

## Respon Fisiologis Rumput *Brachiaria* sp pada Lahan Masam

### (Physiological Response of *Brachiaria* sp on Acid Soil)

Achmad Fanindi

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002  
afanindi@gmail.com

(Diterima 22 Januari 2016 – Direvisi 18 Agustus 2016 – Disetujui 5 September 2016)

#### ABSTRACT

The utilization of marginal land, especially the acid soil, for cultivation of forages is promising. Forage as a source of feed for ruminants, can also be used to improve soil fertility. *Brachiaria* sp is found widely grow in marginal areas, especially on acid soil showing its high adaptability. The diverse of genotypes have become interesting because the mechanism of its adaption can be studied by observing the physiological response of *Brachiaria* on acid soil. *Brachiaria decumbens* has high tolerant, while *Brachiaria ruziziensis* is sensitive to acid soil. Variance of physiological and morphological responses to acid soil are the foundation for determining the traits of selection in breeding activities of *Brachiaria* sp. This paper aims to provide the knowledge of physiological response of *Brachiaria* sp and this information is useful for selection of *Brachiaria* sp tolerant on acid soil.

**Key words:** *Brachiaria* sp, acid soil, physiological response

#### ABSTRAK

Pemanfaatan lahan marjinal terutama lahan masam, untuk budidaya tanaman pakan ternak sangat memungkinkan untuk dilakukan. Tanaman pakan ternak, selain sebagai sumber pakan bagi ternak ruminansia, juga dapat digunakan untuk memperbaiki kesuburan lahan. *Brachiaria* sp merupakan rumput yang berkembang luas di daerah marjinal, terutama lahan masam yang menunjukkan kemampuan adaptasi yang tinggi. Keberadaan genotipe yang beragam ini menjadi hal menarik, karena dapat dipelajari mekanisme tanaman ini beradaptasi pada lahan masam. *Brachiaria decumbens* toleran, sedangkan *Brachiaria ruziziensis* peka pada lahan masam. Variasi respon fisiologis dan morfologis dapat dijadikan dasar untuk seleksi dalam pemuliaan *Brachiaria* sp di lahan masam. Tulisan ini memberikan pengetahuan tentang respon fisiologis *Brachiaria* sp pada lahan masam dan informasi ini bermanfaat untuk memilih *Brachiaria* sp toleran pada lahan masam.

**Kata kunci:** *Brachiaria* sp, lahan masam, respon fisiologis

#### PENDAHULUAN

Kemasaman tanah merupakan salah satu faktor penting yang membatasi produksi tanaman secara luas di berbagai tempat di dunia. Hampir 30% total lahan pertanian bersifat masam, dan 50% lahan potensial di dunia bersifat masam. Luas tanah masam di daerah tropik sekitar 43% dari seluruh luas lahan yang ada, terdiri dari 68% di Amerika tropis, 38% di Asia dan 27% di Afrika. Dari total lahan tersebut, 27,5 juta ha terdapat di Indonesia, berupa tanah mineral masam Podzolik Merah Kuning. Tanah-tanah yang umumnya mempunyai pH masam pada lahan kering di Indonesia adalah ordo Entisols, Inceptisols, Ultisols, Oxisols, dan Spodosols terutama yang mempunyai iklim basah dengan curah hujan tinggi. Ordo terluas terdapat pada ordo Ultisols dan Inceptisols, dengan penyebarannya dominan terdapat di Sumatera, Kalimantan, dan Papua (Mulyani et al. 2004).

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketidaksuburan dan terhambatnya pertumbuhan tanaman pada tanah masam bersifat kompleks. Pada tanah mineral masam, berbagai kendala secara kimia dan interaksi di antara mereka membatasi pertumbuhan tanaman. Misalnya, di tanah pH rendah, biasanya ion hidrogen yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman tidak bersifat toksik, tetapi yang lainnya bersifat toksik, seperti aluminium (Al) dan mangan, serta kekurangan fosfor, nitrogen, kalium, kalsium, magnesium, dan molibdenum. Pada tanah masam dengan pH  $\leq 5,0$  terjadi keracunan  $Al^{3+}$  sangat parah, serta rendahnya kelarutan hara esensial sehingga terjadi kekahatan (Takita et al. 1999). Faktor pembatas lainnya pada lahan masam adalah kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB) dan C organik rendah, kandungan aluminium (kejenuhan Al) tinggi, fiksasi P tinggi, kandungan besi dan mangan mendekati batas meracuni tanaman, peka erosi, dan miskin unsur biotik, pH  $< 5,0$

dan kejenuhan basa <50%, yang tergolong pada tanah-tanah yang mempunyai sifat distrik (Hidayat & Mulyani 2002). Pada banyak tanah masam dari daerah tropis, variabilitas dalam distribusi curah hujan dan panjangnya musim kering selama masa pertumbuhan tanaman menjadi faktor pembatas pada produksi tanaman (Beebe et al. 2006), sehingga adanya perubahan iklim global sangat mempengaruhi produksi tanaman di lahan masam. Hal ini menuntut untuk dihasilkan tanaman-tanaman yang toleran terhadap kekeringan dan keracunan Al, termasuk untuk tanaman pakan ternak. Untuk memperoleh tanaman toleran masam dan kekeringan, program pemuliaan pada tanaman pakan menjadi penting. Salah satu kegiatan pemuliaan tanaman pakan pada lahan masam yang intensif dilakukan pada tanaman *Brachiaria* sp. Tanaman *Brachiaria* memiliki varietas yang peka sampai yang toleran masam, sehingga banyak dipelajari tanggap fisiologis tanaman ini terhadap cekaman masam, untuk selanjutnya dijadikan sebagai acuan dalam menentukan karakter seleksi yang diperlukan pada pemuliaan *Brachiaria*.

*Brachiaria* sp merupakan salah satu rumput pakan tropis yang menyebar secara luas di padang penggembalaan Amerika Utara, lebih dari 70 juta ha, padang rumput di daerah ini ditanami oleh spesies *Brachiaria* (Rao et al. 2008). Sementara itu di Indonesia, rumput *Brachiaria* merupakan salah satu rumput yang sudah dikenal di kalangan peternak. Walaupun tidak secara pasti diketahui penyebaran dan luas lahan yang ditanami oleh *Brachiaria*, namun sudah dilakukan penelitian terhadap rumput ini, diantaranya pengaruh interval potong (Mansyur et al. 2007) dan kandungan nutrisi (Santoso & Hariadi 2008; Mustaring et al. 2014; Low 2015). Produksi bahan kering rumput *Brachiaria decumbens* yang ditanam di tanah masam (gambut) rata-rata 348 g/tanaman/tahun (Ali et al. 2014). Informasi yang telah didapat tentang rumput *Brachiaria* ini diharapkan menjadi informasi yang menarik bagi petani/peternak untuk pengembangan dan penyebaran rumput *Brachiaria* di Indonesia.

Genus *Brachiaria* berasal dari Afrika, termasuk jenis C4 yang banyak digunakan sebagai rumput pakan ternak, terutama di daerah Amerika. Penyebaran dari genus ini di padang penggembalaan di Brazil, mengindikasikan bahwa spesies *Brachiaria decumbens* cv Basilisk menunjukkan penyebaran yang lebih luas, disusul oleh *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Tingginya kemampuan adaptasi rumput *Brachiaria* pada tanah masam yang bervariasi, dan penyebarannya yang luas di padang penggembalaan, menjadikan *Brachiaria* digunakan sebagai model tanaman pakan untuk mempelajari mekanisme fisiologi rumput pakan, pada tanah masam. Selain itu, pemuliaan pada *Brachiaria* sp, pada tanah masam dapat memberikan gambaran untuk melakukan program pemuliaan

tanaman pakan di Indonesia, dalam mendapatkan varietas tanaman pakan toleran pada lahan masam. Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk memberikan pengetahuan tentang respon fisiologis *Brachiaria* pada lahan masam, sehingga menjadi dasar dalam penentuan karakter seleksi untuk kegiatan pemuliaan *Brachiaria* pada lahan masam.

## RESPON FISIOLOGIS TANAMAN PADA LAHAN MASAM

Faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman pada tanah masam adalah kandungan Aluminium ( $Al^{3+}$ ) terlarut pada tanah yang sangat beracun bagi tanaman. Oleh sebab itu, sangat penting memahami mekanisme keracunan Al dan mempelajari gen yang berperan dalam resistensi terhadap Al. Penyebab keracunan Al pada tanaman masih kurang dipahami (Kochian et al. 2004). Hipotesis tentang mekanisme keracunan Al telah banyak dibahas, komponen dan proses selular yang terpengaruh oleh Al sangat luas dan beberapa yang paling penting adalah terjadi di inti sel, mitosis dan pembelahan sel, komposisi, sifat fisik dan struktur membran plasma (Ishikawa & Wagatsuma 1998).

Bagian tanaman yang dapat dideteksi akibat terjadinya keracunan Al adalah bagian akar. Secara garis besar kerusakan yang terjadi adalah terhambatnya pemanjangan akar dicirikan dengan ujung akar mengalami pembengkakan dan kelainan bentuk, terdapat *rhizosheath* pada rambut akar; dan rambut akar mengalami kecacatan (Delhaize et al. 2012), terjadi penghambatan munculnya percabangan akar lateral (Jung & McCouch 2013), terjadi penghambatan pembelahan sel dan stimulasi pembelahan sel di bagian distal (Yang et al. 2013) dan peningkatan produksi karboksilat serta gangguan sifat membran plasma (Kochian et al. 2015).

Gejala yang paling menonjol pada tanaman akibat keracunan Al adalah terhambatnya pertumbuhan akar. Studi pada akar kedelai menggunakan larutan nutrisi, menunjukkan bahwa konsentrasi 75  $\mu$ M Al menyebabkan berkurangnya pertumbuhan akar hanya dalam waktu 5 menit, dimana Al menjadi beracun dengan mengikat dinding sel luar dan menghambatnya di zona perpanjangan. Ditemukan juga perubahan dalam biosintesis dan distribusi etilen dan auksin pada efek berikutnya (Kopittke et al. 2015).

Sel yang dipengaruhi oleh Al adalah tudung akar, meristem, sel *elongation*, rambut akar dan inisial cabang. Ujung akar merupakan wilayah yang paling sensitif. Dalam pemeriksaan yang lebih rinci, wilayah distal dari zona transisi terbukti menjadi wilayah yang paling sensitif pada daerah apikal (Yang et al. 2013). Penghambatan pertumbuhan akar terjadi karena pemanjangan sel terhambat, setidaknya dalam tahap

awal keracunan, sementara pembelahan sel berkurang sehingga mempengaruhi pertumbuhan pada tahap selanjutnya. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi keracunan Al pada akar akan menjadi lebih parah dengan adanya konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan kation lainnya dalam larutan eksternal, kekuatan ionik dari larutan, suhu dan adanya pengkkelat, jenis sel, serta genotipe tanaman.

Keracunan Al juga ditunjukkan oleh tunas (*shoot*), walaupun gejala ini biasanya merupakan konsekuensi dari pelukaan pada sistem akar. Gejala yang paling umum adalah modifikasi seluler dan ultrastruktural di daun, mengurangi pembukaan stomata, penurunan aktivitas fotosintesis, klorosis dan nekrosis daun. Keracunan Al dalam waktu lama dan penghambatan pertumbuhan akar umumnya menyebabkan kekurangan gizi, terutama P, K, Ca dan Mg (Arroyave et al. 2013). Konsekuensinya adalah menurunnya biomassa tanaman, kecuali pada tanaman yang mengakumulasi Al seperti teh dan hydrangea, yang mengangkut Al ke tunas dalam jumlah kecil (Jansen et al. 2000).

Penelitian yang dilakukan selama ini menunjukkan bahwa toleransi Al dapat dicapai dengan mekanisme penghindaran Al pada *apoplast* ujung akar (apeks) atau mentolelir Al di *simples* (Al toleran) (Kochian et al. 2015). Penghindaran Al merupakan bentuk mekanisme untuk mencegah Al masuk ke dalam akar dengan mengkelat Al menggunakan senyawa organik (asam organik atau fenolat) ke dalam rizosfer. Toleransi Al adalah mekanisme dimana ion  $\text{Al}^{3+}$  diasingkan/didetifikasi pada bagian subselular atau memindahkannya jauh dari *apoplast* ujung akar (Horst et al. 2010).

Mekanisme cekaman Al pada rumput *Setaria splendida* dan *Chloris gayana* dilaporkan oleh Karti (2011), dimana aluminium terakumulasi dalam jumlah yang tidak berbeda di bagian akar *S. splendida* dan *C. gayana*, akan tetapi Al terakumulasi dalam jumlah yang lebih tinggi pada tajuk *S. splendida* dibandingkan dengan pada tajuk *C. gayana*. Jaringan tajuk *S. splendida* memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap Al dibandingkan dengan *C. gayana*, karena dengan kandungan Al yang lebih tinggi *S. splendida* dapat tumbuh lebih baik dibandingkan *C. gayana*.

Respon sel tanaman terhadap keracunan Al terjadi pada sel secara luas. Pada prinsipnya, semakin cepat respon, semakin besar kemungkinan bahwa hal itu berkaitan dengan mekanisme utama keracunan atau mekanisme resistensi. Hal ini dapat dilihat dari perubahan kadar kalsium intraselular bebas sebagai akibat keracunan atau awal respon sel terhadap Al.

Salah satu respon sel tanaman yang dikenal ketika diinduksi Al adalah adanya sintesis callose (polisakarida pada tanaman) dan sering digunakan sebagai indikator adanya cekaman Al. Namun hal ini ternyata tidak spesifik, karena tidak semua sel mensintesis senyawa

ini dalam menanggapi keracunan Al. Respon seluler lain terhadap Al adalah adanya perubahan dalam ekspresi gen. Informasi tentang ekspresi gen yang diinduksi oleh Al memungkinkan pemahaman mekanisme toksisitas dan resistensi (Vitarello et al. 2005). Aluminium (Al) menginduksi sintesis beberapa protein dan ekspresinya. Beberapa protein telah diidentifikasi, termasuk diantaranya adalah fenilalanin amonia-liase, protein metallothionein seperti inhibitor proteinase dan sintetase asparagin. Secara umum, protein disintesis dan gen terekspresi dalam menanggapi cekaman Al. Terdapat juga gen lain yang ekspresinya disebabkan oleh Al dan merupakan gen ketahanan, terutama transporter untuk asam organik (Sasaki et al. 2004).

Mekanisme resistensi tanaman terhadap Al, dapat diketahui dengan adanya sekresi asam organik (Kochian et al. 2004). Hal ini dapat terlihat dari sekresi asam malat yang meningkat pada kultivar toleran Al dibandingkan dengan kultivar yang sensitif Al. Beberapa studi berusaha untuk meningkatkan sintesis sitrat atau malat dehidrogenase, dengan tujuan untuk meningkatkan eksudasi asam organik (Anoop et al. 2003), atau gen untuk stres secara umum. Namun, untuk meningkatkan resistensi terhadap Al tidak sederhana, mengingat eksudasi asam organik melibatkan beberapa gen.

Meskipun sejumlah besar studi mendukung mekanisme sekresi asam organik pada tanaman yang resisten terhadap Al, namun terdapat beberapa pengamatan yang tidak sesuai dengan mekanisme tersebut. Hal yang penting adalah adanya tingkat sekresi asam organik pada tanaman yang toleran terhadap Al (Kochian et al. 2004), serta korelasi antara eksudasi asam organik dan ketahanan terhadap Al. Terdapat mekanisme lain selain mengekskresikan asam organik pada tanaman toleran Al. Mekanisme resistensi Al pada spesies asli yang berasal dari tanah masam masih sedikit dipelajari. Spesies tersebut biasanya dibagi menjadi Al *excluders* (menghindari Al untuk masuk ke sel tanaman) dan akumulator. Mekanisme tanaman asli pada daerah tanah asam sebagian besar tidak diketahui, meskipun Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) telah melakukan upaya untuk mempelajarinya pada spesies *Brachiaria* (Ishitani et al. 2004).

### Spesies rumput *Brachiaria*

Spesies *Brachiaria* sebagian besar tumbuh baik pada kondisi lingkungan yang marjinal. Namun terdapat perbedaan yang cukup besar diantara spesies *Brachiaria* dalam toleransi terhadap keracunan Al dan kekurangan P. Mekanisme yang mendasari karakteristik ini masih terus dipelajari. Pada spesies *Brachiaria decumbens* misalnya, peningkatan toleransi Al tidak

berhubungan dengan peningkatan eksudasi asam organik pada ujung akar (Wenzl et al. 2001). Akumulasi asam organik di ujung akar berkontribusi terhadap toleransi Al dalam spesies *Brachiaria*, namun perbedaan toleransi Al pada spesies *Brachiaria* tidak selalu mengikuti mekanisme ini (Wenzl et al. 2002). Simulasi dalam larutan nutrisi, menunjukkan bahwa *B. ruziziensis* (spesies kurang toleran tanah masam) menjadi lebih sensitif terhadap keracunan Al pada media tumbuh yang nutrisinya rendah. Sebaliknya, resistensi *B. decumbens* (spesies toleran) terhadap Al tidak dipengaruhi oleh kekurangan nutrisi pada media tumbuh. Ini menunjukkan bahwa spesies *Brachiaria* adalah tanaman yang baik untuk dipelajari adaptasi fisiologisnya pada tanah masam.

### Morfologi dan elongasi akar

Sel yang dipengaruhi oleh Al adalah tudung akar, meristem, perpanjangan sel, rambut akar dan percabangan awal. Spesies *B. ruziziensis* (peka), *B. brizantha* (agak toleran), dan *B. decumbens* (toleran) yang diberi larutan nutrisi dan diberi perlakuan 200  $\mu\text{M}$  Al ( $\text{AlCl}_3$ ) dengan waktu yang berbeda-beda. Pemanjangan akar utama terhambat dengan penambahan  $\text{AlCl}_3$  tergantung pada kepekaan tanaman terhadap  $\text{AlCl}_3$  dan yang paling terhambat adalah *B. ruziziensis* (Arroyave et al. 2013).

Perbedaan panjang akar utama pada *B. ruziziensis* dibandingkan akar *B. decumbens* disebabkan karena adanya perbedaan waktu pembentukan akar. Pembentukan akar antara spesies *B. decumbens* cv. Basilisk dan *B. brizantha* cv. Marandu menggunakan larutan NAA (naftalen asam asetat) menunjukkan induksi perakaran yang rendah ditemukan pada kultivar Basilisk, dibandingkan dengan kultivar Marandu (Bitencourt et al. 2011).

Selain panjang akar utama, dilihat juga permukaan pada akar. Pada *B. ruziziensis*, gejala keracunan Al ditunjukkan dengan adanya bentuk patahan/retak pada korteks akar, sedangkan keretakan/patahan korteks akar tidak terjadi pada spesies *Brachiaria* lainnya. Kerusakan membran akar terjadi pada *B. ruziziensis* yang ditandai warna biru yang masuk ke dalam akar (Arroyave et al. 2013).

Pada bagian transversal apeks akar, terlihat adanya sebuah *exodermis multiseriate* dengan pita-pita Caspary baik pada *B. decumbens* kontrol maupun yang mendapat perlakuan Al. Sel-sel epidermis akar pada *B. brizantha* (kurang toleran Al) kontrol, menunjukkan *auto-fluorescent* pada dinding sel yang sedikit, sementara yang mendapat perlakuan Al, terdapat spot *auto-fluorescent* pada intraseluler antara epidermis dan sel sub-epidermis. Pada akar *B. ruziziensis* kontrol dan yang mendapat perlakuan Al, *exodermis* tidak terlihat. Namun pada *B. ruziziensis* yang mendapat perlakuan Al,

terdapat perubahan pada distribusi sel korteks, dengan sel radial antara endodermis dan epidermis. Distribusi ini tidak terlihat pada spesies *Brachiaria* lainnya yang diamati (Arroyave et al. 2013).

### Sekresi asam organik pada akar

Mekanisme resistensi Al, belum sepenuhnya diketahui, tapi setidaknya mekanisme sekresi asam organik, merupakan salah satu respon yang sekarang dipahami sebagai mekanisme resistensi tanaman terhadap Al (Kochian et al. 2004). Hal ini dapat terlihat pada mekanisme sekresi malat yang meningkat pada kultivar toleran Al dibandingkan dengan kultivar yang sensitif Al. Penelitian fisiologis yang lebih mendalam pada resistensi spesies *Brachiaria* bervariasi, pada spesies yang toleran Al, seperti *Brachiaria decumbens* menunjukkan tidak adanya kontribusi yang signifikan dari sekresi asam organik pada apeks akar terhadap Al. Apeks akar pada sebagian besar tanaman, mengeluarkan asam organik dalam menanggapi paparan Al, termasuk gandum, jagung, dan tembakau. Hal ini diperkirakan untuk mengikat dan detoksifikasi Al dalam *apoplast* dan *rhizosfer*. Namun demikian, apeks akar *B. decumbens* justru tidak mengekskresi asam organik, melainkan mengakumulasi asam organik bila teracuni Al (Wenzl et al. 2001; Wenzl et al. 2002). Asam organik pada *B. decumbens* berkontribusi pada ketahanan Al dengan mendetoksifikasi ion Al pada simplasmapikal. Respon fisiologis *Brachiaria* terhadap Al ditunjukkan dengan adanya hubungan erat antara akumulasi Al dalam apeks akar dan penghambatan pertumbuhan akar yang diduga merupakan mekanisme yang berkontribusi terhadap resistensi Al (Wenzl et al. 2001).

Studi tentang sekresi asam organik pada *Brachiaria* dilakukan oleh Wenzl et al. (2001), bahwa semua eksudat akar mengandung asam sitrat, malat dan oksalat, sementara asam laktat, cis dan trans-aconitat, maleat dan fumarat terdapat dalam jumlah yang sedikit. Semua asam, kecuali *cis-aconitat* dan fumarat, juga dapat dideteksi pada larutan tanah yang diekstrak dari *sandy-loam* Oxisol dimana *B. ruziziensis* ditanam pada lahan tersebut. Asam-asam seperti *pyruvat*, *tartrat*, *succinat*, *malonat*, *1-glycerate*, *glycolate*, *quinate*, *shikimate*, *phthalate*, dan *ferulate* dikesampingkan. Jumlah yang besar dari komponen yang tidak dikenal ini, disekresikan oleh *B. ruziziensis* dibandingkan *B. decumbens*, dan Al distimulasi oleh eksudasi asam-asam ini pada *B. ruziziensis* tapi tidak terjadi di *B. decumbens* (Wenzl et al. 2001).

Walaupun eksudasi asam sitrat distimulasi pada kedua spesies ini dengan rata-rata lima kali di bawah stres Al, rumput *B. ruziziensis* mensekresi lebih besar dibandingkan dengan *B. decumbens* pada semua kondisi. Aluminium juga memicu 10 kali lipat

peningkatan eksudasi oksalat pada akar rumput *B. ruziziensis* tapi tidak berpengaruh terhadap eksudasi oksalat pada rumput *B. decumbens*. Eksudasi malat tidak berpengaruh pada kedua spesies. Stres Al juga menstimulasi hampir semua eksudasi asam organik pada kedua spesies, namun *B. ruziziensis* mensekresi jumlah yang lebih besar dibandingkan *B. decumbens*.

Respon lain dari sel tanaman ketika diinduksi Al adalah adanya sintesis *callose*, yang sering digunakan sebagai indikator pada cekaman Al. Namun, hal ini ternyata tidak spesifik, karena tidak semua sel mensintesis senyawa ini dalam menanggapi keracunan Al. Respon lain pada *B. decumbens* adalah adanya molekul kompleks antara ligan dan Al. Hal ini dapat dilihat dari analisis Al pada *Brachiaria hybrid* cv. Mulato, yang menunjukkan bahwa pada simplasm akar terdapat kompleks Al dengan ligan. Ligan termasuk asam sitrat, asam malat, asam trans-aconitic, asam oksalat dan 1,3-di-O-trans-asam *feruloylquinic* (Wenzl et al. 2000). Ligan ini diduga sebagai pencuci ion Al di akar dewasa, karena sangat sedikit translokasi Al ke tunas (Wenzl et al. 2002).

#### POTENSI PRODUKSI *Brachiaria* sp PADA LAHAN MASAM

Produktivitas *Brachiaria* di lahan masam bervariasi pada setiap genotipe dan dipengaruhi oleh musim. *Brachiaria* dengan genotipe yang berbeda yang ditanam di lahan masam di Rwanda, menunjukkan produksi hijauan yang berbeda. Produksi bahan kering *Brachiaria hybrid* Bro2/1485 (5,95 ton/ha/tahun) dan *B. decumbens* cv. Basilisk (4,97 ton/ha/tahun) memiliki produksi yang lebih tinggi dibandingkan *B. brizantha* cv. Marandu dan cv. Toledo, *B. decumbens* cv. Local, *Brachiaria hybrid* Bro2/0465, *Brachiaria hybrid* Bro2/1452, *Brachiaria hybrid* cv. Mulato, I dan II, serta *Cenchrus ciliaris* yang merupakan rumput lokal yang tumbuh di lahan tersebut. Secara kualitas, kandungan protein kasar pada genotipe *Brachiaria hybrid* cv. Mulato (14,29%) lebih tinggi jika dibandingkan dengan genotipe lainnya. Demikian juga dengan musim, hampir semua genotipe produksinya turun 50% pada musim kemarau, dibandingkan dengan musim hujan (Mutimura & Everson 2012).

Perbedaan produktivitas antara genotipe *Brachiaria* pada lahan masam juga dapat dilihat dari observasi lapangan di Cerrados Brazil dan Lianos Kolombia yang menunjukkan bahwa *B. ruziziensis* dan *B. brizantha* cv. Marandu memiliki produksi yang lebih rendah, jika dibandingkan *B. decumbens* cv. Basilisk pada tanah Oxisol yang memiliki tingkat kesuburan rendah (Rao et al. 1998). Di antara tiga kultivar tersebut, *B. ruziziensis* merupakan kultivar yang paling peka terhadap tanah masam dengan tingkat kesuburan yang rendah. Demikian juga dilaporkan oleh Bitencourt et al. (2011),

*Brachiaria decumbens* cv Basilisk memiliki toleransi yang lebih baik pada tanah masam jika dibandingkan dengan lima kultivar genotipe *B. decumbens* dan *B. ruziziensis*. Adaptasi yang baik dari *Brachiaria decumbens* cv Basilisk menyebabkan penyebaran yang luas dan dapat bertahan di padang penggembalaan yang rata-rata tanahnya bersifat masam. *B. decumbens* juga dilaporkan beradaptasi pada lahan masam dengan kandungan nutrisi tanah yang rendah (Wenzl et al. 2003) dan tingkat resistensinya jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan kultivar lain yang toleran Al (Wenzl et al. 2001).

Faktor pembatas pada lahan masam berupa rendahnya ketersediaan unsur hara, terutama kadar P dan N tersedia yang rendah, serta Ca dan Mg ditukar juga rendah, maka penambahan unsur hara berupa pemupukan menjadi objek penelitian pada lahan masam. Penelitian pemupukan pada lahan masam terhadap produktivitas *Brachiaria* dilakukan oleh Häussler et al. (2006). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kapur dan gipsium meningkatkan produksi hijauan segar dan produksi bahan kering tajuk *B. ruziziensis* dan *B. dictyoneura*.

Terdapatnya variasi pada genotipe *Brachiaria* dalam toleransi terhadap lahan masam, menunjukkan kelayakan untuk dilakukan kegiatan pemuliaan untuk memperbaiki genetik *Brachiaria* sehingga bisa beradaptasi lebih baik pada tanah masam. Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa, masih sangat memungkinkan untuk dilakukan kegiatan pemuliaan dalam rangka meningkatkan produktivitasnya pada lahan masam. Kegiatan pemuliaan tanaman juga diharapkan dapat mengurangi input produksi dalam budidaya rumput *Brachiaria* pada lahan masam, seperti pemupukan. Hal ini akan mengurangi biaya produksi untuk budidaya *Brachiaria* di lahan masam.

Penelitian mengenai teknologi budidaya untuk meningkatkan produktivitas *Brachiaria*, seperti pemupukan, interval potong dan pengujian kualitas hijauan telah dilakukan di Indonesia. Sementara kegiatan pemuliaan untuk menghasilkan *Brachiaria* toleran pada lahan masam masih belum banyak dilakukan, padahal kegiatan pemuliaan ini dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Penelitian awal untuk kegiatan pemuliaan di Indonesia sudah dimulai, berupa koleksi sebagai plasma nutfah, karakterisasi dan seleksi. Kegiatan pemuliaan pada *Brachiaria* yang ditujukan untuk mengembangkan genotipe *Brachiaria* superior dengan meningkatkan toleransinya pada tanah masam yang kurang subur memiliki potensi besar. Hal ini dapat dicapai dengan mengembangkan rekombinan genetik spesies *Brachiaria* yang paling efisien dalam memperoleh dan memanfaatkan nutrisi dalam tanah untuk produksi lebih tinggi, terutama dalam pada kondisi musim hujan dan kering (Bitencourt et al. 2011).

Tahapan awal dalam kegiatan pemuliaan *Brachiaria* adalah dengan mengetahui bagaimana respon fisiologis *Brachiaria* pada lahan masam, diharapkan dapat diperoleh karakter yang dapat diseleksi untuk menentukan genotipe *Brachiaria* toleran lahan masam yang memiliki produktivitas tinggi

### UPAYA PEMBENTUKAN *Brachiaria* sp TOLERAN LAHAN MASAM

Pengetahuan tentang respon fisiologis *Brachiaria* sp pada lahan masam (Al), dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan kriteria seleksi pada *Brachiaria* yang toleran terhadap tanah masam (Al). Pendekatan yang telah dilakukan untuk menghasilkan *Brachiaria* sp toleran masam adalah dengan mengetahui adaptasi edafik (faktor yang bergantung dengan kondisi tanah, biasanya terkait pH tanah atau suhu tanah) rumput *Brachiaria*. Pendekatan yang dilakukan adalah melakukan percobaan langsung di lapangan dengan mengevaluasi hasil hijauan dan persistensinya di padang penggembalaan. Percobaan ini telah menghasilkan pelepasan beberapa kultivar yang beradaptasi dengan baik pada tanah masam, seperti cv. Basilisk (signalgrass), Tully, dan Llanero (Miles et al. 2006). Indikator luas daun, biomassa, kandungan N serta perbandingan dari N dan P daun dapat digunakan sebagai tolak ukur adaptasi dan persistensi pada tanah masam. Genotipe yang adaptif biasanya memiliki akar dan bagian *shoot* yang efisien dalam penggunaan nutrisi penting (N, P dan Ca) dalam tanah yang memiliki pH rendah dan kandungan Al tinggi. Sifat lain pada rumput *Brachiaria* yang adaptif tanah masam adalah: (a) memelihara pertumbuhan akar dengan mengorbankan pertumbuhan tunas (b) sistem perakaran yang luas dan asosiasi dengan mikoriza arbuskula; (c) sistem akar bercabang dengan banyak apeksnya/ujungnya memfasilitasi penyerapan Ca (misalnya, *B. ruziziensis*); (d) kemampuan untuk memperoleh dan memanfaatkan  $\text{NO}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$  (misalnya, *B. humidicola*); dan (e) kemampuan untuk memperoleh N melalui fiksasi asosiatif (misalnya *B. decumbens* cv Basilisk). Namun hal ini belum menjelaskan apakah terdapat variasi genetik antar genotipe rumput *Brachiaria* terhadap resistensi Al (Wenzl et al. 2006).

Studi untuk memperoleh *Brachiaria* toleran masam, juga dikaji lebih lanjut menggunakan rumah kaca. (Wenzl et al. 2006) melakukan metode *screening* di rumah kaca, untuk memvalidasi hasil yang diperoleh pada kultur hara (*solution culture*). Menggunakan 41 genotipe yang diperbanyak secara vegetatif di tanah masam. Selanjutnya dievaluasi, dalam serangkaian percobaan yang mereplikasikan pertumbuhan selama 21 hari dari genotipe *Brachiaria* secara luas. Tujuan *screening* pada rumah kaca, adalah untuk memperoleh sifat yang berkontribusi terhadap *Brachiaria* yang

beradaptasi pada tanah masam (vigor akar dan resistensi Al). *Screening* di rumah kaca menunjukkan pertumbuhan yang baik pada akar dan resistensi Al pada tingkat menengah, sesuai dengan vigor yang baik dan respons terhadap nutrisi yang diterapkan pada tanah masam. Pengujian ini juga menunjukkan perbedaan genetik dalam adaptasi edafis pada karakter vigor akar dan resistensi Al sehingga memungkinkan pada pemulia, untuk melakukan seleksi berdasarkan karakter ini secara mudah, karena dapat dilihat secara visual. Sebuah kultivar baru-baru ini dirilis, setelah dipilih untuk uji adaptasi edafis di lapangan.

Evaluasi di lapangan terhadap 15 hibrida *Brachiaria* yang diidentifikasi sebagai tanaman yang toleran terhadap Al dibandingkan dengan induknya dan varietas pembanding di llanos Kolombia pada tanah masam yang tidak subur, telah menghasilkan kultivar Mulato II dan 2 hibrida lain yang unggul (Rao 2014). Dikembangkan juga kultivar yang toleran terhadap tanah masam dan toleran kekeringan (Jiménez et al. 2015).

Penelitian lain yang sedang dikembangkan adalah mempelajari toleransi Al pada *B. decumbens* untuk mengetahui mekanisme toleransinya terhadap Al, secara lebih baik. Penelitian dimulai dengan mengisolasi gen berdasarkan ekspresi heterolog dalam ragi dan membandingkan pola ekspresinya dengan apeks akar (Wenzl et al. 2003). Gen diisolasi dari apeks akar *B. decumbens* yang toleran Al, disajikan dalam ragi untuk mengidentifikasi gen yang meningkatkan ketahanan Al, sebuah pendekatan berhasil digunakan dalam studi sebelumnya pada toksisitas dan resistensi logam. Hasil awal menunjukkan bahwa gen seperti S-adenosylmethionine sintetase, protease sistein dan  $\beta$ -1,3-glukanase berhubungan dengan resistensi Al (Wenzl et al. 2003). Untuk pendekatan berdasarkan ekspresi gen diferensial, dua kelompok *B. ruziziensis* dan *B. decumbens* dipilih sebagai perwakilan spesies *Brachiaria* yang memiliki perbedaan tanggapan terhadap Al. Gen yang diidentifikasi oleh ekspresi diferensial akan dipilih berdasarkan kriteria terkait dengan fungsi gen dan informasi QTL yang ada dalam tanaman yang berbeda seperti padi. Gen yang dipilih akan digunakan untuk mengembangkan penanda molekuler untuk melihat co-segregasi dengan fenotipe pada populasi.

Perakitan varietas *Brachiaria* toleran Al dilakukan juga dengan membuat *Brachiaria* transgenik toleran masam. Diantaranya dilakukan oleh Rocha et al. (2014) yang menyisipkan gen *neMDH* pada *B. brizantha*. Gen ini berasal dari alfalfa yang berguna untuk meningkatkan pengkelatan Al di rhizosfer sehingga meningkatkan toleransi Al pada *Brachiaria*. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi program pemuliaan pada *Brachiaria* untuk menghasilkan tanaman yang toleran Al juga toleran lahan masam.

## KESIMPULAN

Pemahaman respon fisiologis *Brachiaria* sp pada lahan masam merupakan salah satu hal penting dalam melakukan seleksi, sehingga dapat ditentukan suatu karakter pada *Brachiaria* yang mencirikan sebagai tanaman yang toleran atau peka terhadap lahan masam. Respon fisiologis yang dapat diamati secara langsung akibat cekaman pada lahan masam adalah adanya perubahan akar dan sekresi asam organik. Keragaman yang terdapat dalam genotipe *Brachiaria* menjadi modal yang berharga bagi pemuliaan terhadap rumput *Brachiaria*, dalam rangka membentuk kultivar yang toleran terhadap lahan masam. Kultivar *B. decumbens* dapat dijadikan sebagai indikator bagi tanaman yang toleran, sedangkan *B. ruziziensis* menjadi indikator tanaman peka.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali A, Abdullah L, Karti PDMH, Chozin MA, Astuti DA. 2014. Evaluation, productivity and competition of *Brachiaria decumbens*, *Centrosema pubescens* and *Clitoria ternatea* as sole and mixed cropping pattern in Peatland. *JITV*. 19:81-90.
- Anoop VM, Basu U, McCammon MT, McAlister-Henn L, Taylor GJ. 2003. Modulation of citrate metabolism alters aluminium tolerance in yeast and transgenic canola over expressing a mitochondrial citrate synthase. *Plant Physiol*. 132:2205-2217.
- Arroyave C, Tolrà R, Thuy T, Barceló J, Poschenrieder C. 2013. Differential aluminium resistance in *Brachiaria* species. *Environ Exp Bot*. 89:11-18.
- Beebe SE, Rao I, Teran H, Cajiao C. 2006. Breeding concepts and approaches in food legumes: The example of common bean. In: *Proceedings of the Second National Workshop on Food and Forage Legumes*. Addis Ababa, 22-27 September 2003. Addis Ababa (Ethiopia). p. 23-29.
- Bitencourt GD, Chiari L, Laura VA, do Valle CB, Jank L, Moro JR. 2011. Aluminium tolerance on genotypes of signal grass. *Rev Bras Zootec J Anim Sci*. 40:245-250.
- Delhaize E, Ma JF, Ryan PR. 2012. Transcriptional regulation of aluminium tolerance genes. *Trends Plant Sci*. 17:341-348.
- Häussler K, Rao IM, Schultze Kraft R, Marschner H. 2006. Shoot and root growth of two tropical grasses, *Brachiaria ruziziensis* and *B. dictyoneura*, as influenced by aluminium toxicity and phosphorus deficiency in a sandy loam oxisol of the eastern plains of Colombia. *Tropical Grasslands*. 40:213-221.
- Hidayat A, Mulyani A. 2002. Lahan kering untuk pertanian. Dalam: Abdurachman, penyunting. *Buku pengelolaan lahan kering menuju pertanian produktif dan ramah lingkungan*. Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. hlm. 1-34.
- Horst WJ, Wang Y, Eticha D. 2010. The role of the root apoplast in aluminium-induced inhibition of root elongation and in aluminium resistance of plants: A review. *Ann Bot*. 106:185-197.
- Ishikawa S, Wagatsuma T. 1998. Plasma membrane permeability of root-tip cells following temporary exposure to Al ions is a rapid measure of Al tolerance among plant species. *Plant Cell Physiol*. 39:516-525.
- Ishitani M, Rao I, Wenzl P, Beebe S, Tohme J. 2004. Integration of genomics approach with traditional breeding towards improving abiotic stress adaptation: Drought and aluminum toxicity as case studies. *F Crop Res*. 90:35-45.
- Jansen S, Dessein S, Piesschaert F, Robbrecht E, Smets E. 2000. Aluminium accumulation in leaves of rubiaceae: Systematic and phylogenetic implications. *Annals Botany*. 85:91-101.
- Jiménez J de la C, Cardoso JA, Dominguez M, Fischer G, Rao I. 2015. Morpho-anatomical traits of root and non-enzymatic antioxidant system of leaf tissue contribute to waterlogging tolerance in *Brachiaria* grasses. *Grassl Sci*. 61:243-252.
- Jung KH, McCouch S. 2013. Getting to the roots of it: genetic and hormonal control of root architecture. *Front Plant Sci*. 5:1-32.
- Karti PDMH. 2011. Mekanisme toleransi aluminium pada rumput pakan *Setaria splendida*. *J Agron Indones*. 39:144-148.
- Kochian LV, Hoekenga OA, Pineros MA. 2004. How do crop plants tolerate acid soils? - Mechanisms of aluminium tolerance and phosphorous efficiency. *Annu Rev Plant Biol*. 55:459-493.
- Kochian LV, Piñeros MA, Liu J, Magalhaes JV. 2015. Plant adaptation to acid soils: The molecular basis for crop aluminium resistance. *Annu Rev Plant Biol*. 66:571-98.
- Kopittke PM, Moore KL, Lombi E, Gianoncelli A, Ferguson BJ, Blamey FPC, Menzies NW, Nicholson TM, McKenna BA, Wang P, et al. 2015. Identification of the primary lesion of toxic aluminium in plant roots. *Plant Physiol*. 167:1402-1411.
- Low S. 2015. Signal grass (*Brachiaria decumbens*) toxicity in grazing ruminants. *Agriculture*. 5:971-990.
- Mansyur, Abdullah L, Djuned H, Tarmidi AR, Dhalika T. 2007. Konsentrasi amonia dan asam lemak terbang rumput *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick pada berbagai interval pemotongan (*in vitro*). *J Ilmu Ternak*. 1:64-68.
- Miles JW, Cardona C, Sotelo G. 2006. Recurrent selection in a synthetic *Brachiaria* grass population improves resistance to three spittlebug species. *Crop Sci*. 46:1088-1093.

- Mulyani A, Hikmatullah, Subagyo H. 2004. Karakteristik dan potensi tanah masam lahan kering di Indonesia. Dalam: Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam. Bandar Lampung, 29-30 September 2003. Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. hlm. 1-32.
- Mustaring I, Subagyo, Soebarinoto, Marsetyo. 2014. Growth, yield and nutritive value of new introduced *Brachiaria* species and legume herbs as ruminant feed in Central Sulawesi, Indonesia. *Pakistan J Agric Res.* 27:89-98.
- Mutumura M, Everson TM. 2012. On-farm evaluation of improved *Brachiaria* grasses in low rainfall and aluminium toxicity prone areas of Rwanda. *Int J Biodivers Conserv.* 4:137-154.
- Rao IM. 2014. Advances in improving adaptation of common bean and *Brachiaria* forage grasses to abiotic stresses in the tropics. In: Pessaraki M, editor. *Handbook plant and crop physiology*. 3rd Ed. Boca Raton (US): CRC Press. p. 847-889
- Rao IM, Miles JW, Granobles JC. 1998. Differences in tolerance to infertile acid soil stress among germplasm accessions and genetic recombinants of the tropical forage grass genus, *Brachiaria*. *F Crop Res.* 59:43-52.
- Rao IM, Wenzl P, Arango Vélez A, Miles JW, Watanabe T, Shinano T, Osaki M, Wagatsuma T, Manrique G, Beebe SE, et al. 2008. Advances in developing screening methods and improving aluminium resistance in common bean and *brachiaria*. *Rev Bras Agrociencia.* 14:1-7.
- Rocha F, Duarte KMR, Gomes LH, Mattos WT, Lira SP, Alcantara PB. 2014. Introduction of the neMDH gene in *Urochloa brizantha* for aluminium tolerance in agronomic assays. *Greener J Agric Sci.* 4:110-116.
- Santoso B, Hariadi BT. 2008. Evaluasi kualitas rumput signal (*Brachiaria brizantha*) yang diensilase dengan hijauan sumber tanin. *JITV.* 13:207-213.
- Sasaki T, Yamamoto Y, Ezaki B, Katsuhara M, Ahn SJ, Ryan PR, Delhaize E, Matsumoto H. 2004. A wheat gene encoding an aluminium-activated malate transporter. *Plant J.* 37:645-653.
- Takita E, Koyama H, Hara T. 1999. Organic acid metabolism in aluminium-phosphate utilizing cells of carrot (*Daucus carota* L.). *Plant Cell Physiol.* 40:489-495.
- Vitorello VA, Capaldi FR, Stefanuto VA. 2005. Recent advances in aluminium toxicity and resistance in higher plants. *Brazilian J Plant Physiol.* 17:129-143.
- Wenzl P, Arango A, Chaves AL, Buitrago ME, Patiño GM, Miles GM, Rao IM. 2006. Greenhouse method to screen *Brachiaria* grass genotypes for aluminium resistance and root vigor. *Crop Sci.* 46:968-973.
- Wenzl P, Chaves AL, Mayer JE, Rao IM, Nair MG. 2000. Roots of nutrient-deprived *Brachiaria* species accumulate 1,3-di-O-trans-feruloylquinic acid. *Phytochemistry.* 55:389-395.
- Wenzl P, Chaves AL, Patiño GM, Mayer JE, Rao IM. 2002. Aluminium stress stimulates the accumulation of organic acids in root apices of *Brachiaria* species. *J Plant Nutr Soil Sci.* 165:582-588.
- Wenzl P, Mancilla LI, Mayer JE, Albert R, Rao IM. 2003. Simulating infertile acid soils with nutrient solutions: the effects on *Brachiaria* species. *Soil Sci Soc Am J.* 67:1457-1469.
- Wenzl P, Patiño GM, Chaves AL, Mayer JE, Rao IM. 2001. The high level of aluminium resistance in signal grass is not associated with known mechanisms of external aluminium detoxification in root apices. *Plant Physiol.* 125:1473-1484.
- Yang Z, Rao IM, Horst WJ. 2013. Interaction of aluminium and drought stress on root growth and crop yield on acid soils. *Plant Soil.* 372:3-25.