

## Strategi Adaptasi Tanaman Pakan Ternak terhadap Perubahan Iklim

### (Adaptation Strategy of Forage Crops to Climate Change)

Harmini dan A Fanindi

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16720  
Korespondensi e-mail: [hmini2011@gmail.com](mailto:hmini2011@gmail.com)

(Diterima 6 Agustus 2020 – Direvisi 20 November 2020 – Disetujui 10 Desember 2020)

#### ABSTRACT

Climate change is characterized by an increasing in temperature, drought, and an increase in CO<sub>2</sub>. This paper aims to describe the strategy to deal with climate change in forage crops. Plant adaptation mechanisms include increasing water content, cell membrane stability, and photosynthetic capacity by suppressing stomata conductance and C consumption through respiration. The impacts of climate change on feed crops include: decreased productivity and nutrient content, and reduced planting area which affects the supply of animal feed so that food availability is disrupted. Adaptation strategies are carried out by managing the cultivation of forage plants, including time selection of planting and harvesting, as well as irrigation. Besides, it is necessary to select adaptive fodder plants through breeding. Breeding methods are conducted through the exploration of genetic resources until obtaining a new superior forage crop, adaptive to climate change.

**Key words:** Adaptation, climate change, forage

#### ABSTRAK

Perubahan iklim ditandai dengan kenaikan suhu, kekeringan dan peningkatan CO<sub>2</sub>. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk memaparkan strategi dalam pengembangan tanaman pakan ternak untuk menghadapi perubahan iklim. Mekanisme adaptasi tanaman diantaranya meningkatkan kandungan air, stabilitas membran sel dan kapasitas fotosintesis dengan menekan konduktansi stomata dan konsumsi C melalui respirasi. Dampak perubahan iklim terhadap tanaman pakan ternak diantaranya: produktivitas dan kandungan nutrisi menurun, serta luas tanam yang berkurang yang berpengaruh terhadap penyediaan pakan ternak sehingga ketersediaan pangan terganggu. Strategi adaptasi dilakukan dengan manajemen budidaya tanaman pakan diantaranya dengan pemilihan waktu tanam, panen dan irigasi serta pemilihan tanaman pakan ternak yang adaptif melalui pemuliaan. Metode pemuliaan dilakukan dengan cara eksplorasi sumber daya genetik (SDG) sampai dengan perakitan varietas unggul baru tanaman pakan ternak (TPT) adaptif pada perubahan iklim.

**Kata kunci:** Adaptasi, perubahan iklim, tanaman pakan ternak

#### PENDAHULUAN

Perubahan iklim adalah peralihan yang terjadi pada iklim, diidentifikasi dari rerata dan variabilitas pada waktu dan dekade yang lama (Hartmann et al. 2013). Perubahan iklim disebabkan oleh peningkatan gas rumah kaca dan sektor peternakan menyumbang 14,5% dari total emisi gas rumah kaca yang tersusun dari 27% CO<sub>2</sub>, 29 % N<sub>2</sub>O dan 44% CH<sub>4</sub> (Herawati 2012; Rojas-Downing et al. 2017). Indikator perubahan iklim diantaranya perubahan suhu permukaan, curah hujan, suhu dan tinggi permukaan laut, serta iklim dan cuaca ekstrim, yang berdampak pada perubahan ekosistem. Hal ini berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan fisik dan biologis (Evans & Moustakas 2018). Suhu tinggi, perubahan curah hujan dan peningkatan CO<sub>2</sub> berdampak pada pertumbuhan padang rumput yang berpengaruh pada kualitas dan produksi biomassa

tanaman sehingga menurunkan produktivitas ternak (Mäkinen et al. 2015; Moore & Ghahramani 2013). Terjadi juga perubahan pola curah hujan, kenaikan suhu serta kombinasi keduanya akan merubah komposisi pastura sehingga menyebabkan penurunan kapasitas tampung ternak di padang penggembalaan (Hidosa & Guyo 2017; Gitz et al. 2016). Variabilitas iklim akan menyebabkan ledakan (*outbreak*) hama penyakit tanaman (Susanti et al. 2019), menggeser frekuensi dan intensitas penyakit pada tanaman (Garrett et al. 2016).

Negara-negara berkembang rentan terhadap perubahan iklim karena dominasi sektor pertanian, iklim lebih hangat serta keterbatasan sumber daya untuk adaptasi dengan teknologi baru (Giridhar & Samireddypalle 2015). Terjadinya peningkatan suhu akan menurunkan kualitas bulir padi, sementara pergeseran musim kemarau yang semakin panjang akan menurunkan produktivitas padi (Sudarma & As-syakur

2018). Peningkatan suhu dan defisit curah hujan juga berpengaruh pada penyimpanan C tanah (Sanaullah et al. 2014). Dampak perubahan iklim dapat dikurangi dengan identifikasi wilayah kekeringan, banjir, endemik hama dan penyakit serta penggunaan sarana dan prasarana teknologi untuk mendukung produktivitas tanaman pangan (Santoso 2016). Adaptasi terbukti mampu meningkatkan hasil panen 10,4% di Asia Tenggara sementara tanpa adaptasi menurun 0,6% (Porter et al. 2019). Serangkaian pendekatan mitigasi baik pendekatan *top – down* dan *bottom – up* serta opsi adaptasi di sektor peternakan telah dilakukan. Assesment Report IPCC 2014 difokuskan pada *incremental to transformational adaptation*, dengan pendekatan pada sistem pangan melalui adaptasi dan jalur adopsi secara konsisten (Jarraud & Steiner 2015).

Strategi untuk menangani perubahan iklim atau menahan laju perubahan iklim diantaranya melalui diversifikasi dengan mengintegrasikan antara tanaman biji-bijian dengan tanaman pakan ternak dan ternak (Giridhar & Samireddypalle 2015). Jenis tanaman yang dipilih adalah jenis biji-bijian dan tanaman pakan ternak lainnya. Sistem integrasi tanaman ternak (SITT) telah banyak dilakukan di kalangan peternak dalam beberapa dekade, baik antara tanaman pangan–ternak, kehutanan–ternak, maupun perkebunan–ternak. Namun pada strategi adaptasi perlu ditekankan pada variabilitas tanaman untuk menekan gagal panen. Makalah ini menguraikan tentang strategi pengembangan tanaman pakan ternak dalam menghadapi perubahan iklim. Tujuan dari penulisan makalah ini: 1) menjelaskan dampak perubahan iklim terhadap tanaman pakan ternak, 2) strategi adaptasi pengembangan tanaman pakan ternak terhadap perubahan iklim.

## **DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA TANAMAN PAKAN TERNAK**

### **Dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan**

Perubahan iklim berdampak pada pertumbuhan tanaman pakan ternak (TPT) (Tabel 1). Dampak terjadinya perubahan iklim menyebabkan peningkatan CO<sub>2</sub>, suhu, kekeringan, serta meningkatnya permukaan air sehingga luas daratan berkurang. Faktor yang berpengaruh akibat terjadinya perubahan iklim terhadap produktivitas tanaman pakan ternak (TPT) adalah peningkatan CO<sub>2</sub>, suhu, dan kekeringan (Tabel 1). Peningkatan CO<sub>2</sub> sampai 550 ppm pada TPT sorgum dan *ryegrass* yang diuji di laboratorium menunjukkan bahwa terjadi peningkatan ukuran daun, *nodul* (bintil) pada akar, produksi biji, dan sebagian besar tanaman produksi biomassa meningkat.

Peningkatan CO<sub>2</sub> juga menyebabkan bertambahnya ukuran nodul pada akar kedelai. Peningkatan produktivitas TPT akibat peningkatan CO<sub>2</sub> karena CO<sub>2</sub> merupakan zat yang dibutuhkan pada proses fotosintesis. Namun peningkatan CO<sub>2</sub> dalam jangka panjang akan menurunkan produktivitas tanaman seperti ukuran daun mengecil dan produksi biomassa rendah. Hal ini disebabkan peningkatan CO<sub>2</sub> yang terus menerus akan meningkatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> melebihi ambang batas tanaman yang dapat digunakan. Perubahan suhu juga salah faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas tanaman. Penurunan suhu pada TPT akan menyebabkan ukuran daun mengecil dan produksi biomassa menurun, sebaliknya peningkatan CO<sub>2</sub> dan suhu bersama-sama akan meningkatkan ukuran daun. Kenaikan suhu akan meningkatkan respirasi pada malam hari dan peningkatan serangan hama dan penyakit tanaman sehingga menurunkan produktivitas tanaman. Kekeringan juga merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas TPT karena pada musim kemarau produktivitasnya menurun hampir 50%. Penurunan akibat kekeringan bisa dilihat dari produktivitas sorgum, *sheepgrass*, *Pennisetum*. Perubahan iklim dalam jangka panjang akan berakibat pada penurunan produktivitas TPT. Dampak perubahan iklim yang menyebabkan terjadinya peningkatan CO<sub>2</sub> tidak selalu memberikan efek negatif pada pertumbuhan tanaman jika tidak diikuti oleh peningkatan suhu. Peningkatan CO<sub>2</sub> dalam jangka panjang tanpa diikuti oleh peningkatan suhu akan berakibat buruk pada tanaman.

### **Dampak perubahan iklim terhadap kandungan nutrisi**

Perubahan iklim berdampak pada kandungan nutrisi tanaman pakan ternak (TPT) disajikan dalam Tabel 2. Peningkatan CO<sub>2</sub> menurunkan kandungan nutrisi dari TPT namun dengan pemberian *mikoriza* mampu meningkatkan kandungan nutrisi TPT, sementara peningkatan suhu meningkatkan kadar abu dan lemak pada rumput di padang penggembalaan. Peningkatan CO<sub>2</sub> yang disertai dengan kenaikan suhu menurunkan pencernaan tanaman dan kandungan antioksidan, sementara kekeringan meningkatkan kandungan bahan kering, serat kasar, *Neutral Detergent Fibre* (NDF), *Acid Detergent Fibre* (ADF) dari TPT. Kekeringan yang disertai dengan peningkatan CO<sub>2</sub> menurunkan kandungan protein pada TPT. Dampak perubahan iklim terhadap kualitas tanaman pakan ternak (TPT) tergantung kepada beberapa faktor seperti peningkatan CO<sub>2</sub>, kenaikan suhu, maupun kekeringan. Peningkatan CO<sub>2</sub> secara umum akan menurunkan kualitas TPT, terlebih jika

**Tabel 1.** Dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman

Faktor perubahan iklim	Jenis tanaman	Fasilitas/jenis tanah	Pengaruh pada pertumbuhan tanaman	Pustaka
Peningkatan CO <sub>2</sub>	Sorgum, <i>Ryegrass</i> , <i>Ryegrass mixtures (Lolium multiflorum Lam)</i>	Laboratorium, <i>free-air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE)</i>	Ukuran daun, biji dan produksi biomassa meningkat	Kimball (2016)
Peningkatan CO <sub>2</sub>	Kedelai ( <i>Glycine max (L.) Merr</i> );	FACE Laboratorium , <i>free-air CO<sub>2</sub> Laboratory , free-air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE)</i>	Peningkatan nodul (bintil) pada akar 134-229%	Gray et al. (2012)
Peningkatan CO <sub>2</sub>	<i>Agropyron cristatum, Bromus inermis, Paspopyrum smithii, Poa pratensis, Schedonorus arundinaceus, Buchloe dactyloides, Bouteloua gracilis, Sorghastrum nutans</i>	<i>Chamber</i> ; CO <sub>2</sub> (jangka pendek – jangka panjang)	Produksi biomassa rendah	McGranahan & Yurkonis (2018)
Peningkatan CO <sub>2</sub> ; peningkatan suhu ; peningkatan CO <sub>2</sub> disertai kenaikan suhu	<i>Stylosanthes capitata</i> Vogel (C3).	FACE; tipe tanah Latosol merah dengan tekstur tanah liat; pH 4.0-5.5; pupuk NPK 1 ton ha <sup>-1</sup>	Peningkatan CO <sub>2</sub> : ukuran daun meningkat; sedangkan penurunan suhu: ukuran daun mengecil; peningkatan CO <sub>2</sub> dan suhu: ukuran daun meningkat	Habermann et al. (2019)
Peningkatan CO <sub>2</sub>	Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )	Tipe tanah pasir dan gambut ringan	Produksi biomassa meningkat	Baslam et al. (2013)
Kekeringan	Sorgum; <i>pearl millet</i> (jewawut)	tanah alfisol dan pasir (3:1); rumah kaca parameter terkontrol	Daun mengecil	Choudhary et al. (2019)
Kekeringan	<i>Sheepgrass (Leymus chinensis)</i>	siklus terang / gelap 14/10 jam (25/20 ° C) dan intensitas cahaya serta kelembaban masing-masing 280 µmol / m <sup>2</sup> dan 50%.	Klorosis ; produksi biomassa menurun	Li et al. (2018)
Kekeringan	Sorgum mutan Patir	Tipe tanah ultisol, pH masam	Produksi biomassa menurun, pertumbuhan tinggi tanaman dan proporsi malai meningkat	Sriagtula & Sowmen (2018)
Kekeringan	<i>Agropyron cristatum, Bromus inermis, Paspopyrum smithii, Poa pratensis, Schedonorus arundinaceus, Buchloe dactyloides, Bouteloua gracilis, Sorghastrum nutans</i>	<i>Chamber</i> dengan kontrol CO <sub>2</sub> .	Produksi biomassa tinggi	McGranahan & Yurkonis (2018)
Kekeringan	<i>Pennisetum</i>	Irigasi dan non irigasi	Tanpa irigasi (kekeringan) produksi menurun	Turano et al. (2016)

**Tabel 2.** Dampak perubahan iklim terhadap kandungan nutrisi tanaman pakan ternak

Faktor perubahan iklim	Tanaman pakan ternak	Tipe tanah , perlakuan	Kualitas hijauan	Pustaka
Peningkatan CO <sub>2</sub> dan suhu	Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )	Campuran perlite-vermiculite (2, p/1, v/v); inokulasi <i>Sinorhizobium meliloti</i> strain	Kandungan protein dan serat kasar serta pencernaan <i>in vitro</i> menurun, tetapi dengan inokulasi <i>Sinorhizobium</i> mampu meningkatkan kualitas dari alfalfa	Sanz-Sáez et al. (2012)
Peningkatan CO <sub>2</sub>	Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )	<i>Mikoriza arbuskula</i>	Pemberian mikoriza arbuskula mampu meningkatkan kualitas nutrisi alfalfa pada daun karena level glukosa dan fruktosa meningkat dan menurunkan lignin.	Baslam et al. (2013)
Peningkatan CO <sub>2</sub> dan kekeringan	<i>Agropyron cristatum</i> , <i>Bromus inermis</i> , <i>Pascopyrum smithii</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Schedonorus arundinaceus</i> , <i>Buchloe dactyloides</i> , <i>Bouteloua gracilis</i> , <i>Sorghastrum nutans</i>	<i>Chamber</i>	kandungan protein menurun	McGranahan & Yurkonis (2018)
Peningkatan CO <sub>2</sub> dan kekeringan	<i>Stylosanthes capitata</i>	<i>freeair controlled enhancement</i> (FACE), kandungan kimia tanah seragam pada setiap plot percobaan, dengan pH 5,3 sampai 5,5	Antioksidan menurun	Borjas-Ventura et al. 2020
Kekeringan	<i>Sorghum mutan</i> Patir	Tipe tanah ultisol, pH masam	Bahan kering meningkat	Sriagtula & Sowmen (2018)
Kekeringan	Sorghum	Lempung ( <i>clay</i> ), pH 7,3-7,5	Serat kasar dan NDF tinggi	Bhattarai et al. (2020)
Kekeringan	Jagung TPT ( <i>Zea mays</i> )	Pasir	Protein, serat kasar, abu, kadar air menurun	Nawaz et al. (2016)
Kekeringan	Pennisetum	Irigasi dan non irigasi, uji lapang, plot	Kandungan bahan kering , kadar abu, kadar lemak, TDN, dan ME meningkat, sedangkan pati, lignin, ADF, NDF menurun. Tetapi baik yang meningkat atau yang menurun tidak nyata berbeda	Turano et al. (2016)
Kekeringan	Hijauan sorgum , jagung, <i>Sudangrass</i>	Tipe tanah cinnamon, index kekeringan 2	Kandungan protein tidak berbeda diantara tiga jenis TPT:NDF dan ADF <i>Sudangrass</i> lebih rendah, dan sorgum memiliki produksi tertinggi dengan kualitas nutrisi yang hampir sama	Huang et al. (2020)
Peningkatan suhu	<i>Grazing forage</i>	Padang penggembalaan	Kadar abu dan kadar lemak meningkat	Berauer et al. (2020)

terjadi kombinasi dengan peningkatan suhu maupun kekeringan. Dampak kekeringan tergantung kepada jenis spesies. Sebagian besar spesies TPT yang mengalami kekeringan akan meningkatkan kandungan bahan kering, serat kasar, protein, TDN, dan penurunan ADF dan NDF. Tetapi peningkatan maupun penurunan tidak nyata berbeda. Namun demikian harus mengkaji kembali apakah kekeringan jangka panjang akan menurunkan kualitas TPT. Selain itu, perlu kaji apakah TPT yang diuji merupakan TPT yang toleran terhadap kekeringan sehingga dapat beradaptasi pada kondisi kekeringan.

### STRATEGI MENGATASI MASALAH PERUBAHAN IKLIM UNTUK TANAMAN PAKAN TERNAK

#### Manajemen pengembangan tanaman pakan ternak

Dampak perubahan iklim global akan menggerakkan wilayah adaptasi pada sebagian besar TPT (tanaman pakan ternak) (Baron & Bélanger 2020). Secara umum langkah yang dapat diambil diantaranya pemanfaatan varietas tanaman toleran lahan kering, diversifikasi tanaman, perubahan pola tanam, metode pengolahan tanah yang tepat dengan mempertahankan kelembaban tanah (Akinagbe & Irohibe 2015). Peningkatan CO<sub>2</sub> akan meningkatkan kompetisi antara tanaman dan mikroorganisme untuk mendapatkan nitrogen (N) di tanah. Peningkatan CO<sub>2</sub> akan diikuti oleh peningkatan fotosintesis karena pemilihan kultivar tanaman yang adaptif suhu tinggi dan peningkatan fiksasi nitrogen sehingga mengakibatkan pencucian N di tanah (Stuart et al. 2011). Hal ini mengakibatkan terbatasnya nitrogen di tanah sehingga perlu pemberian mineral pada tanah (Rütting et al. 2010). Sistem tanam *intercropping* memberikan hasil lebih tinggi pada alfalfa di bawah kondisi peningkatan CO<sub>2</sub> (Thivierge et al. 2016), namun jarak antar tanaman harus diperhatikan karena adanya peningkatan persaingan dalam mendapatkan air dan N (Cobon et al. 2020). Penurunan tekanan pada padang penggembalaan di musim dingin penting untuk memulihkan pemanfaatan padang penggembalaan secara berkelanjutan (Fan et al. 2010). Respon tanaman terhadap stress kekeringan tergantung pada lamanya terpapar stress, tahapan perkembangan tanaman, potensi genetik dan lingkungan sekitarnya (Zargar et al. 2017). Beberapa langkah yang dapat dilakukan adalah dengan menyesuaikan jadwal pemotongan rumput, *stocking rate*, pengairan,

pemupukan dan skema produksi lainnya (Gómara et al. 2020).

Adaptasi terhadap peningkatan CO<sub>2</sub> dan suhu melalui pengenalan spesies dan varietas tanaman baru yang dapat dipanen berulang kali dengan produksi tanaman lebih tinggi dan perluasan area yang cocok untuk budidaya tanaman, pengairan cukup, mempertahankan spesies unggul, dan perubahan umur potong maupun umur panen (Bisgrove & Matzner 2002; Olesen & Bindi 2002). *Agrostis stolonifera* var. *Palustris* dan *Festuca aurandinacea* Schreb var *Kentucky 31* yang diberi nitrit oksida sebanyak 150 µm mampu mengurangi stress kekeringan dengan menjaga stabilitas membran dan menginduksi aktivitas enzim antioksidan (Hatamzadeh et al. 2015). Pemberian mikoriza pada alfalfa yang terpapar CO<sub>2</sub> tinggi mampu meningkatkan hemiselulosa dan menurunkan konsentrasi lignin dalam dinding sel daun serta meningkatkan kadar glukosa dan fruktosa pada batang (Baslam et al. 2013). Pengairan penting diperhatikan pada sorgum sebagai tanaman toleran kering terhadap konsentrasi total N, sianida dan nitrat dan pengembangan varietas baru dengan kandungan sianogenik yang rendah perlu dilakukan (Gleadow et al. 2016). Kualitas hijauan dipengaruhi oleh lingkungan, genotif, fisiologis dan biokemistri, anatomi dan struktur morfologi tanaman (Moore et al. 2020). Perubahan iklim perlu disikapi dengan beberapa langkah diantaranya penggunaan varietas rendah emisi, penggunaan pupuk organik, serta penyesuaian teknik budidaya melalui pengelolaan air (Sudarma & As-syakur 2018). Adaptasi terbukti mampu meningkatkan hasil panen pada rumput sebesar 11,8%, sedangkan tanpa adaptasi hasil panen turun 8,5% (Porter et al. 2019).

#### Pengembangan tanaman pakan adaptif

Tanaman pakan ternak (TPT) yang adaptif terhadap dampak perubahan iklim perlu dikembangkan untuk mengatasi perubahan iklim yang terjadi. Oleh karena itu diperlukan strategi pengembangan TPT yang adaptif. Strategi dalam pengembangan TPT diperlukan melalui metode pemuliaan, yang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu melalui pemuliaan konvensional atau pendekatan molekuler. Metode pemuliaan TPT mengikuti metode pemuliaan secara umum, meliputi beberapa tahapan, mulai dari eksplorasi sumber daya genetik (SDG) untuk mencari sumber keragaman baru TPT yang unggul dan adaptif terhadap perubahan iklim. Mencari TPT yang jalur fotosintesisnya *Crassulaceae Acid Metabolism* (CAM), atau merakit varietas TPT fakultatif sampai

pelepasan varietas unggul baru adaptif terhadap perubahan iklim. Sumber daya genetik yang diperoleh dikoleksi agar keragaman genetiknya tidak punah. Plasma nutfah dalam koleksi tersebut bisa digabungkan keunggulannya atau digunakan untuk membentuk kombinasi gen atau keragaman genetik baru melalui persilangan atau hibridisasi, mutasi, atau rekayasa genetik. Proses selanjutnya dengan melakukan seleksi untuk memilih calon TPT yang sesuai dengan tujuan pemuliaan untuk varietas TPT adaptif. Seleksi dilanjutkan dengan beberapa rangkaian pengujian dan evaluasi untuk mendapatkan keunggulan, stabilitas dan adaptasi varietas yang baru yang adaptif perubahan iklim. Setelah proses itu dilakukan pemurnian terhadap varietas tersebut sehingga dihasilkan varietas TPT unggul baru yang adaptif perubahan iklim.

Varietas tanaman pakan ternak yang toleran cekaman abiotik dibutuhkan untuk menghadapi perubahan iklim. Mekanisme adaptasi terhadap kekeringan dengan menghindari kekeringan, menghindari dehidrasi, toleran dehidrasi, dan adaptasi kekeringan (Fukai & Cooper 1995). Mekanisme ini berakibat pada menurunnya hasil karena pengurangan air akan menurunkan fiksasi CO<sub>2</sub>. Tanaman toleran kekeringan dapat dilihat dari kemampuan mengambil air secara maksimal dengan perluasan dan kedalaman sistem perakaran, serta kemampuan tanaman mempertahankan turgor melalui penurunan potensial osmotik (Sopandie 2013). Secara fisiologis, adaptasi tanaman terjadi dengan pengaturan potensial osmotik, akumulasi asam amino prolin, akumulasi asam absisik (ABA). Sifat toleran kekeringan dikontrol oleh banyak gen. Pendekatan beragam dengan mengintegrasikan aspek fisiologis, genomik dan pemodelan iklim diperlukan untuk pengembangan tanaman sehingga pasokan pangan tetap terjaga (Leisner 2020).

Penurunan produksi hijauan pakan ternak dapat diatasi dengan sistem tanam *intercropping*, pemilihan waktu tanam dan panen yang tepat, serta pemilihan varietas tanaman pakan ternak (Alan Rotz et al. 2016). Melalui sistem pemodelan atau eksperimental dapat dilihat perlakuan adaptasi terhadap perubahan iklim mampu memberikan dampak positif terhadap hasil pada tanaman C3 sebesar 7,25% (Makowski et al. 2020). Lebih lanjut dilaporkan bahwa adaptasi mampu meningkatkan hasil 5 sampai 35% dengan kandungan nutrisi yang dapat dipertahankan sama melalui modifikasi penambahan jadwal panen (Thivierge et al. 2016). Adaptasi tanaman terhadap suhu tinggi dapat terjadi dengan adaptasi fenologi dan morfologi tanaman, serta respon jangka pendek dengan penghindaran (*avoidance*) atau mekanisme aklimatisasi seperti merubah orientasi daun,

penurunan suhu melalui transpirasi, atau perubahan komposisi lipida membran (Sopandie 2013). Namun respon jangka panjang belum dapat diprediksi pada kondisi lapang dimana terdapat interaksi antar tanaman serta tanah dan lingkungan (Lüscher et al. 2004). Adaptasi tanaman pakan juga harus diperhatikan dan diperlakukan untuk mengatasi perubahan iklim pada sektor peternakan (Wreford & Topp 2020).

Penelitian beberapa tanaman pakan pada berbagai kondisi iklim, tataguna lahan dan jenis tanah terlihat adanya perbedaan potensi dan karakteristik tanaman pakan. Jenis tanaman yang tahan naungan berbeda dengan tanaman yang tahan kekeringan atau suhu tinggi. *Mikania cordata* merupakan tanaman pakan merambat yang mampu tumbuh dengan baik di bawah naungan dan menutupi vegetasi lahan kering sehingga potensial untuk dikembangkan sebagai sumber hijauan pakan ternak. Selain itu tanaman ini dapat meningkatkan penyerapan gas rumah kaca (GRK) (Suarna & Suryani 2018). Dalam hubungan dengan kekeringan, beberapa tanaman pakan legum dilaporkan tahan kekeringan antara lain *Stylosanthes guianensis*, *Leucaena leucocephala*, *Macroptilium atropurpureum*. (Prawiradiputra et al. 2012). Tanaman legum alfalfa (*Medicago sativa*) termasuk yang toleran terhadap stres kekeringan dan peningkatan CO<sub>2</sub> karena alfalfa memiliki penurunan potensial air yang lebih rendah dan komposisi membran yang berbeda dibanding tanaman lain (Sgherri et al. 1998).

Dalam adaptasi perubahan lingkungan, beberapa jenis rumput dilaporkan memiliki sifat toleran kekeringan diantaranya: *Cenchrus ciliaris*, *Panicum antidotale*, *Cynodon dactylon*, *Panicum coloratum*, *Setaria sphacelata* (Prawiradiputra et al. 2012) sehingga jenis rumput ini berpotensi untuk dikembangkan pada daerah lahan kering. Penelitian jenis rumput C3 dan C4 pada lahan kering dan kadar CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dilakukan oleh McGranahan & Yurkonis (2018) yang melaporkan bahwa rumput C4 lebih toleran terhadap pembatasan air dan juga terhadap peningkatan CO<sub>2</sub> dibanding rumput C3. Hal ini karena rumput C3 adalah rumput yang tumbuh di daerah dingin sedangkan rumput C4 adalah rumput yang tumbuh di daerah tropis. Selain rumput, tanaman seperti jagung, sorgum merupakan tanaman C4. Pemuliaan tanaman toleransi kekeringan bisa dimulai dengan jenis rumput C4 (van der Kooi et al. 2016). Jenis rumput lain yang tumbuh baik di daerah tropis yaitu *Brachiaria humidicola* karena mampu meningkatkan kesuburan tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik serta agregat tanah (Horrocks et al. 2019).

Rumput benggala (*Megathyrsus maximus*) dan signal grass (*Brachiaria decumbens*) (*Urochloa* spp) dapat ditanam untuk adaptasi lingkungan karena termasuk rumput tropis yang menekan nitrifikasi tanah, mengurangi kehilangan N, sehingga meningkatkan manfaat pemupukan N dengan pada rotasi tanam (Rocha et al. 2019). Dari studi kesesuaian iklim menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) diperoleh beberapa tanaman yang paling sesuai dengan lahan di provinsi Bali, yaitu rumput gajah, rumput setaria, jagung dan ubi kayu yang sudah tersebar di beberapa daerah di provinsi Bali (As-syakur et al. 2011). Peningkatan suhu mampu meningkatkan produksi biomassa pada jagung *hybrid* meskipun hasil panen menurun (Hatfield & Prueger 2015).

Peningkatan CO<sub>2</sub> dan suhu akan terjadi di masa depan sebagai akibat perubahan iklim. Inokulasi alfalfa dengan *Sinorhizobium meliloti* mampu mempertahankan kualitas dan kecernaan alfalfa pada kondisi perubahan iklim sehingga pemanfaatannya dapat dioptimalkan (Sanz-Sáez et al. 2012). *Introgresi* gen dan faktor transkripsi dengan menyisipkan gen-gen toleran kekeringan pada saat hibridisasi melalui pendekatan transgenik akan menghasilkan kultivar toleran kekeringan yang efisien dibanding pemuliaan konvensional (Zargar et al. 2017). Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) toleran stres kekeringan karena memiliki miRNAs yang teridentifikasi sebagai gen toleran kekeringan (Bhat et al. 2020). Kemajuan teknologi pemuliaan tanaman berbasis genom membantu untuk menghasilkan tanaman adaptif perubahan iklim (Scheben et al. 2016). *Chloris virgata* toleran terhadap stress kekeringan dan memiliki daya kecambah yang tinggi (Lin et al. 2016). Sorgum manis adalah tanaman yang toleran kering karena hanya membutuhkan sedikit air, tetapi memberikan hasil yang tinggi, serta kualitas gizi yang serupa dengan jagung (Huang et al. 2020). Padang penggembalaan di daerah tropis yang ditanami *Brachiaria humidicola* mempunyai stabilitas agregat tanah, kerapuhan dan kandungan karbon organik tanah yang lebih baik dibanding *Panicum maximum* (Horrocks et al. 2019). *Ryegrass* (C3) menunjukkan hasil yang tinggi meskipun *Hybrid rice grain* (C3) mampu menghasilkan hasil yang lebih tinggi pada CO<sub>2</sub> tinggi sehingga berpotensi untuk dikembangkan di masa depan (Kimball 2016).

## KESIMPULAN

Perubahan iklim berdampak pada produksi dan kandungan nutrisi tanaman pakan ternak (TPT). Strategi adaptasi perlu dilakukan melalui beberapa

langkah diantaranya: manajemen budidaya dan pemilihan TPT yang adaptif. Metode pemuliaan dilakukan dengan cara eksplorasi sumber daya genetik sampai dengan perakitan varietas unggul TPT adaptif pada perubahan iklim.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akinnagbe O, Irohibe I. 2015. Agricultural adaptation strategies to climate change impacts in Africa: a review. *Bangladesh J Agric Res.* 39:407-418.
- Alan Rotz C, Howard SR, Stoner AMK, Hayhoe K. 2016. Farm simulation can help dairy production systems adapt to climate change. In *Madison [USA]*. 7:91-124.
- As-syakur AR, Suarna IW, Rusna IW, Dibia IN. 2011. Pemetaan kesesuaian iklim tanaman pakan serta kerentanannya terhadap perubahan iklim dengan sistem informasi geografi (sig) di Provinsi Bali. *Pastura.* 1:9-15.
- Baron VS, Bélanger G. 2020. Climate, climate-change and forage adaptation. In: Moore KJ, Collins M, Nelson CJ, Redfearn DD, editors. *Forages Ecology: II.* 7th. p. 151-186.
- Baslam M, Antolín, MC, Gogorcena Y, Muñoz F, Goicoechea N. 2013. Changes in alfalfa forage quality and stem carbohydrates induced by arbuscular mycorrhizal fungi and elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. *Ann Appl Biol.* 164:190-199.
- Berauer BJ, Wilfahrt PA, Reu B, Schuchardt MA, Garcia-Franco N, Zistl-Schlingmann M, Dannemann M, Kiese R, Kühnel A, Jentsch A. 2020. Predicting forage quality of species-rich pasture grasslands using vis-NIRS to reveal effects of management intensity and climate change. *Agric Ecosys Environ.* 296:1-9.
- Bhat KV, Mondal TK, Gaikwad AB, Kole PR., Chandel G, Mohapatra T. 2020. Genome-wide identification of drought-responsive miRNAs in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Plant Gene.* 21:1-12.
- Bhattarai B, Singh S, West CP, Ritchie G L, Trostle CL. 2020. Effect of deficit irrigation on physiology and forage yield of forage sorghum, pearl millet, and corn. *Crop Sci.* 30.1-30.
- Bisgrove R, Matzner E. 2002. Gardening in the global greenhouse: the impacts of climate change on the gardens in the UK. Technical Report UKCIP.
- Borjas-Ventura R, Ferraudo AS, Martínez CA, Gratão PL. 2020. Global warming: Antioxidant responses to deal with drought and elevated temperature in *Stylosanthes capitata*, a forage legume. *J Agron Crop Sci.* 206:13-27.

- Choudhary S, Guha A, Kholova J, Pandravada A, Messina CD, Cooper M, Vadez V. 2019. Maize, sorghum, and pearl millet have highly contrasting species strategies to adapt to water stress and climate change-like conditions. *Plant Sci.* 295, article no 110297. .
- Cobon DH, Stone G, Carter J, McKeon G, Zhang, B, Heidemann H. 2020. Native pastures and beef cattle show a spatially variable response to a changing climate in Queensland, Australia. *European Journal of Agronomy.* 114: 1-11.
- Evans MR, Moustakas A. 2018. Plasticity in foraging behaviour as a possible response to climate change. *Ecol Inform.* 47:61–66.
- Fan JW, Shao QQ, Liu JY, Wang JB, Harris W, Chen ZQ, Zhong HP, Liu XL. 2010. Assessment of effects of climate change and grazing activity on grassland yield in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai–Tibet Plateau, China. *Environ Monit Assess.* 170:571-584.
- Fukai S, Cooper M. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. *Field Crops Res.* 40:67-86.
- Garrett KA, Nita M, De Wolf ED, Esker PD, Gomez-Montano L, Sparks AH. 2016. Plant pathogens as indicators of climate change. In: *Climate change: observed impacts on planet earth.* 2nd ed. UK: Elsevier BV.
- Giridhar K, Samireddypalle A. 2015. Impact of climate change on forage availability for livestock. In: *Climate change impact on livestock: Adaptation and mitigation.* p. 97-112.
- Gitz V, Meybeck A, Lipper L, Young C, Braatz S. 2016. *Climate change and food security: Risks and responses.* USA: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gleadow RM, Ottman MJ, Kimball BA, Wall GW, Pinter PJ, LaMorte RL, Leavitt SW. 2016. Drought-induced changes in nitrogen partitioning between cyanide and nitrate in leaves and stems of sorghum grown at elevated CO<sub>2</sub> are age dependent. *Field Crops Res.* 185: 97-102.
- Gómara I, Bellocchi G, Martin R, Rodríguez-Fonseca B, Ruiz-Ramos M. 2020. Influence of climate variability on the potential forage production of a mown permanent grassland in the French Massif Central. *Agric Forest Meteorol.* 280:1-18
- Gray SB, Strellner RS, Puthuval KK, Ng C, Shulman RE, Siebers MH, Leakey ADB. 2012. Minirhizotron imaging reveals that nodulation of field-grown soybean is enhanced by free-air CO<sub>2</sub> enrichment only when combined with drought stress. *Funct Plant Biol.* 40: 137-147.
- Habermann E, de Oliveira EA D, Contin DR, San Martin JAB, Curtarelli L, Gonzales-Meler MA, Martinez CA. 2019. Stomatal development and conductance of a tropical forage legume are regulated by elevated [CO<sub>2</sub>] under moderate warming. *Front Plant Sci.* 10.
- Hartmann DL, Klein Tank AMG, Rusticucci M, Al E. 2013. Observations: Atmosphere and surface. In: Stocker TF, et al., editors. *Climate change 2013.* Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Hatamzadeh A, Molaahmad Nalousi A, Ghasemnezhad M, Biglouei MH. 2015. The potential of nitric oxide for reducing oxidative damage induced by drought stress in two turfgrass species, creeping bentgrass and tall fescue. *Grass Forage Sci.* 70:538-548.
- Hatfield JL, Prueger JH. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. In: *Weather and Climate Extremes.* 10: 4–10
- Herawati T. 2012. Refleksi sosial dari mitigasi emisi gas rumah kaca pada sector peternakan di Indonesia. *Wartazoa.* 22:35-45
- Hidosa D, Guyo M. 2017. Climate change effects on livestock feed resources: A review. *J Fisher Livest Prod.* 05.
- Horrocks CA, Arango J, Arevalo A, Nuñez J, Cardoso JA, Dungait JAJ. 2019. Smart forage selection could significantly improve soil health in the tropics. *Sci the Total Environ.* 688:609-621.
- Huang Z, Dunkerley D, López-Vicente M, Wu GL. 2020. Trade-offs of dryland forage production and soil water consumption in a semi-arid area. *Agric Water Managem.* 241:1-7.
- Jarraud M, Steiner A. 2015. Summary for policymakers. In: *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the intergovernmental panel on climate change.* 9781107025:3-22
- Kimball BA. 2016. Crop responses to elevated CO<sub>2</sub> and interactions with H<sub>2</sub>O, N, and temperature. *Current Opinion Plant Biol.* 31:36-43.
- Leisner CP. 2020. Review: Climate change impacts on food security-focus on perennial cropping systems and nutritional value. *Plant Sci.* 293:1-7.
- Li L, Yang H, Liu P, Ren W, Wu X, Huang F. 2018. Combined impact of heat stress and phosphate deficiency on growth and photochemical activity of sheepgrass (*Leymus chinensis*). *J Plant Physiol.* 231:271-276.
- Lin J, Shao S, Wang Y, Qi M, Lin L, Wang Y, Yan X. 2016. Germination responses of the halophyte *Chloris virgata* to temperature and reduced water



- potential caused by salinity, alkalinity and drought stress. *Grass Forage Sci.* 71:507-514.
- Lüscher A, Daepf M, Blum H, Hartwig U A, Nösberger J. 2004. Fertile temperate grassland under elevated atmospheric CO<sub>2</sub> - Role of feed-back mechanisms and availability of growth resources. *Eur J Agron.* 21:379-398.
- Mäkinen H, Kaseva J, Virkajärvi P, Kahiluoto H. 2015. Managing resilience of forage crops to climate change through response diversity. *Field Crops Res.* 183:23-30.
- Makowski D, Marajo-Petitzon E, Durand JL, Ben-Ari T. 2020. Quantitative synthesis of temperature, CO<sub>2</sub>, rainfall, and adaptation effects on global crop yields. *Eur J Agron.* 115:1-11.
- McGranahan DA, Yurkonis KA. 2018. Variability in grass forage quality and quantity in response to elevated CO<sub>2</sub> and water limitation. *Grass Forage Sci.* 73:517-521.
- Moore AD, Ghahramani A. 2013. Climate change and broadacre livestock production across southern Australia. 1. Impacts of climate change on pasture and livestock productivity and on sustainable levels of profitability. *Global Change Biol.* 19:1440-1455.
- Moore KJ, Lenssen AW, Fales SL. 2020. Factors affecting forage quality. In: CJR Kenneth J. Moore, Collins M, editors. *Forages*: John Wiley & Sons Ltd. p. 701-717.
- Nawaz F, Naeem M, Ashraf MY, Tahir MN, Zulfiqar B, Salahuddin M, Shabbir RN, Aslam M. 2016. Selenium supplementation affects physiological and biochemical processes to improve fodder yield and quality of maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. *Front Plant Sci.* 7:1-13.
- Olesen J, Bindi M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur J Agron.* 16:39-62.
- Porter JR, Challinor AJ, Henriksen CB, Howden SM, Martre P, Smith P. 2019. Invited review: Intergovernmental panel on climate change, agriculture, and food-A case of shifting cultivation and history. *Global Change Biol.* 25:2518-2529.
- Prawiradiputra B, Sutedi E, Sajimin S, Fanindi A. 2012. *Hijauan pakan ternak untuk lahan sub-optimal*. 1st ed. Jakarta (Indones): IAARD Press.
- Rocha KF, Mariano E, Grassmann CS, Trivelin PCO, Rosolem CA. 2019. Fate of 15N fertilizer applied to maize in rotation with tropical forage grasses. *Field Crops Res.* 238:35-44.
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management.* 16:145-163
- Rütting T, Clough TJ, Müller C, Lieffering M, Newton PCD. 2010. Ten years of elevated atmospheric carbon dioxide alters soil nitrogen transformations in a sheep-grazed pasture. *Global Change Biol.* 16:2530-2542.
- Sanoullah M, Chabbi A, Girardin C, Durand JL, Poirier M, Rumpel C. 2014. Effects of drought and elevated temperature on biochemical composition of forage plants and their impact on carbon storage in grassland soil. *Plant Soil.* 374:767-778.
- Santoso AB. 2016. Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi tanaman pangan di Provinsi Maluku. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 35:29-38.
- Sanz-Sáez Á, Erice G, Aguirreolea J, Muñoz F, Sánchez-Díaz M, Irigoyen JJ. 2012. Alfalfa forage digestibility, quality and yield under future climate change scenarios vary with *Sinorhizobium meliloti* strain. *J Plant Physiol.* 169:782-788.
- Scheben A, Yuan Y, Edwards D. 2016. Advances in genomics for adapting crops to climate change. *Current Plant Biol.* 6:2-10.
- Sgherri CLM, Quartacci MF, Menconi M, Raschi A, Navara-Izzo F. 1998. Interactions between drought and elevated CO<sub>2</sub> on alfalfa plants. *J Plant Physiology.* 152:118-124.
- Sopandie D. 2013. *Fisiologi adaptasi tanaman terhadap cekaman abiotik pada agroekosistem tropika*. 1st ed. Bogor (Indones): IPB Press.
- Sriagtula R, Sowmen S. 2018. Evaluasi pertumbuhan dan produktivitas sorgum mutan. *Jurnal Peternakan Indonesia.* 20:130-144.
- Stuart ME, Gooddy DC, Bloomfield JP, Williams AT. 2011. A review of the impact of climate change on future nitrate concentrations in groundwater of the UK. *Sci Total Environ.* 409:2859-2873.
- Suarna IW, Suryani N. 2018. Potensi produksi hijauan *Mikania cordata* sebagai pakan ternak ruminansia di Provinsi Bali. *Pastura.* 7:74-77.
- Sudarma IM, As-syakur AR. 2018. Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian di Provinsi Bali. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian.* 12:87-98.
- Susanti E, Surmaini E, Estiningtyas W. 2019. Parameter iklim sebagai indikator peringatan dini serangan hama penyakit tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan.* 12:59-70.
- Thivierge MN, Jégo G, Bélanger G, Bertrand A, Tremblay GF, Rotz CA, Qian B. 2016. Predicted yield and nutritive value of an alfalfa-timothy mixture under climate change and elevated

- atmospheric carbon dioxide. *Agron J.* 108:585-603.
- Turano B, Tiwari UP, Jha R. 2016. Growth and nutritional evaluation of napier grass hybrids as forage for ruminants. *Trop Grassl.* 4:168-178.
- van der Kooi CJ, Reich M, Löw M, De Kok LJ, Tausz M. 2016. Growth and yield stimulation under elevated CO<sub>2</sub> and drought: A meta-analysis on crops. *Environ Experim Botany.* 122:150-157.
- Wreford A, Topp CFE. 2020. Impacts of climate change on livestock and possible adaptations: A case study of the United Kingdom. *Agric Systems.* 178:1-11.
- Zargar SM, Gupta N, Nazir M, Mahajan R, Malik, FA, Sofi, N, Shikari, AB, Salgotra RK. 2017. Impact of drought on photosynthesis: Molecular perspective. *Plant Gene.* 11:154-159.