lagi diperoleh karena ternaungi, dan adanya senyawa *allelopathy* yang dilepaskan oleh jenis eksotik dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhenti sama sekali atau tanaman mati (Hopkins & Graham 1984).

Menurut Tjitrosemito (2004) jenis tumbuhan eksotik yang bersifat invasif memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan jenis endemik sehingga menyebabkannya berpotensi mendominasi kawasan tempat tumbuhnya, beberapa kelebihan tersebut yaitu:

1. Pertumbuhan yang cepat
Penelitian di rumah kaca tanpa naungan menunjukkan bahwa hanya dalam waktu dua bulan *A. inulaefolium* dapat tumbuh mencapai tinggi 60 cm
2. Jenis ini mampu menggunakan penyerbuk lokal sehingga mampu memproduksi biji
3. Cepat membentuk naungan, produksi bunga lebih cepat daripada jenis tumbuhan lokal sehingga memberi perlindungan dan pangan bagi penyerbuk bila sumber pangan dari jenis lokal belum tersedia
4. Selain tajuk yang rapat, perakarannya juga banyak dan rapat sehingga mendominasi perakaran disekitarnya
5. Cepat mengalami fase dewasa, sehingga cepat menghasilkan biji
6. Biji yang dihasilkan juga banyak sehingga cepat mendominasi areal
Setiap tahun *P. ligularis* mampu menghasilkan 500 – 700 buah dan setiap buahnya mengandung biji berkisar 200 – 250 butir
7. Metode penyebaran biji yang efektif
P. ligularis memiliki buah yang disukai hewan, dan *A. inulaefolium* memiliki biji ringan sehingga mudah terbawa angin
8. Kedua jenis tumbuhan eksotik ini dapat berkembang secara vegetatif
9. *A. inulaefolium* diduga memiliki senyawa *allelopathy* yang menghambat pertumbuhan jenis tumbuhan lokal
10. Bebas hama karena tumbuh di luar habitat alaminya.

Kajian lebih jauh mengenai potensi kompetisi dan tingkat persaingan yang terjadi antara jenis pohon endemik dengan jenis tumbuhan eksotik yang diteliti dilakukan berdasarkan formula yang dikembangkan oleh de Wit (1960) menghasilkan kemampuan kompetisi dan koefisien kesesakan relatif yang berbeda-beda menurut jenis tanaman dan komposisi kepadatan tanaman.

Pendugaan kemampuan kompetisi yang menggunakan data bobot kering dari percobaan monokultur menurut prosedur yang dikembangkan oleh Spitters dan van den Bergh (1982) menunjukkan bahwa kemampuan kompetisi jenis tumbuhan eksotik lebih tinggi 4 – 5 kali jenis pohon endemik pada umur 5 bulan (Gambar 2).

Pada pengkajian kompetisi yang terjadi melalui perhitungan nilai koefisien kesesakan relatif yang dikembangkan oleh de Witt (1960) memberikan hasil yang tidak jauh berbeda, di mana nilai koefisien kesesakan relatif kedua jenis pohon endemik < 1 pada umur 5 bulan yang berarti bahwa kedua jenis endemik ini kalah bersaing terhadap kedua jenis eksotik (Gambar 3). Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa bobot kering jenis pohon endemik baik *C. operculata* (A) maupun *M. pentapetalus* (B) lebih rendah dibandingkan kedua jenis tumbuhan eksotik *P. ligularis* (X) dan *A. inulaefolium* (Y) pada umur 5 bulan. Bobot kering tanaman pot⁻¹ jenis endemik meningkat seiring dengan semakin rendahnya jumlah kompetitor (jenis eksotik). Namun pada jenis eksotik, terlihat bahwa bobot kering tanaman pot⁻¹ meningkat tajam pada jumlah tanaman pot⁻¹ yang terkecil, selanjutnya seiring dengan peningkatan jumlah tanaman pot⁻¹ jenis eksotik,

peningkatan tersebut semakin rendah. Ini menunjukkan bahwa kompetisi yang terjadi cenderung pada persaingan antar jenis yang sama (kompetisi *intraspesifik*) khususnya antar jenis eksotik itu sendiri.

Prediksi persaingan yang akan terjadi jika percobaan terus berlangsung, dilakukan menurut prosedur yang dikembangkan Silvertown (1982). Berdasarkan diagram rasio *input* dan *output* (Gambar 4) terlihat bahwa seluruh titik perpotongan antara rasio *input* dan *output* jenis pohon endemik berada di bawah garis keseimbangan $y = x$. Ini berarti terjadi ketidak seimbangan di mana *input* yang diberikan tidak mampu menghasilkan *output* yang seimbang.

Dalam proses kompetisi jenis pohon endemik dan jenis eksotik di atas, hal ini dapat diterjemahkan sebagai kekalahan jenis pohon endemik terhadap jenis eksotik pada berbagai rasio *input* yang diberikan. Dengan demikian bila hal yang sama terjadi di alam di mana jenis anakan pohon endemik menempati ruang tumbuh yang sama dan berkompetisi dengan jenis tumbuhan eksotik yang bersifat invasif pada berbagai tingkat kepadatan di mana keduanya berada pada stadia awal pertumbuhan, maka jenis anakan pohon endemik tidak akan mampu tumbuh bersaing dengan jenis tumbuhan eksotik yang berarti proses regenerasi jenis-jenis pohon endemik di tempat-tempat terbuka akan terhenti dengan keberadaan jenis eksotik. Melihat kenyataan ini maka seyogyanya usaha pengendalian harus dilakukan terhadap jenis tumbuhan eksotik ini agar tidak merugikan regenerasi jenis-jenis endemik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa daya kompetisi spesies endemik lebih rendah dibanding spesies eksotik yang ditunjukkan oleh nilai *crowding coefficient* yang < 1 dan prediksi kompetisi ke depan yang tetap tidak dapat menyaingi spesies eksotik yang ditunjukkan oleh diagram rasio *input/output* yang linier berada di bawah garis persamaan $y = x$. Hal ini mengakibatkan bila jenis tumbuhan eksotik yang bersifat invasif telah menginvasi suatu kawasan hutan maka di tempat-tempat terbuka dalam kawasan tersebut akan segera didominasi oleh tumbuhan eksotik tersebut, sementara populasi permudaan (semai, pancang dan tiang) jenis pohon klimaks menjadi menurun drastis karena rendahnya daya kompetisi terhadap jenis tumbuhan eksotik yang bersifat invasif.

Pertumbuhan dan perkembangan spesies eksotik yang bersifat invasif di suatu kawasan hutan terjadi karena adanya celah-celah terbuka di dalam kawasan hutan yang memberi kesempatan tumbuh dan berkembangnya jenis eksotik di tempat terbuka tersebut, karena itu pencegahan yang terbaik adalah mengusahakan agar celah-celah tidak dibiarkan terbuka, di antaranya dengan melakukan penanaman terutama dari jenis-jenis pohon endemik yang rendah populasinya.

Dalam hal telah terjadinya invasi jenis tumbuhan eksotik dalam suatu kawasan hutan, maka mengingat luasnya kawasan hutan yang harus dikontrol dalam mengantisipasi penyebaran dan pengendalian jenis tumbuhan eksotik sehingga memerlukan biaya besar, maka perlu ditetapkan metode pengendalian yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Beaumer CT, de Wit. 1968. Competition interference of plant species in monoculture and mixed stands. *Neth. J. Agric. Sci.* 16:103-122.
- [Dephut]. 1995. *Rencana Pengelolaan Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango 1995-2020*. Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam. Departemen Kehutanan. Bogor. Buku I, II dan III.
- de Wit CT. 1960. *On Competition*. Institute for biological and chemical research on field crops and herbage. Versl. Landbouwk. Onderzoek. 66 (8). Wageningen. The Netherlands. 82 hlm.
- Hayashii I, Numata M. 1971. Viable buried seed population in the miscanthus and zoysia type grassland in japan. Ecological studies on the buried seed population in the soil related to plant succession VI. Sagara Biological Laboratory, Tokyo Kyoiku University and Department of Biology, Chiba University. *Japanese Journal of Ecology*. 20;6:243-253.
- Hopkins MS, Graham AW. 1984. The role of soil seed banks in regeneration in canopy gaps in Australian Tropical Lowland Rain Forest. Preliminary Field Experiments. *The Malaysian Forester*. Australia.: Institute of Biological Resources. Division of Water and Land Resources. CSIRO. G. PO. Box. 1666. Canberra A.C.T. 2601. hlm 146-153
- Moenandir J. 1993. *Persaingan Tanaman Budidaya dengan Gulma*. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 102 hlm.
- Silvertown JW. 1982. *Introduction to plant population ecology*. Longman. London and New York. 209 hlm.
- Sitompul SM, Guritno B. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Cetakan Pertama. Gadjah Mada University Press. Bulaksumur, Yogyakarta. 412 hlm.
- Spitters CJT, van den Bergh JP. 1982. Competition between crop and weeds. In: Holzmer W, Numata M. (eds.) *Niology and Ecology of Weeds*. hlm 137-148.
- Sukman Y, Yakup. 1991. *Gulma dan Teknik Pengendaliannya*. Rajawali. Jakarta 158 hlm.
- Syamsudin M. 2000. Komposisi dan keanekaragaman jenis tumbuhan pada daerah tepi kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan. 75 hlm, Institut Pertanian Bogor.
- Tjitrosemito S. 2004 a. The concept of invasive alien species. Regional Training Course on Integrated Management of Invasive Alien Plant Species. BIOTROP, Bogor, Indonesia. 18-28 May 2004. 16 hlm.