

# **Respons Konduktivitas Stomata dan Laju Transpirasi Rumput Blembem (*Ischaemum ciliare*, Retzius) di Sekitar Sumber Emisi Gas Kawah Sikidang, Dieng<sup>1</sup>**

Oleh : Suyitno Al\*, Ratnawati\*

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respons konduktivitas stomata dan laju transpirasi rumput Blembem (*Ischaemum ciliare*, Retzius), serta kaitannya dengan faktor lingkungan di sekitar kawah Sikidang, Dieng.

Penelitian dilakukan dengan metode observasi dengan melakukan pengukuran gejala di lapangan dan di laboratorium. Sebagai variabelnya adalah faktor jarak terhadap pusat emisi gas dan tingkat perkembangan daunnya. Faktor jarak dibedakan dalam tiga kategori, yaitu 0-25 (R1), 25-50 (R2) dan 50-75 m (R3). Tingkat perkembangan daun didekati dari berdasar urutan daunnya, mulai dari ujung (muda) ke arah pangkal (lebih tua). Sampel penelitiannya adalah rumput blembem yang diambil secara acak dari masing-masing kategori jarak dari pusat emisi gas. Variabel tergayutnya adalah konduktivitas stomata dan laju transpirasinya. Selain itu juga diukur beberapa parameter lingkungan meliputi kadar SO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S udara, kelembabandan suhu udara, kecepatan angin, kelembaban tanah, pH tanah, dan kadar air tanah. Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh faktor jarak dan tingkat perkembangan daun terhadap konduktivitas dan laju transpirasi, dilakukan analisis varian faktorial 3 x 3, dilanjutkan dengan uji DMRT. Untuk menelusur faktor lingkungan yang memberi kontribusi kuat terhadap kedua respons fisiologis tersebut, dilakukan pula analisis regresi metode stepwise.

Dari hasil penelitiannya ditunjukkan bahwa tidak ada pengaruh interaktif antara faktor jarak dan tingkat perkembangan daun, baik terhadap konduktivitas stomata maupun laju transpirasinya. Konduktivitas stomata dipengaruhi secara signifikan oleh faktor jarak maupun tingkat perkembangan daunnya, dan tidak terhadap laju transpirasinya. Faktor lingkungan yang memberi kontribusi kuat terhadap laju teraaaanspirasi adalah pH tanah dan kecepatan angin, sedangkan konduktivitas stomata lebih dipengaruhi oleh pH tanah dan suhu udara.

---

Kata kunci : *Ischaemum ciliare*, konduktivitas stomata, laju transpirasi

---

<sup>1</sup> Makalah disajikan dalam Seminar Nasional “Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, FMPIA UNY : Hotel Sahid Raya, 2 Agust. 2004

\* = Staf Pengajar Jurdik Biologi FMIPA - uny

## PENDAHULUAN

Kawah Sikidang merupakan salah satu kawah di Dataran Tinggi Dieng yang secara aktif mengeluarkan gas belerang. Tinginya konsentrasi gas belerang diindikasikan oleh intensitas aroma yang spesifik di sekitar kawah, serta warna belerang yang terdeposit pada permukaan tanah dan benda-benda di sekitarnya. Menurut Prawiro (1988:56), komponen gas belerang terutama berupa SO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S. Dari hasil analisis kuantitatif (Sukhyar dalam Firdaus, 1994 :2) ditunjukkan bahwa konsentrasi belerang pada pusat emisi gas, diukur pada ketinggian 1 m dari titik emisi adalah sebesar 2450 ppm (SO<sub>2</sub>) dan 7190 ppm (H<sub>2</sub>S), jauh melebihi kadar udara normal yang hanya sekitar 0,0002 ppm.

Kondisi lingkungan di sekitar kawah Sikidang memiliki kekhasan dari segi iklimat dan edafiknya, juga kadar belerangnya yang sangat tinggi. Gas belerang yang diemisikan akan berdifusi di atmosfer dan mengalami pengenceran. Sebagian gas akan terdeposit basah atau kering pada permukaan benda atau tanah. Akibatnya, akan terbentuk gradien konsentrasi gas belerang dan juga tingkat keasaman tanah di sepanjang arah difusi. Belerang merupakan hara esensial, tetapi dalam keadaan berlebih, selain membuat tanah menjadi lebih asam yang dapat menurunkan ketersediaan beberapa hara penting, juga dapat meracuni tumbuhan.

Di sekitar kawah, hanya terdapat beberapa jenis tumbuhan yang berhasil bertahan hidup. *Vaccinium varingaefolium* menunjukkan toleransinya yang sangat tinggi dengan penampilan habitus yang sangat baik. Beberapa jenis tumbuhan lain seperti *Ischaemum*, *Panicum* dan *Histiopteris*, cukup dominan tetapi dengan penampilan habitus yang lebih buruk, seperti daun menguning kecoklatan, nekrotik atau tepi daunnya mengering. Menurut Nasir (1994:1), adanya gradient gas belerang dan keasaman habitat memungkinkan terjadinya gradien toleransi dari jenis-jenis tumbuhan dominan penyusun vegetasi di sekitar kawah di Dataran Tinggi Dieng. Unsworth (Nasir dkk, 1994:3 ) menyatakan bahwa laju deposisi kering tergantung pada konsentrasi SO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S, turbulensi atmosfer dan afinitas permukaan. Deposisi basah dipengaruhi oleh curah hujan, kelembaban tanah maupun udara. Gas belerang akan terdepositasi menjadi asam sulfat dan jatuh ke tanah sebagai hujan asam. Di

tanah, asam sulfat akan terionisasi menjadi ion  $H^+$  dan  $SO_4^{2-}$ , sehingga menyebabkan tanah menjadi lebih asam.

Tumbuhan mempunyai respon yang berbeda-beda terhadap pengaruh gas belerang. Ada sebagian tumbuhan yang bersifat sangat toleran atau resisten dan ada pula yang sangat sensitif. Bradley dan Dunn (1989: 1707) menemukan tingkat sensitivitas terhadap belerang pada *Spartina alterniflora* lebih tinggi dibanding *Spartina cynosuroides*. Pada tumbuhan yang rentan, tingkat kerusakan yang timbul ditentukan oleh kadar, lama kontak dan frekuensi terdedah. Selain itu juga ditentukan oleh jenis dan umur jaringan atau organ yang terkena. Sensitivitas keseluruhan tanaman ditentukan oleh sensitivitas daun yang berurutan, dimana setiap penambahan daun akan menjadi lebih resisten daripada satu daun terdahulu. Sensitivitas terhadap  $SO_2$  pada daun yang sangat muda yang belum terdedah penuh menjadi relatif resisten, daun yang terdedah secara penuh menjadi sangat sensitif dan daun tua menjadi kurang sensitif (Treshow, 1984:194).

Absorpsi gas  $SO_2$  dan  $H_2S$  atmosfer masuk ke dalam daun melalui stomata (Fitter dan Hay, 1994 : 302-303). Konsentrasi  $SO_2$  yang tinggi menyebabkan kerusakan yang akut dimana beberapa bagian daun menjadi kuning dan akhirnya akan mati. Konsentrasi  $SO_2$  yang rendah akan menimbulkan kerusakan kronis yang ditandai dengan menguningnya warna daun akibat terdegradasinya klorofil dan menurunnya aktivitas metabolisme (Srikandi Fardiaz, 1992 : 128). Sulfur dioksida setelah masuk ke dalam mesofil daun dapat membentuk sulfit yang sangat toksik terhadap sel dan dengan cepat membunuh sel jika terdapat pada konsentrasi yang cukup tinggi.

Winner dan Mooney (Firdaus, 1994:19), mengatakan  $SO_2$  mempengaruhi transpirasi melalui gangguan pada perilaku stomata. Pada beberapa spesies,  $SO_2$  meningkatkan laju transpirasi. Sebaliknya, pada beberapa spesies yang lain  $SO_2$  justru menekan. Menurut Mardiani dan Malhotra (Nasir, 1994:34), pengulangan dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan tumbuhan melakukan adaptasi yang salah satu bentuknya adalah perubahan dalam mekanisme membuka serta menutupnya stomata.

Transpirasi merupakan aktivitas fisiologis penting yang sangat dinamis, berperan sebagai mekanisme adaptasi terhadap kondisi lingkungannya, terutama terkait dengan kontrol cairan tubuh, penyerapan dan transportasi air, garam-garam mineral serta mengendalikan suhu jaringan. Transpirasi merupakan proses hilangnya air dalam bentuk uap air dari tubuh tumbuhan yang sebagian besar terjadi melalui stomata, selain melalui kutikula dan lentisel (Dardjat dan Arbayah, 1996:61). Karena sifat kutikula yang impermeabel terhadap air, transpirasi yang berlangsung melalui kutikula relatif sangat kecil (Prawiranata dkk, 1991:138). Transpirasi dapat merugikan tumbuhan bila lajunya terlalu cepat yang menyebabkan jaringan kehilangan air terlalu banyak selama musim panas dan kering (Lovelles, 1991:167).

Proses transpirasi dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal. Faktor internal antara lain seperti ukuran daun, tebal tipisnya daun, tebal lapisan lilin, jumlah rambut daun, jumlah, bentuk dan lokasi stomata (Dwidjoseputro, 1994:92), termasuk pula umur jaringan, keadaan fisiologis jaringan dan laju metabolisme. Faktor-faktor eksternal antara lain meliputi radiasi cahaya, suhu, kelembaban udara, angin dan kandungan air tanah (Dardjat dan Arbayah, 1996:64). Selain itu juga dipengaruhi oleh gradient potensial air antara tanah, jaringan dan atmosfer, serta adanya zat-zat toksik di lingkungannya. Menurut Goldworthy dan Fisher (1992:61-63), pembukaan stomata dipengaruhi oleh CO<sub>2</sub>, cahaya, kelembaban, suhu, angin, potensial air daun dan laju fotosintesis. Mekanisme kontrol laju kehilangan air dapat dilakukan dengan mengontrol laju metabolisme, adaptasi struktural daun yang dapat menekan laju kehilangan air, termasuk di antaranya mengatur konduktivitas stomata.

Respons fisiologis beberapa jenis tumbuhan dominan di sekitar kawah yang pernah diteliti dilaporkan bahwa fotosintesis dan transpirasi *Vaccinium* dan *Histiopteris* terhambat, tetapi laju respirasinya meningkat (Nasir dkk. ) pada jarak yang semakin dekat pusat emisi. Pada *Ischaemum*, kadar klorofil dan laju fotosintesis juga semakin tertekan bila semakin dekat dengan kawah (Tri Suryani, 2001). Namun kaitannya dengan faktor-faktor lingkungan perlu ditelusur lebih lanjut, termasuk pula hubungannya dengan tingkat perkembangan jaringan daun. *Ischaemum*

*ciliare*, *Retzius* adalah salah satu spesies yang sangat dominan di sekitar Kawah Sikidang. Pada jarak tertentu terdapat perbedaan kenampakan morfologis terutama dari warna daunnya. Daun *Ischaemum* cenderung berwarna merah coklat dengan tepi yang mengering, terutama tumbuhan yang berada dekat kawah. Gejala ini menunjukkan adanya stress yang menarik untuk diteliti, khususnya bagaimana respons konduktivitas stomata dan laju transpirasinya, kaitannya dengan tingkat perkembangan daun dan kondisi lingkungannya, terutama kadar belerang, iklim mikro dan beberapa faktor edafiknya.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan di daerah sekitar Kawah Sikidang Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah pada Oktober 2002. Pengamatan dilakukan terhadap tumbuhan *Ischaemum ciliare*, *Retzius* yang tumbuh pada kisaran jarak 0 - 25 m (R1), 25 - 50 m (R2) dan 50 - 75 m (R3) dari sumber emisi gas. Sampel diambil secara acak sebanyak 5 rumpun *Ischaemum* dari masing-masing kategori jarak. Daun sasaran pengamatan adalah daun paling ujung (d1 = paling muda), daun tengah (d2) dan daun di pangkal batang (d3 = paling tua). Di samping itu, diukur pula faktor iklim dan edafik di lokasi penelitian yang berupa intensitas cahaya, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, kadar SO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S, pH dan kelembaban tanah serta kadar air tanah. Kegiatan dilapangan meliputi pengukuran laju transpirasi dan konduktivitas stomata, pengukuran iklim mikro, pH dan kelembaban tanah, serta pengambilan sampel gas dan tanah untuk dianalisis di laboratorium.

Untuk mengetahui ada dan tidaknya perbedaan beberapa parameter edafik dan iklim pada antar jarak dari sumber emisi gas, diuji dengan analisis varian satu jalur. Sedangkan untuk mengetahui ada tidaknya efek interaksi faktor tingkat perkembangan dengan faktor jarak terhadap tanggapan stomata dan laju transpirasi, dilakukan analisis varian faktorial (3X3), dilanjutkan dengan uji DMRT untuk melihat efek sederhananya. Untuk mengetahui hubungan faktor iklim mikro dan edafik dengan laju transpirasi dan tanggapan stomata dilakukan analisis regresi ganda model stepwise.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Kondisi Klimatik di Sekitar Kawah Sikidang.

Konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  (Tabel 1; Gb. 1) semakin menurun pada jarak yang semakin jauh dari pusat emisi. Kadar tertinggi adalah pada  $R_1$  ( $86,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan terendah pada  $R_3$  ( $54,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Kadar  $\text{H}_2\text{S}$  tertinggi pada  $R_1$  ( $502,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dan terendah pada  $R_3$  ( $254,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

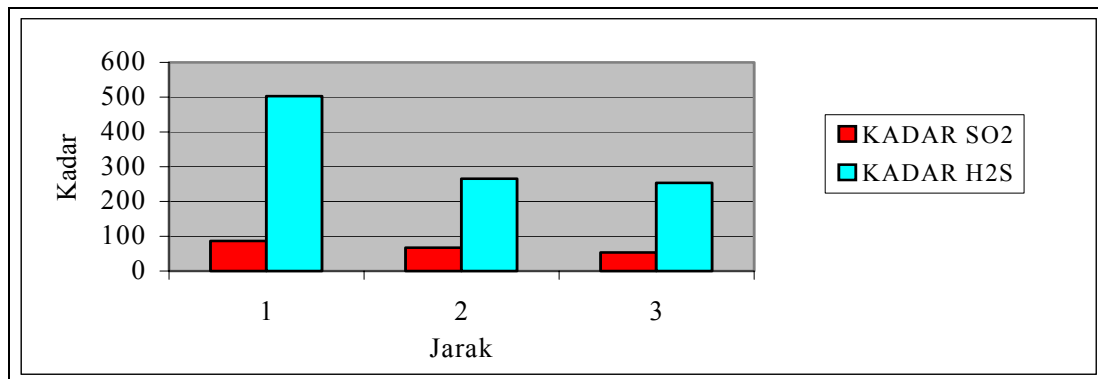
**Tabel 1. Kadar Gas Belerang dan Kondisi Klimatik Sekitar Kawah**

No	Parameter	$R_1$	$R_2$	$R_3$	p
1.	$\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	86,71	67,00	54,07	-
2.	$\text{H}_2\text{S}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	502,79	265,06	254,16	-
3.	Kelemb. udara(%)	$66,07 \pm 0,83$ (a)	$64,40 \pm 0,37$ (b)	$67,43 \pm 0,29$ (c)	0,002**
4.	Suhu udara( $^{\circ}\text{C}$ )	$26,67 \pm 1,53$	$26,67 \pm 1,53$	$27,67 \pm 1,15$	0,63 NS
5.	Kecep. angin (m/dt)	$3,23 \pm 1,31$	$3,16 \pm 0,90$	$3,23 \pm 0,85$	0,99 NS
6.	Arah angin ( $X^{\circ}$ )	( $225^{\circ}$ ) Barat daya	( $225^{\circ}$ ) Barat daya	( $225^{\circ}$ ) Barat daya	-

Keterangan : Intensitas cahaya =  $1094,67 \pm 57,47$  lux -  $1778,33 \pm 35,02$  lux

$R_1$ = jarak 1       $R_2$ = jarak 2       $R_3$  = jarak 3

p = peluang kesalahan pada uji statistik ( beda signifikan bila  $p < 0,05$  )



**Gambar 1. Tren Kadar  $\text{SO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  Antarjarak dari Sumber Emisi**

Kedadaan mikroklimat daerah sekitar kawah Sikidang dieng berdasar hasil pengukuran antara pukul 12.00-14.00 diketahui (Tabel 1) bahwa kelembaban udara tertinggi adalah pada  $R_3$  ( $67,43 \pm 0,29$  %), dan terendah pada pada  $R_2$  ( $64,40 \pm 0,37$  %). Suhu udara berkisar antara  $26,67 \pm 1,53^{\circ}\text{C}$  sampai  $27,67 \pm 1,15^{\circ}\text{C}$ , dengan suhu

tertinggi pada R3, walaupun antar kategori jarak (R) relatif sama. Angin pada R<sub>1</sub> dan R<sub>3</sub> bertiup lebih cepat ( 3,23 km/dt ) daripada R<sub>2</sub> ( 3,17 km/dt ), ke arah barat daya.

## 2. Kondisi Edafik di Sekitar Kawah Sikidang

Tanah di sekitar kawah (Tabel 2) bersifat asam (< 6,5). Semakin jauh dari sumber emisi gas, pH tanah meningkat, dari  $3,53 \pm 0,06$  pada R<sub>1</sub> menjadi sekitaar  $5,43 \pm 0,15$  pada R<sub>3</sub>. Demikian pula kelembaban tanahnya, terendah pada R<sub>1</sub> ( $59,67 \pm 5,51\%$ ) dan tertinggi pada R<sub>3</sub> ( $85,33 \pm 2,52\%$ ).

**Tabel 2. Kadar SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan keadaan edafik**

N o	Parameter	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	p
1.	PH tanah	$3,53 \pm 0,06$ (a)	$4,43 \pm 0,56$ (b)	$5,43 \pm 0,15$ (c)	0,000**
2.	Kelemb. tanah (%)	$59,67 \pm 5,51$ (a)	$76,67 \pm 1,53$ (b)	$85,33 \pm 2,52$ (c)	0,001**
3.	Kadar Air (%)	5,25	7,65	11,83	-

Keterangan : - : Tidak dianalisis statistik (tanpa ulangan, pengukuran komposit)

Kadar air tanah adalah 5,25% (pada R<sub>1</sub>) menjadi 11,83%( pada R<sub>3</sub>). Kadar S tanah menurun pada jarak yang semakin jauh dari kawah, yaitu 1426,06 ppm (pada R<sub>1</sub>) dan 431,96 ppm (pada R<sub>3</sub>). Sebaliknya, kapasitas tukar kationnya (KTK) meningkat dengan bertambahnya jarak yaitu dari 24,00 me/100g pada R<sub>1</sub> menjadi 37,80 me/100g pada R<sub>3</sub> (gb.2). Kelembaban udara, pH dan kelembaban tanah berbeda secara signifikan ( $p < 0,05$ ) pada antar jaraknya.

## 3. Respon Fisiologis Tumbuhan *Ischaemum ciliare* Retzius

Dari hasil pengukuran (Tabel 3) diketahui bahwa rerata laju transpirasi dan konduktivitas stomata meningkat seiring dengan bertambahnya jarak dan tingkat perkembangan daun. Laju transpirasi tertinggi adalah  $0,25 \pm 0,05$  ml H<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup>/jam ( pada R<sub>3</sub>D<sub>3</sub>) dan terendah  $0,11 \pm 0,06$  ml H<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup>/jam (pada R<sub>1</sub>D<sub>2</sub>). Rerata konduktivitas stomata tertinggi sebesar  $1,42 \pm 0,16$  μm (pada R<sub>3</sub>D<sub>3</sub>) dan terendah sebesar  $0,57 \pm 0,10$  μm (pada R<sub>1</sub>D<sub>1</sub>)

**Tabel 3. Rerata Laju Transpirasi dan Konduktivitas Stomata**

NO	PARAMETER		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
1	Laju Transpirasi (mlH <sub>2</sub> O/cm <sup>2</sup> /jam)	D <sub>1</sub>	0,11 ± 0,06	0,13 ± 0,09	0,16 ± 0,14
		D <sub>2</sub>	0,11 ± 0,06	0,15 ± 0,12	0,18 ± 0,21
		D <sub>3</sub>	0,15 ± 0,09	0,19 ± 0,08	0,25 ± 0,05
2	Konduktivitas Stomata (µm)	D <sub>1</sub>	0,57 ± 0,10	0,98 ± 0,15	0,99 ± 0,14
		D <sub>2</sub>	0,60 ± 0,08	0,98 ± 0,17	1,13 ± 0,20
		D <sub>3</sub>	0,79 ± 0,16	1,23 ± 0,14	1,42 ± 0,16

Keterangan : D<sub>1</sub> = Daun ke-1 (termuda), D<sub>2</sub> = Daun ke-2 D<sub>3</sub> = Daun ke-3 (tertua)

Berdasarkan hasil analisis statistik ditemukan bahwa tidak ada efek interaksi ( $p > 0,05$ ) antara faktor jarak dan tingkat perkembangan daun, baik terhadap laju transpirasi maupun konduktivitas stomata (Tabel 4). Namun konduktivitas stomata secara nyata ( $p < 0,05$ ) dipengaruhi oleh masing-masing dari kedua faktor tersebut. Tingkat membukanya stomata antara 0,65 µm (R<sub>1</sub>) – 1,18 µm (R<sub>3</sub>). Dilihat menurut tingkat perkembangan daunnya, konduktivitas stomatanya adalah antara 0,85 µm (D<sub>1</sub>) - 1,15 µm (D<sub>3</sub>). Konduktivitasnya meningkat pada jarak yang semakin jauh dari kawah maupun pada daun yang semakin dewasa (tabel 5).

**Tabel 4. Uji Varian terhadap Rerata Transpirasi dan Konduktivitas Stomata**

Parameter	Sumber Varian	JK	Db	KT	F	P
Laju Transpirasi (mlH <sub>2</sub> O/cm <sup>2</sup> /jam)	DAUN	0,03	2	0,02	1,32	0,280
	JARAK	0,04	2	0,02	1,45	0,249
	DAUN - JARAK	0,01	4	0,001	0,09	0,986
	GALAT	0,47	36	0,01		
Konduktivitas Stomata (µm)	DAUN	0,77	2	0,39	16,99**	0,000
	JARAK	2,30	2	1,15	50,72**	0,000
	DAUN - JARAK	0,07	4	0,02	0,75	0,563
	GALAT	0,82	36	0,02		

Keterangan : \*\* signifikan pada  $p \leq 0,01$

**Tabel 5 : Uji DMRT terhadap Rerata Konduktivitas Stomata Menurut Jarak dan Tingkat Perkembangan Daun**

Parameter	Jarak (R)			Perkembangan Daun		
	R1	R2	R3	D1	D2	D3
Konduktivitas Stomata	0,65 (a)	1,06 (b)	1,18 (c)	0,85 (a)	0,92 (a)	1,15 (b)

Keterangan : Huruf dalam ( . ) yang berbeda menunjukkan ada beda signifikan

Berdasarkan hasil analisis regresi (Tabel 6) diketahui bahwa faktor pH tanah memiliki hubungan regresi yang nyata dengan kontribusi paling kuat sebesar 62%



(R<sup>2</sup> = 0,62) terhadap laju transpirasi. Persamaan regresinya adalah “y = - 1,74.10<sup>2</sup> + 0.787 X<sub>5</sub> + e”.

**Tabel 6 : Hasil Analisis Hubungan Faktor Klimatik dan Edafik dengan Laju Transpirasi Daun *Ischaemum ciliare*, Retzius di Kawah Sikidang**

Prediktor	Var. Tergayut	Ket.	JK	d b	KT	F	p	R <sup>2</sup>
pH tanah	Laju transpirasi	Regresi	0,009	1	0,009	11,48*	0,012	0,620
		Residual	0,006	7	0,0008			
		Total	0,015	8				
pH tanah dan kecep. angin	Laju Transpirasi	Regresi	0,013	2	0,006	13,32**	0,006	0,816
		Residual	0,003	6	0,005			
		Total	0,016	8				

Keterangan : \*\* signifikan pada p ≤ 0,01 \* signifikan pada p ≤ 0,05

**Tabel 7. Hasil Analisis Hubungan Faktor Klimatik dan Edafik dengan Konduktivitas Stomata Daun *Ischaemum ciliare*, Retzius.**

Prediktor	Var. Ter gayut	Ket.	JK	d b	KT	F	p	R <sup>2</sup>
pH tanah	Konduktivitas stomata	Regresi	0,427	1	0,427	14,89*	0,006	0,680
		Residual	0,201	7	0,03			
		Total	0,628	8				
Suhu udara	Konduktivitas stomata	Regresi	0,548	2	0,274	20,79*	0,002	0,832
		Residual	0,080	6	0,01			
		Total	0,628	8				

Keterangan : \* signifikan pada p ≤ 0,05

Kecepatan angin memperkuat pengaruh faktor pH tanah terhadap laju transpirasi, dengan kontribusi keduanya sebesar 81,6 % (R<sup>2</sup> =0,816). Persamaan hubungan regresinya adalah y = - 9,86.10<sup>2</sup> + 0,837 X<sub>5</sub> + 0,446 X<sub>3</sub> + e

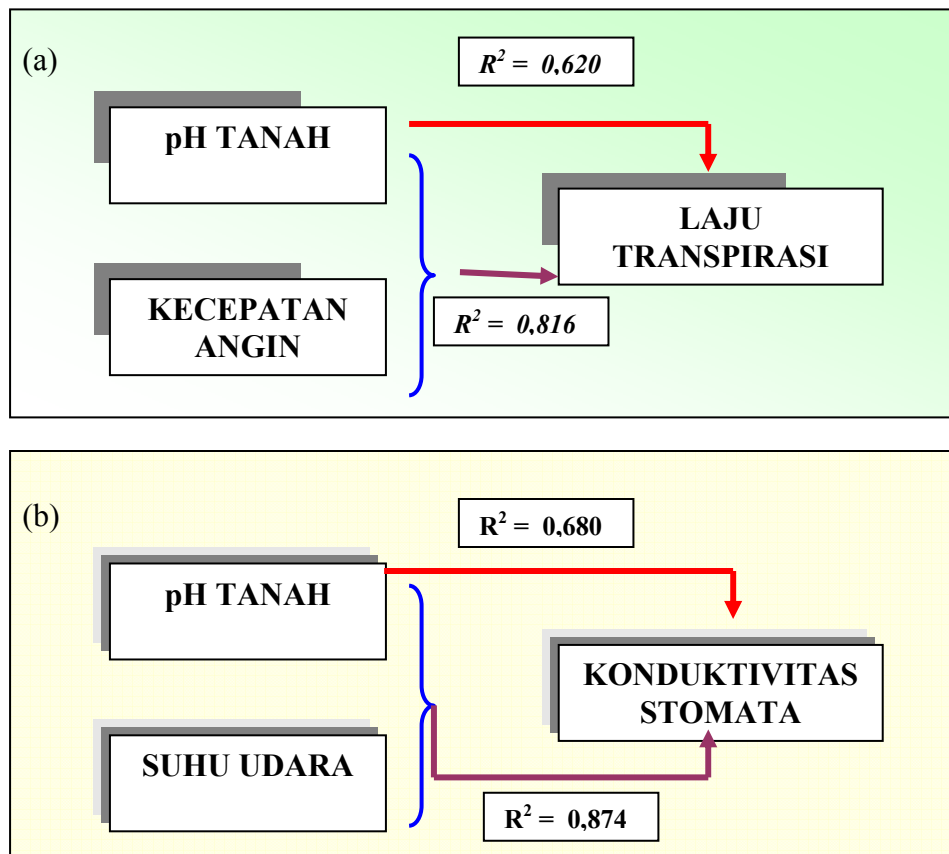
Berdasarkan hasil analisis regresi dapat diketahui bahwa pH tanah memberi kontribusi kuat sebesar 68% terhadap konduktivitas stomata dan signifikan (p ≤ 0,05, R<sup>2</sup> = 0,591). Persamaan regresinya y = - 0,217 + 0.825 X<sub>5</sub> + e. Bersama dengan suhu udara, pH tanah lebih berpengaruh terhadap konduktivitas stomata dan kontribusinya sebesar 83,2%, signifikan pada p ≤ 0,05. Persamaan regresinya adalah y = 2,295 + 1,057 X<sub>5</sub> sampai 0,498 X<sub>2</sub> + e.

## B. PEMBAHASAN

Gejala spesifik yang ditunjukkan pada *Ischaemum* yang hidup disekitar kawah adalah semakin meningkatnya konduktivitas stomata seiring dengan semakin jauhnya jarak dari pusat emisi dan tingkat perkembangan daunnya. Gejala ini diikuti pula oleh kecenderungan semakin cepatnya transpirasi walaupun perbedaannya belum signifikan. Laju transpirasi merupakan respon sesaat terhadap kondisi lingkungan, sifatnya dinamis atau fluktuatif.

Sebagian besar transpirasi terjadi melalui stomata, walaupun dapat pula melalui kutikuler. Stoma yang lebih membuka akan meningkatkan konduktivitasnya, sehingga transpirasinya lebih cepat. Menurut Dardjat Sasmitamihardja dan Arbayah Siregar (1994: 63), bila stomata membuka maka akan ada penghubung antara rongga antar sel dan atmosfer. Pada saat tekanan uap air di atmosfer lebih rendah dari rongga antar sel, maka uap air dari rongga tersebut akan keluar. Namun ada faktor-faktor lain yang juga berpengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap laju transpirasi, seperti intensitas cahaya, kelembaban dan suhu udara, kecepatan angin dan kadar air tanah.

Daya tahan hidup *Ischaemum* diduga terkait dengan kemampuannya melakukan detoksifikasi terhadap daya racun belerang. Toksisitas belerang akan menimbulkan tekanan pada proses-proses metabolisme, seperti fotosintesis dan respirasi. Kedua proses tersebut menghasilkan uap air sebagai bagian sisa metabolismenya. Karena itu, tekanan terhadap metabolisme dapat menjadi salah satu faktor penyebab turunnya laju transpirasi. Penurunan itu juga dapat terkait dengan turunnya konduktivitas stomata pada daerah yang semakin dekat dengan kawah. Penurunan laju metabolisme dapat pula merupakan respons atau mekanisme adaptasi fisiologis terhadap kadar air tanah dan kelembaban tanah yang semakin rendah pada daerah yang semakin dekat dengan kawah. Beda potensial air antara atmosfer dan jaringan mesofil menjadi salah satu faktor penting mengingat adanya perbedaan kelembaban dan pH tanah, kelembaban udara dan kecepatan angin menurut faktor jaraknya terhadap kawah.



**Gambar 2 : Hubungan beberapa faktor klimatik dan edafik penting dengan ( a) transpirasi dan (b) Konduktivitas Stomata**

Faktor lingkungan yang memiliki kontribusi kuat terhadap laju transpirasi (Gb. 2) adalah pH tanah ( $R^2 = 0,62$ ) dan pengaruhnya diperkuat oleh faktor kecepatan angin ( $R^2 = 0,816$ ). Keasaman tanah tampak terkait dengan kelembaban tanah. Pada daerah yang lebih jauh dari kawah (R3), kelembaban airnya lebih tinggi, keasaman tanahnya cenderung menurun. Hal ini diikuti dengan kecenderungan meningkatnya laju transpirasi. Angin akan mempercepat pelepasan air dari ruang-ruang antar sel pada mesofil daun. Selain itu, angin juga akan menciptakan gradien potensial air antartata mesofil dan udara di luarnya, yang menjadi salah satu pendorong laju difusi dari mesofil ke atmosfer pada peristiwa transpirasi. Untuk mengendalikan laju kehilangan airnya, tumbuhan mungkin akan mempersempit bukaan stomatanya.

Tingginya kadar air tanah menjamin pemenuhan kebutuhan tumbuhan untuk mempertahankan turgiditas jaringannya. Ketersediaan air ini mendorong tumbuhan

lebih membuka stomatanya, sehingga transpirasi berlangsung lebih cepat. Tingkat bukaan stomata yang lebih kecil pada *Ischaemum* yang tumbuh di daerah yang lebih dekat dengan kawah, diduga merupakan bentuk adaptasinya terhadap rendahnya kadar air tanah. Netting (2002) menyatakan bahwa tumbuhan akan meminimalkan aktivitas metabolisme bila berada pada kondisi yang tertekan. Pada R<sub>1</sub> kadar S baik di udara maupun tanah tinggi, ini merupakan salah satu tekanan bagi tumbuhan. Untuk itu tumbuhan melakukan adaptasi dengan mengecilkan bukaan stomata supaya transpirasi berlangsung tidak terlalu cepat, guna menghemat pengeluaran air, karena kadar air tanah pada R<sub>1</sub> paling rendah dibandingkan pada R<sub>2</sub> dan R<sub>3</sub>.

Faktor lingkungan yang berkontribusi kuat terhadap konduktivitas stomata (Gb. 3) adalah pH tanah dengan koefisien determinasi 68 % ( $R^2 = 0,68$ ), dan pengaruhnya diperkuat oleh faktor suhu udara, dengan koefisien determinasi keduanya menjadi 87,4 % ( $R^2 = 0,874$ ). Karena pH tanah berhubungan erat dengan kelembaban tanah maka konduktivitas stomata pun tak lepas dari pengaruh kelembaban tanah. Pada saat air tanah tercukupi, sel-sel tumbuhan menjadi lebih turgid, termasuk sel-sel penutup stomata. Kondisi demikian akan menyebabkan stoma terbuka. Meningkatnya turgor disebabkan adanya aliran air dari sel tetangga ke sel penutup. Sebaliknya pada saat turgor sel penutup menurun, stomatanya akan menutup.

Konduktivitas stomata merupakan mekanisme penting pada tumbuhan dalam mengontrol kecepatan transpirasi, kaitannya dengan pengendalian proses kehilangan air jaringan. Pada *Ischaemum* yang semakin dekat kawah, konduktivitas stomatanya semakin turun. Hal ini dapat diakibatkan oleh beberapa sebab, di antaranya adalah oleh : 1) tebalnya asap pada daerah tersebut yang menghalangi penetrasi cahaya matahari ke daun, 2) tebalnya deposisi kering dan basah dari belerang yang menghalangi aktivitas stomata, 3) tertekannya laju metabolisme oleh toksisitas gas belerang, 4) ditekannya laju metabolisme sebagai mekanisme adaptasi *Ischaemum* oleh karena rendahnya kadar air tanah di daerah dekat kawah.

Pada *Ischaemum* yang berada dekat kawah, fotosintesis pada sel penutupnya terhambat. Karena itu, CO<sub>2</sub> yang tereduksi jumlahnya lebih sedikit dan ion H<sup>+</sup> yang

terlepas juga sedikit. Dalam keadaan sel penutup yang kondisinya masih asam, fosforilase tidak aktif mengubah amilum menjadi glukosa. Akibatnya, tekanan osmosis sel penutup tidak berubah. Karena itu tingkat bukaan stomatanya juga tidak bertambah. Sebaliknya, pada *Ischaemum* yang berada pada jarak yang lebih jauh dari kawah, cahaya matahari yang diterima tumbuhan lebih banyak sehingga fotosintesis berjalan lebih lancar. Gas  $\text{CO}_2$  dalam daun akan mengalami reduksi menjadi  $\text{CH}_2\text{O}$ , akibatnya berkurangnya ion  $\text{H}^+$  pada sel penutup sehingga pH selulernya bertambah. Kenaikan pH ini mengaktifkan enzim fosforilase yang akan mengubah amilum menjadi glukosa. Sehingga air dari sel tetangga mengalir ke sel penutup. Tekanan osmotik sel penutup meningkat, mendorong air berosmosis menuju sel penutup. Akibatnya stomata akan membuka lebih lebar. Fitter dan Hay (1994: 161) menyatakan bahwa biasanya, membukanya stomata bersamaan dengan keadaan yang merangsang fotosintesis.

Deposisi basah gas  $\text{SO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  dari kawah akan mengenai tetumbuhan di sekitarnya. Deposit belerang akan masuk ke dalam jaringan melalui stomata, dalam bentuk ion sulfit dan bisulfit. Karena sifatnya mudah larut dalam air, dimungkinkan sulfit dan bisulfit di ruang-ruang antar sel mesofil daun akan bertambah banyak. Dengan demikian keasaman selulernya meningkat. Hal ini menghambat kerja enzim fosforilase yang akan mengubah amilum menjadi glukosa. Akibatnya, tekanan osmotik sel penutup lebih rendah, dan stomata menjadi lebih menutup.

Elizabeth (1998) melaporkan bahwa kadar  $\text{SO}_2$  nya tinggi memberi dampak pada penurunan bukaan stomata daun *Pongamia pinnata* (L) Pierre dan *Eugenia grandis*. Pada jarak yang lebih dekat dengan kawah konsentrasi  $\text{SO}_2$  dalam udara lebih tinggi. Bila gas belerang bereaksi dengan air dan terakumulasi pada tumbuhan dalam bentuk sulfit dan bisulfit, akan bersifat toksik dalam jaringan. Menyempitnya bukaan stomata atau menurunnya konduktivitas stoma diduga merupakan salah satu cara tumbuhan mengontrol serapan gas belerang melalui daun.

## **D. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **1. Kesimpulan**

- a. Tidak terdapat efek interaksi antara faktor jarak dan tingkat perkembangan daun terhadap konduktivitas stomata, walaupun ke dua faktor tersebut secara signifikan mempengaruhinya. Konduktivitasnya semakin besar pada *Ischaemum* yang tumbuh di daerah yang semakin jauh kawah. Konduktivitas stomata juga lebih besar pada daun yang lebih dewasa atau lebih tua.
- b. Laju transpirasi *Ischaemum ciliare*, *Retzius* tidak dipengaruhi oleh faktor jarak maupun tingkat perkembangan daun, namun ada kecenderungan meningkat, baik pada daerah yang semakin jauh dari pusat emisi gas maupun pada daun yang lebih dewasa. Kenaikan konduktivitas yang tidak diikuti oleh meningkatnya laju transpirasi secara signifikan menunjukkan bahwa ada faktor lain selain tingkat bukaan stoma yang menentukan laju transpirasinya.
- c. Faktor lingkungan yang memberi kontribusi kuat terhadap laju transpirasi adalah pH tanah dan kecepatan angin, sedangkan konduktivitas stomata lebih dipengaruhi oleh pH tanah dan suhu udara.

### **2. Saran**

Perlu diteliti lebih lanjut mengenai bentuk-bentuk respons fisiologis dan respons struktural yang lain untuk mengungkap lebih tuntas mengenai respons *Ischaemum* yang tumbuh disekitar kawah, termasuk menggali bagaimana mekanisme tumbuhan khas di sekitar kawah menjadi toleran.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bradley P.M. and E.L. Dunn. (1989). Effects of Sulfide on the Growth of Three salt Marsh Halophytes of the Southeastern United States. *Amer. J. Bot.* Vol. 76 No. 12: 1707 – 713
- Dardjat Sasmitamihardja dan Arbayah Siregar. (1996). *Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
- Elizabeth. A. (1998). The Effect of SO<sub>2</sub> , Nox and Total Suspended Particulate on the Growth of *Pagamia pinnata* (L.) Pierre and *Eugenia grandis*, Wigth. *J. Biol.* Kuala Lumpur : Univ. Malaya

- Firdaus dan Nasir, M. (1995). Kerusakan Daun, Kandungan Klorofil dan Konduktansi Permukaan Daun *Panicum repens* L. yang Terdedah oleh Gas Belerang di Kawah Sikidang Dataran Tinggi Dieng. *Berkala Ilmiah Pasca Sarjana UGM*. Jilid 8 No 4B. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Fitter, A.H. dan Hay, R.K.M. (1992). *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Golsworthy, P.R and Fisher, N.M. (1992). *Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik*. Yogyakarta : Gadajah Mada Univ. Press.
- Loveless, A.R. (1992). *Prinsip-Prinsip Biologi Tumbuhan Untuk Daerah Tropik I*. Jakarta: Gramedia.
- M. Nasir; Purnomo, Sudjino. (1994). Pengaruh Gas Belerang dari Kawah – Kawah di Dataran Tinggi Dieng Terhadap Struktur Vegetasi dan Fisiologi Tumbuhan Dominan di Sekitar Kawah Sikidang. *Berkala Ilmiah Biologi*. Vol. I No. 7. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Netting, J.E (2002). PH, Abscisic Acid and the Integration of Metabolism in Plant Under Stressed and non-stressed Condition, Celluler Responses to stress and their Implication for Plant Water Relation. *J. Of Experimental Bot*. London : Oxford Univ. Press.
- Prawiro. (1996). *Ekologi Lingkungan Pencemaran*. Semarang : Satya Wacana
- Prawiranata, S.Harran dan Pin Tjondronegoro. (1991). *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan (Jilid I)* Bogor : Fakultas Pertanian, IPB.
- Purnomo. (1994). Tumbuhan Penyusun Vegetasi di Sekitar Kawah Sikidang di Dataran Tinggi Dieng. *Lap. Penelitian*. Yogyakarta: Fakultas Biologi UGM.
- Srikandi Fardiaz. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta : Kanisius
- Tri Suryani M.R. 2000. Kandungan Klorofil dan Laju Fotosintesis Daun *Ischaemum aristatum* pada Jarak yang Berbeda dari Pusat Emisi Gas Kawah Sikidang, Dieng Wonosobo Sebagai Sumber Belajar Biologi di SMU. Skripsi. Yogyakarta : Biologi FMIPA UNY
- Treshow, M. (1970). *Environmental and Palnt Response*. New York : Hill Book Company, Inc.

