Dampak Invasi *Acacia nilotica* terhadap komposisi tumbuhan bawah di Savana Bekol Taman Nasional Baluran

Nurmuliayanti Muis*[1], Titiek Setyawati[2], Sukisman Tjitrosoedirdjo[3], Y.M.D. Ratnadewi[4]
[1]Universitas Sulawesi Barat/Program Studi Pendidikan Biologi
Jalan Prof. Dr. Baharuddin Lopa, S.H, Talumung, Kab. Majene, Sulawesi Barat
[2]Forest Reseacrh and Development Centre
Jl. Gunung Batu, Bogor 16610, Jawa Barat
[3]SEAMEO BIOTROP
Jl. Raya Tajur KM. 6 Pakuan, Bogor Selatan, 16134 Jawa Barat
[4]Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680, Jawa Barat
*e-mail : nmuliayantimuis@unsulbar.ac.id

Abstrak

Invasi Acacia nilotica di kawasan savana Taman Nasional Baluran berhasil merubah vegetasi kawasan savana yang merupakan identitas dari TNB. Pasca pengendalian Acacia nilotica menunjukkan potensi permasalahan baru berupa dominasi gulma berdaun lebar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat dampak invasi A. nilotica pada komposisi vegetasi tumbuhan bawah di savana TNB. Metode yang digunakan yaitu analisis vegetasi pada dua lokasi yaitu lokasi yang masih terinvasi A. nilotica dan lokasi yang telah bebas dari invasi A. nilotica dengan menggunakan metode kombinasi jalur transek dan plot 2x2 meter dengan jarak antar plot 20 meter. Keseluruhan hasil penelitian kemudian diolah dengan menggunakan perhitungan nilai sum dominancy ratio untuk menganalisis komposisi penyusun vegetasi tumbuhan bawah, indeks similaritas, indeks keanekaragaman, indeks kemerataan, dan indeks dominansi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah gulma berdaun lebar pada lokasi yang terinvasi lebih banyak dibandingkan pada lokasi yang telah terbebas dari invasi A. nilotica sehingga invasi A. nilotica berdampak pada perubahan komposisi vegetasi savana TNB.

Kata kunci— *A. nilotica, baluran, savana bekol, gulma, jenis invasif*

Abstract

The invasion of Acacia nilotica in the savanna of Baluran National Park has succeeded in changing the vegetation of the savanna area which is the identity of TNB. The control of Acacia nilotica showed new potential problems in the form of domination of broadleaf weeds. The aim of this study was to examine the impact of A. nilotica invasion on the composition of the understorey vegetation in the savanna of TNB. The method used was vegetation analysis at two locations, namely locations that were still invaded by A. nilotica and locations that were absent from A. nilotica invasion using a combination method of transect lines and plots of 2x2 meters with a distance of 20 meters between plots. The overall results of the research were then processed using the calculation of the sum dominancy ratio value to analyze the composition of the understorey vegetation, similarity index, diversity index, evenness index, and dominance index. The results of this study indicated that the number of broadleaf weeds at the

invaded sites was higher than at sites that had been absent from A. nilotica invasion, so A. nilotica invasion had an impact on changes in the composition of the savanna vegetation in the national park.

Keywords— *A. nilotica, Baluran, Bekol savvana, Invasive species, Weed*

1. PENDAHULUAN

Tumbuhan asing invasif merupakan spesies tumbuhan yang tumbuh di habitat yang bukan habitat aslinya kemudian berkembang dan menguasai habitat barunya sehingga berdampak negatif terhadap keanekaragaman hayati, sosial ekonomi dan kesehatan masyarakat. Tumbuhan asing invasif mampu mengubah struktur vegetasi sehingga sangat berpengaruh terhadap keanekaragman hayati suatu ekosistem dimana ia berada, mengubah siklus nutrisi dalam tanah, dan menciptakan kompetisi dalam mererebutkan sumber daya seperti cahaya matahari, air, nutrisi dan ruang [1].

Savana yang merupakan identitas Taman Nasional Baluran (TNB) merupakan vegetasi yang mendukung keberlangsungan hidup satwa liar seperti banteng jawa (*Bos javanica*) yang merupakan ciri khas dari TNB. Awalnya area TNB didominasi oleh jenis tumbuhan rumput, tetapi saat ini mengalami perubahan komposisi vegetasi akibat invasi keberadaan jenis tumbuhan asing invasive yaitu *Acacia nilotica* [2,3,4]. *A. nilotica* merupakan tumbuhan legum berkayu berduri yang bersifat sangat invasif [5]. *A. nilotica* merupakan salah satu jenis tumbuhan asing invasif yang masuk dalam daftar prioritas penanggulangan di Australia. Tumbuhan asing invasif membutuhkan sebuah langkah strategis dalam pengendalian dan guna meminimalisir dampak pasca pengendalian baik itu secara fisik, kimia, biologis dan sosial [6,7,8].

Kelompok tumbuhan yang tumbuh dekat dengan permukaan tanah seperti rumput, herba, dan semak belukar merupakan vegetasi dasar yang memilki peran dalam konservasi tanah dan air [9,10]. Namun, keberadaan tumbuhan bawah berupa semak belukar di area savana TNB juga berdampak negatif terhadap populasi hewan herbivor yang menjadikan rumput sebagai bahan pakan utamanya. Kehadiran gulma berdaun lebar tentu menjadi permasalahan baru pasca pengendalian *A. nilotica*. Perubahan vegetasi savana menjadi semak belukar dan hutan karena invasi tumbuhan asing invasif menjadi permasalahan global yang telah lama menyita perhatian para peneliti.

Analisis vegetasi dapat memberikan informasi terkait jenis tumbuhan bawah apa saja yang mendominasi suatu area. Penelitian terkait analisis vegetasi savana di TNB sebelum dan sesudah pengendalian *A. nilotica* perlu dilakukan untuk melihat dampak invasi *A. nilotica* yang ditimbulkan pasca pengendalian sehingga dapat menjadi dasar dalam mengidentifikasi dan menentukan teknik pengendalian yang dapat diterapkan di TNB.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di bulan Maret 2015-September 2015 Savana Bekol, TNB, Jawa Timur.

2.2 *Metode Penelitian*

Analisis vegetasi dilakukan dengan metode kombinasi antara metode kuadran dan jalur transek. Penentuan lokasi pengamantan menggunakan metode proposive sampling. Pengambilan data vegetasi dilakukan di kawasan savana yang masih terinvasi *A. nilotica* dan kawasan savana yang telah terbebas dari tumbuhan *A.nilotica*.

2.3 Alat dan Bahan

Alat serta bahan yang digunakan selama pelaksanaan penelitian adalah meteran tancap 100 meter, petak yang terbuat dari tali plastik dengan ukuran 2x2 m, sasak, dan alkohol 70%.

2. 4. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini mencakup 3 tahap yaitu pengambilan data vegetasi, identifikasi tumbuhan dan dan analisis vegetasi

2.4.1 Pengambilan data vegetasi

Pengambilan data vegetasi dengan menggunakan kombinasi metode kuadrat dan jalur transek sepanjang 100 m. Pada setiap transek dibuat plot ukuran 2 × 2 m dengan jarak antar plot 20 m. Analisis vegetasi dilakukan di kawasan savana yang terinvasi *A. nilotica* dan kawasan savana yang telah diberi perlakuan pengendalian *A nilotica* yang kemudian disebut dengan kawasan yang tidak terinvasi *A. nilotica*. Setiap transek direplikasi 2 kali disetiap area yang telah ditentukan. Pengamatan vegetasi meliputi jenis dan jumlah spesies tumbuhan.

2.4.2 Identifikasi Tumbuhan

Identifikasi tumbuhan dilakukan melalui pengenalan spesies didampingi oleh staf Taman Nasional Baluran, dan menggunakan beberapa referensi seperti, Mayor weeds of the Philippines [11],*Flora of Java* [12], *Weeds of Rice in Indonesia* [13], dan Guide *Book Invasive Alien Species in Indonesia* [14].

2.4.3 Analisis Vegetasi

Analisis komposisi penyusun vegetasi tumbuhan bawah di Savana Bekol TNB dihitung dengan menggunakan parameter *Sum Dominancy Ratio* (SDR). Adapun parameter yang digunakan untuk menghitung komposisi tumbuhan bawah yaitu :

$$Kerapatan\ (K) = \frac{Jumlah\ Individu\ suatu\ spesies}{Luas\ seluruh\ petak}\ ind/Ha$$

$$Kerapatan\ Relatif\ (KR) = \frac{Kerapatan\ suatu\ spesies}{Kerapatan\ seluruh\ petak}\ \text{X}\ 100\%$$

$$Frekuensi\ (F) = \frac{Jumlah\ petak\ dijumpai\ \ suatu\ spesies}{Jumlah\ seluruh\ petak}$$

$$Frekuensi\ Relatif\ \ (FR) = \frac{Frekuensi\ suatu\ spesies}{Frekuensi\ seluruh\ petak}\ X\ 100\%$$

$$Sum\ dominance\ ratio\ (SDR)\ untuk\ tumbuhan\ bawah = \frac{KF\ +\ FR}{2}$$

Tingkat Keanekaragaman Spesies

$$H' = -\sum \text{Pi In Pi}$$

$$\text{Pi} = \frac{ni}{N}$$

Keterangan: H'= Indeks Keanekaragaman *Shannon-wiener*
Ni = Jumlah INP suatu spesies
N = Jumlah INP seluruh spesies

Tingkat Kemerataan Spesies

Nilai tingkat kemerataan spesies tumbuhan dihitung berdasarkan indeks Evenness. Nilai indeks kemerataan menunjukkan penyebaran individu tumbuhan di dalam spesies. Indeks ini dapat dihitung dengan rumus :

$$E = \frac{H'}{ln\ S}$$

Keterangan: H' = Indeks Keanekaragaman Shannon-Winner

S = Jumlah Spesies

Indeks Similaritas

$$(IS) = \frac{2c}{(a+b)} \times 100\%$$

c = Jumlah spesies yang sama terdapat pada lokasi I dan II
a = Jumlah spesies yang hanya ditemukan pada lokasi I
b = Jumlah spesies yang hanya ditemukan pada lokasi II

Dominansi Jenis

Indeks Dominansi (D) dihitung dengan rumus indeks dominansi Simpson

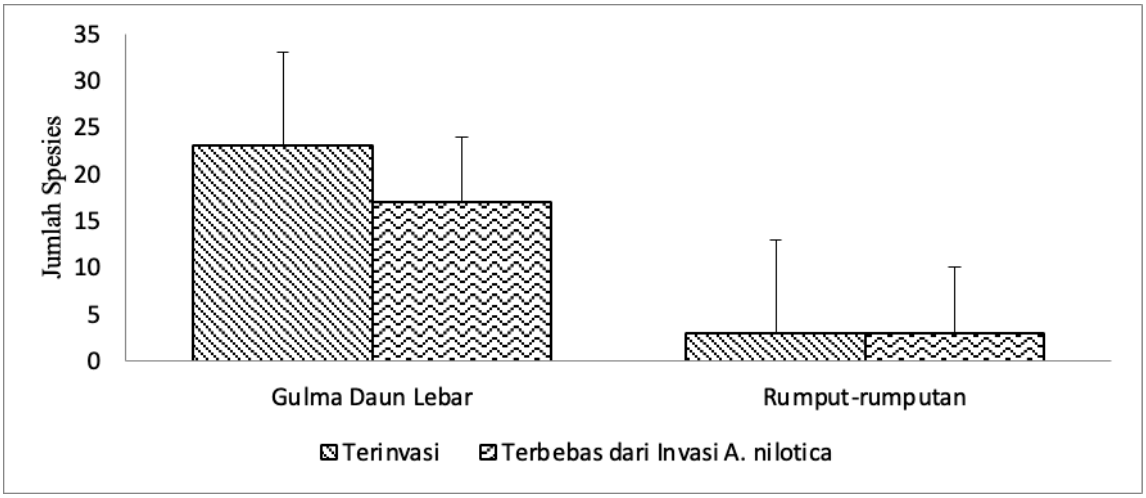
$$D = \sum (\frac{ni}{N})^2$$

Keterangan:
D = Indeks Dominansi Simpson

Ni = Jumlah Individu tiap spesies
N = Jumlah Individu seluruh spesies

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis vegetasi di savana Bekol TNB menunjukkan bahwa terdapat perubahan vegetasi pasca invasi dan pengendalian *A. nilotica* di savana Bekol TNB. Jumlah spesies tumbuhan pada masing-masing area pengambilan data menunjukkan jenis tumbuhan gulma berdaun lebar lebih banyak ditemukan pada vegetasi tumbuhan bawah dibandingkan dengan spesies rumput (Gambar 1). Hasil analisis vegetasi pada area yang diinvasi *A. nilotica* ditemukan 26 jenis tumbuhan yang terdiri dari 23 jenis gulma berdaun lebar dan tiga jenis rumput sedangkan pada lokasi yang tidak terinvasi ditemukan 19 speises tumbuhan yang terdiri atas 17 spesies gulma dan 3 jenis rumput. Keseluruhan hasil analisis vegetasi tumbuhan bawah pada kedua lokasi ditemukan 35 spesies tumbuhan yang terdiri dari tiga jenis rumput dan 32 jenis gulma berdaun lebar yang berasal dari 16 famili tumbuhan yang berbeda.



Gambar 1 Perbandingan antara jumlah jenis tumbuhan gulma berdaun lebar dan jenis rumput di Savana Bekol TNB

Hasil perhitungan nilai *sum dominance ratio* (SDR) menunjukkan bahwa jenis gulma berdaun lebar yang mendominasi di kawasan yang terinvasi *A. nilotica* yaitu *Bidens biternata, Merremia gemella*, dan *Brachiraria reptans* (Tabel 2). Tiga spesies tumbuhan dengan SDR tertinggi pada kawasan yang tidak terinvasi yaitu *Brachiaria ramosa*, *Calogoponium mucunoides*, dan *Brachiraria ramosa* (Tabel 2). Spesies tumbuhan dengan nilai SDR tertinggi berasal dari famili Poaceae dan famili Fabaceae.

Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa kedua lokasi vegetasi tumbuhan bawah didominasi oleh spesies tumbuhan yang berbeda. Kehadiran tumbuhan invasif mampu mengubah struktur dan dinamika vegetasi baik itu vegetasi tegakan maupun vegetasi simpanan biji [15,16]. Komposisi vegetasi merupakan hasil interaksi antar komponen ekosistem. Lokasi yang terinvasi oleh *A. nilotica* memberikan dampak negatif pada pertumbuhan rumput dikarenakan kurangnya intensitas cahaya yang diperoleh spesies rumput sehingga pertumbuhan spesies rumput tidak mampu berkompetisi pada kondisi tersebut sedangkan gulma berdaun lebar mampu tumbuh

pada kondisi tersebut. Pertumbuhan gulma berdaun lebar yang optimal menyebabkan jumlah simpanan biji gulma jauh lebih tinggi dibandingkan dengan simpanan biji rumput [16] sehingga setelah pasca pengendalian *A. nilotica* gulma berdaun lebar masih ditemukan.

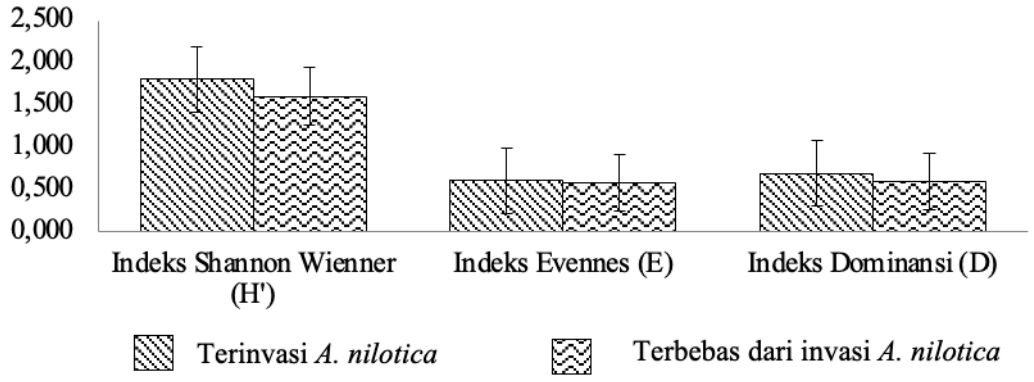
Tabel 1 Nilai sum dominance ratio spesies tumbuhan bawah di kawasan yang terinvasi dan tidak terinvasi A.nilotica

Famili	Nama Tumbuhan	SDR (%)	
		Terinvasi *A. nilotica*	**Tidak Terinvasi *A. nilotica***
Asteraceae	*Eleuthernanthera rudelaris*	0.97	1.1
	Ageratum conyzoides	4.81	-
	Bidens biternata	**30.66**	3.53
	Vernonia cinerea	1.54	1.02
Capparaceae	*Cleome aspera*	3.73	-
Convolvulaceae	*Merremia emarginata*	3.18	3.53
	Merremia gemella	**7.22**	-
Cyperaceae	*Cyperus* sp.	0.74	5.85
Euphorbiaceae	*Acalypha australis* L.	1.87	-
	Phyllanthus virgatus	0.74	2.26
	Phyllanthus urinaria	1.49	1.02
	Jatropha gossypiifolia	0.74	-
Fabaceae	*Aeschynomene americana*	1	-
	Mucuna pruriens	0.74	-
	Calogoponium muconoides	0.74	**11.82**
	Acacia nilotica	-	3.06
	Sesbania sericea	-	4.43
Lamiaceae	*Hyptis suaviolens*	3.95	-
Malvaceae	*Abelmoschus moschatus*	2.04	1.1
	Abutilon indicum	2.89	-
	Thespesia lampas	0.74	9.3
	Ocimum americanum	-	1.02
	Corchorus aestuans	2.76	-
	Sida sp.	0.8	-
	Abelmoschus ficulneus	-	2.04
Meliaceae	*Azadirachta indica*	2.27	-
Mimosaceae	*Mimosa invisa*	-	4.31
Poaceae	*Brachiaria reptans*	**9.12**	**30.83**
	Brachiaria ramosa	5.17	**10.6**
Rhamnaceae	*Zizhypus rotundifolia*	-	1.02
Verbenaceae	*Stachytarpeta jamaicensis*	5.89	1.02
Vitaceae	*Cayratia clematidea*	4.19	-
		100	100

Keterangan : SDR : *Sum dominance ratio*

Tumbuhan gulma berdaun lebar dapat memanfaatkan intensitas cahaya yang rendah untuk mendukung pertumbuhannya di bawah naungan, sehingga dominansi tumbuhan gulma berdaun lebar lebih tinggi. Tingkat kerapatan *A. nilotica* juga dapat mempengaruhi komposisi tumbuhan bawah di bawah naungan. Semakin tinggi tingkat kerapatan *A. nilotica* menyebabkan semakin rendah intensitas cahaya yang mencapai permukaan tanah, sehingga hanya spesies yang toleran terhadap naungan yang akan bertahan hidup pada kondisi lingkungan tersebut. Spesies tumbuhan berdaun lebar mampu bertahan di bawah naungan *A. nilotica* karena didukung oleh daya adaptasi yang tinggi untuk memperoleh sumber daya berupa cahaya, unsur hara, air maupun ruang [17, 18].

Savana TNB pada pertengahan musim hujan menunjukkan peningkatan dominansi gulma berdaun lebar dibandingkan jenis rumput. Invasi *A. nilotica* merupakan faktor utama dari perubahan vegetasi yang terjadi di savana TNB [19]. Invasi A. nilotica mengakibatkan tumbuhan bawah beradaptasi dengan kondisi ternaungi. Adanya naungan memicu berbagai mekanisme adaptif tumbuhan baik itu berupa perubahan morfologi, struktur jaringan hingga karakteristik fisiologi tumbuhan ([20] Beberapa penelitian memeprlihatkan perubahan morfologi dan anatomi tumbuhan terhadap naungan. Perubahan tersebut mencakup peningkatan tinggi tanaman, luas daun dapat mencapai 46,22%, pengurangan ukuran ketebalan daun mwncapai 5,2%, dan peningkatan jumlah stomata perhelaian daun hingga 15,91%, nilai tersebut bergantung pada persentase naungan yang diberikan. Dampak naungan pada fisiologi gulma berdaun lebar mepengaruhi laju pertumbuhan, perubahan kandungan N hingga mencapai 50% dan peningkatan kadar klorofil pada persentase naungan 25 persen ([21, [22], [23]). Selain itu tumbuhan invasif memiliki pola persebaran yang berdampak negatif terhadap kemerataan jenis, komposisi, keanekaragaman tumbuhan pada kawasan yang terinvasi [24][20]. Tumbuhan invasif dapat beradaptasi dan bersaing dengan baik dipengaruhi oleh terjadinya perubahan struktur komunitas, perubahan tingkat tropik, perubahan siklus nitrogen, air, dan adanya zat beracun berupa alelopati [25,26][21,22]. Sedangkan peningkatan keanekaragaman tumbuhan dibawah tegakan *A. nilotica* karena perubahan kandungan bahan organik dalam tanah dan kapasitas tukar kation yang meningkat berdampak pada peningkatan pertumbuhan gulma berdaun lebar [19].



Gambar 2 Indeks keanekaragaman, indeks kemerataan spesies dan indeks dominasi di kawasan yang terinvasi dan terbebas dari invasi A. nilotica.

Brachiaria merupakan jenis rumput yang dapat tumbuh pada kondisi cahaya yang rendah sampai sedang [27,28][23,24]. Tjitrosoedirjo et al [16] menyatakan bahwa

pada kawasan yang terinvasi *A. nilotica* ditemukan jenis rumput dengan persentase mencapai 33% dari total luasan kawasan yang diinvasi oleh A. nilotica dan selebihnya didominasi oleh gulma berdaun lebar. Gulma berdaun lebar merupakan jenis tumbuhan C3 yang mampu memanfaatkan intensitas cahaya yang rendah secara maksimal untuk mendukung pertumbuhannya pada kondisi ternaungi jika dibandingkan dengan jenis rumput-rumputan naungan [29,30][25,26]. Selain itu peningkatan kadar CO_2 yang menyebabkan perubahan iklim secara global merupakan salah satu faktor yang meningkatkan pertumbuhan gulma berdaun lebar [18,31]. Jenis tumbuhan C3 memilki mekanisme tersendiri pada proses metabolismenya apabila konsentrasi CO_2 di udara rendah. Apabila jumlah CO_2 di udara rendah maka enzim rubisco akan mengikat O_2 sehingga proses fotorespirasi terjadi. Sehingga saat kadar CO_2 meningkat di udara maka laju asimilasi tumbuhan C3 akan meningkat. Afinitas enzim rubisco akan meningkat pada CO_2 sehingga menekan aktivitas fotorespirasi [18].

Jenis rumput-rumputan merupakan tumbuhan C4. Jenis tumbuhan C4 banyak ditemukan pada area yang terbuka dan dengan intensitas cahaya yang tinggi [32] Tumbuhan C4 memiliki mekanisme peningkatan kadar CO_2. Fosfoenolpiruvat akan memfiksasi CO_2 dengan bantuan enzim PEP karboksilase. CO_2terfiksasi tersebut kemudian dibawa ke sel mesofil kemudian dipecah ke dalam bentuk asam piruvat dan CO_2. Sehingga peningkatan CO_2 di udara tidak berdampak pada asimilasi tumbuhan C4 [33,32].

Savana merupakan tempat tumbuh yang efesien bagi jenis tumbuhan C4. Intensiats cahaya melimpah mendukung pertumbuhan yang optimal bagi jenis rumput sehingga sebagai jenis tumbuhan perintis, rumput akan tumbuh menguasai kawasan savana. Namun invasi *A. nilotica* mengakibatkan perubahan struktur vegetasi savana. Perubahan vegetasi juga dapat dilihat pada hasil perhitungan nilai Indeks Shannon-Wienner (H'), Indeks Evennes (E) dan indeks Dominansi (D) yang relatif rendah pada area yang terbebas dari terinvasi *A. nilotica* dibandingkan dengan area yang masih terinvasi *A. nilotica*. Rendahnya nilai indeks Shannon-Wienner (H') tersebut menunjukkan rendahnya keberagaman pada komunitas tumbuhan di area terbebas dari invasi *A. nilotica*. Nilai indeks Evennes (E) dan indeks Dominansi (D) yang relatif rendah pada kedua lokasi tersebut dan hasil perhitungan indeks similaritas menunjukkan bahwa kedua lokasi memiliki tingkat kesamaan yang rendah (Gambar 2). Hasil perhitungan indeks similaritas (IS) menunjukkan bahwa kedua lokasi penelitian memiliki tingkat kesamaan yang rendah yang ditunjukkan dengan nilai IS yang rendah (IS = 5.357%). Nilai indeks H', E dan D pada area yang terinvasi *A. nilotica* yang relatif lebih tinggi menunjukkan keanekaragaman tumbuhan bawah yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi yang telah bebas dari invasi *A. nilotica*.

Rendahnya nilai Indeks similaritas mengindikasikan bahwa komposisi jenis yang menyusun komunitas tersebut berbeda. Perbedaan serta rendahnya nilai indeks E dan D tersebut menunjukkan adanya tumbuhan yang mendominasi pada kedua lokasi tersebut. Area yang terinvasi *A. nilotica* didominasi oleh *B. biternata* sedangkan pada area yang terbebas dari invasi *A. nilotica* didominasi oleh *B. reptans*. Pengendalian *A. nilotica* menyebabkan penurunan jumlah tegakan *A. nilotica*. Namun pengendalian tersebut ternyata masih menyisahkan permasalahan baru dimana jenis gulma berdaun lebar tumbuh dengan baik di kawasan savana. Biji yang tersimpan dalam tanah dan berbagai interaksi yang terjadi di kawasan savana mengakibatkan pertumbuhan dan persebaran jenis gulma berdaun lebar meluas. Keseluruhan aspek yang diakibatkan oleh invasi *A. nilotica* menyebabkan sulitnya jenis rumput-rumputan bersaing dengan gulma

berdaun lebar. Hal tesebut dapat dilihat dari rendahknya tingkat kesamaaan antar dua lokasi penelitian tersebut.

4. KESIMPULAN

Invasi *A. nilotica* berpengaruh pada perubahan komposisi struktur vegetasi tumbuhan bawah di kawasan savana Bekol TNB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada FORIS Project Indonesia atas dukungan dalam bentuk financial sehingga penelitian ini berjalan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Witt A. 2017. Panduan Spesies Tumbuhan Naturalisasi dan Invasif : wilayah Asia Tenggara. CABI.

[2] Qirom, M. A., Andriani, S., Azwar, F., & Octavia, D. (2007). Pengaruh Pembebasan Jenis Akasia Berduri Acacia nilotica (L.) Willd. ex Del terhadap Komposisi Jenis Tumbuhan Penyusun Savana dan Kualitas Savana di Taman Nasional Baluran, Jawa. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, *4*(6), 573-582.

[3] Djufri, D. (2009). Penurunan kualitas savana bekol sebagai feeding ground bagi rusa (Cervus timorensis) dan banteng (Bos javanicus) di Taman Nasional Baluran Jawa Timur. *Biologi Edukasi: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, *1*(2), 29-33.

[4] Padmanaba, M., Tomlinson, K. W., Hughes, A. C., & Corlett, R. T. (2017). Alien plant invasions of protected areas in Java, Indonesia. *Scientific Reports*, *7*(1), 1-11.

[5] Kriticos, D. J., Sutherst, R. W., Brown, J. R., Adkins, S. W., & Maywald, G. F. (2003). Climate change and the potential distribution of an invasive alien plant: Acacia nilotica ssp. indica in Australia. *Journal of applied ecology*, *40*(1), 111-124.

[6] Osunkoya, O. O., Froese, J. G., Nicol, S., Perrett, C., Moore, K., Callander, J., & Campbell, S. (2019). A risk- based inventory of invasive plant species of Queensland, Australia: Regional, ecological, and floristic insights. *Austral Ecology*, *44*(7), 1123-1138.

[7] Siregar, M., Purnomo, D. W., & Iryadi, R. (2021). Impact of Invasive Alien Species-Acacia nilotica on the Remnant Dry Deciduous Forest of Palu Valley, Central Sulawesi, Indonesia. *Annual Research & Review in Biology*, 97-111.

[8] Sutomo, S., Van Etten, E. D. D. I. E., & Wahab, L. (2016). Proof of Acacia nilotica stand expansion in Bekol Savanna, Baluran National Park, East Java, Indonesia through remote sensing and field observations. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *17*(1).

[9] Hilwan, I., Mulyana, D., & Pananjung, W. G. (2013). Keanekaraaman jenis tumbuhan bawah pada tegakan sengon buto (Enterolobium cyclocarpum Griseb.) dan trembesi (Samanea saman Merr.) di lahan pasca tambang batubara PT Kitadin,

Embalut, Kutai Kartanagara, Kalimantan Timur. *Jurnal Silvikultur Tropika*, *4*(1), 6-10.
[10] Indriyani, L., Flamin, A., & Erna, E. (2017). Analisis keanekaragaman jenis tumbuhan bawah di hutan lindung Jompi. *Ecogreen*, *3*(1), 49-58.
[11] Moody, K., Munroe, C.E., Lubigan, R.T., Paller, E.C. 1984. Major Weeds of the Philippines. Weed Science Society of The Philippines: Phlippines.
[12] Backer, C. A., & Bakhuizen Van Den Brink, R. C. 1965. Flora of Java (Spermatophytes only). Vol. 2. Angiospermae, families 111-160.
[13] Soerjani M, Koesterman AJGH, Tjitrosoepomo G. 1987. *Weeds of Rice in Indonesia*. Balai Pustaka:Jakarta.
[14] Setyawati T, Nuralita S, Bahri IP, Raharjo GT. 2015. *A Guide Book to Invasive Plant Species in Indonesia*. FORIS-Indonesia and FORDA: Bogor.
[15] Kohli, R. K., Dogra, K. S., Batish, D. R., & Singh, H. P. (2004). Impact of invasive plants on the structure and composition of natural vegetation of northwestern Indian Himalayas1. *Weed Technology*, *18*(sp1), 1296-1300.
[16] Muis, N., Setyawati, T., Tjitrosoedirdjo, S., & Ratnadewi, Y. M. D. (2018). Estimating the abundance and composition of soil seed bank at Bekol Savanna in Baluran National Park, West Java. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, *7*(2), 131-140.
[17] Radosevich SR, Holt JS, dan Ghersa CM. 2007. *Ecology of Weeds and Invasive Plants : Relantionship to agriculture and natural resource management*. New Jersey (US): John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
[18] Ziska H L & Jeffrey S D. 2011. *Weed Biology and Climate Change*. Blackwell Publishing Ltd: Iowa USA.
[19] Tjitrosoedirdjo S, I Mawardi, Setiabudi, Syaiful, Sri S Tjitrosoedirdjo. 2013. Chemical control of *Acacia nilotica* under medium density regime populations and broadleaved weeds in Bekol Savanna, Baluran National Park East Java Indonesia. Didalam: Bakar B, Kurniadi D, Tjitrosoediro S. (eds). *The Role of Weed Science in Supporting Food Security by 2020*. 2013 Oktober 22-25; Bandung, Indonesia. Bandung (ID): APWSS. hlm 264 – 270.
[20] Lavine JM, Vila MD, D'Antonio CM, Dukes JS, Grigulis K, Lavorel S. 2003. Mechanisms underlying the impact of exotic plant invasions. *Phil Trans Royal Soc Of London Ser. B*. 270: 775-781.
[21] Shigesada N, Kawasaki K. 1997. Biological invasions: Theory and practice. Oxford University Press: Oxford UK.
[22] Sunardi. 2015. Populasi dan Autekologi *Acacia decurrens* (Wendl.)Wild.di Taman Nasinonal Gunung Merapi. [Tesis]. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
[23] Olsrud, M., & Michelsen, A. (2009). Effects of shading on photosynthesis, plant organic nitrogen uptake, and root fungal colonization in a subarctic mire ecosystem. *Botany*, *87*(5), 463-474.
[24] Mahfudz, M. 2006. Kajian Sifat Ekofisiologi Tiga Jenis Gulma Di Bawah Naungan Study of Ecophysiological Characteristics on Three Species of Weed Under Shade. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, *6*(1), 116216.
[25] Kawuryan, S. H. E. 2012. Kajian pertumbuhan Salvinia molesta pada intensitas cahaya yang berbeda. Agrivet 18: 1–8.

[26] Colbach, N., Gardarin, A., & Moreau, D. (2019). The response of weed and crop species to shading: Which parameters explain weed impacts on crop production?. *Field Crops Research*, *238*, 45-55.

[27]Wahab AH. 2016. Forage in Oil Palm and Rubber Plantations in Malaysia.[Internet]. Tersedia di http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/proceedings/manado/chap4.htm. [Diunduh 5 Januari 2023].

[28] Wong CC. 1990. Shade tolerance of tropical forages: A review. 27-29 June 1990. Bali (ID). *Proc. of Workshop on Forages for Plantation Crops*. hl 64-69.

[29] Anderson JM, Chow WS, Park YI. 1995. The Grand design of photosynthesis acclimation of the photosynthetic apparatus to environmental cues. *Photosyn Res*. 46: 129-139

[30]CABI:Centre for Agriculture and Bioscience International. Bidens pilosa(Blackjack). 2015. [Internet].. Tersedia pada http://www.cabi.org/isc/datasheet/9148. [diunduh 5 Januari 2023]

[31] Korres NE, Norsworthy JK, Tehranchian P, Gitsopoulos TK, Loka DA, Oosterhuis DM, Gealy DR, Moss SR, Burgos NR, Miller MR (2016) Cultivars to face climate change effects on crops and weeds: a review. Agron Sustain Dev 36:12

[32] Song, A. N. (2012). Evolusi fotosintesis pada tumbuhan. *Jurnal Ilmiah Sains*, *12*(1), 28-34.

[33] Lambers H., Pons TL., & Chapin FS. Plant Physiological Ecology. 2nd Ed. Springer Science. New York.