

Tree Shading Effect on Diversity and Competitions of Understorey Cover in IPB Campus Dramaga

Ilma Rahmawati^{1,3}, Dwika Bramasta^{2,3}, Pramesty Wulan Ramadhanty⁴, Slamet Arif Susanto^{4*}

¹SMA Negeri 4 Samaturu, Jalan Saungkoleo, Kec. Watopute, Kab. Muna, Sulawesi Tenggara, Indonesia;

²SMP Negeri 4 Samaturu, Jalan Pendidikan Dusun IV Lakuia, Kec. Samaturu, Kab. Kolaka, Sulawesi Tenggara, Indonesia;

³Sekolah Pascasarjana IPB University, Jalan Raya Dramaga, Kab. Bogor, Jawa Barat 16680 Indonesia;

⁴Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Jalan Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat 98314 Indonesia;

Article History

Received : November 02th, 2024

Revised : November 30th, 2024

Accepted : December 14th, 2024

*Corresponding Author: **Slamet Arif Susanto**, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat, Indonesia;
Email: s.susanto@unipa.ac.id

Abstract: Knowledge of competition at the plant community level is useful as a basis for studying competition aspects in a broader scope. One of the simplest things is understory competition due to differences in tree canopy cover. The purpose of this study was to describe the role of shade trees on competition and understory community structure. A total of 6 plots measuring 1 m × 1 m were made under stands of *Ficus calosa*, *Ficus benjamina*, and *Terminalia catappa* trees (Location 1 and Location 2), while 3 other plots of the same size were made under stands of *Hevea brasiliensis* trees (Location 3). Structure, composition and diversity were studied using vegetation analysis techniques. The results showed that Locations 1 and 2 were dominated by *Phytolacca americana* and *Asystasia gangetica*, while Location 3 was dominated by *Axonopus compressus* and *Asystasia gangetica*. Further analysis showed outlier data from the three locations indicated an abundant number of individuals of *Phytolacca americana* and *Asystasia gangetica*, and *Axonopus compressus*. All of these dominant species are invasive. Regression analysis shows that the projection of increasing canopy cover causes an increase in the density of certain species, but not significantly ($P > 0.05$). The higher the dominance index, the smaller the species diversity value. Therefore, it can be concluded that a dominant species is usually competitive and can change the distribution structure and diversity of understory plants under different tree canopies.

Keywords: *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Phytolacca americana*, shade tolerant.

Pendahuluan

Proses adaptasi dan toleransi suatu jenis tumbuhan terhadap faktor lingkungannya menyebabkan tumbuhan tersebut memiliki distribusi yang luas (Shelford, 1931). Konsekuensi lain dari toleransi yang luas menyebabkan suatu jenis tumbuhan menjadi kosmopolitan bahkan invasif. Beberapa studi menunjukkan bahwa gulma yang ternaungi oleh vegetasi pohon cenderung saling bersaing di antara sesama jenis maupun jenis yang

berbeda (Holmgren *et al.* 1997; Ewel dan Mazzarino, 2008). Hal ini menggambarkan bahwa naungan pohon menjadi salah satu faktor seleksi alamiah untuk tumbuhan bawah agar bisa berkompetisi.

Perebutan sumber daya antara beberapa jenis tumbuhan dapat menyebabkan munculnya faktor pembatas bagi tumbuhan yang lain, sehingga memengaruhi keanekaragaman dan pola distribusinya. Seperti yang telah dilaporkan oleh Purnomo *et al.* (2018) dan Susanto *et al.* (2019) bahwa

naungan pohon mampu memberikan tekanan seleksi bagi tumbuhan bawah sehingga tumbuhan bawah yang paling adaptif akan cenderung melimpah. Di samping itu, iklim mikro yang diciptakan naungan pohon turut berpengaruh pada habitat sekitar pohon tersebut, sehingga tumbuhan bawah umumnya kelompok tahan naungan (Balandier *et al.*, 2022). Serasah yang dihasilkan pohon tersebut juga dapat mengubah sifat fisik dan kimia tanah, sehingga turut memengaruhi komunitas tumbuhan bawah (de Las Heras *et al.*, 2020). Oleh karena itu, kompetisi pada tumbuhan bawah sangat kompleks, sehingga harus dipelajari melalui pendekatan survei lapangan, karena ada beberapa faktor biotik dan abiotik sangat berinteraksi.

Tumbuhan bawah merupakan kelompok tumbuhan yang biasanya sangat toleran terhadap kekurangan cahaya (Thakur 2018), mampu hidup pada tanah yang masam (Fu *et al.* 2015), serta dipengaruhi oleh tumbuhan penayang (van Oijen *et al.* 2005). Ketika tumbuhan bawah sudah teradaptasi dengan tumbuhan penayang, tumbuhan bawah tersebut dapat menunjukkan daya kompetisi yang tinggi. Seperti yang pernah di laporkan oleh (Ainiyah *et al.* 2017), bahwa jenis *Paspalum commersonii* sangat mendominasi di bawah tegakan pohon mahoni dengan nilai kerapatan relatif mencapai lebih dari 70%. Sementara itu, jenis rumput-rumputan seperti *Echinochloa colona*, *Imperata cylindrica*, dan *Oplismenus burmanni* juga menjadi jenis yang melimpah di berbagai umur tegakan pohon jati (*Tectona grandis*) (Setiayu *et al.*, 2020). Sementara itu di bawah naungan pohon pinus (*Pinus merkusii*) dominasi kelompok tumbuhan dari suku Poaceae (rerumputan) (Yusra *et al.*, 2018), dan pada area yang cenderung lembab dan banyak tutupan kanopi cenderung memiliki tumbuhan bawah dari kelompok paku-pakuan (Pteridofit dan gulma berdaun lebar (Kurnia *et al.*, 2022; Fauzi *et al.*, 2023).

Keanekaragaman dan kompetisi tumbuhan bawah yang terjadi di alam sulit dipelajari dalam skala laboratorium sehingga analisis menggunakan pendekatan ekologi dapat membantu dalam mempelajari proses tersebut. Keanekaragaman tumbuhan bawah dipengaruhi oleh dua faktor yakni jenis tumbuhan penayang dan kompetisi yang terjadi

di antara sesama tumbuhan bawah (Bricca *et al.*, 2023). Di IPB University keragaman pohon yang sengaja di tanam cukup tinggi, sehingga hal tersebut diduga memengaruhi eksistensi tumbuhan bawah dari segi keanekaragaman maupun kompetisi yang terjadi.

Tumbuhan bawah kompetisi tidak berorientasi pada proses, namun lebih mengarah pada hasil akhir kompetisi yang dapat diamati secara langsung. Semakin melimpah suatu jenis tumbuhan di bawah tegakan pohon dapat menjadi indikator bahwa jenis tumbuhan bawah tersebut adaptif dan mengeksploitasi sumber daya yang ada. Oleh sebab itu, pemahaman mendasar tentang pengaruh naungan terhadap komunitas tumbuhan bawah perlu diteliti untuk mendeskripsikan sifat biologi tumbuhan bawah dan karakteristik habitat yang sesuai di IPB University. Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka studi ini bertujuan mempelajari keanekaragaman dan kompetisi tumbuhan bawah akibat perbedaan proyeksi tutupan tajuk di area kampus IPB University.

Bahan dan Metode

Lokasi penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan pada tiga lokasi yang berbeda, Lokasi 1 dan Lokasi 2 merupakan area yang memiliki tutupan vegetasi pohon dominan *Ficus calosa*, *Ficus benjamina*, dan *Terminalia catappa* (Gambar 1.A dan 1.B). Lokasi 3 merupakan area yang dinaungi oleh *Hevea brasiliensis* (Gambar 1.C).

Prosedur penelitian

Penelitian dimulai dengan persiapan dan pembuatan petak sampling secara acak di bawah tutupan tajuk pohon. Petak sampling yang dibuat berukuran 5 meter × 5 meter. Di dalam petak sampling tersebut terdapat 3 subpetak sampling berukuran 1 meter × 1 meter yang dibuat secara acak (Gambar 1). Pembuatan petak dan subpetak menggunakan tali raffia supaya memudahkan dalam pendataan jenis. Kegiatan inventarisasi menggunakan teknik analisis vegetasi tumbuhan bawah. Pencacahan jenis dilakukan secara manual pada masing-masing petak yang berukuran 1 meter × 1 meter. Jenis yang bisa diidentifikasi secara langsung akan dicatat, sementara itu yang tidak bisa diidentifikasi akan

difoto dan dicatat ciri khasnya, kemudian dimasukkan ke dalam plastik, diberi label untuk dilakukan identifikasi lanjut.



Gambar 1. Gambaran lokasi studi di area kampus IPB University

Analisis data

Data dianalisis dengan persamaan analisis vegetasi untuk menentukan nilai penting jenis (INP). Persamaan yang digunakan mengacu pada persamaan analisis vegetasi tumbuhan bawah yaitu:

$$INP = KR + FR \quad (1)$$

KR = Kepadatan Relatif, merupakan kepadatan suatu individu jenis per satuan wilayah dibagi dengan kepadatan seluruh individu jenis dalam luas area sampling. Curtis dan Cottam (1956) menggunakan konsep KR sebagai jumlah individu jenis ke-n dibagi total jenis individu dalam luas area sampling.

FR = Frekuensi Relatif, merupakan frekuensi suatu individu jenis dibagi dengan frekuensi seluruh individu jenis dalam luas area sampling.

Proyeksi tutupan tajuk masing-masing sub petak sampling diukur menggunakan *free canopy cover* (heaslon; google play store). Data tajuk kover kemudian dihubungkan dengan jumlah jenis yang terdapat dalam sub petak sampling 1 meter × 1 meter tersebut. Nilai kemerataan jenis

(E), indeks keanekaragaman Shannon-Weiner (H') dan indeks kesamaan antara ketiga lokasi sampling dibandingkan. Persamaan yang digunakan mengacu pada Curtis dan Cottam (1956) dan Kusmana (2017).

Indeks Keanekaragaman

$$H' = - \sum_{k=1}^n (p_i \ln p_i) \quad (2)$$

H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Weiner

$P_i = n_i/N$

n_i = jumlah individu suatu jenis

N = jumlah total individu suatu area sampling

Indeks Kemerataan (*Evenness*)

$$E = \frac{H'}{\ln(S)} \quad (3)$$

H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Weiner

$\ln(S)$ = Ln dari jumlah jenis

Indeks Dominansi (C)

$$C = \sum_{k=1}^n (n_i/N)^2 \quad (4)$$

C = indeks dominansi

ni = jumlah individu suatu jenis

N= jumlah total individu suatu area sampling

Seluruh data ditabulasi dan dianalisis secara deskriptif. Analisis pola pemusatan jenis tumbuhan bawah dominan yang diindikasikan dengan jumlah individu terbanyak dianalisis menggunakan program Minitab v.16. Hasil diagram kotak garis (*box-plot*) ukuran pemusatan data akan digunakan untuk mendeskripsikan karakter biologi tumbuhan yang paling dominan melalui indikasi melalui data pencilan.

Hasil dan Pembahasan

Indikasi kompetisi tumbuhan bawah

Berdasarkan indeks nilai penting (INP) kami menemukan bukti kompetisi terjadi secara alami pada tumbuhan bawah yang terdampak naungan pohon berbeda. Secara umum dapat dinyatakan bahwa kelompok herba mendominasi Lokasi 1 dan Lokasi 2, sedangkan rumput-rumputan (Poaceae) mendominasi lokasi ketiga (Tabel 1–3). Meskipun Lokasi 1 dan Lokasi 2 ternaungi pohon yang sama komposisi jenis pada kedua lokasi cukup berbeda. Berdasarkan data INP sekitar 43% Lokasi 1 didominasi oleh *Phytolacca americana*. Nilai INP tersebut berbeda jauh dibandingkan jenis-jenis kodominan di bawahnya (Tabel 1).

Jenis *Phytolacca americana* dominan pada Lokasi 1 yang diindikasikan melalui kelimpahan jumlah individu dan nilai KR serta FR tertinggi dibanding jenis lainnya (Tabel 1). Studi dari Kim dan You (2010) menunjukkan bahwa *P. americana* adalah jenis invasif yang memiliki laju fotosintesis dan pengambilan air lebih tinggi jika dikompetisikan dengan kerabatnya *Phytolacca insularis*. Terkait dengan model preferensi habitat, diduga *P. americana* termasuk dalam kelompok toleran terhadap naungan atau kelompok *shade plant*. Penyelidikan secara lebih lanjut berdasarkan fisiologi molekuler menunjukkan bahwa *P. americana* memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat Kadmium (Cd) (Zhao *et al.* 2019). Selain invasif, temuan ini menunjukkan bahwa *P. americana* memiliki prospek untuk dikembangkan sebagai bioakumulator di daerah tambang yang tercemar Cd.

Jenis dominan lainnya pada Lokasi 1

adalah *Peperomia pellucida* (Tabel 1). Jenis ini termasuk herba sukulen, invasif dan mampu tumbuh pada ketinggian 500–1600 mdpl (Moktan dan Das, 2013). Penelitian terbaru oleh Biswas *et al.*, (2017) menunjukkan eksudasi akar *P. pellucida* mampu melepaskan senyawa fenol glukosidase yang berperan dalam mekanisme invasivitas jenis tersebut. Meskipun *P. pellucida* telah diketahui invasif, namun jenis ini tidak dijumpai pada Lokasi 2 dan Lokasi 3. Hal ini menunjukkan bahwa sifat invasif suatu jenis tumbuhan bawah juga dikontrol oleh proyeksi tajuk pohon di area tersebut.

Dua jenis yang termasuk dalam kategori kodominan pada Lokasi 1 adalah *Synedrella nudiflora* dan *Phyllanthus urinaria*. Kedua jenis tersebut juga secara konsisten masuk ke dalam kelompok kodominan di Lokasi 2 (Tabel 1 dan Tabel 2). Temuan ini mengindikasikan adanya koeksistensi dari kedua jenis ini dalam mengeksploitasi habitat yang berada pada naungan vegetasi yang sama. *S. nudiflora* merupakan jenis invasif yang memiliki kemampuan reproduksi dan pembentukan biji fertil yang relatif tinggi. Dwiati *et al.* (2003) melaporkan bahwa jenis *S. nudiflora* mampu hidup diberbagai topografi dan ketinggian, serta mampu menghasilkan biji sebanyak 3000 biji fertil setiap periode produksi biji. Jenis *P. urinaria* juga merupakan kelompok invasif yang berasal dari Asia Tenggara. Jenis ini mempunyai kemampuan menghasilkan senyawa alelopati yang diskresikan melalui akarnya, sehingga mampu mengeksploitasi sumber daya dan nutrisi di dalam tanah (Smith dan Dyer, 2013).

Kecenderungan INP masih didominasi oleh satu jenis tumbuhan tertentu dan memiliki kisaran cukup jauh dengan jenis dominan lainnya juga ditemukan pada Lokasi 2 (Tabel 2). Jenis *Asystasia gangetica* paling dominan di Lokasi 2 dengan persentase 30% dari INP didominasi jenis tersebut. Jenis *A. gangetica* juga termasuk dalam jenis kodominan di Lokasi 3. Meskipun berada di bawah naungan pohon yang berbeda jenis *A. gangetica* toleran terhadap pengaruh iklim mikro dari tajuk. Samedani *et al.* (2012) menunjukkan bahwa *A. gangetica* merupakan gulma yang menurunkan produktivitas kelapa sawit. Jenis ini memiliki habitus herba yang merambat, pertumbuhan relatif cepat dan reproduksi dengan menghasilkan biji yang relatif singkat. Jenis ini memiliki kemampuan adaptasi

yang luas di berbagai intensitas cahaya yang berbeda dan merupakan jenis yang invasif (Meyer dan Laverne, 2004).

Tutupan tajuk yang relatif kecil (30%), Lokasi 3 didominasi oleh kelompok rumput yaitu *Axonopus compressus* dan satu jenis rumput belum teridentifikasi yang termasuk dalam urutan dominan (Tabel 3). Hal ini membuktikan bahwa kompetisi merupakan mode seleksi alam yang menguntungkan jenis-jenis yang adaptif. Pada proyeksiutupan tajuk yang besar (Lokasi 1 dan Lokasi 2), jenis rumput menjadi tidak dominan dibandingkan Lokasi 3 yang relatif terbuka. Seperti jenis-jenis dominan yang telah

dibahas sebelumnya, *A. compressus* adalah jenis yang tergolong invasif (Samedani *et al.* 2013). Puluhan tahun sebelumnya Samarakoon *et al.* (1990) telah melaporkan bahwa jenis *A. compressus* ternyata memiliki pertumbuhan optimal jika terdapat sedikit naungan dibanding tanpa naungan. Terkait dengan proses kompetisi, tegakkan *Hevea brasiliensis* pada Lokasi 3 tidak memilikiutupan tajuk yang rapat sehingga dapat menunjang pertumbuhan optimum *A. compressus*. Uddin *et al.* (2011) melaporkan bahwa *A. compressus* juga memiliki daya toleransi garam yang baik sehingga mampu tumbuh secara kosmopolitan.

Tabel 1. INP jenis tumbuhan pada lokasi 1 dengan rerata proyeksi tajuk 40,3% di bawah tegakkan *Ficus retusa*, *Ficus benjamina*, dan *Terminalia catappa*

No	Jenis Tumbuhan	Famili	KR	FR	INP
1	<i>Phytolacca americana</i> L.	Phytolaccaceae	60,59	25,00	85,59
2	<i>Peperomia pellucida</i> L. (Kunth.)	Piperaceae	8,82	16,67	25,49
3	<i>Synedrella nudiflora</i> (L.) Gaertn.	Asteraceae	7,06	16,67	23,73
4	<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	Phyllanthaceae	11,76	8,33	20,10
5	<i>Macroptilium atropurpureum</i> DC.	Leguminosae	5,88	8,33	14,22
6	<i>Pilea microphylla</i> L. (Leibm.)	Urticaceae	2,35	8,33	10,69
7	<i>Fallopia dumetorum</i> (L.) Holub.	Polygonaceae	1,76	8,33	10,10
8	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.	Poaceae	1,76	8,33	10,10
Total			100	100	200

Tabel 2. INP jenis tumbuhan pada lokasi 1 dengan rerata proyeksi tajuk 45,6% di bawah tegakkan *Ficus retusa*, *Ficus benjamina*, dan *Terminalia catappa*

No	Jenis Tumbuhan	Famili	KR	FR	INP
1	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anders.	Acanthaceae	46,59	14,29	60,88
2	<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	Phyllanthaceae	17,20	9,52	26,73
3	<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn.	Asteraceae	12,54	14,29	26,83
4	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Poaceae	10,39	9,52	19,92
5	<i>Cleome rutidosperma</i> DC.	Cleomaceae	2,87	4,76	7,63
6	<i>Chrysothemis pulchella</i> (Donn ex Sims.) Decne.	Gesneriaceae	2,51	4,76	7,27
7	<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	Urticaceae	1,79	4,76	6,55
8	<i>Pteris vitata</i> L.	Pteridaceae	1,43	4,76	6,20
9	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	Oxalidaceae	1,43	4,76	6,20
10	<i>Ruellia tuberosa</i> L.	Acanthaceae	1,08	4,76	5,84
11	<i>Solanum diphyllum</i> L.	Solanaceae	0,72	4,76	5,48
12	<i>Mimosa pudica</i> L.	Leguminosae	0,36	4,76	5,12
13	<i>Mecardonia procumbens</i> (Mill.) Small.	Plantaginaceae	0,36	4,76	5,12
14	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	0,36	4,76	5,12
Total			100	100	200

Tabel 3. INP jenis tumbuhan pada lokasi 3 dengan rerata proyeksi tajuk 30% di bawah tegakkan *Hevea brasiliensis*

No	Jenis Tumbuhan	Famili	KR	FR	INP
1	<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv.	Poaceae	50,24	14,29	64,53
2	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anders.	Acanthaceae	23,56	14,29	37,84

3	Belum teridentifikasi	Poaceae	12,98	4,76	17,74
4	<i>Centrosoma pubescens</i> Benth.	Leguminosae	3,13	14,29	17,41
5	<i>Cleome rutidosperma</i> DC.	Cleomaceae	1,20	9,52	10,73
6	<i>Borreria alata</i> (Aubl.) DC.	Rubiaceae	3,61	4,76	8,37
7	<i>Dioscorea filiformis</i> Blume.	Dioscoreaceae	2,64	4,76	7,41
8	<i>Piper cubeba</i> Vahl.	Piperaceae	0,96	4,76	5,72
9	<i>Mikania micrantha</i> Miq.	Asteraceae	0,48	4,76	5,24
10	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski.	Asteraceae	0,24	4,76	5,00
11	<i>Syzygium</i> sp.	Myrtaceae	0,24	4,76	5,00
12	<i>Celocasia esculenta</i> (L.) Schott.	Araceae	0,24	4,76	5,00
13	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	Oxalidaceae	0,24	4,76	5,00
14	<i>Cyathillium cinereum</i> (L.) H. Rob.	Asteraceae	0,24	4,76	5,00
Total			100	100	200

Nilai keanekaragaman dan kompetisi

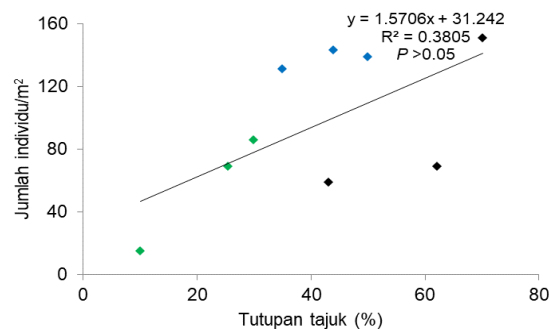
Berdasarkan data-data pada Tabel 1–3 dapat dirangkum nilai indeks keanekaragaman Shannon-Weiner (H'), kemerataan (E), dan dominansi (C) (Tabel 4). Keanekaragaman terendah ditemukan pada Lokasi 1 dan keanekaragaman tertinggi ditemukan pada Lokasi 2. Jika dianalisis secara habitat, sebenarnya jenis pohon penayang pada Lokasi 1 dan Lokasi 2 sama, namun memiliki pola keanekaragaman yang berbeda. Meskipun tidak secara jelas, ini mengindikasikan bahwa sifat adaptif tumbuhan bawah berbeda antara satu jenis tumbuhan dengan jenis tumbuhan lainnya. Nilai kemerataan jenis tidak terlalu berbeda untuk ketiga lokasi. Sementara itu, nilai dominansi paling rendah pada Lokasi 1, sehingga berdampak pada nilai keanekaragaman yang paling rendah (Tabel 4).

Tabel 4. Karakteristik keanekaragaman (H'), kemerataan (E), dan dominansi (C) jenis di tiga lokasi penelitian (\pm SD)

Lokasi	Parameter		
	Nilai H'	Nilai E	Nilai C
1	0,92 \pm 0,42	0,71 \pm 0,14	0,46 \pm 0,13
2	1,38 \pm 0,62	0,73 \pm 0,10	0,36 \pm 0,23
3	1,22 \pm 0,25	0,70 \pm 0,12	0,32 \pm 0,10

Ketika ada jenis yang sangat dominan maka indeks dominansi meningkat, sehingga menyebabkan penurunan pada nilai keanekaragaman. Di samping itu, variasi indeks dominansi yang kecil mengindikasikan lebih sedikit persaingan di suatu komunitas tumbuhan bawah (Susanto *et al.* 2021). Studi ini tidak dapat menilai secara menyeluruh pola keanekaragaman jenis dan sifatnya, karena kurangnya area penelitian. Meskipun demikian dapat dinyatakan

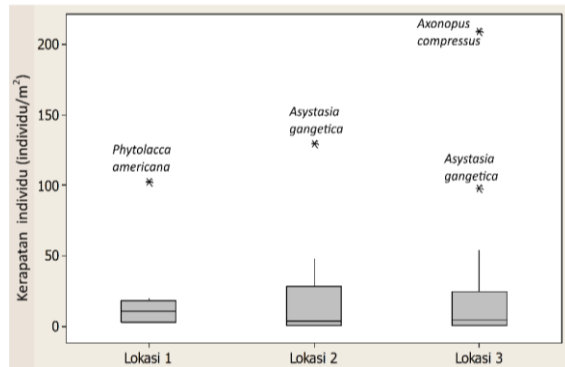
bahwa kompetisi mengubah pola keanekaragaman dan distribusi jenis tumbuhan bawah. Tidak ada korelasi positif antara proyeksi tutupan tajuk pohon pada masing-masing subpetak sampling dengan jumlah individu (Gambar 2). Hasil ini menunjukkan bahwa sifat toleransi jenis dan daya adaptasi terhadap naungan lebih dikontrol oleh sifat biologi dan fisiologi tumbuhan bawah. Hasil analisis regresi menunjukkan nilai $R^2 = 0,385$ artinya R hitung = 0,620 sedangkan R kritis = 0,666 ($0,620 < 0,666$; $P > 0,05$).



Gambar 2. Hubungan proyeksi tutupan tajuk dengan jumlah individu di Lokasi 1 (hijau), Lokasi 2 (hitam), dan Lokasi 3 (biru)

Hasil analisis terhadap toleransi, Gambar 2 menunjukkan ada kecenderungan peningkatan jumlah individu saat proyeksi tutupan tajuk meningkat. Kecenderungan ini diakibatkan karena jenis tumbuhan bawah pada lokasi yang sedang dipelajari umumnya merupakan kelompok *shade plant* atau tumbuhan senang terhadap naungan. Hasil penelitian Susanto *et al.* (2019) menunjukkan bahwa semakin rapat tajuk maka kelembaban akan meningkat dan suhu cenderung menurun, hal ini menyebabkan tumbuhan bawah lebih didominasi oleh

kelompok paku-pakuan (pteridofit), Orchidaceae dan Arecaceae.



Gambar 3. Diagram kotak garis dari data jenis-jenis tumbuhan yang terindikasi mampu berkompetisi di bawah proyeksi tajuk berbeda

Bukti kompetisi lain terlihat dari pola pemusatan data jumlah individu tumbuhan bawah pada masing-masing lokasi (Gambar 3). Kami menemukan bahwa terdapat beberapa jenis yang sangat mendominasi dan dapat terindikasi melalui data pencilan. Meskipun tidak dilakukan eksplorasi secara komprehensif, diduga jenis yang memiliki jumlah individu paling banyak adalah jenis toleran yang kompetitif dan memiliki daya invasivitas yang tinggi. Lokasi 1 memiliki satu jenis tumbuhan yang berjumlah paling banyak yaitu *Phytolacca americana* sehingga jenis ini sangat kompetitif di Lokasi 1. Lokasi 2 juga memiliki satu jenis yang secara statistik berbeda dari jenis lainnya yaitu *Asystasia gangetica* jenis ini merupakan kelompok invasif. Lokasi 3 memiliki dua data pencilan yang merupakan jenis *Axonopus compressus* dan *Asystasia gangetica* jenis ini juga tergolong invasif dan memiliki jumlah individu terbanyak di Lokasi 3.

Jenis tumbuhan yang dominan pada Lokasi 1, 2, dan 3 memiliki peringkat INP yang berbeda (Tabel 1, 2 dan 3). Hal ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti tanah dan iklim mikro habitat tumbuhan bawah berpengaruh pada interaksi kompetisi yang terjadi di komunitas tumbuhan bawah. Purnomo *et al.*, (2018) membuktikan selain dikontrol tutupan tajuk, jenis-jenis tumbuhan dominan dan nilai kenanekaragaman tumbuhan bawah juga dikontrol preferensi habitatnya masing-masing.

Ciri biologi dan sifat tumbuhan bawah dominan

Lokasi 1, Gambar 4.A [*Phytolacca americana*]; Kemampuan menghasilkan biji viabel lebih dari 50%, kemampuan berkecambah rata-rata 80% (Armesto *et al.* 1983). Secara umum memiliki pertumbuhan yang relatif cepat, tahan terhadap kekurangan cahaya, dan mampu beregenerasi secara vegetatif. Jenis itu termasuk invasif di area perkebunan dan telah dilaporkan memiliki distribusi yang luas dari area subtropis ke area tropis (Li *et al.* 2017). Jenis ini hanya dijumpai di Lokasi 1 namun tidak ditemukan pada Lokasi 2 dan 3. Meskipun memiliki sifat invasif, penyebaran jenis ini relatif sempit karena tidak ditemukan pada Lokasi 2 yang berada pada naungan vegetasi yang sama.

Lokasi 2 dan 3, Gambar 4.B [*Asystasia gangetica*]; Jenis invasif yang memiliki kemampuan toleran terhadap naungan serta mampu hidup di area ternaungi dan area tanpa naungan. Jenis ini paling optimal tumbuh pada area yang ternaungi sebagian sekitar 60–80% intensitas cahaya (Meyer dan Lavergne, 2004). Murali *et al.* (2013) menyatakan bahwa reproduksi dengan cara pembentukan biji *Asystasia gangetica* berkorelasi positif signifikan dengan beberapa serangga penyerbuk seperti *Amegillia* sp dan *Ceratina* sp. Tumbuhan *A. gangetica* merupakan gulma utama pada area perkebunan kelapa sawit dan telah dilaporkan menginvasi daerah Indo-Pasifik (Meyer dan Lavergne, 2004; Samedani *et al.* 2012).



Gambar 4. Ringkasan ciri biologi dan deskripsi tiga jenis dominan pada Lokasi 1, 2 dan 3

Lokasi 3, Gambar 4.C [*Axonopus compressus*]; Kelompok rumput-rumputan (Poaceae) yang mampu bereproduksi secara aseksual dan seksual. Setiap ruas-ruas mampu tumbuh akar dan menghasilkan individu baru, selain itu daya reproduksi dengan menghasilkan biji relatif tinggi (Samarkoon *et al.* 1990). Jenis ini jarang memerlukan agen pollinator dan tingkat keberhasilan dalam perkecambahan relatif tinggi.

Jenis ini juga dilaporkan memiliki kandungan alelokimia dari akar, sehingga sangat kompetitif (Samedani *et al.*, 2013). Jenis ini menyukai habitat 80% ternaungi dan kurang optimal jika terlalu banyak cahaya (Samarkoon *et al.*, 1990).

Karakteristik tutupan tajuk dan sistem perakaran tumbuhan bawah sangat berbeda pada tiga lokasi penelitian. Lokasi 3 memiliki tumbuhan bawah yang relatif tertutup dan akar yang didominasi oleh kelompok rerumputan. Di samping itu, topografi Lokasi 3 cenderung membentuk kelerengan berbeda. Kondisi tersebut diduga menyebabkan perbedaan pola perakaran dan distribusi hara di tanah, sehingga jenis paling dominan *Axonopus compressus* lebih banyak jumlahnya dibandingkan jenis-jenis paling dominan pada Lokasi 1 dan 2. Gambar 3 menunjukkan bahwa pada Lokasi 3 terdapat model pembagian sumber daya (*resources partitioning*) antara jenis paling dominan *Axonopus compressus* dan *Asystasia gangetica*, meskipun begitu masih diperlukan pembuktian lebih lanjut. Kemampuan alelopati dari *A. compressus* diduga menjadikan jenis ini paling dominan dan banyak jumlahnya dibanding jenis dominan di lokasi berbeda (Samedani *et al.* 2013).

Kesimpulan

Kompetisi dalam tingkat komunitas tumbuhan secara alami dapat diamati pada pengaruh proyeksi tajuk terhadap struktur dan komposisi tumbuhan bawah. Meskipun tidak berkorelasi signifikan ($P > 0,05$), secara umum dapat disimpulkan bahwa proyeksi tajuk pohon memengaruhi jumlah, komposisi dan keanekaragaman tumbuhan bawah. Jenis dengan INP tertinggi dan jumlah individu tumbuhan bawah terbanyak pada Lokasi 1, 2 dan 3 yaitu *Phytolacca americana*, *Asystasia gangetica*, dan *Axonopus compressus*. Semua jenis tersebut semuanya memiliki sifat invasif dan memiliki kemampuan alelopati. Jenis dengan INP tertinggi mampu mengeksploitasi sumberdaya di bawah tegakkan vegetasi pohon, sehingga semakin dominan jenis tersebut maka semakin besar daya kompetisi jenis tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan salah satu topik dari praktikum mata kuliah Ekologi Tumbuhan

Tropis. Oleh sebab itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Ir. Sulistijorini, M.S yang telah memberikan dukungan dan ide pada penelitian ini. Apresiasi luar biasa juga diberikan kepada seluruh mahasiswa Biologi Tumbuhan angkatan 2019, khususnya Peniwidiyanti, S.Hut., M.Si yang membantu dalam pengumpulan, identifikasi dan pengolahan data..

Referensi

- Ainiyah, R., Fathurraman, A., Wibisono, M., Aji, F. R., & Yusuf, D. (2017). Pengaruh jenis tegakan terhadap komposisi dan keanekaragaman tumbuhan bawah di Hutan Sapen Kecamatan Prigen Kabupaten Pasuruan. *Agromix*, 8(1): 50-63. <https://doi.org/10.35891/agx.v8i1.564>.
- Armesto, J. J., Cheplick, G. P., & McDonnell, M. J. (1983). Observations on the reproductive biology of *Phytolacca americana* (Phytolaccaceae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 380–383. <https://doi.org/10.2307/2996194>.
- Balandier, P., Mårell, A., Prévosto, B., & Vincenot, L. (2022). Tamm review: Forest understorey and overstorey interactions: So much more than just light interception by trees. *Forest Ecology and Management*, 526. 120584. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120584>.
- Biswas, S. M., Chakraborty, N., & Patra, S. R. (2017). A new phenol glycoside from root exudates of *Peperomia pellucida* L. HBK. and its role. *Annals of Tropical Research*. 39(2): 13-24. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20193027939>.
- Bricca, A., Bonari, G., Padullés Cubino, J., & Cutini, M. (2023). Effect of forest structure and management on the functional diversity and composition of understorey plant communities. *Applied Vegetation Science*, 26(1): e12710. <https://doi.org/10.1111/avsc.12710>.
- Curtis, J. T., & Cottam, G. (1956). *Plant Ecology Work Book. Laboratory Field Reference Manual*. Burgess Publishing Co: Minnesota.
- de las Heras, P., Medina-Villar, S., Pérez-Corona, M. E., & Vázquez-de-Aldana, B. R. (2020). Leaf litter age regulates the

- effect of native and exotic tree species on understory herbaceous vegetation of riparian forests. *Basic and Applied Ecology*, 48: 11-25.
<https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.07.005>.
- Dwiati, M., Rochmatino., & Maharning, A. R. (2003). Persistensi dan toksisitas herbisida Reflex serta kemampuan tumbuh kembali biji *Synedrella nodiflora* dilihat dari kandungan bahan aktif fomesafen dalam tanah dan tubuh gulma. In *Prosiding Himpunan Ilmu Gulma 26(2)*: 47-54.
- Ewel, J. J., & Mazzarino, M. J. (2008). Competition from below for light and nutrients shifts productivity among tropical species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 105(48): 18836-18841.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0807216105>.
- Fauzi, T., Sarjito, A., Tini, E. W., & Khusna, R. N. (2023). Variabilitas gulma di bawah tegakan pohon karet (*Hevea brasiliensis*) di perkebunan rakyat Desa Pageralang, Kecamatan Kemranjen, Kabupaten Banyumas. *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19(1): 151-159.
- Fu, X., Yang, F., Wang, J., Di, Y., Dai, X., Zhang, X., & Wang, H. (2015). Understory vegetation leads to changes in soil acidity and in microbial communities 27 years after reforestation. *Science of the Total Environment*, 502: 280-286.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.018>.
- Hierro, J. L., & Callaway, R. M. (2003). Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and Soil*. 256(1): 29–39.
<https://doi.org/10.1023/A:1026208327014>.
- Holmgren, M., Scheffer, M., & Huston, M. A. (1997). The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology*. 78(7): 1966–1975.
[https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1997\)078\[1966:TIOFAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078[1966:TIOFAC]2.0.CO;2).
- Kim, H.-R., & You, Y.-H. (2010). Effects of elevated CO₂ concentration and increased temperature on leaf related-physiological responses of *Phytolacca insularis* (native species) and *Phytolacca americana* (invasive species). *Journal of Ecology and Environment*. 33(3): 195–204.
<https://doi.org/10.5141/JEFB.2010.33.3.19>.
- 5.
- Kurnia, A., Hasyim, M. A., & Prasetya, K. N. (2022). Struktur komunitas tumbuhan bawah di zona pemanfaatan Blok Ireng-Ireng Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS). *RADIKULA: Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(2): 78-85.
<https://doi.org/10.33379/radikula.v1i2.1918>.
- Kusmana, C. (2017). *Metode Survey dan Interpretasi Data Vegetasi*. PT Penerbit IPB Press.
- Li, N., Yang, W., Fang, S., Li, X., Liu, Z., Leng, X., & An, S. (2017). Dispersal of invasive *Phytolacca americana* seeds by birds in an urban garden in China. *Integrative Zoology*. 12(1): 26–31.
<https://doi.org/10.1111/1749-4877.12214>.
- Meyer, J., & Lavergne, C. (2004). Beautés fatales: Acanthaceae species as invasive alien plants on tropical Indo-Pacific Islands. *Diversity and Distributions*. 10(5-6): 333-347.
<https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00094.x>.
- Moktan, S., & Das, A. P. (2013). Diversity and distribution of invasive alien plants along the altitudinal gradient in Darjiling Himalaya, India. *Pleione*. 7(2): 305–313.
- Murali, S., Dhananjaya, P., Reddy, G. N., & Vinayaka, T. (2013). Study of insect pollinator's diversity in *Asystasia gangetica* (L.). *Environment and Ecology*. 31: 804-806.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20133255913>.
- Purnomo, D. W., Usmani, D., & Hadiah, J. T. (2018). Dampak keterbukaan tajuk terhadap kelimpahan tumbuhan bawah pada tegakan *Pinus oocarpa* Schiede dan *Agathis alba* (Lam) Foxw. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 12(1): 61-73.
<https://doi.org/10.22146/jik.34121>.
- Samarakoon, S. P., Wilson, J. R., & Shelton, H. M. (1990). Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *The Journal of Agricultural Science*. 114(2): 161-169.
<https://doi.org/10.1017/S0021859600072154>.
- Samedani, B., Juraimi, A. S., Anwar, M. P.,

- Rafii, M. Y., Awadz, S. A. S., & Anuar, A. R. (2012). Competitive ability of some cover crop species against *Asystasia gangetica* and *Pennisetum polystachion*. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil & Plant Science*. 62(7): 571-582. <https://doi.org/10.1080/09064710.2012.677855>.
- Samedani, B., Juraimi, A. S., Rafii, M. Y., Anuar, A. R., Sheikh Awadz, S. A., & Anwar, M. P. (2013). Allelopathic effects of litter *Axonopus compressus* against two weedy species and its persistence in soil. *The Scientific World Journal*. 2013: 1-10. <https://doi.org/10.1155/2013/695404>.
- Setiayu, D. P., Wibowo, D. N., & Yani, E. (2020). Keanekaragaman tumbuhan bawah pada berbagai umur tegakan jati (*Tectona grandis* L.) di KPH Banyumas Timur. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(1): 79-85. <https://doi.org/10.20884/1.bioe.2020.2.1.1856>.
- Shelford, V. E. (1931). Some concepts of bioecology. *Ecology*. 12: 455-467. <https://doi.org/10.2307/1928991>.
- Smith, A. L., & Dyer, A. R. (2013). Exploring the mechanisms of allelopathic interaction in the invasive annual plant, *Phyllanthus urinaria*. *Journal of the South Carolina Academy of Science*. 11(2): 4. <https://scholarcommons.sc.edu/jscas/vol11/iss2/4/>.
- Susanto, S. A., Budirianto, H. J., Maturbongs, A. C., & Putra, S. A. (2019). Potensi dan keragaman tumbuhan bawah non-kayu di lahan bera Womnowi Distrik Sidey Manokwari. *Ulin: Jurnal Hutan Tropis*. 3(1): 10-18. <http://dx.doi.org/10.32522/ujht.v3i1.1878>.
- Susanto, S. A., Putri, D. M., Rahmawati, I., & Sanjaya, M. A. (2021). Keragaman permudaan pohon di area sumber air Blok Seda, Taman Nasional Gunung Ciremai. *Jurnal Sumberdaya Hayati*. 7(2): 62-70. <https://doi.org/10.29244/jsdh.7.2.62-70>.
- Thakur, T. K. (2018). Diversity, composition and structure of understory vegetation in the tropical forest of Achanakmaar Amarkantak Biosphere Reserve, India. *Environmental Sustainability*, 1(3): 279-293. <https://doi.org/10.1007/s42398-018-00028-y>.
- Uddin, M. K., Juraimi, A. S., Ismail, M. R., Othman, R., & Rahim, A. A. (2011). Relative salinity tolerance of warm season turfgrass species. *Journal of Environmental Biology*. 32(3): 309-317. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22167942/>.
- van Oijen, D., Feijen, M., Hommel, P., den Ouden, J., & de Waal, R. (2005). Effects of tree species composition on within-forest distribution of understory species. *Applied Vegetation Science*, 8(2), 155-166. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2005.tb00641.x>.
- Yusra, Y., Hidayat, M., & Eriawati, E. (2018, April). Struktur komunitas tumbuhan herba di bawah tegakan Pinus (*Pinus merkusii*) di Tahura Pocut Meurah Intan. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi dan Kependidikan* (Vol. 5, No. 1) pp. 172-179. <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/article/view/2129>.
- Zhao, H., Wei, Y., Wang, J., & Chai, T. (2019). Isolation and expression analysis of cadmium-induced genes from Cd/Mn hyperaccumulator *Phytolacca americana* in response to high Cd exposure. *Plant Biology*. 21(1): 15-24. <https://doi.org/10.1111/plb.12908>