



Pengaruh Antropogenik Terhadap Keanekaragaman Spesies Tumbuhan Berkayu di Taman Wisata Alam Camplong, Kupang, Nusa Tenggara Timur

Leonardus Banilodu*¹, Magdalena Sureni Bugis²

Program Studi Biologi FMIPA Universitas Katolik Widya Mandira

e-mail: ¹banilodhuleonardus@ymail.com, ²bugiseny@gmail.com

*) koresponden

Abstrak

Kawasan Taman Wisata Alam (TWA) Camplong menyediakan berbagai jasa lingkungan, namun keberadaan TWA Camplong tidak luput dari gangguan antropogenik seperti penebangan kayu, pengambilan kayu bakar, pengambilan tumbuhan obat-obatan, dan kegiatan hewan peliharaan masyarakat. Praktik seperti ini berdampak pada kestabilan ekosistem dalam bentuk penurunan keanekaragaman hayati kawasan, dan mendorong suatu kajian terhadap hubungan antara faktor antropogenik (bekas penebangan dan kotoran hewan) dengan keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu di TWA Camplong. Dengan menggunakan jalan sebagai gradien utama dan melalui suatu pemeriksaan lokasi, dipilih sebagai blok penelitian pada sisi kiri dan kanan jalan untuk menarik suatu transek tegak lurus dan sejajar gradien jalan ± 300 m dan dibagi ke dalam interval 30 titik sabuk dengan ukuran masing-masing 10 m x 10 m. Pada transek sejajar, ditarik garis tegak lurus transek tegak lurus gradien jalan ± 50 m yang dibagi ke dalam 5 titik sabuk 10 m x 10 m dan sebagai sabuk pengamatan ditarik satu secara acak, sehingga diperoleh 30 sabuk pengamatan. Pengumpulan data tumbuhan dan faktor antropogenik dilakukan di setiap sabuk pengamatan. Data kekayaan dan jumlah individu setiap spesies digunakan untuk menghitung indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Data dianalisis menggunakan teknik regresi linier berganda dengan taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Hasil analisis menunjukkan bahwa bekas tebangan dan kotoran hewan tidak berpengaruh terhadap keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu di TWA Camplong. Kesimpulan penelitian adalah ada banyak faktor lain yang lebih berkinerja menjelaskan kinerja keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu di TWA Camplong.

Kata kunci: Antropogenik, Keanekaragaman spesies, TWA Camplong.

PENDAHULUAN

Hutan merupakan sebuah kawasan luas yang dipadati dengan tumbuh-tumbuhan. Keberadaan suatu kawasan hutan sangat penting karena memiliki banyak manfaat mulai dari manfaat ekologis, sosial budaya dan juga manfaat ekonomis. Penyebab terbesar kerusakan hutan adalah kegiatan manusia yang dapat dilihat mulai dari perluasan areal pertanian yang tidak terencana, areal perkebunan, kebakaran hutan, dan maraknya pembalakan liar, seperti yang diamati di Taman Wisata Alam Camplong (diacu sebagai TWA Camplong) di kecamatan Fatuleu kabupaten Kupang provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT).

TWA Camplong memiliki luas \pm 2.000 ha. Fungsi TWA Camplong ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Nomor 89/Kpts-II/1983 tanggal 2 Desember 1983 tentang TGHK Provinsi NTT (Balai Besar KSDA NTT, 2012). Kawasan ini mudah dijangkau karena jalan yang menghubungkan Kupang - SoE yang membentang di tengah kawasan. Kisaran ketinggian tempat adalah 120-350 m dpl.

Berdasarkan hasil observasi pendahuluan di TWA Camplong, khususnya di di Blok 1-2 TWA Camplong pada 12 Maret 2017, TWA Camplong tidak luput dari gangguan baik antropogenik (berupa jumlah tunggul pengambilan kayu bakar, dan bekas-bekas kegiatan ternak) maupun non-antropogenik (alami). Pengaruh antropogenik yang mencolok terhadap TWA Camplong telah mendorong penggunaan dampak antropogenik untuk dihubungkan dengan status kestabilan atau kesehatan ekosistem hutan (Nagaikea, 1999; Tilman dan Lehman; 2001; Davies *et al.*, 2004; Bahati, 2005; Morris, 2010; Fischer *et al.*, 2013; Innes *et al.*, 2013; Aquilar-Santillanes dan del Castillo, 2013; Sudarso *et al.*, 2013; Popradit *et al.*, 2015; Hautier *et al.*, 2015; Hautier *et al.*, 2016), dengan asumsi bahwa TWA Camplong telah mengalami kerusakan oleh faktor antropogenik.

Banilodu dan Ndukang (2014) menunjukkan bahwa secara fisiognomi, hutan Camplong dapat dikenal sebagai hutan liana musim semi keranggas, yang sebagian dari spesies penyusunnya menggugurkan daun pada musim kemarau dan menghijau pada musim penghujan. Tipe ekosistem TWA Camplong dapat dikelompokkan sebagai hutan musim dan hutan savana (Balai Besar KSDA NTT, 2012). Perkembangan komunitas hutannya dapat dikenal yang sebagiannya sebagai hutan primer dan lainnya sebagai hutan sekunder. Bukti lapangan menunjukkan bahwa ada tekanan manusia terhadap kestabilan hutan. Jadi, gangguan terhadap kestabilan hutan di kawasan ini adalah cukup tinggi, dan mengganggu keanekaragaman hayatinya.

Keanekaragaman spesies tidak hanya merupakan fungsi dari jumlah atau kekayaan spesies, tetapi juga fungsi dari kelimpahan dan pemerataan distribusi individu spesies di dalam komunitasnya (Widhiastuti dkk, 2006). Jika terjadi peningkatan pada jumlah individu suatu spesies tumbuhan yang sangat tinggi, sementara ada penurunan individu spesies lainnya oleh berbagai faktor terutama antropogenik, fenomena ini mempengaruhi tingkat keanekaragaman spesies dan komunitasnya (Hidayat, 2014).

Nagaikea (1999) menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada keanekaragaman spesies yang dihitung berdasarkan nilai H' dan jumlah spesies pada dua tegakan berdeda di Jepang (Nagaikea, 1999). Tilman dan Lehman (2001) menyatakan bahwa perubahan lingkungan yang disebabkan oleh manusia merupakan penciptaan kombinasi dari kondisi lingkungan yang dapat merupakan pembatas, yang mengalami modifikasi oleh manusia dapat mencakup nitrogen, fosfor, kalsium, dan pH tanah, CO₂ atmosfer, kepadatan herbivora, patogen, predator, rezim gangguan, dan iklim.

Hautier *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa perubahan lingkungan yang didorong oleh manusia secara simultan dapat mempengaruhi keanekaragaman hayati, produktivitas dan stabilitas ekosistem. Namun demikian, hingga saat ini tidak ada konsensus mengenai hubungan kausal dari variabel tersebut. Produktivitas ekosistem hanya dapat diubah oleh pendorong yang mengubah keanekaragaman hayati melalui penurunan jumlah spesies tumbuhan. Lebih lanjut, Amarathunga *et al.*, (2016) menyatakan bahwa keanekaragaman hayati adalah lebih tinggi di area yang terganggu daripada di area yang tidak terganggu. Ditambahkan bahwa banyak faktor antropogenik yang mempengaruhi keanekaragaman hayati, tetapi pemeriksaan terhadap masing-masing faktor belum banyak dihasilkan.

Di TWA Camplong, sepintas diamati dari jalan Negara tampak rimbun dan stabil (terlindungi), tetapi jika ditelusuri menjauh ke dalam hutan, tampak bahwa penutupan hutan sangat sedikit, bahkan jarang. Ada praktik penebangan baik pada spesies kanopi dan subkanopi, ada kegiatan pengambilan kayu bakar, ada kegiatan hewan ternak di dalam kawasan hutan, dan masih banyak praktik lain di dalam kawasan hutan. Semua praktik antropogenik di dalam kawasan hutan, langsung atau tidak langsung, berdampak terhadap kestabilan kawasan dan spesies tumbuhan dan hewan di dalamnya, yang dapat diukur melalui indeks keanekaragaman. Olehnya, kami merasa perlu untuk melakukan penelitian mengenai "Pengaruh Faktor Antropogenik Terhadap Keanekaragaman Spesies Tumbuhan Berkayu di TWA Camplong."

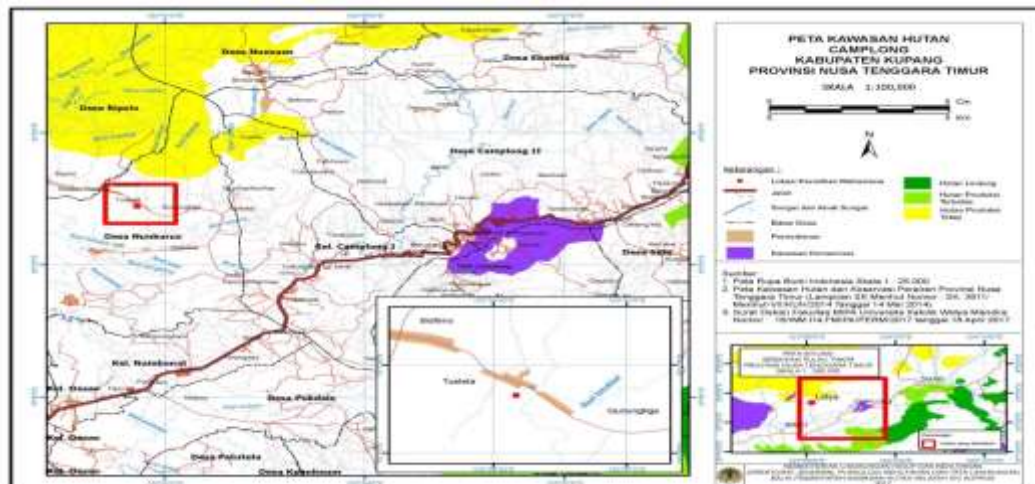
METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Blok 1-2 TWA Camplong yaitu pada sisi kiri dan kanan jalan Negara Kupang-SoE pada koordinat 10°02'00,2"S - 123°56'19,8"E (Gambar 1) dalam bulan Mei-Juli 2017. Disebut Blok 1-2 karena kegiatan penelitian bertepatan dengan kegiatan pembelajaran berbasis riset mahasiswa Program Studi Biologi FMIPA dan mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Katolik Widya Mandira yang melakukan kegiatan pembelajaran berbasis riset di Blok 3-4 dan Blok 5-6. TWA Camplong memiliki luas ± 2.000 ha dan termasuk dalam wilayah administratif kecamatan Fatuleu, kabupaten Kupang. Penetapan fungsi TWA Camplong didasarkan pada RTK 12, SK No. 89/Kpts-II/1983 tertanggal 2 Desember 1983 tentang TGHK Provinsi NTT (Balai Besar KSDA NTT, 2012). Kisaran ketinggian di TWA Camplong adalah antara 120-350 m dpl.

Peralatan atau Logistik

Peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah kompas (untuk menentukan arah jalan dan kedudukan transek); GPS (untuk menentukan koordinat dan ketinggian tempat dari permukaan laut); tiga buah pita meter masing-masing berukuran 100 m (untuk dibentangkan pada arah transek garis), 50 m (untuk dibentangkan pada transek sejajar), dan 5 meter (untuk mengukur lingkaran batang); pisau potong (untuk memotong ranting tumbuhan guna pembuatan



Gambar 1. Taman Wisata Alam Camplong (Sumber: BPKH Wilayah XIV Kupang, 2017).

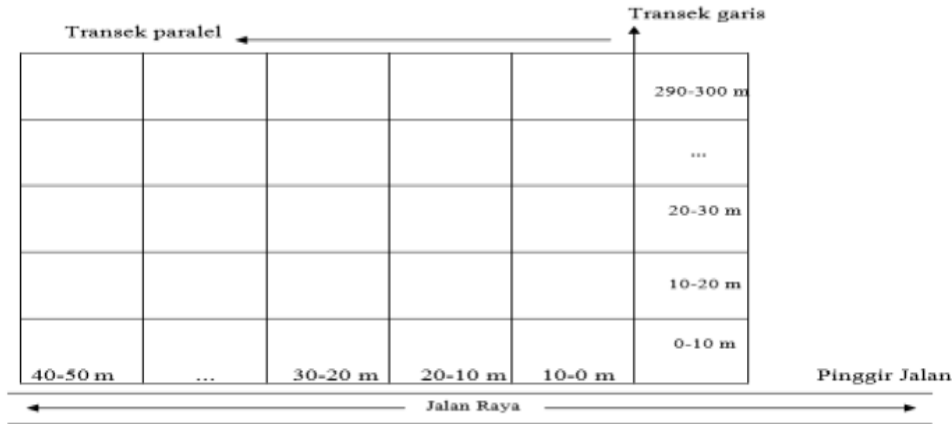
herbarium); alkohol 70% (untuk pengawetan spesimen); koran bekas (untuk membungkus spesimen basah); heker dan kerta label (untuk pelabelan spesimen), tali rafia (untuk mengikat alat pres berspesimen dan pembatas ukuran plot); soil fertility (untuk mengukur kandungan C organik, kelembaban, dan pH tanah); lux meter (untuk mengukur intensitas cahaya); hygrometer (untuk mengukur kelembaban udara); dan lembar data (untuk pencatatan data tumbuhan dan data abiotik).

Teknik Penarikan Sampel

Sampel dalam penelitian ini diletakkan pada dua tipe transek garis: transek garis tegak lurus gradien jalan dan transek garis sejajar gradien jalan. Panjang transek garis untuk perlakuan adalah 300 m dan panjang transek garis untuk kontrol adalah juga 300 m yang dihitung dari titik 300 m hingga jarak 600 m ke dalam hutan. Penetapan panjang transek garis ini adalah lebih panjang dari Angold (1997, 2002) yang menggunakan panjang transek garis 200 m dan Bignal *et al.*, (2004) yang merekomendasikan panjang transek garis 250 m dari jalan sebagai gradien utama.

Pada transek garis tegak lurus 300 m, ditetapkan interval antar titik 10 m, sehingga diperoleh 30 titik. Pada titik nol (0) hingga titik 10 m pertama, ditarik garis 10 m ke sisi kanan transek garis untuk membentuk sabuk atau plot 1 berukuran 10 x 10 m, dilanjutkan ke interval antar titik 10 m dan 20 m berikutnya untuk membentuk sabuk atau plot 2, dan seterusnya hingga terbentuk 30 sabuk atau plot.

Pada transek garis sejajar gradien jalan, ditarik sebuah transek garis sepanjang 50 m sejajar gradien jalan atau tegak lurus transek garis tegak lurus. Pada transek garis 50 m tersebut, ditentukan interval antar titik 10 m dan diperoleh 5 titik pengamatan. Pada titik 0-10 m transek garis sejajar ditarik garis 10 m ke arah sejajar dengan transek garis tegak lurus pertama untuk membentuk sabuk atau plot 1 transek garis sejajar, berukuran 10 x 10 m, dilanjutkan ke interval antar titik 10 m dan 20 m berikutnya untuk membentuk sabuk atau plot 2, dan seterusnya hingga terbentuk 5 sabuk atau plot pada transek garis sejajar pertama, dan dilanjutkan dengan transek garis sejajar ke-30. Total sabuk atau plot pada transek garis sejajar adalah 150 sabuk. Mulai dari 5 sabuk pada transek garis sejajar pertama ditarik secara acak untuk memperoleh 1 sabuk acak dan juga dilanjutkan pada 5 sabuk transek sejajar ke-2 hingga ke-30, dan akan diperoleh 30 sabuk atau plot pada transek garis sejajar gradien jalan (Gambar 2).



Gambar 2. Penarikan sampel di Blok 1-2 TWA Camplong

Dengan cara yang digambarkan di atas, maka untuk di Blok 1 TWA Camplong, kami memiliki 30 sabuk pada transek garis tegak lurus gradien jalan dan 30 sabuk pada transek garis sejajar gradien jalan; jadi, total adalah 60 sabuk di Blok 1 TWA Camplong. Demikian pula untuk Blok 2 TWA Camplong di sebelah kiri jalan, terdapat 120 sabuk di Blok 1-2 TWA Camplong untuk pengumpulan data.

Hasil pengacakan sebagai pada transek garis sejajar gradien jalan di Blok 1 TWA Camplong adalah sabuk 1-5 di Blok 1 adalah 1-2; 2-3; 3-1; 4-3; 5-5; 6-3; 7-1; 8-5; 9-2; 10-5; 11-4; 12-5; 13-2; 14-1; 15-4; 16-1; 17-2; 18-5; 19-2; 20-3; 21-4; 22-3; 23-1; 24-2; 25-1; 26-3; 27-2; 28-4; 29-1; dan 30-5. Sedangkan, hasil pengacakan pada transek sejajar gradien jalan di Blok 2 TWA Camplong adalah sabuk 1-5 di Blok 2 adalah 1-5; 2-1; 3-3; 4-2; 5-5; 6-3; 7-5; 8-1; 9-2; 10-1; 11-5; 12-4; 13-5; 14-2; 15-1; 16-5; 17-4; 18-2; 19-4; 20-3; 21-1; 22-3; 23-4; 24-1; 25-2; 26-5; 27-4; 28-5; 29-2; dan 30-3.

Teknik Pengumpulan Data

Spesies data biotik utama yang dikumpulkan di dalam plot adalah kekayaan spesies dan kelimpahan individu spesies untuk memfasilitasi perhitungan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'). Data antropogenik adalah jumlah bekas terbang dan kotoran ternak. Pengenalan nama tumbuhan di lapangan menggunakan nama lokal dalam bahasa Timor (dialek Dawan) melalui bantuan seorang pemandu lokal. Kemudian, dari nama lokal dilakukan pemeriksaan nama ilmiah tumbuhan mengacu pada Meijer-Dress (1950) dan dikonfirmasi dengan mengacu pada van Steenis (1987) dan van den Brink (1963). Untuk nama ilmiah tumbuhan yang telah direvisi, kami melakukan pemeriksaan terhadap semua daftar spesies melalui Browsing Internet untuk mengetahui nama yang dipakai dan/atau sinonimnya.

Di dalam sabuk, setiap spesies tumbuhan diambil spesimen untuk pembuatan herbarium, dan mencatat jumlah individu dari masing-masing spesies. Pengumpulan data antropogenik dilakukan dengan menghitung bekas penebangan dan tumpukan kotoran ternak di dalam sabuk. Data kekayaan dan kelimpahan individu dari masing-masing spesies disusun untuk menghitung indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dengan rumus (Barbour *et al.*, 1987):

$$H' = - \left[\sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right]$$

dimana H' = Indeks Keanekaragaman Shanon-Wiener; n_i = Jumlah individu spesies ke- i ; N = individu semua spesies.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian menggunakan analisis regresi linear berganda dengan variabel independen (jumlah bekas tebangan dan kotoran ternak) dan variabel dependen (indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, H') pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Regresi linear berganda dimaksudkan untuk menguji pengaruh dari dua variabel independen (*explanatory*) terhadap satu variabel dependen yaitu indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Model ini mengasumsikan adanya hubungan satu garis lurus atau linear antara variabel dependen dengan masing-masing prediktornya, yakni jumlah bekas penebangan dan kotoran ternak, yang dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon_i$$

Y adalah keanekaragaman spesies; α adalah konstanta; β_1 ; β_2 adalah koefisien regresi variabel independen; X_1 adalah jumlah bekas tebangan; X_2 adalah jumlah kotoran ternak.

Untuk tujuan pengujian hipotesis nilai parameter, model regresi linear juga mengasumsikan hal-hal yang dikenal sebagai Uji Asumsi Klasik, yaitu (a) uji normalitas, (b) uji heteroskedastisitas, dan (c) uji multikolinearitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Analisis Deskriptif

Data lengkap spesies tumbuhan berkayu dari 120 plot pada transek tegak lurus dan sejajar gradien jalan di Blok 1-2 TWA Camplong, diringkas untuk menghitung indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') dan ditunjukkan pada Lampiran 1-2. Hasil analisis deskriptif, dapat ditunjukkan pada pada Tabel 1 di bawah ini.

Indek keanekaragaman Shannon-Wiener untuk berbagai tipe komunitas di dunia dari komunitas yang rusak hingga komunitas yang stabil (sehat) adalah berkisar antara 1,5 – 3,5 Muguran (1988). Apabila kisaran indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dikategorikan ke dalam lima kelompok, maka kategori sangat jelek $\leq 1,75$, jelek 1,76-2,25, sedang 2,26-2,75, baik 2,76-3,25, dan sangat baik $\geq 3,25$.

Berdasarkan pada Tabel 1, kisaran keanekaragaman spesies pada transek tegak lurus gradien jalan di Blok 1 TWA Camplong adalah antara 2,26-3,01, artinya tingkat keanekaragaman spesies adalah sedang hingga baik. Kisaran keanekaragaman spesies pada transek tegak sejajar gradien jalan di Blok 1 TWA Camplong adalah antara 2,64-3,07, artinya tingkat keanekaragaman spesies adalah sedang hingga baik. Kisaran keanekaragaman spesies pada transek tegak lurus gradien jalan di Blok 2 TWA Camplong adalah antara 2,50-2,90, artinya tingkat keanekaragaman spesies adalah sedang hingga baik. Sedangkan, kisaran keanekaragaman spesies pada transek sejajar gradien jalan di Blok 2 TWA Camplong adalah antara 2,11-2,41, artinya tingkat keanekaragaman spesies adalah sedang. Dengan demikian, kesimpulan tetantif yang dapat ditarik adalah bahwa keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu di Blok 1-2 TWA Camplong adalah tingkat sedang hingga baik.

Tabel 1. Hasil analisis deskripsi data keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu dan faktor antropogenik pada transek tegak lurus dan sejajar gradien jalan di Blok 1-2 TWA Camplong

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
Keragaman1	30	2,62	3,01	2,8745	,09936	,010
Tebangan1	30	5,00	9,00	6,6667	1,44636	2,092
Kotoran1	30	6,00	11,00	8,5667	1,47819	2,185
Keragaman2	30	2,64	3,07	2,8428	,10927	,012
Tebangan2	30	2,00	8,00	5,5000	1,63475	2,672
Kotoran2	30	4,00	7,00	5,4000	1,00344	1,007
Keragaman3	30	2,50	2,90	2,7040	,10171	,010
Tebangan3	30	5,00	9,00	7,7333	1,11211	1,237
Kotoran3	30	5,00	9,00	6,7667	1,00630	1,013
Keragaman4	30	2,11	2,41	2,2828	,07103	,005
Tebangan4	30	3,00	8,00	5,4000	1,45270	2,110
Kotoran4	30	2,00	6,00	3,8667	1,16658	1,361
Valid N (listwise)	30					

Ket: 1 = data pada transek tegak lurus gradien jalan; 2= adalah data pada transek tegak lurus gradien jalan, 3= adalah data pada transek tegak lurus gradien jalan; 4= data pada transek tegak lurus gradien jalan

2. Uji Hipotesis

- 1) Transek garis tegak lurus gradien jalan di Blok 1 TWA Camplong (Lampiran 3a):
 - a. Ringkasan Model yang menunjukkan koefisien determinasi Adjusted $R^2 = 0,093 = 9,3\%$. Artinya bahwa kinerja variabel keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu pada transek ini hanya dapat dijelaskan dengan kinerja variabel bekas tebang dan kotoran hewan sebesar 9,3% dan selebihnya sebesar 90,7% harus dijelaskan oleh kinerja dari sebab-sebab lain di luar model regresi.
 - b. ANOVA menghasilkan nilai $F = 2,481$ pada taraf signifikansi 0,103. Artinya kinerja variabel keanekaragaman spesies dan kinerja variabel bekas tebang dan kotoran hewan pada transek ini adalah tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$), dan signifikan pada taraf 10% ($\alpha = 0,1$).
 - c. Koefisien uji signifikansi parameter individual menghasilkan Unstandardized Beta Coefficient 0,015 untuk bekas tebang dan 0,022 untuk kotoran hewan. Hasil ini lebih kecil dari taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dan tidak signifikan. Selanjutnya, hasil analisis uji t menunjukkan taraf signifikansi 0,219 untuk bekas tebang dan taraf signifikansi 0,079 untuk kotoran hewan, yang artinya tidak signifikan. Untuk kotoran hewan dapat signifikan pada taraf pada taraf 10% ($\alpha = 0,1$).
- 2) Transek garis sejajar gradien jalan di Blok 1 TWA Camplong (Lampiran 3b):
 - a. Ringkasan Model yang menunjukkan koefisien determinasi Adjusted $R^2 = 0,333 = 33,3\%$. Artinya bahwa kinerja variabel keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu pada transek ini hanya dapat dijelaskan dengan kinerja variabel bekas tebang dan kotoran hewan sebesar 33,3% dan selebihnya sebesar 66,7% harus dijelaskan oleh kinerja dari sebab-sebab lain di luar model regresi.
 - b. ANOVA menghasilkan nilai $F = 8,226$ pada taraf signifikansi 0,002. Artinya kinerja variabel keanekaragaman spesies dan kinerja variabel bekas tebang dan kotoran hewan pada transek ini adalah signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$).
 - c. Koefisien uji signifikansi parameter individual menghasilkan Unstandardized Beta Coefficient 0,037 untuk bekas tebang dan 0,013 untuk kotoran hewan. Hasil ini lebih kecil dari taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dan tidak signifikan. Selanjutnya, hasil analisis uji t menunjukkan taraf signifikansi 0,002 untuk bekas tebang dan signifikan, sedangkan taraf signifikansi 0,480 untuk kotoran hewan dan tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$).
- 3) Transek garis tegak lurus gradien jalan di Blok 2 TWA Camplong (Lampiran 3c):
 - a. Ringkasan Model yang menunjukkan koefisien determinasi Adjusted $R^2 = 0,224 = 22,4\%$. Artinya bahwa kinerja variabel keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu pada transek ini hanya dapat dijelaskan dengan kinerja variabel bekas tebang dan kotoran hewan sebesar 22,4% dan selebihnya sebesar 77,6% harus dijelaskan oleh kinerja dari sebab-sebab lain di luar model regresi ini.
 - b. ANOVA menghasilkan nilai $F = 5,178$ pada taraf signifikansi 0,012. Artinya kinerja variabel keanekaragaman spesies dan kinerja variabel bekas tebang dan kotoran hewan pada transek ini adalah signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$).

- c. Koefisien uji signifikansi parameter individual menghasilkan Unstandardized Beta Coefficient 0,048 untuk bekas tebangan dan 0,011 untuk kotoran hewan. Hasil ini lebih kecil dari taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dan tidak signifikan. Selanjutnya, hasil analisis uji t menunjukkan taraf signifikansi 0,002 untuk bekas tebangan dan signifikan, sedangkan taraf signifikansi 0,480 untuk kotoran hewan dan tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$).
- 4) Transek garis sejajar gradien jalan di Blok 2 TWA Camplong (Lampiran 3d):
- a. Ringkasan Model yang menunjukkan koefisien determinasi Adjusted $R^2 = 0,047 = 4,7\%$. Artinya bahwa kinerja variabel keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu pada transek ini hanya dapat dijelaskan dengan kinerja variabel bekas tebangan dan kotoran hewan sebesar 4,7% dan selebihnya sebesar 95,3% harus dijelaskan oleh kinerja dari sebab-sebab lain di luar model regresi.
 - b. ANOVA menghasilkan nilai $F = 1,713$ pada taraf signifikansi 0,199. Artinya kinerja variabel keanekaragaman spesies dan kinerja variabel bekas tebangan dan kotoran hewan pada transek ini adalah tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$).
 - c. Koefisien uji signifikansi parameter individual menghasilkan Unstandardized Beta Coefficient -0,011 untuk bekas tebangan dan 0,024 untuk kotoran hewan. Hasil ini lebih kecil dari taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dan tidak signifikan. Selanjutnya, hasil analisis uji t menunjukkan taraf signifikansi 0,303 untuk bekas tebangan dan tidak signifikan, sedangkan taraf signifikansi 0,075 untuk kotoran hewan dan tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$), tetapi signifikan pada taraf 10% ($\alpha = 0,1$).

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis di atas dapat ditunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu di Blok 1-2 TWA Camplong tidak cukup signifikan dijelaskan dengan dua variabel independen (bekas tebangan dan kotoran hewan karena kinerja keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu pada transek garis tegak lurus gradien jalan memerlukan 90,7% kinerja dari sebab-sebab lain, pada transek sejajar gradien jalan di Blok 1 TWA Camplong memerlukan 66,7% kinerja dari sebab-sebab lain, pada transek tegak lurus di Blok 2 TWA Camplong memerlukan 77,6% kinerja dari sebab-sebab lain, dan pada transek sejajar gradien jalan di Blok 2 TWA Camplong memerlukan 95,3% kinerja dari sebab-sebab lain di luar dari model regresi ini. Analisis ragam (ANOVA) menghasilkan nilai $F = 2,481$ pada taraf signifikansi 0,103. Artinya kinerja variabel keanekaragaman spesies dan kinerja variabel bekas tebangan dan kotoran hewan pada transek transek tegak lurus gradien jalan di Blok 1 TWA Camplong adalah tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$), dan signifikan pada taraf 10% ($\alpha = 0,1$). Pada transek sejajar di Blok 1 TWA Camplong adalah signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$). Pada transek tegak lurus di Blok 1 TWA Camplong adalah signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$). Pada transek sejajar di Blok 2 TWA Camplong adalah tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$).

Koefisien uji signifikansi parameter individual menghasilkan Unstandardized Beta Coefficient 0,015 untuk bekas tebangan dan 0,022 untuk kotoran hewan. Hasil ini lebih kecil dari taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dan tidak signifikan. Selanjutnya, hasil analisis uji t menunjukkan taraf signifikansi 0,219 untuk bekas tebangan dan taraf signifikansi 0,079 untuk kotoran hewan, yang artinya tidak signifikan. Untuk kotoran hewan dapat signifikan pada taraf pada taraf 10% ($\alpha = 0,1$). Pada transek garis sejajar gradien jalan di Blok 1 TWA Camplong, koefisien uji signifikansi parameter individual menghasilkan Unstandardized Beta Coefficient 0,037 untuk bekas tebangan dan 0,013 untuk kotoran hewan. Hasil ini lebih kecil dari taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dan tidak signifikan. Selanjutnya, hasil analisis uji t menunjukkan taraf signifikansi 0,002 untuk bekas tebangan dan signifikan, sedangkan taraf signifikansi 0,480 untuk kotoran hewan dan tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$). Pada transek garis tegak lurus gradien jalan di Blok 2 TWA Camplong, koefisien uji signifikansi parameter individual menghasilkan Unstandardized Beta Coefficient 0,048 untuk bekas tebangan dan 0,011 untuk kotoran hewan. Hasil ini lebih kecil dari taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dan tidak signifikan. Selanjutnya, hasil analisis uji t menunjukkan taraf signifikansi 0,002 untuk bekas tebangan dan signifikan, sedangkan taraf signifikansi 0,480 untuk kotoran hewan dan tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$). Akhirnya, pada transek garis sejajar gradien jalan di Blok 2 TWA Camplong, koefisien uji signifikansi parameter individual menghasilkan Unstandardized Beta Coefficient -0,011 untuk bekas tebangan dan 0,024 untuk

kotoran hewan. Hasil ini lebih kecil dari taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dan tidak signifikan. Selanjutnya, hasil analisis uji t menunjukkan taraf signifikansi 0,303 untuk bekas tebangan dan tidak signifikan, sedangkan taraf signifikansi 0,075 untuk kotoran hewan dan tidak signifikan pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$), tetapi signifikan pada taraf 10% ($\alpha = 0,1$).

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan adanya pola yang tidak harmonis. Pada beberapa transek, hasil analisis signifikan pada taraf 5% dan lainnya tidak signifikan. Fakta ini meminta pertimbangan yang lebih banyak mengenai variabel yang dapat menjelaskan mengenai pola keanekaragaman spesies dalam penelitian ini. Fakta penelitian ini adalah sesuai dengan hasil sebelumnya yang menunjukkan tidak ada perbedaan pada keanekaragaman spesies yang dihitung berdasarkan nilai H' dan jumlah spesies pada dua tegakan berdeda di Jepang (Nagaikea, 1999). Tilman dan Lehman (2001) menyatakan bahwa perubahan lingkungan yang disebabkan oleh manusia merupakan penciptaan kombinasi dari kondisi lingkungan yang dapat merupakan pembatas, yang mengalami modifikasi oleh manusia dapat mencakup nitrogen, fosfor, kalsium, dan pH tanah, CO₂ atmosfer, kepadatan herbivora, patogen, predator, rezim gangguan, dan iklim.

Davies *et al.*, (2004) menunjukkan bahwa gangguan yang disebabkan oleh manusia terhadap lingkungan diduga dapat menciptakan suatu kondisi spesifik yang mungkin bervariasi di antara keterkaitan tersebut, sekaligus mencerminkan interaksi antara sifat-sifat biologis dan kondisi lingkungan dimana spesies ditemukan. Bahati (2005) menunjukkan bahwa ada perbedaan signifikan antara perlakuan tanpa penebangan dan perlakuan penebangan terhadap pola regenerasi, tanah dan lingkungan mikro. Morris (2010) menunjukkan bahwa deforestasi dan fragmentasi, eksploitasi berlebihan, invasi spesies, dan perubahan iklim merupakan pendorong utama terhadap kehilangan keanekaragaman hayati hutan tropis. Banyak penelitian yang telah memberikan fokus pada variabel tersebut tetapi Morris (2010) juga menyarankan bahwa jika ingin memahami pengaruh absolut antropogenik terhadap keanekaragaman hayati tropis, maka perlu mempertimbangkan interaksi antar spesies, susunan spesies dalam jaringan, dan fungsi spesies di dalam habitatnya. Fischer *et al.*, (2013) menyatakan bahwa gangguan manusia terhadap hutan, tidak semata membunuh pohon, tetapi juga menciptakan kondisi untuk pembentukan kohor pohon baru dan menciptakan habitat mikro bagi spesies tumbuhan dan hewan baru sehingga meningkatkan keanekaragaman spesies daripada tegakan yang tidak terganggu. Fischer *et al.*, (2013) juga menambahkan bahwa gangguan manusia dan alami terhadap hutan bukan suatu fakta baru, dan diduga telah ada suatu perubahan kondisi baru yang sesuai bagi perkembangan komunitasnya.

Innes *et al.*, (2013) menunjukkan bahwa ekosistem hutan-padang rumput dapat memperlihatkan suatu keadaan stabil alternatif dimana di bawah kondisi yang sama, ekosistem dapat beradaptasi terhadap kondisi yang sama pula pada suatu keadaan atau keadaan lain tergantung kondisi awalnya. Apabila pengaruh manusia adalah lemah, ini akan meningkatkan parameter ruang dimana keadaan stabil alternatif dimungkinkan. Apabila pengaruh manusia kuat, ini akan menghalangi kemampuan stabilitas dan dapat menggeser keadaan stabilitas alternatif ke arah keadaan yang beresilasi. Jadi, peran manusia dalam kondisi demikian ini harus dilihat sebagai suatu elemen dinamis dan responsif, buka sebagai suatu entitas tetap dan tidak berubah.

Aquilar-Santelises dan del Castillo (2013) mengeksplorasi hubungan antara fragmen area, heterogenitas topografi, dan intensitas gangguan terhadap keanekaragaman spesies pohon dan semak di hutan sisa oak kering musiman di Meksiko. Dengan menggunakan kepadatan tunggul (bekas tebangan) dan pembangunan jalan sebagai intensitas gangguan, hasil analisis menunjukkan bahwa keanekaragaman tumbuhan berkayu meningkat bersamaan dengan heterogenitas topografi dan intensitas gangguan, dan rasio keanekaragaman semak meningkat bersamaan dengan ukuran fragmen.

Hautier *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa perubahan lingkungan yang didorong oleh manusia secara simultan dapat mempengaruhi keanekaragaman hayati, produktivitas dan stabilitas ekosistem. Namun demikian, hingga saat ini tidak ada konsensus mengenai hubungan kausal dari variabel tersebut. Produktivitas ekosistem hanya dapat diubah oleh pendorong yang mengubah keanekaragaman hayati melalui penurunan jumlah spesies tumbuhan. Lebih lanjut, Amarathunga *et al.*, (2016) menyatakan bahwa keanekaragaman hayati adalah lebih tinggi di area yang terganggu daripada di area yang tidak terganggu. Ditambahkan bahwa banyak faktor antropogenik yang mempengaruhi keanekaragaman hayati, tetapi pemeriksaan terhadap masing-masing faktor belum banyak dihasilkan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan hasil penelitian di Blok 1-2 TWA Camplong, maka disimpulkan bahwa jumlah tunggul (stumps) dan kotoran hewan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap keanekaragaman spesies tumbuhan berkayu di TWA Camplong. Hasil analisis dan pembahasan mengisyaratkan suatu persentase yang sangat besar terhadap sebab-sebab lain untuk menerangkan pola keanekaragaman tumbuhan berkayu di TWA Camplong.

DAFTAR PUSTAKA

- Amarathunga, A. A. D., M. K. P. C. Gunawardhana, H. M. G. S. B. Hitinayake, and G. D. M. N. Jayawardana. 2016. Anthropogenic Impacts on Vegetation Diversity and Spatial Floral Composition of the Swamp Forest Associated With the Tropical River Basin. *Journal of Environmental Professionals Sri Lanka*. 5 (1) : 23-40.
- Angold, P. G. 1997. The impact of a road upon adjacent heathland vegetation: effects on plant species composition. *Journal of Applied Ecology*. 34 (2) : 409-417.
- Angold, P.G. 2002. "Environmental impacts of transport infrastructure: habitat fragmentation and edge effects." In: B. Sherwood, D. Cutler and J. A. Burton, eds. *Wildlife and Roads*, pp 161-168. Imperial College Press
- Aguilar-Santelises, R. and R. F. del Castillo. 2013. Factors affecting woody plant species diversity of fragmented seasonally dry oak forests in the Mixteca Alta, Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84: 575-590.
- Bahati, J. B. 2005. *Effects of logging on environmental factors, natural regeneration, and distribution of selected mahogany species in budongo forest Reserve, Uganda*. Department of forest biology and ecosystems management Faculty of forestry and nature conservation. Makerere university.
- Balai Besar KSDA NTT. 2012. <http://ksdantnt.blogspot.co.id/2012/03/twa-camplong.html> [diakses 6 Mei 2017].
- Banilodu, L. dan Ndukang, S. 2014. "Keanekaragaman Spesies Tumbuhan Berkayu di Timor Barat: Suatu Perbandingan Kelimpahan Individu dan Nilai Penting Spesies," Tidak Dipublikasi, Universitas Katolik Widya Mandira. Kupang.
- Barbour, M. G., J. H. Burk, and W. D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. The Benjaming/Cummings Publishing Company Inc. California, USA.
- Bignal, K., M. Ashmore, and S. Power. 2004. "The Ecological Effects of Diffuse Air Pollution from Road Transport," English Nature Research Reports, Report Number 580, British Nature, Department of Geography and Environmental Science, Bradford University, and Department of Environmental Science and Technology, Imperial College, London, 2004.
- Calderon-Aquilera, L. E., V. H. Rivera-Monroy, L. Porter-Bolland, A. Marti'nez-Yri'zar, L. B. Ladah, M. Marti'nez-Ramos, J. Alcocer, A. L. Santiago-Pe'rez, H. A. Hernandez-Arana, V. M. Reyes-Go'mez, D. R. Pe'rez-Salicrup, V. Di'az-Nun'ez, J. Sosa-Rami'rez, J. Herrera-Silveira, A. Bu'rquez. 2012. An assessment of natural and human disturbance effects on Mexican ecosystems: current trends and research gaps. *Biodivers Conserv* . 21: 589-617.
- Chase, Mark W. 2004. Monocot relationships: an overview. *Am. J. Bot.* 91 (10): 1645-1655.
- Davies, T. J., T. G. Barraclough, V. Savolainen, M. W. Chase. 2004. Environmental causes for plant biodiversity gradients. DOI: 10.1098/rstb.2004.1524
- Fischer, A., P. Marshall, and A. Camp. 2013. Disturbances in deciduous temperate forest ecosystems of the northern hemisphere: their effects on both recent and future forest development. *Biodivers Conserv* 22:1863-1893. DOI 10.1007/s10531-013-0525-1
- Hautier, Y., D. Tilman, F. Isbell, E. W. Seabloom, E. T. Borer, and P. B. Reich. 2015. Anthropogenic environmental changes affect ecosystem stability via biodiversity
- Hidayat, S. 2014. Kondisi Vegetasi di Hutan Lindung Sesaot, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat, sebagai Informasi Dasar Pengelolaan Kawasan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 3 (2) : 97-105.
- Innes, C., M. Anand, and C. T. Bauch. 2013. The impact of human-environment interactions on the stability of forest-grassland mosaic ecosystems. *Scientific Reports* 3: 2689 | DOI: 10.1038/srep02689

- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
- Meijer-Drees, E. 1950. "Daftar Nama-nama Pohon-pohon Pulau Timor," Laporan Balai Penyelidikan Kehutanan, Bogor, Indonesia.
- Morris, R. J. 2010. Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: a network structure and ecosystem functioning perspective. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365 : 3709–3718.
- Nagaikea, T. 1999. The effect of shelterwood logging on the diversity of plant species in a beech (*Fagus crenata*) forest in Japan. *Forest Ecology and Management.* 118 (1-3) : 161-171.
- Popradit, A., T. Srisatit, S. Kiratiprayoon, J. Yoshimura, A. Ishida, M. Shiyomi, T. Murayama, P. Chantaranonthai, S. Outtaranakorn, and I. Phomma. 2015. Anthropogenic effects on a tropical forest according to the distance from human settlements. *Scientific Reports* 5:14689 | DOI: 10.1038/srep14689
- Sudarso, J., Y. Wardiatno, D. D. Setiyanto, dan W. Anggraitoningsi. 2013. Pengaruh Aktivitas Antropogenik di Sungai Ciliwung Terhadap Komunitas Larva Trichoptera. *Jurnal Manusia dan Lingkungan.* 20 (1): 68-83.
- Stearn, William T. (1992). *Botanical Latin* (Fourth ed.). Portland: Timber Press. ISBN 0881923214.
- Tilman, D. and C. Lehman. 2001. Human-caused environmental change: Impacts on plant diversity and evolution. The National Academy of Sciences.
<http://www.pnas.org/content/98/10/5433.full> [Last accessed 27-5-2017]
- Van Steenis, C. G. G. J. 1987. *Flora untuk Sekolah di Indonesia*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Van den Brink, R. C. B. 1963. *Flora of Java*. Vol. II. N.P.V. Noordhoff, Groningen, The Netherlands.
- Villasen, N. R., D. A. Driscoll, M. A. H. Escobar, P. Gibbons, and D. B. Lindenmayer. 2014. Urbanization Impacts on Mammals across Urban-Forest Edges and a Predictive Model of Edge Effects. *PLOS ONE* | www.plosone.org | Volume 9 | Issue 5 | e97036
- Widhiastuti, R., D. Suryanto, Mukhlis, dan H. Wahyuningsih. 2006. Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit sebagai Pupuk Terhadap Biodiversitas Tanah. *Jurnal Ilmiah Pertanian KULTURA.* 41(1): 1-8.
- Wijayanti, Y. E. 2011. *Struktur Dan Komposisi Komunitas Tumbuhan Lantai Hutan Di Kawasan Cagar Alam Ulolanang Kecubung Kecamatan Subah Kabupaten Batang*. Skripsi. Semarang: IKIP PGRI Semarang.