

Stomata Rumput-rumputan di Lahan Bekas Tambang Timah di Bangka

Stomata of Grass in The Ex Tin-Mining Land in Bangka

Savira¹, Eddy Nurtjahya^{1*}, Ratna Santi²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi,
Universitas Bangka Belitung

*E-mail: eddy_nurtjahya@yahoo.com

ABSTRACT

Tin-mined land experiences drought, high light intensity, and temperature which is less supportive of plant growth. The study observed the anatomical responses of grasses leaves. This study aims to measure stomatal density, stomatal index, guard cell length, and guard cell width of three grass species that grow naturally in ex tin-mined land and in undisturbed land. Description method carried out based on the paradermal incision resulted in the wholemount method. The results showed each grass species has a different response to their different habitats. The stomatal density of *Imperata cylindrica* and *Paspalum conjugatum* collected from ex tin-mined land were higher than to those plants collected from undisturbed land, however the stomatal density in *Scleria levis* showed the opposite result. Stomatal index of all three species increases in ex tin-mined land were higher than in undistributed land. Guard cell lengths of *I. cylindrica* and *P. conjugatum* were smaller than those in undistributed land, but *Scleria levis* showed the opposite result. Guard cell width of *I. cylindrica* and *S. levis* were wider than those in undistributed land, but *P. conjugatum* showed the opposite result. These responses may reflect their adaptiveness to tin soils.

Keywords: Stomata, grass leaves, post tin-mined land, Bangka.

PENDAHULUAN

Lahan bekas tambang memiliki sifat fisik maupun kimia yang buruk bagi pertumbuhan tumbuhan. Hilmi (2018) menyatakan bahwa lahan bekas tambang menyebabkan kerusakan struktur tanah, penurunan jumlah mikroba tanah, menurunnya bahan organik, serta tingginya kandungan logam berat. Karakteristik tanah lahan bekas tambang timah berdasarkan penelitian Hamid *et al.* (2017) menyebutkan bahwa tekstur tanah berpasir, pH tanah tergolong sangat masam pH 3,46 dan asam pH 5,30, kadar N-total (0,022%), C-organik (0,106%) dan P-tersedia (4,05%) tergolong sangat rendah, serta kapasitas tukar kation (6,53%) tergolong rendah.

Lahan bekas tambang mengalami cekaman kekeringan, intensitas cahaya dan suhu yang tinggi. Rata-rata pengukuran pagi dan sore di lahan bekas tambang timah di Bangka memiliki intensitas cahaya $1232,6 \pm 174,6$ lux, sedangkan intensitas cahaya di hutan sekunder $686,8 \pm 86,1$ lux (Wahyono, 2017). Kondisi tanah lahan bekas tambang timah yang ekstrim menyebabkan sulitnya vegetasi tumbuh di lahan bekas tambang timah (Sukarman & Gani, 2017).

Tumbuhan yang ditemukan pada lahan bekas tambang merupakan tumbuhan yang adaptif terhadap cekaman seperti kondisi tanah

yang buruk, suhu yang tinggi, dan cekaman air serta tingginya kandungan logam (Khodijah *et al.*, 2016). Stomata berperan penting sebagai salah satu alat beradaptasi tumbuhan terhadap kondisi lingkungan yang mengalami cekaman kekeringan serta suhu yang tinggi (Istiqomah *et al.*, 2010). Tumbuhan revegetasi *Syzygium grande* Wall., *Calophyllum inophyllum* L., dan *Vitex pinnata* L. di lahan bekas tambang timah (Nurtjahya *et al.*, 2011), dan *Commersonia bartramia* (L.) Merr., *Syzygium garcinifolium* Merr., dan *Trema orientalis* L. di lahan bekas tambang timah memiliki kerapatan stomata lebih tinggi dibandingkan kerapatan stomata pada tumbuhan di lahan tidak terganggu (Juairiah, 2014). Tumbuhan lain yang ditemukan pada lahan bekas tambang timah adalah rumput-rumputan (Nurtjahya *et al.* 2011; Juairiah 2014).

Rumput-rumputan dari famili *Cyperaceae* dan *Poaceae* adalah tumbuhan perintis pada lahan bekas tambang timah (Nurtjahya *et al.*, 2009). Nurtjahya *et al.* (2016) menyebutkan bahwa pengukuran kerapatan stomata, ketebalan daun, ketebalan jaringan palisade, ketebalan jaringan bunga karang, ketebalan epidermis, ketebalan kutikula, dan rasio konduktivitas akar dapat digunakan untuk melihat kemampuan beradaptasi tumbuhan terhadap tanah yang ditambang. Kajian terhadap

respons anatomis tumbuhan di lahan bekas tambang timah bermanfaat dalam penentuan kriteria pemilihan jenis tumbuhan yang adaptif di lahan bekas tambang timah. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kerapatan dan indeks stomata, mengukur panjang dan lebar sel penjaga pada daun rumput-rumputan di lahan bekas tambang timah di Bangka.

METODE

Waktu dan tempat enelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai April 2020. Sampel daun rumput yang tumbuh di bekas tambang timah diambil dari lahan bekas tambang timah di Danau Kaolin, Desa Nibung, Kecamatan Koba, Kabupaten Bangka Tengah dan sampel daun rumput rumputan kontrol diambil dari hutan sekunder (non-tambang) di Desa Balunujuk, Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka (Gambar 1). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Botani, Universitas Bangka Belitung.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel penelitian rumput-rumputan di lahan bekas tambang timah (▲); di hutan (■)

Lokasi Danau Kaolin adalah lokasi bekas tambang timah yang tidak direvegetasi sehingga jenis tumbuhan yang ada merupakan jenis perintis di lahan bekas tambang timah tersebut dan mewakili lokasi bekas tambang timah dengan cekaman kekeringan yang tinggi.

Pengambilan dan preparasi sampel

Pemilihan tumbuhan sebagai sampel penelitian berdasarkan keberadaannya di lokasi bekas tambang timah penelitian yaitu rumput *Imperata cylindrica* (Poaceae), *Paspalum conjugatum* (Poaceae), dan *Scleria levis* (Cyperaceae) (Gambar 2). Ketiga jenis tumbuhan tersebut adalah jenis rumput-rumputan yang dijumpai di lokasi penelitian.

Identifikasi jenis tumbuhan dilakukan dengan membandingkan dengan koleksi Herbarium Bangka Belitungense di Universitas Bangka Belitung. Ketepatan *author name* jenis dicocokkan secara daring dengan laman <https://powo.science.kew.org/>.

Setiap spesies diambil tiga ulangan individu dan setiap individu dipilih tiga ulangan helaian daun. Daun yang dipilih sebagai sampel adalah daun yang tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda, utuh, segar

dan tidak terserang penyakit, yang terletak antara posisi daun ketiga sampai dengan kelima dari pucuk.

Pengukuran luas daun

Pengukuran luas daun dilakukan dengan menjiplakkan helaian daun di atas kertas milimeter.

Pembuatan sediaan

Sampel daun digunting dengan ukuran sekitar 3 cm x 4 cm dan dimasukkan ke dalam botol sampel plastik yang berisi alkohol 70%. Sediaan paradermal daun dibuat mengikuti metode *wholemout* (Sass, 1951). Daun yang telah difiksasi dengan alkohol 70% selama 72 jam, kemudian dicuci dengan akuades dan dilunakkan dengan merendam dalam larutan HNO₃ 35%, selama 24 jam sampai warna daun mengalami perubahan menjadi kuning sampai coklat, kemudian sampel dicuci dengan air, selanjutnya dilakukan penyayatan daun bagian adaksial dan abaksial dengan silet. Hasil sediaan direndam dalam larutan pemutih 262,5 ppm NaClO sekitar 2-4 menit sampai hasil sediaan menjadi bening, kemudian sediaan dicuci dengan akuades. Selanjutnya sediaan diletakkan pada gelas benda dan sediaan ditetesi dengan larutan *safranin* 0,5% sekitar 3-4 menit dan dilanjutkan ditetesi gliserin 30%. Preparat ditutup dengan gelas penutup.

Pengamatan sediaan

Preparat diamati setiap bidang pandang yakni jumlah stomata, jumlah sel epidermis dan panjang dan lebar sel penjaga dengan masing-masing tiga ulangan secara acak setiap bidang pandang. Pengamatan preparat di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400 kali pada 5 area bidang pandang untuk masing-masing ulangan individu spesies tumbuhan. Luas bidang pandang adalah 0,1589 mm². Pengukuran panjang sel penjaga dan lebar sel penjaga dilakukan pada tiga sampel daun yang berasal dari tiga individu setiap jenis dengan ulangan tiga kali, dan masing-masing diukur pada lima bidang pandang dengan mikrometer okuler. Kalibrasi dilakukan dengan meletakkan mikrometer obyektif pada meja mikroskop dan selanjutnya mencari skala yang berimpit dari dua mikrometer tersebut pada perbesaran 10x40.

Analisis data

Data setiap parameter dari setiap jenis rumput-rumputan berasal dari rata-rata dari hasil pengukuran tiga helaian daun dari masing-masing tiga individu dan masing-masing dari hasil pengukuran lima bidang pandang.

Data setiap parameter dibandingkan antara spesies di lahan bekas tambang timah dengan spesies yang sama yang tumbuh di lahan tidak terganggu.

Kerapatan stomata (KS) diperoleh dengan menggunakan rumus (Wilmer, 1983) sebagai berikut:

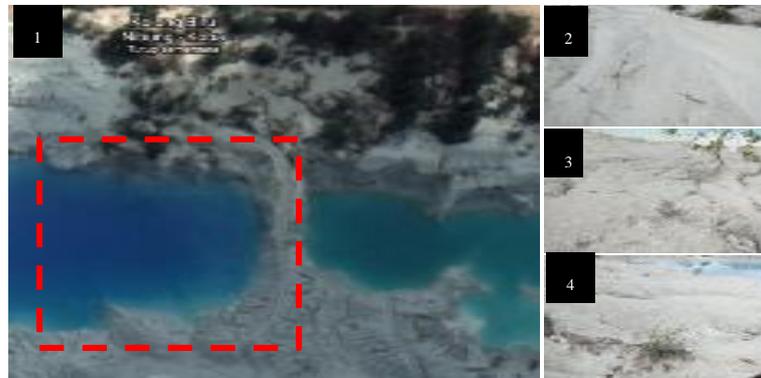
$$KS = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang (mm}^2\text{)}}$$

Indeks stomata (IS) diperoleh dengan menggunakan rumus (Wilmer, 1983) sebagai berikut:

$$IS = \frac{\text{Jumlah stomata}}{(\text{Jumlah stomata} + \text{Jumlah sel epidermis})} \times 100$$

Analisis statistik Uji-t *independents sample t-test*

dengan taraf kepercayaan 95% untuk membandingkan setiap parameter anatomi daun antara tumbuhan di lahan bekas tambang timah dan di hutan.



(1) luas ± 2 hektar (skala 1:30.000 cm); spesies *I. cylindrica* (2); spesies *P. conjugatum* (3); spesies *S. levis* (4). Keterangan spesies: A= *I. cylindrica*; B= *P. conjugatum*; C= *S. levis*; dan keterangan jumlah individu: + = sedikit; ++ = banyak; +++ = sangat banyak.

Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel penelitian di lahan bekas tambang timah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan berupa adaptasi anatomi. Rindyastuti & Hapsari (2017) menyebutkan bahwa karakter struktur anatomi daun dapat digunakan untuk menduga pola adaptasi tumbuhan terhadap faktor-faktor lingkungan. Hasil penelitian adaptasi anatomi daun pada berbagai faktor lingkungan telah dilaporkan, yakni terhadap intensitas cahaya (Samsuri 2013), cekaman air (Sukarman *et al.*, 2000), lahan bekas tambang emas (Hilmi, 2018), dan terhadap lahan bekas tambang timah (Nurtjahya *et al.*, 2011; Nurtjahya *et al.*, 2016; Juairiah, 2014).

Terdapat perbedaan hasil pengukuran kerapatan stomata, indeks stomata, panjang sel penjaga, dan lebar sel penjaga dari masing-masing ketiga jenis rumput-rumputan yang tumbuh di lahan bekas tambang timah dan di hutan. Tiap jenis rumput menunjukkan

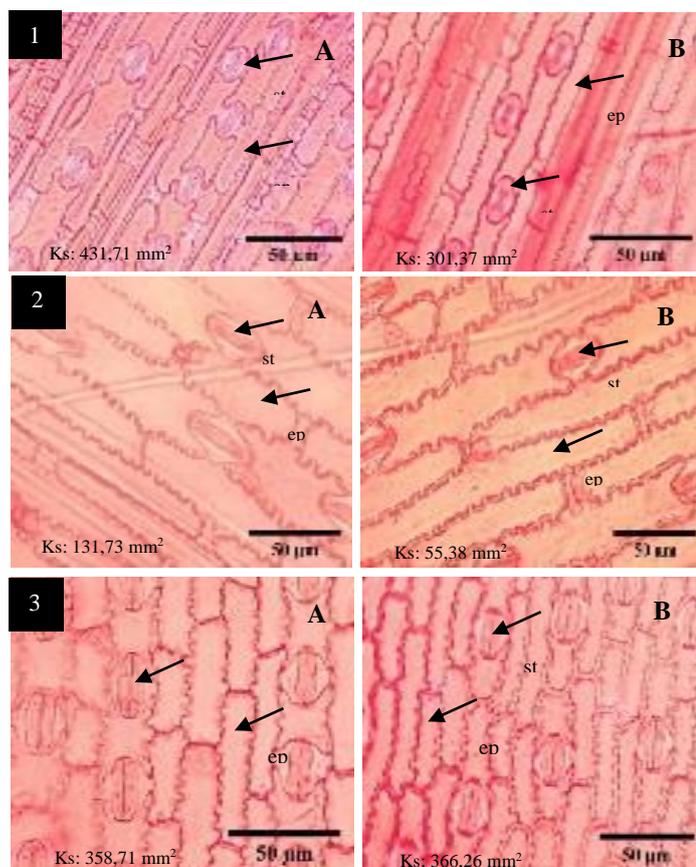
perbedaan respons di masing-masing lahan pada kerapatan stomata, indeks stomata, panjang sel penjaga, dan lebar sel penjaga.

Hasil pengukuran anatomi paradermal daun *I. cylindrica* yang tumbuh di lahan bekas tambang timah dengan di hutan menunjukkan beda nyata pada kerapatan stomata, indeks stomata, dan lebar sel penjaga. Daun *P. conjugatum* menunjukkan adanya beda nyata pada kerapatan stomata, indeks stomata, dan panjang sel penjaga antara yang tumbuh di lahan bekas tambang timah dengan yang di hutan dan pada daun *S. levis* ditemukan beda nyata pada lebar sel penjaga antara yang tumbuh di lahan bekas tambang timah dan di hutan (Tabel 1). Stomata daun *I. cylindrica*, dan *P. conjugatum* dan *S. levis* memiliki susunan yang sejajar dengan sel epidermis (Gambar 3). Stomata *I. cylindrica*, dan *P. conjugatum* termasuk tipe amfistomatik, dan stomata *S. levis* termasuk tipe hipostomatik (Fahn, 1991).

Tabel 1. Pengukuran anatomi stomata daun *Imperata cylindrica*, *Paspalum conjugatum* dan *Scleria levis* yang dikoleksi dari hutan dan area bekas tambang timah

Parameter	<i>I. cylindrica</i>		<i>P. conjugatum</i>		<i>S. levis</i>	
	Hutan	LBTT	Hutan	LBTT	Hutan	LBTT
Kerapatan stomata (mm ²)	301,37 *	431,71	55,38 *	131,73	366,26	358,71
Indeks stomata (%)	16,13 *	30,9872	15,88 *	22,92	19,04	23,22
Panjang sel penjaga (µm)	23,16	21,8607	63,20 *	54,07	22,29	23,21
Lebar sel penjaga (µm)	2,53 *	3,1389	8,53	7,75	5,74 *	6,29

Keterangan LBTT: Lahan bekas tambang timah; *: Beda nyata uji-t, taraf kepercayaan 95%



Gambar 3. Sayatan paradermal daun *I. cylindrica* (1); *P. conjugatum* (2); *S. levis* (3). Keterangan: A=lahan bekas tambang timah; B=hutan; st=stomata; ep=epidermis; ks=kerapatan stomata

Kerapatan stomata daun *I. cylindrica* dan *P. conjugatum* di lahan bekas tambang timah lebih tinggi secara nyata dibandingkan di hutan, sedangkan daun *S. levis* memiliki kerapatan stomata yang cenderung lebih rendah di lahan bekas tambang timah dibandingkan di hutan. Kerapatan stomata dipengaruhi oleh faktor lingkungan diantaranya yaitu, intensitas cahaya, temperatur, kelembapan dan konsentrasi CO₂ di udara (Harahap, 2012). Konsentrasi CO₂ yang tinggi di udara akan menurunkan konduktansi stomata (buka-tutup stoma) yang akan menyebabkan transpirasi spesies tersebut menjadi rendah (Sopandie, 2013).

Perbedaan kerapatan stomata pada ketiga jenis tumbuhan yang tumbuh di lahan bekas tambang timah dan yang tumbuh di hutan diduga merupakan respons jenis tumbuhan terhadap lingkungan yang lebih kering dan untuk memperoleh penyinaran matahari yang lebih banyak. Perbedaan kerapatan tersebut diduga karena terjadi perubahan luas daun sebagai respons atas cekaman kekeringan dan

perbedaan respons setiap jenis. Intensitas cahaya di lahan bekas tambang timah lebih tinggi dibandingkan di lahan tidak terganggu. Berdasarkan penelitian Sari *et al.* (2017), lahan bekas tambang timah memiliki intensitas cahaya 38,07 Klx dan di hutan 4,21 Klx. Kerapatan stomata beberapa spesies tumbuhan di lahan bekas tambang timah bervariasi Tabel 2. Tumbuhan *Vitex pinnata* beradaptasi paling baik di lahan bekas tambang timah berdasarkan pengukuran kerapatan stomata, dan panjang dan lebar sel penjaga (Juairiah, 2014), dan berdasarkan penelitian Nurtjahya *et al.* (2011), *V. pinnata* lebih adaptif berdasarkan hasil pengukuran anatomi daun, konduktivitas akar, kandungan nitrogen dan klorofil daunnya. Adaptabilitas suatu tumbuhan dapat dilihat pada mekanisme toleransi terhadap cekaman lingkungannya.

Kerapatan stomata *S. levis* yang lebih rendah di lahan bekas tambang timah diduga sebagai adaptasi yang baik dalam mengatur kehilangan air pada proses laju transpirasi yang lebih

rendah dari jenis ini. Berdasarkan Sopandie (2013), mekanisme adaptasi tumbuhan salah satunya, *dehydration tolerance* merupakan kemampuan tumbuhan menjaga proses metabolisme tetap berlangsung normal meskipun pada kondisi cekaman kekeringan dan potensial air jaringan rendah. Berdasarkan penelitian Juairiah (2014), kerapatan stomata *V. pinnata* yang lebih rendah di lahan bekas tambang timah sebagai bentuk adaptasi proses transpirasi yang lebih efisien pada daerah yang cekaman kekeringan. Kerapatan stomata yang rendah dilaporkan pada varietas padi yang tahan kekeringan (Lestari, 2006). Kerapatan stomata yang rendah lebih efisien dalam adaptasi terhadap lingkungan yang kering (Rindyastuti & Hapsari, 2017).

Dari hasil penelitian lain, dilaporkan bahwa peningkatan kerapatan stomata jenis tanaman yang tumbuh di lokasi yang mengalami cekaman kekeringan dan intensitas cahaya yang tinggi. Indeks stomata meningkat mengikuti jumlah stomata. Pada penelitian ini indeks stomata pada tiga jenis rumput-rumputan di lahan bekas tambang timah meningkat nyata (*I. cylindrica* dan *P. conjugatum*) dan cenderung meningkat (*S. levis*) dibandingkan dengan di hutan. Penelitian Istiqomah *et al.* (2010) menyebutkan bahwa *Hedyotis corymbosa* L. memiliki indeks stomata yang lebih tinggi pada perlakuan intensitas cahaya tinggi dan ketersediaan air terbatas. Pada penelitian Perkasa *et al.* (2017), jumlah stomata pada tanaman kedelai yang ditanam tanpa naungan lebih banyak dibandingkan kedelai yang ditanam di bawah naungan.

Kerapatan stomata yang meningkat nyata pada *I. cylindrica* dan *P. conjugatum* di lahan bekas tambang diduga terkait dengan luas daun yang lebih kecil, kecuali kerapatan stomata *S. levis* di lahan bekas tambang cenderung lebih rendah. Luas daun dari ketiga jenis rumput-rumputan di lahan bekas tambang timah cenderung lebih kecil dibandingkan luas daun masing-masing jenis di hutan (Tabel 3). Berkurangnya luas daun dari ketiga jenis rumput di lahan bekas tambang timah diduga adaptasi pada lingkungan tumbuh yang tidak mendukung, dan berkurangnya luas daun juga mengurangi luas daun dalam menerima cahaya matahari dan berakibat juga pada penurunan transpirasi. Pola peningkatan kerapatan stomata dan penurunan luas daun yang berbeda dari ketiga jenis rumput yang diteliti, diduga dipengaruhi oleh biologi setiap jenisnya.

Peningkatan kerapatan stomata dan berkurangnya luas daun tanaman yang tercekam air bertujuan mengurangi transpirasi (Juairiah 2014). Transpirasi yang rendah disebabkan karena penutupan stomata (Sopandie 2013). Hal ini merupakan respons atas cekaman kekeringan, asam absisat sebagai sinyal cekaman menginduksi penutupan stomata (Beguerisse-Díaz *et al.*, 2012).

Laju transpirasi rendah dan luas daun sempit merupakan bentuk adaptasi yang lebih baik terhadap iklim tropis kering (Rindyastuti & Hapsari 2017). Laju transpirasi dan klorofil daun (Nurtjahya & Franklin, 2017), konduktivitas stomata (Nurtjahya & Santi, 2018), kerapatan stomata dan ukuran sel penjaga (Juairiah 2014) dan kerapatan stomata, ketebalan daun, ketebalan jaringan palisade, ketebalan jaringan bunga karang, ketebalan epidermis, dan ketebalan kutikula (Nurtjahya *et al.* 2011) menunjukkan kemampuan tumbuhan beradaptasi di tanah bekas tambang.

Perbedaan kerapatan stomata tersebut merupakan respons tanaman terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Hal ini sesuai dengan pendapat Sukarman *et al.* (2000) dan Heckenberger *et al.* (1998) bahwa tanaman yang tumbuh di daerah kering dan mendapatkan penyinaran matahari lebih banyak memiliki kerapatan stomata yang lebih besar dibandingkan tanaman yang tumbuh di lingkungan lembab dan ternaungi. Hal ini berbeda dengan respons terhadap cekaman salinitas. Kerapatan stomata yang rendah dan berkurangnya transpirasi ditunjukkan pada tanaman stroberi yang tumbuh di lingkungan tercekam salinitas (Orsini *et al.*, 2012).

Perubahan kerapatan stomata, luas daun, akan diikuti juga dengan perubahan ukuran sel penjaga. Peningkatan kerapatan stomata dengan penurunan luas daun dari jenis rumput yang tumbuh di lahan bekas tambang diduga berhubungan dengan penurunan panjang sel penjaga dan/atau lebar sel penjaga.

Daun *P. conjugatum* yang tumbuh di lahan bekas tambang timah menunjukkan lebar sel penjaga yang cenderung lebih kecil dibandingkan dengan lebar sel penjaga yang tumbuh di hutan, dan menunjukkan panjang sel penjaga di lahan bekas tambang timah secara nyata lebih rendah dibandingkan di hutan. Respon *I. cylindrica* dan *S. levis* menunjukkan hal sebaliknya. Panjang sel penjaga *I. cylindrica* di lahan bekas tambang cenderung lebih kecil dibandingkan di hutan tetapi lebar sel penjaga

lebih besar berbeda nyata, dan panjang dan lebar sel penjaga *S. levis* di lahan bekas tambang cenderung lebih besar dibandingkan di hutan, dan kedua jenis rumput ini menunjukkan lebar sel penjaga di lahan bekas tambang yang lebih besar secara nyata dibandingkan di hutan. Hal ini diduga respons cekaman kekeringan terhadap masing-masing jenis rumput adalah berbeda, dan berbeda pada perubahan panjang sel penjaga dan lebar sel penjaga.

Kerapatan stomata berkaitan dengan lebar sel penjaga. Semakin besar ukuran sel penjaga, kerapatan stomata semakin rendah. Peningkatan kerapatan stomata *S. garcinifolium* di lahan bekas tambang juga diikuti dengan meningkatnya panjang sel penjaga dan lebar sel penjaga yang lebih rendah (Juairiah, 2014). Tumbuhan *V. pinnata* yang kerapatan stomatanya rendah di lahan bekas tambang timah mengalami perubahan ukuran panjang sel penjaga meningkat dan lebar sel penjaga menurun. Penelitian Zagoto (2019) melaporkan respons anatomi daun *Oryza sativa* L. terhadap cekaman kekeringan yakni penurunan ukuran beserta jumlah stomata.

Adaptasi tumbuhan *Selaginella uncinata*, *Osmunda regalis*, *Commelina communis* dan *Vicia faba* terhadap konsentrasi CO₂ yang tinggi di udara dilaporkan respons fisiologis berupa ukuran sel penjaga menjadi lebih besar dan kerapatan stomata yang rendah (Franks *et al.*, 2012). Engineer *et al.* (2016) melaporkan perubahan sel penjaga menjadi lebih kecil merupakan adaptasi tumbuhan terhadap peningkatan CO₂ dalam daun. Peningkatan CO₂ tersebut merangsang peningkatan ABA (asam absisat) dalam sel penjaga dan ABA berperan pada bukaan stomata (Pugnaire & Pardos, 1999 dalam Lestari 2006).

Romero *et al.* (2017) melaporkan bahwa cekaman kekeringan menurunkan konduktansi stomata tanaman kentang. Penutupan stomata merupakan mekanisme tanaman untuk menurunkan transpirasi saat kekeringan (Pugnaire & Pardos 1999 dalam Lestari 2006). Pada kelembaban udara tinggi, tumbuhan akan mengalami penyesuaian stomata berupa peningkatan ukuran stomata dengan pengaruh ABA (Fanourakis *et al.* 2016).

Tabel 2. Kerapatan stomata beberapa spesies tumbuhan di lahan bekas tambang timah dan di hutan

Spesies tumbuhan	Kerapatan stomata (mm ⁻²)		Pustaka
	LBTT	Hutan	
<i>T. orientalis</i>	626,98	536,25	
<i>S. garcinifolium</i>	609,78	539,11	Nurtjahya <i>et al.</i> (2012)
<i>C. bartramia</i>	621,39	440,49	Juairiah (2014)
<i>V. pinnata</i>	430,7	585,88	
<i>S. grande</i>	583,96	505,03	
<i>C. inophyllum</i>	302,62	298,87	Nurtjahya <i>et al.</i> (2011)
<i>V. pinnata</i>	592,66	290,98	

Keterangan LBTT: Lahan bekas tambang timah

Tabel 3. Rata-rata luas daun *I. cylindrica*, *P. conjugatum* dan *S. levis* yang tumbuh di hutan dan lahan bekas tambang timah

Spesies tumbuhan	Ulangan	Luas daun (cm ²)	
		Hutan	LBTT
<i>I. cylindrica</i>	1	43,35	20,91
	2	28,51	20,50
	3	28,54	21,22
<i>P. conjugatum</i>	1	30,33	10,54
	2	32,31	13,25
	3	31,20	11,40
<i>S. levis</i>	1	95,29	19,38
	2	89,22	23,87
	3	96,58	21,50

Keterangan LBTT: Lahan bekas tambang timah

Berdasarkan penelitian Lestari (2006), varietas padi yang tahan kekeringan memiliki ukuran stomata yang lebih kecil dan kerapatan stomata yang rendah. Berdasarkan pengukuran anatomi paradermal daun, spesies *S. levis* diduga memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik dibandingkan dengan spesies *I. cylindrica* dan *P. conjugatum* untuk tumbuh di lahan bekas tambang timah.

KESIMPULAN

Tiap jenis rumput menunjukkan respons berbeda masing-masing di lahan bekas tambang timah dan di hutan pada kerapatan stomata, indeks stomata, panjang sel penjaga dan lebar sel penjaga. Kerapatan stomata *I. cylindrica* dan *P. conjugatum* masing-masing meningkat nyata di lahan bekas tambang timah, namun sebaliknya pada *S. levis*. Indeks stomata ketiga jenis rumput meningkat di lahan bekas tambang sebagai respons masing-masing di kedua lahan yang berbeda. Panjang sel penjaga *I. cylindrica* dan *P. conjugatum* lebih kecil masing-masing di lahan bekas tambang timah dibandingkan dengan masing-masing di hutan, namun sebaliknya pada *S. levis*. Lebar sel penjaga *I. cylindrica* dan *S. levis* masing-masing lebih besar di lahan bekas tambang dibandingkan di hutan, namun sebaliknya tidak pada *P. conjugatum*. Pengukuran kandungan asam absisat (ABA) disarankan dilakukan jika ingin melanjutkan pembahasan adaptasi jenis rumput di lahan bekas tambang timah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pengurus Danau Kaolin Desa Nibung, Kabupaten Bangka Tengah yang telah mengizinkan eksplorasi di lapangan, dan rekan-rekan yang telah membantu pengambilan sampel di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Beguirisse-D'iaz M, Hernández-Gómez MC, Lizzul AM, Barahona M & Desikan R. 2012. Compound stress response in stomatal closure: a mathematical model of ABA and ethylene interaction in guard cells. *BMC Systems Biology*. **6**:146.
- Engineer CB, Sugimoto MH, Negi J, Nordstom MI, Shemer TA, Rappel WJ, Iba K & Schroeder JL. 2016. CO₂ Sensing and CO₂ Regulation of Stomatal Conductance. *Trend in Plant Science*. **21**(1): 16-30.
- Fahn A. 1991. Anatomi Tumbuhan, Edisi ke-3. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fanourakis D, Bouranis D, Giday H, Carvalho DRA, Nejad AR & Ottosen C. 2016. Improving Stomatal Function at Elevated Growth Air Humidity: A Review. *Journal of Plant Physiology*. **207**: 51-60.
- Franks PJ, Leitch IJ, Ruzsala EM, Hetherington AM & Beerling DJ. 2012. Physiological Framework for Adaptation of Stomata to CO₂ from Glacial to Future Concentration. *Philosophical Transactions of The Royal Society Biological Science*. **367**: 537-546.
- Hamid I, Priatna SJ & Hermawan A. 2017. Karakteristik Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah pada Lahan Bekas Tambang Timah. *Jurnal Penelitian Sains*. **18**(1): 23-31.
- Harahap F. 2012. *Fisiologi Tumbuhan*. Medan: Universitas Negeri Medan Press.
- Heckenberger U, Roggatz U & Schurr U. 1998. Effect of Drought Stress on The Cytological Status in *Ricinus communis*. *Journal of Experimental Botany*. **49**(319): 181-189.
- Hilmi M. 2018. *Respon Pertumbuhan, Fisiologi dan Anatomi Tanaman Kemiri Sunan (Reutealis trisperma) terhadap Tailing Tambang Emas*. [Tesis] Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Istiqomah AR, Mudyantini & Anggarwulan E. 2010. Pertumbuhan dan Struktur Anatomi Rumput Mutiara (*Hedyotis corymbosa* [L.] Lamk.) pada Ketersediaan Air dan Intensitas Cahaya Berbeda. *Jurnal Ekosain*. **2**(1): 55-64.
- Juairiah L. 2014. Studi Karakteristik Stomata Beberapa Jenis Tanaman Revegetasi di Lahan Pasca Penambangan Timah di Bangka. *Jurnal Widayariset*. **17**(2): 213-218.
- Khodijah NS, Rudjito AS, Harun MU & Robiartini BL. 2016. Cekaman Lingkungan dan Potensi Logam Berat pada Budidaya Sayuran di Lahan Pasca Tambang Timah. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2016*, Herlinda S, Nirmala K, Novra A, Sahari B, Suwandi, Tanbiyaskur, Puspitahati, Syafutri MI, Sasanti AD (eds). Palembang: Universitas Sriwijaya. Unsrri Press. Hal: 530-542.
- Lestari EG. 2006. Hubungan Antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan pada Somaklon Padi Gajah Mungkur, Towuti, dan IR 64. *Jurnal Biodiversitas*. **7**:44-48.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Mahadiono & Setiadi Y. 2009. Succession on Tin-mined

- Land in Bangka Island. *Blumea*. **54**: 131-138.
- Nurtjahya E, Robika & Dorly. 2011. Can Anatomical and Physiological Characters Predict Plant Adaptation on Tin-mined Land in Bangka Island? *Proceedings of the Sixth International Conference on Mine Closure 2011*, A.B. Fourie, M. Tibbett, A Beersing (eds.). Alberta: Canada. Australian Centre for Geomechanics Perth. Hal: 75-83.
- Nurtjahya E, Franklin J, Umroh & Agustina F. 2016. The Impact of Tin Mining in Bangka Belitung and Its Reclamation Studies. *SICEST 2016, MATEC Web of Conferences*. **04010**(2017): 1-6.
- Nurtjahya E & Franklin JA. 2017. Some Physiological Characteristics to Estimate Species Potential as A Mine Reclamation Ground Cover. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment* ISSN: 1748-0930.
- Nurtjahya E & Santi R. 2018. Dinamika Transpirasi Berbagai Habitus Tanaman di Lahan Bekas Tambang Timah Bangka. *Unpublished*.
- Orsini F, Alnayef M, Bona S, Maggio A & Gianquinto G. 2012. Low Stomatal Density and Reduced Transpiration Facilitate Strawberry Adaptation to Salinity. *Environmental and Experimental Botany*. **81**: 1-10.
- Perkasa AY, Siswanto T, Shintarika F & Aji TG. 2017. Studi Identifikasi Stomata pada Kelompok Tanaman C3, C4 dan CAM. *Jurnal Pertanian Presisi*. **1**(1): 59-72.
- Rindyastuti R & Hapsari L. 2017. Adaptasi Ekofisiologi Terhadap Iklim Tropis Kering: Studi Anatomi Daun Sepuluh Jenis Tumbuhan Berkayu. *Jurnal Biologi Indonesia*. **13**(1): 1-14.
- Romero AP, Alarcon A, Valbuena RI & Galeano CH. 2017. Physiological Assessment of Water Stress in Potato Using Spectral Information. *Frontiers in Plant Science*. **8**(1608): 1-13.
- Samsuri T. 2013. Pengaruh Berbagai Intensitas Cahaya Terhadap erubahan Struktur Anatomi Daun Tanaman Gaharu (*Gyrinopsversteegii* (Gilg.) Domke). *Journal Ilmiah Biologi, Bioscientist*. **1**(1): 11-19.
- Sari E, Fiona DS, Hidayati N & Nurtjahya E. 2017. Analisis Kandungan Logam pada Tumbuhan Dominan di Lahan Kolong Pasca Penambangan Timah Bangka Selatan. *Promine Journal*. **5**(2): 15-29.
- Sass JE. 1951. *Botanical Microtechnique*. Iowa: Iowa State College Press. Hal: 248.
- Sopandie D. 2013. *Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika*. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Sukarman, Darmawati I & Rusmin D. 2000. Karakter Morfologi dan Fisiologi Tapak Dara (*Vinca rosea* L.) pada Beberapa Cekaman Air. *Jurnal Littr*. **6**(2):50-54.
- Sukarman & Gani RA. 2017. Lahan Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka dan Belitung, Indonesia dan Kesesuaiannya untuk Komoditas Pertanian. *Jurnal Tanah dan Iklim*. **41**(2): 101-112.
- Wahyono Y. 2017. *Analisis Keberhasilan Revegetasi Lahan Pasca Tambang Timah di Bangka Tengah*. [skripsi]. Bangka: Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung.
- Wilmer CM. 1983. *Stomata*. New York (US): Longman Group Limited
- Zagoto ADP. 2019. Respon Anatomi Daun Beberapa Varietas *Oryza sativa* L. Terhadap Cekaman Kekeringan di Sumatera Barat. [Skripsi]. FMIPA Universitas Negeri Padang.