

repository.ub.ac.id

**KEANEKARAGAMAN FLORA PADA BERBAGAI TINGKAT
KEPADATAN TANAH DI HUTAN PEGUNUNGAN TAMAN NASIONAL
BROMO TENGGER SEMERU (TNBTS)**

**FLORA DIVERSITY AT DIFFERENT LEVELS OF SOIL COMPACTION
IN THE MOUNTAIN FOREST OF BROMO TENGGER SEMERU
NATIONAL PARK (TNBTS)**

Rana Farrasati¹⁾, Widiyanto²⁾ dan Kurniatun Hairiah²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang 65145

²⁾ Dosen Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang 65145

ABSTRAK

Degradasi hutan merupakan faktor pembatas dari keberlanjutan ekosistem yang menyebabkan penurunan kualitas tanah, keanekaragaman hayati (flora dan fauna) dan fungsinya sebagai penyedia kebutuhan pokok dan jasa lingkungan. Keberhasilan upaya restorasi hutan di TNBTS perlu dimonitor dan dievaluasi kondisi awalnya baik dari aspek tanah dan keanekaragaman flora, sebelum melakukan restorasi. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji keanekaragaman flora pada berbagai stadia pertumbuhan di berbagai tingkat kepadatan tanah di hutan degradasi dibandingkan dengan hutan utuh di TNBTS, sebagai *baseline* dari upaya restorasi kawasan. Dari hasil penelitian didapatkan 96 jenis flora pada hutan degradasi dan utuh di TNBTS, dengan rata-rata indeks keanekaragaman jenis flora (H') di hutan degradasi lebih rendah jika dibandingkan dengan hutan utuh ($H' < 1$). Tanah di kedua jenis hutan di TNBTS memiliki tingkat kepadatan yang rendah, BI tanah rata-rata $0,82 \text{ g cm}^{-3}$, porositas tanah 63%, serta penetrasi tanah 0,10 MPa.

ABSTRACT

Forest degradation is one of the limiting factor of the ecosystems sustainability that caused land degradation, biodiversity loss (flora and fauna), and deflation of its function for provide goods and environmental services. The successfulness of restoration efforts in TNBTS need to be monitored and evaluated based on its initial condition, both from soil aspects and flora aspects. The aim of this study is to develop a base line information by assessing the diversity of flora (seedling, sapling, pole and trees) at different levels of soil compaction in degraded forest compared to soil condition of natural forest in TNBTS areas. The result showed, there found 96 species of flora in BTSNP forest area (degraded and natural forest) with lower average of diversity index in degraded forest rather than in natural forest ($H' < 1$). Forests soil in TNBTS has a low compaction rates, with average bulk density of $0,82 \text{ g cm}^{-3}$, soil porosity of 63%, and soil penetration resistance of 0,10 MPa. Approximately 20% reduction in the number of tree species in the forest TNBTS is associated with the increasing of soil penetration resistance ($R = 0.2101$), but this does not revamp at the seedlings, saplings and poles stadium.

Kata kunci: berat isi, hutan, keanekaragaman flora, kepadatan tanah, ketahanan penetrasi, porositas

PENDAHULUAN

Laju degradasi hutan TNBTS yang terus meningkat dalam 6 tahun terakhir menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati dan fungsi hutan sebagai penyedia jasa lingkungan. Kepadatan tanah adalah bentuk degradasi sifat fisik tanah yang menekan produktivitas tanah dan pertumbuhan tanaman dimana serapan air dan hara menurun karena akar sulit menembus tanah (FAO, 2011; Russel, 1973). Menurut Coder (2000), tanah dengan kepadatan yang tinggi memiliki ketahanan penetrasi dan berat isi yang tinggi namun makroporinya rendah sehingga menghambat pertumbuhan flora dan menurunkan keanekaragamannya. Dalam upaya mengembalikan fungsi hutan TNBTS dalam menjaga keseimbangan ekosistem maka perlu dilakukan restorasi pada kawasan terdegradasi. Guna mendukung upaya restorasi yang efisien dan berkelanjutan, maka perlu dilakukan penyusunan *baseline* kondisi fisik TNBTS termasuk menentukan kriteria dan indikatornya. Kegiatan dalam penelitian ini, adalah mengkaji keanekaragaman flora dan hubungannya dengan kepadatan tanah di hutan degradasi sebelum restorasi dibandingkan dengan kondisi di hutan utuh dalam kawasan TNBTS. Informasi tentang keanekaragaman jenis flora di berbagai kondisi kepadatan tanah di hutan TNBTS masih terbatas, untuk itu penelitian ini perlu dilakukan.

METODE PENELITIAN

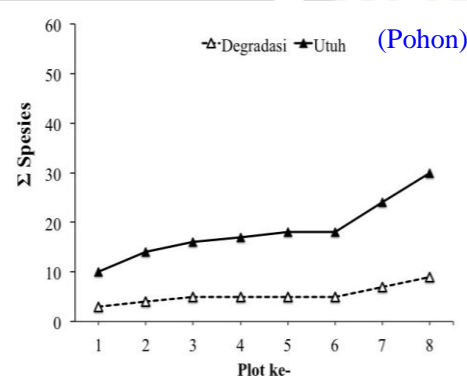
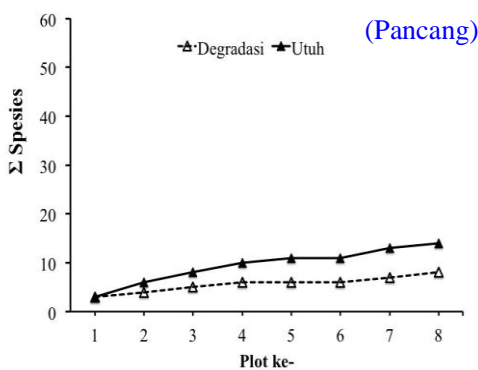
Penelitian dilaksanakan di kawasan hutan degradasi dan hutan utuh di TNBTS, Pasuruan yaitu di RPTN Coban Trisula dan

RPTN Gunung Pananjakan. Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium fisika dan kimia Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Penilitan dilakukan pada bulan September 2016 – Desember 2016. Strategi pengambilan contoh menggunakan *Nested Sampling Design* dengan 3 faktor keragaman yaitu (a) jenis hutan (hutan degradasi dan utuh), (b) kelerengan (tengah dan bawah), (c) kedalaman tanah (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm), dengan 4 kali ulangan pada 4 kawasan konservasi (KK1, KK4, KK5A, KK5B). Variabel yang diukur adalah keanekaragaman flora yaitu indeks keanekaragaman jenis Shanon-weiner (H'), kekayaan jenis Margalef (R), dan pemerataan jenis Evenness (E) serta karakteristik sifat fisik-kimia tanah (berat isi, berat jenis, porositas, tekstur, penetrasi tanah, pH, dan total c-organik tanah). Data yang diperoleh di analisis keragamannya (ANOVA) dengan taraf kepercayaan 5%. Jika hasil berbeda nyata antar perlakuan ($p < 0,05$) dilanjutkan dengan uji Duncan dengan *Genstat 18th edition*. Kemudian untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter pengamatan dilakukan uji korelasi.

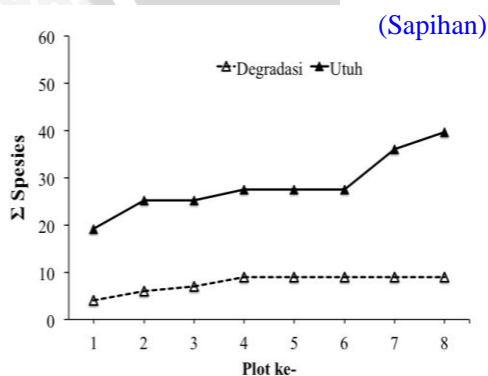
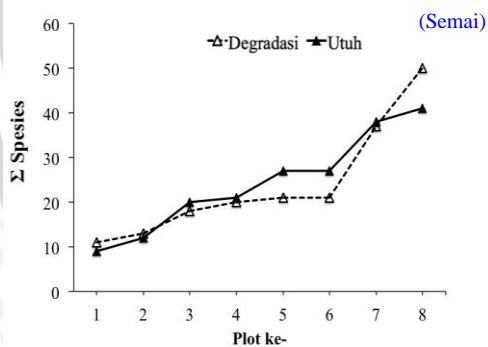
HASIL

Tingkat Keaneekaragaman Flora

Pada kawasan hutan utuh dan hutan degradasi di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) menunjukkan bahwa jumlah spesies yang ditemukan pada kedua jenis hutan memiliki perbedaan komposisi, dimana pada hutan degradasi lebih banyak ditumbuhi tanaman *invasive* sedangkan pada hutan utuh lebih banyak ditumbuhi tanaman *native*. Berdasarkan analisis vegetasi pada empat stadia pertumbuhan tanaman, yaitu stadia semai, sapihan, pancang dan pohon



Gambar 1. Jumlah kumulatif jenis tanaman perstadia yang ditemukan pada hutan degradasi dan hutan utuh (Keterangan: Luas plot tiap lokasi = 2000 m², maka 8 lokasi = 16.000 m²)



Berdasarkan hasil kumulatif spesies pada Gambar 1, peningkatan jumlah jenis tanaman yang ditemukan menunjukkan bahwa luasan lahan untuk eksplorasi jenis tumbuhan ini masih belum cukup. Nilai kumulatif jenis tanaman tersebut terus bertambah pada ke empat stadia terutama pada kawasan hutan utuh.

Indeks Nilai Penting (INP)

Indeks nilai penting merupakan parameter seberapa besar peran suatu spesies dalam komunitasnya. Pada hutan utuh stadia semai di dominasi oleh *Eupatorium riparium* (INP=105%), sapihan *Pilea melastomoides*(INP=146%), pancang *Pinanga coronata* (INP=193%) dan pohon *Acacia decurrens*

(INP=300%). Sedangkan, pada hutan degradasi pada stadia semai di dominasi oleh *Styphelia javanica* (INP=85%), sapihan dan pohon *Vaccinium varingiaefolium* (INP=147% dan 300%), serta pancang *Musa paradisiaca* (INP=252%). Menurut Mawazin dan Subiakto (2013) dimana jenis tanaman yang memiliki nilai INP tinggi berpotensi lebih untuk mempertahankan pertumbuhan dan kelestarian jenisnya.

Indeks keanekaragaman jenis (H')

Indeks keanekaragaman jenis dihitung menggunakan Indeks Shanon-Wiener (H') untuk mengevaluasi tingkat keanekaragaman flora pada ekosistem hutan degradasi dan hutan utuh dari berbagai stadia. Hasil analisis tingkat keanekaragaman jenis (H') pada hutan utuh bernilai lebih tinggi dari hutan degradasi dan tergolong tingkat sedang ($1 < H' < 3$), pada seluruh stadia (sapihan: 1,34; pancang: 0,97 dan pohon: 0,98) sedangkan pada hutan degradasi tergolong rendah ($H' < 1$) kecuali pada stadia semai ($H' = 1,68$). Kemerataan spesies dan kekayaan spesies merupakan dua komponen yang menyusun dan menentukan nilai keanekaragaman spesies pada suatu ekosistem. Tingkat heterogenitas habitat, kestabilan dan produktivitas yang tinggi pada suatu ekosistem merupakan indikator dari keanekaragaman spesies (indeks H') yang tinggi pula (Mligo *et al.*, 2011; Wijana, 2014; Ismaini *et al.*, 2015).

Indeks kekayaan jenis (R)

Dalam perhitungan indeks kekayaan jenis (R) menggunakan indeks kekayaan jenis Margalef. Kekayaan jenis tanaman adalah

jumlah individu tiap spesies pada tiap stadia pertumbuhan yang diamati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, indeks kekayaan jenis (R) pada seluruh stadia pertumbuhan (semai, sapihan, pancang, pohon) di kedua jenis hutan tergolong rendah ($R < 3,5$) dan berdasarkan hasil analisis ragam, berbeda nyata ($p < 0,05$) pada stadia pancang antar jenis hutan. Rata-rata pada hutan degradasi yaitu 0,59 dan 1,09 pada hutan utuh (kelas rendah).

Indeks kemerataan jenis (E)

Nilai indeks kemerataan jenis (E) dihitung menggunakan perhitungan indeks Evenness (E). Indeks kemerataan jenis (E) menunjukkan pola distribusi atau persebaran dari individu. Berdasarkan hasil analisis ragam diketahui bahwa rata-rata nilai indeks kemerataan jenis (E) dari kedua jenis hutan pada 3 stadia pertumbuhan tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) kecuali pada stadia pohon ($p < 0,05$) dengan rata-rata pada hutan degradasi yaitu 0,23 (kelas rendah) dan 0,59 pada hutan utuh (kelas sedang). Komunitas yang memiliki nilai indeks kemerataan maksimum ($E > 0,6$) merupakan indikasi dari setiap jenis yang ditemukan memiliki jumlah individu yang sama atau penyebarannya semakin merata. Namun, jika indeks kemerataannya minimum maka terdapat jenis-jenis dominan, subdominan dan terdominasi dalam suatu komunitas (Ismaini *et al.*, 2015).

Analisis Karakteristik Tanah

Tabel 1. Rata –rata nilai karakteristik sifat fisik dan kimia tanah

	BI		Porositas (%)		Penetrasi (MPa)		pH H ₂ O		Corg		Corg/Cref
Jenis hutan											
Hutan degradasi	0,86	a	61,17	a	0,09	a	4,35	a	1,79	a	0,25
Hutan utuh	0,78	a	64,66	a	0,10	a	4,99	b	2,36	a	0,35
Rata-rata	0,82		62,91		0,09		4,67		2,25		0,31
s.e.d	0,05		2,29		0,01		0,20		0,43		0,07
Kedalaman Tanah (cm)											
0-10	0,73	a	66	b	0,09	a	4,67	a	3,01	b	0,42
10-20	0,86	b	62,27	ab	0,10	a	4,69	a	2,07	ab	0,28
20-30	0,87	b	60,48	a	0,11	a	4,65	a	1,66	a	0,23
Rata-rata	0,82		62,91		0,10		4,67		2,25		0,31
s.e.d	0,06		2,04		0,01		0,25		0,61		0,08

Sifat fisik tanah

Berat isi (BI)

Berat isi tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kepadatan tanah. Berat isi yang tinggi merupakan indikasi dari pemadatan tanah yang diikuti dengan kerapatan tanah yang meningkat, ketahanan penetrasi meningkat, namun ruang pori yang berkurang. Pada umumnya, tanah pada hutan utuh memiliki BI yang lebih rendah dibandingkan tanah olah karena dipengaruhi oleh masukan bahan organik yang lebih banyak pada hutan utuh (Osman, 2013; Tolaka *et al.*, 2013). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa berat isi (BI) tanah antar kedalaman tanah berbeda nyata ($p < 0,05$), semakin meningkat kedalaman tanah maka BI semakin besar (Tabel 1). Rata-rata nilai BI $0,76 \text{ g cm}^{-3}$ (0 – 10 cm), $0,86 \text{ g cm}^{-3}$ (10 – 20 cm) dan $0,87 \text{ g cm}^{-3}$ (20-30 cm). Namun, nilai dari berat isi tanah tidak berbeda pada kedua jenis hutan ($p > 0,05$) dengan rata - rata tertinggi di hutan degradasi $0,86 \text{ g cm}^{-3}$ dan hutan utuh $0,78 \text{ g cm}^{-3}$.

Porositas

Porositas merupakan ruang pori tanah yang tidak terisi bahan padat dan berada diantara ruang partikel pasir, debu, liat serta agregat tanah dalam suatu volume tanah utuh (Tolaka *et al.*, 2013). Porositas tanah hutan alami memiliki nilai porositas yang lebih tinggi dari hutan degradasi karena dipengaruhi oleh masukan bahan organik lebih tinggi (Arifin, 2011; Coder, 2000). Hasil analisis ragam penelitian menunjukkan bahwa nilai porositas pada tiap kedalaman tanah berbeda nyata ($p < 0,05$). Rata - rata nilai porositas pada tiap kedalaman yaitu 0 - 10 cm yaitu 66% , 10 - 20 cm yaitu 62% dan 20 - 30 cm yaitu 60%. Di sisi lain diketahui bahwa rata -rata nilai porositas pada kedua jenis hutan tidak berbeda ($p > 0,05$).

Ketahanan penetrasi tanah

Ketahanan penetrasi merupakan kekuatan tanah ketika dikenai gaya dari luar. Nilai ketahanan penetrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, struktur tanah, pengolahan tanah, Berat Isi (BI) tanah, dan porositas tanah (Wahyunie *et al.*, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa nilai penetrasi tanah pada sumber keragaman jenis hutan yaitu hutan utuh dan degradasi tidak berbeda ($p > 0,05$). Rata - rata nilai ketahanan penetrasi di hutan degradasi 0,09 MPa dan hutan utuh 0,10 MPa. Nilai dari ketahanan penetrasi tersebut tergolong ke kelas rendah (< 1 MPa) dan tidak menghambat pertumbuhan tanaman (Ball dan O' Sullivan, 1982 dalam Blouin et al., 2008).

Tekstur

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kawasan hutan di TNBTS memiliki kelas tekstur lempung berdebu atau lempung berpasir. Hasil dari fraksi debu dan liat pada jenis hutan utuh dan hutan degradasi berbeda nyata ($p < 0,05$) namun tidak berbeda nyata pada fraksi pasir. Fraksi tertinggi yang menyusun teksturnya adalah debu dengan nilai 49 %, pasir 38% dan liat 13%.

Sifat kimia tanah

pH

Reaksi tanah (pH) ditunjukkan dalam dua jenis derajat kemasaman, yaitu derajat kemasaman aktual (pH H_2O) dan potensial (pH KCl). Dari hasil analisis ragam pH H_2O pada kedua jenis hutan sangat berbeda nyata ($p < 0,01$). Hutan degradasi memiliki pH lebih rendah yaitu 4,3 bila dibandingkan dengan hutan utuh 4,9. pH KCl pada kedua jenis hutan tidak berbeda dengan rata - rata 4,95. Nilai pH tersebut masih dapat ditolerir tanaman karena perakaran tanaman akan terganggu jika pH mencapai 3,5 (Coder, 2000).

C-organik tanah

Jumlah masukan bahan organik yang berbeda pada kedua jenis hutan dipengaruhi oleh komposisi tumbuhan, keanekaragaman tumbuhan serta jumlahnya. Kondisi tersebut menyebabkan perbedaan akan jumlah masukan seresah, ketebalan seresah dan kualitasnya, dimana di hutan utuh bahan organik (Rahman *et al.*, 2012; Setyaningsih *et al.*, 2014). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kandungan C_{org} pada kedua jenis hutan berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan nilai rata - rata 1,79% pada hutan degradasi dan 2,71% pada hutan utuh. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa nilai C_{org}/C_{ref} berbeda nyata ($p < 0,05$) pada dua jenis hutan dengan rata - rata 0,25% pada hutan degradasi dan 0,37% pada hutan utuh. Berdasarkan hasil pengkoreksian total C-organik tanah menggunakan persamaan pedotransfer diperoleh $C_{org}/C_{ref} < 0,5$, maka dapat disimpulkan bahwa kesuburan tanah di wilayah TNBTS rendah.

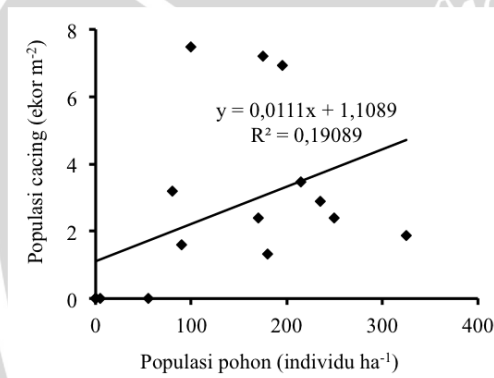
PEMBAHASAN

Salah satu parameter sifat fisik yang diamati adalah kepadatan tanah yang dipengaruhi dan memiliki hubungan yang erat dengan beberapa sifat fisik yang lain seperti berat isi, porositas dan ketahanan penetrasi (Omi, 1985; Coder, 2002; Osman, 2013). Kerapatan serta tingkat keanekaragaman flora (*above ground diversity*) selain memiliki hubungan dengan sifat fisik tanah, juga diduga memiliki hubungan dengan sifat biologi tanah yaitu dengan populasi dan keanekaragaman cacing tanah (*below ground diversity*). Hubungan antara flora dengan cacing tanah, dan nilai kuantitatif dari kepadatan tanah

yang dapat dilihat dari hubungan ketiga faktor lain (BI, porositas dan penetrasi tanah) akan dipaparkan sebagai berikut.

Hubungan antara Keanekaragaman Flora dengan Cacing Tanah

Komponen ekosistem di atas permukaan tanah (*above ground diversity*) dan komponen ekosistem di bawah tanah (*below ground diversity*) memiliki pengaruh penting antara satu dengan yang lain dalam membentuk interaksi antar komunitas (Wardle *et al.*, 2004). Hasil uji korelasi dan regresi antara keanekaragaman flora dengan cacing tanah ditunjukkan pada Gambar 2.

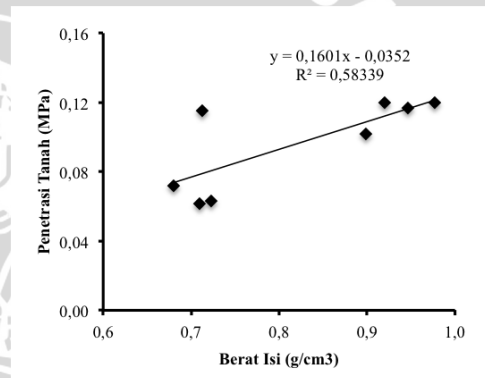


Gambar 2. Hubungan populasi pohon dengan populasi cacing tanah

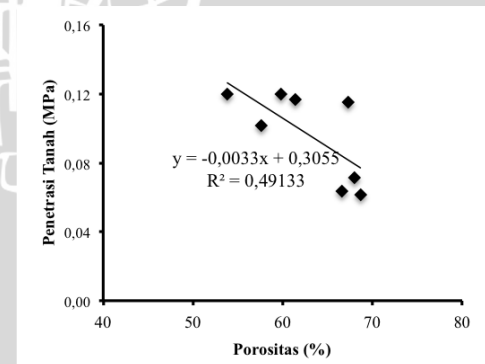
Dari hasil uji korelasi antara populasi tanaman pada stadia pertumbuhan pohon dan populasi cacing tanah diketahui bahwa peningkatan populasi pohon dalam luasan 1 Ha berpengaruh cukup kuat dengan peningkatan populasi cacing tanah dalam luasan 1 m² ($r = 0,44$). Keanekaragaman dan kekayaan jenis flora yang tinggi akan meningkatkan populasi cacing tanah mungkin disebabkan masukan bahan organik (pakan cacing) melimpah dan kondisi iklim mikro yang lebih cocok bagi cacing tanah.

Kepadatan Tanah Hutan di Kawasan TNBTS

Uji korelasi dan regresi dilakukan untuk mengkaji hubungan antara berat isi dan penetrasi tanah serta hubungan porositas dan penetrasi tanah. Hasil uji korelasi dan regresi dari berat isi (BI) dan penetrasi tanah berkorelasi positif cukup kuat ($r = 0,76$), dimana BI mempengaruhi penetrasi tanah sebesar $R^2 = 0,583$ (Gambar 3). Peningkatan berat isi tanah di ikuti oleh peningkatan nilai ketahanan penetrasi tanah pada kedua jenis hutan.



Gambar 3. Hubungan berat isi dengan penetrasi tanah



Gambar 4. Hubungan porositas dengan penetrasi tanah

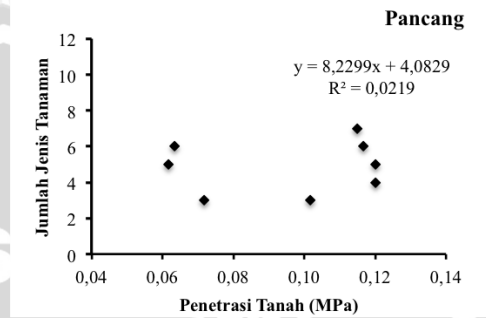
Nilai porositas tanah memiliki korelasi negatif yang cukup kuat dengan penetrasi tanah ($r = -0,701$), dimana porositas mem-pengaruhi penetrasi sebesar $R^2 = 0,491$ (Gambar 4). Nilai porositas yang tinggi, berat isi dan penetrasi rendah menyebabkan kepadatan tanah tergolong rendah dan dapat ditolerir bagi pertumbuhan tanaman di kedua jenis hutan (hutan degradasi dan hutan utuh).

Pengolahan yang minim, tidak adanya gangguan dari alat berat, dan kelas tekstur yang berkisar antara lempung berdebu hingga lempung berpasir menyebabkan nilai porositas yang tinggi pada beberapa hutan tersebut. Tanah bertekstur halus tersebut memiliki ruang pori yang lebih tinggi sehingga porositas tinggi yang menyebabkan ketahanan penetrasi dan kepadatan tanah rendah (Ball *et al.*, 1997; Hamza & Anderson, 2005; Osman, 2013).

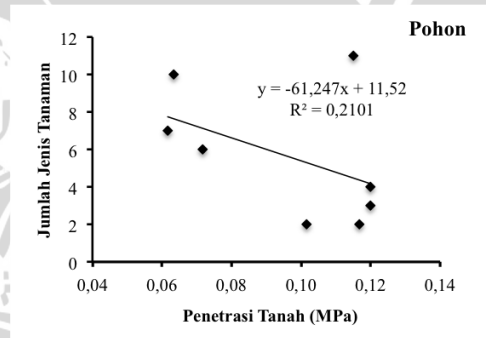
Hubungan Jumlah spesies flora dengan Penetrasi Tanah

Tanaman berfungsi untuk memperbaiki sifat fisik tanah melalui masukan bahan organik dan dekomposisinya (Rahman *et al.*, 2012). Distribusi dan perkembangan tanaman diketahui memiliki hubungan dengan sifat fisik tanah, begitu pula sebaliknya. Uji korelasi dan regresi dilakukan antara jumlah spesies flora dengan penetrasi tanah. Hasil uji korelasi dan regresi menunjukkan bahwa penetrasi tanah tidak berpengaruh nyata dengan jumlah jenis tanaman pada stadia pancang (Gambar 5), sapihan dan semai. Pada stadia pohon, penetrasi memiliki korelasi negatif cukup kuat ($r = -0,458$) namun hanya berpengaruh sebesar $R^2 = 0,210$ terhadap jumlah jenis tanaman yang

ditemukan (Gambar 6). Menurut Omi (1985), besarnya pengaruh kepadatan tanah terhadap pertumbuhan akar tanaman dipengaruhi oleh jenis spesies toleran, jenis tanah dan faktor lingkungan lainnya.



Gambar 5. Hubungan Penetrasi tanah dengan jumlah spesies flora pada stadia pancang



Gambar 6. Hubungan Penetrasi tanah dengan jumlah spesies flora pada stadia pancang

KESIMPULAN

1. Pada plot pengamatan di kawasan hutan utuh dan hutan degradasi TNBTS ditemukan 96 jenis flora dalam 47 famili dari 4 stadia pertumbuhan (semai, sapihan, pancang, pohon). Indeks keanekaragaman jenis (H') pada hutan degradasi lebih rendah dari hutan utuh. Pada hutan degradasi H' tergolong rendah ($H' < 1$) kecuali pada stadia semai ($H' = 1,68$). Pada hutan utuh tergolong sedang untuk keempat stadia pertumbuhan ($1 < H' < 3$).

2. Pada kedua jenis hutan antar dua lereng dalam tiga kedalaman tanah tidak ditemukan adanya lapisan padat. Nilai penetrasi tanah pada kedua jenis hutan dan kedua kelerengan tidak berbeda, dengan nilai rata - rata $<0,1$ MPa sehingga kepadatan tanah di kawasan hutan TNBTS tergolong rendah.
3. Jumlah jenis flora yang ditemukan pada kedua jenis hutan memiliki korelasi cukup kuat yang bernilai negatif pada stadia pohon namun tidak ada korelasi dengan stadia lainnya. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh kemampuan perakaran dari masing - masing spesies yang ditemukan, terutama pada stadia pohon.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat terlaksana berkat dukungan finansial dan kepercayaan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru dan Jurusan Tanah FP UB. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D dan Ir. Widiyanto, M.Sc. atas kritik dan sarannya selama proses penelitian di lapang hingga penulisan skripsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Structural Quality, Compaction and Land Management. *European Journal of Soil Science*. 48; 593-601.
- Blouin, V.M., M.G. Schmidt, C.E. Bulmer, M. Krzic. 2008. Effects of compaction and water content on lodgepole pine seedling growth. *Forest Ecology and Management*. 255: 2444 - 2452.
- Coder, K. D. 2000. *Soil Compaction & Trees : Causes, Symptoms & Effects*. University of Georgia. Georgia.
- FAO. 2011. *Assesing Forest Degradation towards The Development of globally applicable guidelines*. Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Hamza, M. A dan W.K. Anderson. 2005. Soil Compaction in cropping systems A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*. 82:121 -145.
- Ismaini, L., M. Lailati, Rustandi, D. Sunandar. 2015. Analisis Komposisi dan Keanekaragaman tumbuhan di Gunung Dempo, Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 1(6): 1397-1402.
- Mligo, C., H.V.M. Lyaruu, H.J. Ndangalasi. 2011. The effect of anthropogenic disturbances on population structure and regeneration of *Scorodophloeus fischeri* and *Manilkara sulcata* in coastal forests of Tanzania. *Southern Forests*. 73(1):33-40.
- Arifin, Z. 2011. Analisis Nilai Indeks Kualitas Tanah Entisol pada Penggunaan Lahan yang Berbeda. *Jurnal Agroteksos*. 21(1): 1 - 8.
- Ball, B.C., D.J. Campbell, J.T. Douglas, J.K. Henshall and M.F.O' Sullivan. 1997. Soil

- Omi, S.K. 1985. Soil compaction: Effects on seedling growth. USDA Forest Service GTR RM- 125. Tanah Konservasi. Jurnal Tanah Lingkungan. (2) : 73 - 78.
- Osman, K.T. 2013. Physical properties of forest soil. Springer International Publishing Switzerland.
- Rahman, M. H., M. Bahauddin, M. A. S. A. Khan, M. J. Islam, dan M. B. Uddin. 2012. Assessment of soil physical properties under plantation and deforested sites in a biodiversity conservation area of north-eastern Bangladesh. International Journal of Environmental Sciences. 3(3): 1-10.
- Russel, E. W. 1973. Soil Conditions and Plant Growth. 10th Ed. Longmans, London. pp. 479-513.
- Setyaningsih, H., K. Hairiah., W.S. Dewi. 2014. Respon cacing penggali tanah (*Ponthoscolex corethrurus*) terhadap berbagai kualitas seresah. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 1 (2): 58-69.
- Tolaka, W., Wardah, Rahmawati. 2013. Sifat Fisik Tanah pada Hutan Primer, Agroforestri, dan Kebun Kakao di Subdas Wera Saluopa Desa Leboni Kecamatan Pamona Puselemba Kabupaten Poso. Warta Rimba. 1(1): 1 - 8.
- Wahyunie, E.D., D. P. T Baskoro, M. Sofyan. 2012. Kemampuan Retensi Air dan Ketahanan Penetrasi Tanah pada Sistem Olah Tanah Intensif dan Olah
- Wardle, D. A., R. D. Bardgett, J. N. Klironomos, H. Setälä, W. H. van der Putten, D. H. Wall. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. Science, 304: 1-5.
- Wijana, N. 2014. Analisis Komposisi dan Keanekaragaman Spesies Tumbuhan di Hutan Desa Bali Aga Tigawasa, Buleleng - Bali. Jurnal Sains dan Teknologi. 3(1): 1 - 12.