

KARAKTER FISIOLOGIS, PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI LEGUM PAKAN PADA KONDISI SALIN

*(Physiology, Growth and Production of Leguminosae for Feed
on Saline Condition)*

F. Kusmiyati, E.D. Purbajanti dan B.A. Kristanto

Fakultas Peternakan, Universitas Diponegoro

ABSTRAK

Tanah salin adalah tanah yang mengandung garam mudah larut yang jumlahnya cukup besar bagi pertumbuhan kebanyakan tanaman seperti NaCl. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji karakter fisiologi, pertumbuhan dan produksi legum pakan pada kondisi salin. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanaman Makanan Ternak Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak Fak Peternakan UNDIP selama 7 bulan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan split plot dengan jenis legum pakan sebagai petak utama (L_1 = lamtoro dan L_2 = centro) dan berbagai konsentrasi garam {NaCl} sebagai anak petak (K_0 = 0 mM. K_1 = 50 mM. K_2 = 100 mM) dengan 3 ulangan. Parameter yang diamati adalah (1) karakter fisiologi yang meliputi laju fotosintesis dan kadar klorofil.(2) Pertumbuhan yang meliputi jumlah daun dan luas daun, (3) Produksi bahan kering akar dan tajuk. Hasil penelitian pada tanaman lamtoro, konsentrasi NaCl berpengaruh nyata menurunkan jumlah daun, kadar klorofil, produksi bahan kering akar dan tajuk. Pada tanaman centro, konsentrasi NaCl berpengaruh nyata menurunkan jumlah daun, luas daun, kadar klorofil, produksi bahan kering akar dan tajuk. Kesimpulan adalah pada tanaman lamtoro dan centro, peningkatan konsentrasi NaCl mulai 50 mM akan menurunkan karakter fisiologi, pertumbuhan dan produksi tanaman.

Kata kunci : Lamtoro, Centro, Salinitas, NaCl, Pertumbuhan, Produksi

ABSTRACT

Saline soil has salt (especially NaCl) in large amount that have negatively effect on plants. The objective of this research was to evaluate the effect of saline condition on physiology, growth and production of leguminosae for feed. The research was conducted at Forage Crop Laboratory of Animal Science Faculty – Diponegoro University during seven months. The research was arranged in split plot design with different leguminosae (L_1 = *Leucaena leucocephala*, and L_2 = *Centrosema pubescenc*) as main plot. The sub plot was NaCl concentration in growth media (K_0 = 0 mM. K_1 = 50 mM. K_2 = 100 mM). The parameters observed were physiology (photosynthesis and chlorophyll content), growth (leaf area and number of leaf) and production (shoot and root dry matter). The result showed that NaCl concentration decreased significantly number of leaf, chlorophyll content, shoot and root dry matter of *Leucaena leucocephala*. NaCl concentration decreased significantly leaf area, number of leaf, chlorophyll content, shoot and root dry matter of *Centrosema pubescenc*. The conclusion was physiology, growth and production of *Leucaena leucocephala*, and *Centrosema pubescenc* decreased started at 50 mM NaCl in growth media.

Key words : *Leucaena leucocephala*, *Centrosema pubescens*, Saline, Physiology, Growth, Production

PENDAHULUAN

Perilaku manusia yang mengubah fungsi lahan pertanian menjadi tempat pemukiman dan industri karena berbagai sebab menyebabkan lahan pertanian semakin sempit. Lahan-lahan marginal seperti tanah salin akhirnya terpaksa menjadi areal pertanian. Penyebab tanah salin adalah 1) tanah tersebut mempunyai bahan induk yang mengandung deposit garam (Buckman dan Brady, 1982); 2) intrusi air laut, akumulasi garam dari irigasi yang digunakan atau gerakan air tanah yang direklamasi dari dasar laut (Tan, 1991); 3) laju evapotranspirasi yang tinggi dengan curah hujan rendah sehingga mineral tidak tercuci sepenuhnya (Shainberg, 1975 yang disitasi oleh Bintaro, 1981).

Pemanfaatan tanah salin menjadi areal pertanian banyak mengalami hambatan.. Tanah salin adalah tanah yang mengandung garam mudah larut yang jumlahnya cukup besar bagi pertumbuhan kebanyakan tanaman seperti klorida atau sulfat. Kemasaman (pH) tanah salin sekitar 8,5 dan pertukaran kation kurang dari 15%. Masalah salinitas timbul apabila konsentrasi garam NaCl, Na₂CO₃, Na₂SO₄ terdapat dalam tanah dalam jumlah yang berlebih (Chapman, 1975). Salinitas adalah konsentrasi garam-garam terlarut dalam jumlah besar yang dapat mempengaruhi pertumbuhan kebanyakan tanaman.

Pengaruh salinitas pada tanaman sangat kompleks. Salinitas akan menyebabkan stres ion, stres osmotik dan stres sekunder. Stres ion yang paling penting adalah keracunan Na⁺. Ion Na yang berlebihan pada permukaan akar akan menghambat serapan K⁺ oleh akar. Ion K sangat berperan untuk mempertahankan turgor sel dan aktivitas enzim (Xiong dan Zhu, 2002). Na pada partikel tanah akan

mengakibatkan pembesaran dan penutupan pori-pori tanah yang memperburuk pertukaran gas serta dispersi material koloid tanah (Sipayung, 2003). Stres osmotik terjadi karena peningkatan konsentrasi garam terlarut dalam tanah akan meningkatkan tekanan osmotik sehingga menghambat penyerapan air dan unsur-unsur yang berlangsung melalui proses osmosis. Jumlah air yang masuk ke dalam akar akan berkurang sehingga mengakibatkan menipisnya jumlah persediaan air dalam tanaman. Stres osmotik pada tanaman ini mengakibatkan tanaman mengalami kekeringan (Follet et al., 1981). Stres ion dan stres osmotik karena salinitas yang tinggi pada tanaman akan menyebabkan stres sekunder yaitu kerusakan pada struktur sel dan makromolekul seperti lipid, enzim dan DNA (Xiong dan Zhu, 2002). Gejala kekurangan hara dan keracunan pada tanaman dicirikan dengan nekrosis, klorosis dan daun gugur (Majerus, 1996).

Berdasarkan kemampuan untuk tumbuh pada keadaan salin, tanaman digolongkan menjadi yaitu glikofita dan halofita. Tanaman yang digolongkan sebagai halofita adalah tanaman yang tahan terhadap konsentrasi NaCl yang tinggi. Tanaman glikofita adalah tanaman yang tidak dapat mentolerir salinitas yang tinggi. Sebagian besar tanaman pertanian digolongkan sebagai tanaman glikofita (Haryadi dan Yahya, 1988).

Hasil penelitian Kusmiyati dkk (2001) menunjukkan pertumbuhan hijauan rumput gajah dan raja menurun dengan meningkatnya NaCl dalam media tumbuh (sampai 300 mM). Hasil penelitian Kusmiyati dkk (2002), menunjukkan pengelolaan tanah salin dengan pemakaian pupuk kandang sampai dosis 150 kg N/ha secara nyata meningkatkan jumlah daun, berat segar dan bahan kering hijauan rumput gajah pada tanah salin. Selain itu meningkatnya pupuk kandang akan

menurunkan persentase kematian dan kadar Natrium tanah. Penambahan kalsium (sampai 12 ton CaCO₃/ha) dan nitrogen (250 kg N/ha) secara bersama-sama akan meningkatkan pertumbuhan dan kualitas rumput gajah pada tanah salin (Kusmiyati dkk, 2001).

Penelitian yang dilakukan oleh Devitt dan Stolzy (1985) pada sorgum dan gandum yang ditumbuhkan pada tanah dengan berbagai konsentrasi Na menunjukkan pertumbuhan akan dipengaruhi oleh konsentrasi Na. Pada berbagai konsentrasi Na, laju pertumbuhan akar sorgum menurun, sedangkan pada gandum umumnya meningkat. Sopandie (1990) menyatakan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi NaCl (50 mM sampai 250 mM) akan menurunkan pertumbuhan tajuk dan akar tanaman barley, kacang tanah, bayam dan bit. Menurut Terry dan Waldron (1985) pada konsentrasi lebih dari 25 Mm NaCl, produksi bahan kering bit gula menurun. Kenaikan konsentrasi sampai dengan 500 Mm akan menurunkan pertumbuhan tanaman.

Mekanisme ketahanan tanaman terhadap salinitas dapat dilihat dalam dua bentuk adaptasi yaitu mekanisme morfologi dan mekanisme fisiologi. Mekanisme toleransi yang paling jelas adalah dengan adaptasi morfologi. Bentuk adaptasi morfologi adalah perubahan struktur mencakup ukuran daun

yang lebih kecil, stomata yang lebih kecil per satuan luas daun, peningkatan sukulensi, penebalan kutikula dan lapisan lilin pada permukaan daun serta lignifikasi akar yang lebih awal (Haryadi dan Yahya, 1988). Mekanisme fisiologi terdapat dalam beberapa bentuk yaitu osmoregulasi/pengaturan potensial osmosis, kompartmentasi dan sekresi garam serta integritas membran. Osmoregulasi pada kebanyakan tanaman melibatkan sintesis dan akumulasi solute organik yang cukup untuk menurunkan potensial osmotik sel dan meningkatkan tekanan turgor yang diperlukan bagi pertumbuhan. Senyawa-senyawa organik tsb adalah asam-asam organik, asam-asam amino dan senyawa gula yang disintesis sebagai respon langsung terhadap menurunnya potensial air eksternal (Sipayung, 2003). Pada beberapa tanaman, akumulasi sukrosa yang berkontribusi terhadap penyesuaian osmotika merupakan respon terhadap salinitas (Haryadi dan Yahya, 1988).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji karakter fisiologi, pertumbuhan dan produksi legum pakan pada kondisi salin. Hasil penelitian ini diharapkan sebagai dasar masukan bagi pengembangan tanaman pakan yang tahan terhadap cekaman salinitas.

MATERI DAN METODE

Tabel 1. Kadar Klorofil dan Laju Fotosintesis Lamtoro (L1) dan Centro (L2) pada Berbagai Konsentrasi NaCl

Konsentrasi NaCl (mM)	Kadar Klorofil		Rerata	Laju Fotosintesis		Rerata
	L ₁	L ₂		L ₁	L ₂	
	mg klorofil/g daun			mgCO ₂ /dm ² /30 menit		
K0	7,55 ^a	7,43 ^a	7,49 ^a	4,28 ^a	3,1 ^{bc}	3,69 ^a
K1	5,38 ^b	3,97 ^{bc}	4,68 ^{ab}	3,66 ^{ab}	3,08 ^{cd}	3,37 ^a
K2	4,11 ^c	0,51 ^d	2,31 ^b	2,93 ^d	1,46 ^e	2,20 ^a
Rerata	5,68 ^a	3,97 ^a		3,62 ^a	2,55 ^a	

- Angka yang diikuti superskrip yang berbeda pada baris atau kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05).

-Angka yang diikuti superskrip yang berbeda pada baris dan kolom interaksi menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05).

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanaman Makanan Ternak Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak Fak Peternakan UNDIP selama 7 bulan {Nopember 2007 - Mei 2008}.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan split plot dengan jenis legum pakan sebagai petak utama (L_1 = lamtoro dan L_2 = centro) dan berbagai konsentrasi garam {NaCl} sebagai anak petak (K_0 = 0 mM. K_1 = 50 mM. K_2 = 100 mM) dengan 3 ulangan.

Persiapan yang dilakukan meliputi mengisi polybag dengan tanah sebanyak 10kg/polybag. Benih legum ditanam pada polybag, setelah berumur 3 minggu dipindahkan ke media cair yang berisi hara lengkap menurut Soepandi (1990) yang terdiri dari: $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 1,0 mM; KNO_3 4,0 mM; NH_4NO_3 0,5 mM; KH_2PO_4 1,0 mM; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1,0 mM; $MnSO_4 \cdot H_2O$ 0,05 ppm; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0,02 ppm; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,05 mM; H_3BO_3 0,5 ppm dan Fe-EDTA 0,034 mM. Setiap pot ditanam 4 tanaman. Penggantian media dilakukan setiap minggu sekali. Perlakuan konsentrasi NaCl diberikan 2 minggu setelah pemindahan ke media cair. Pemberian NaCl sesuai perlakuan dilakukan

bersamaan dengan penggantian media cair. Pemotongan hijauan dilakukan 6 minggu setelah pemindahan/transplanting ke media cair.

Parameter yang diamati adalah

1. Karakter fisiologi yang meliputi laju fotosintesis dan kadar klorofil.
2. Pertumbuhan yang meliputi jumlah daun dan luas daun
3. Produksi bahan kering akar dan tajuk

Semua parameter tsb diukur pada minggu keenam setelah pemindahan ke media cair. Laju Fotosintesis diukur dengan menggunakan metode Coombs dan Hall {1972}. Kadar Klorofil diukur dengan menggunakan metode Prawiranata *et al.* {1981}. Luas daun dihitung dengan menggunakan metode gravimetric {Sitompul dan Guritno. 1995}

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan sidik ragam, kemudian dilanjutkan dengan uji wilayah ganda Duncan {Steel dan Torrie, 1980}

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Klorofil dan Laju Fotosintesis

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi NaCl berpengaruh nyata terhadap kadar klorofil legum. Pada laju fotosintesis,

Tabel 2. Luas daun dan Jumlah Daun Lamtoro dan Centro pada Berbagai Konsentrasi NaCl

Konsentrasi NaCl	Luas Daun		Rerata	Jumlah Daun		Rerata
	L1	L2		L1	L2	
	----- (cm) -----			----- (helai) -----		
K0	10.71 ^a	24,60 ^a	17,66 ^a	49 ^a	65 ^a	57,0 ^a
K1	3.95 ^{bc}	6,25 ^{bc}	5,1 ^b	24 ^b	16 ^b	20,0 ^b
K2	2.52 ^{cd}	0,48 ^d	1,5 ^b	16 ^b	3 ^c	9,5 ^b
Rerata	5,73 ^a	10,44 ^a		29,67 ^a	28,00 ^a	

*) Superskrip dengan huruf yang berbeda pada kolom atau baris rerata pada parameter yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$)

*) Superskrip dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris interaksi pada parameter yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$)

semua perlakuan (konsentrasi NaCl, jenis legum dan interaksi keduanya) tidak berpengaruh nyata

Hasil uji Duncan pada kadar klorofil menunjukkan pada konsentrasi NaCl 50 mM tidak berbeda nyata dengan 0 mM. Tetapi kadar klorofil pada konsentrasi NaCl 0 mM nyata lebih tinggi dari pada 100 mM. Meningkatnya konsentrasi NaCl pada media tumbuh nyata menurunkan kadar klorofil lamtoro dan centro (Tabel 1). Pada laju fotosintesis menunjukkan baik pada lamtoro maupun centro, meningkatnya konsentrasi NaCl dari 0 mM menjadi 100 mM nyata menurunkan laju fotosintesis (Tabel 1).

Kadar klorofil menurun dengan meningkatnya konsentrasi NaCl sampai 100 mM pada lamtoro dan centro. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil adalah faktor genetik, cahaya, karbohidrat, air, unsur hara seperti besi, magnesium dan

biokimia sel, biosintesis protein dan klorofil. Selain itu, salinitas akan menyebabkan stre ion. Keracunan ion akibat tingginya konsentrasi NaCl akan merusak ikatan kimia klorofil sehingga kadar klorofil akan berkurang (Levit. 1980). Menurut Haryadi dan Yahya (1988) Na^+ dan Cl^- tidak akan menghentikan sintesis klorofil secara langsung tetapi dapat mempengaruhi aktivitas enzim dan struktur fungsi kloroplas mitokondria dan membran sel.

Laju fotosintesis baik pada lamtoro maupun centro menurun dengan meningkatnya konsentrasi NaCl sampai 100 mM. Proses fotosintesis tanaman dipengaruhi oleh cahaya, CO₂, air, suhu, unsur hara, luas daun dan kadar klorofil (Gardner et al, 1991; Heddy, 1990). Proses fotosintesis berlangsung dengan bantuan sinar matahari di daun yang memiliki klorofil. Kadar klorofil yang rendah akan menurunkan laju fotosintesis. Selain

Tabel 3 Produksi Bahan Kering (PBK) Akar dan Tajuk Lamtoro dan Centro pada Berbagai Konsentrasi NaCl

Konsentrasi NaCl	PBK Akar		Rerata	PBK Tajuk		Rerata
	L1	L2		L1	L2	
	------(kg/pot)-----					
K0	0,07 ^{ab}	0,06 ^{ab}	0,067 ^a	0,26 ^b	0,35 ^a	0,31 ^a
K1	0,07 ^{ab}	0,08 ^a	0,07 ^a	0,15 ^c	0,13 ^{cd}	0,14 ^{ab}
K2	0,05 ^b	0,07 ^{ab}	0,06 ^a	0,09 ^{cd}	0,17 ^c	0,13 ^b
Rerata	0,06 ^a	0,07 ^a		0,17 ^a	0,22 ^a	

*) Superskrip dengan huruf yang berbeda pada kolom atau baris rerata pada parameter yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$)

*) Superskrip dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris interaksi pada parameter yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$)

nitrogen (Lakitan, 2000). Konsentrasi NaCl yang tinggi akan menyebabkan stres osmotik yang akan menghambat serapan air dan unsur hara. Hal ini mengakibatkan proses biokimia sel terganggu dan terjadi kekurangan unsur hara sehingga sintesis klorofil terhambat. Menurut Fitter dan Hay (1994) Kekurangan air/kekeringan berpengaruh pada proses

kadar air dan kekurangan unsur hara akan menyebabkan rendahnya laju fotosintesis lamtoro dan centro. Persentase penurunan laju fotosintesis dari konsentrasi NaCl 0 mM pada lamtoro sebesar 31.5% sedangkan pada Centro 52.9 %.

Jumlah Daun dan Luas Daun

Hasil sidik ragam menunjukkan konsentrasi NaCl berpengaruh nyata terhadap luas daun dan jumlah daun lamtoro dan centro. Jenis legum dan interaksi antara jenis legum dan konsentrasi NaCl tidak berpengaruh nyata terhadap luas daun dan jumlah daun. Meningkatnya konsentrasi NaCl sampai 100 mM nyata menurunkan luas daun dan jumlah daun lamtoro dan centro (Tabel 2).

Hasil uji lanjut dengan Duncan menunjukkan bahwa luas daun pada konsentrasi NaCl 50 mM dan 100 mM berbeda nyata dengan pada konsentrasi NaCl 0 mM (Tabel 2). Peningkatan konsentrasi NaCl sampai 100 mM nyata menurunkan luas daun lamtoro dan centro. Hal ini sesuai dengan penelitian Terry dan Waldron (1985) pada tanaman bit gula. Kenaikan konsentrasi NaCl sampai 100 mM akan mengurangi pertambahan luas daun. Laju pertumbuhan daun dan luas akhir daun berbanding linier dan terbalik (negatif) dengan kenaikan salinitas. Salinitas menurunkan laju pertumbuhan daun melalui pengurangan laju pembesaran sel pada daun. Haryadi dan Yahya (1988) menyatakan pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan dan perubahan struktur tanaman yaitu antara lain lebih kecilnya ukuran daun.

Penyerapan hara dan air yang berkurang akan menghambat laju fotosintesis yang pada akhirnya akan menghambat pertumbuhan tanaman baik pada luas daun maupun jumlah daun. Tanaman legum pada konsentrasi NaCl 100 mM menunjukkan gejala kekurangan hara dan keracunan pada tanaman dicirikan dengan nekrosis, klorosis dan daun gugur (Majerus, 1996).

Produksi Bahan Kering Akar dan Tajuk Legum

Hasil sidik ragam menunjukkan konsentrasi NaCl, jenis legum dan

interaksinya tidak berpengaruh nyata ($P > 0.05$) terhadap produksi bahan kering akar. Pada produksi bahan kering tajuk, konsentrasi NaCl berpengaruh nyata.

Hasil uji Duncan menunjukkan meningkatnya konsentrasi NaCl tidak menurunkan secara nyata produksi bahan kering akar pada lamtoro dan centro. Meningkatnya konsentrasi NaCl menurunkan secara nyata produksi bahan kering tajuk baik pada lamtoro maupun centro (Tabel 3).

Peningkatan konsentrasi NaCl sampai pada 100 mM tidak nyata menurunkan produksi bahan kering akar baik pada lamtoro maupun centro. Hal tsb dikarenakan pada konsentrasi NaCl sampai 100 mM, terjadi lignifikasi akar.

Konsentrasi NaCl sampai 100 mM pada lamtoro dan centro menurunkan produksi bahan kering tajuk. Tajuk tanaman terdiri dari batang dan daun. Luas daun menurun secara nyata dengan meningkatnya konsentrasi NaCl sampai 100 mM. Pengaruh NaCl yang meningkat akan menurunkan luas daun yang pada akhirnya akan menurunkan produksi bahan kering tajuk. Persentase penurunan bahan kering tajuk pada 100 mM (dari 0 mM) pada lamtoro sebesar 65.4 % sedangkan pada centro sebesar 51.4 %.

Hasil penelitian sebelumnya oleh Kusmiyati dkk (2002) menunjukkan sampai pada konsentrasi NaCl 45 mM, pertumbuhan dan produksi bahan kering hijauan lamtoro dan centro belum turun secara nyata. Pada penelitian ini konsentrasi NaCl ditingkatkan sampai 100 mM. Meningkatnya konsentrasi NaCl mulai 50 mM ternyata nyata menurunkan produksi bahan kering tajuk/hijauan lamtoro dan centro.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada tanaman lamtoro dan centro, peningkatan konsentrasi NaCl mulai 50 mM nyata menurunkan kadar klorofil, laju fotosintesis, luas daun, jumlah daun, produksi

bahan kering tajuk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Publikasi ini merupakan bagian dari hasil penelitian yang dibiayai oleh Program Hibah Kompetisi A3 Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan, Undip. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Yenny Farida A dan Oktaviati yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bintoro, M. H. 1981. Pengaruh NaCl terhadap Pertumbuhan beberapa Kultivar Tomat. *Bul. Agr. XIV (1) : 13-35.*
- Bogenreider, A. 1982. Soil salination in the agriculture of arid area. *J. Plant Research and Development. 16 : 90-104.*
- Buckman, H. O., dan N. C. Brady. 1982. Ilmu Tanah. Penerbit Bharatara Karya Aksara, Jakarta. (Diterjemahkan oleh Soegiman).
- Chapman, U. J. 1975. The Salinity Problem in General, Its Importance and Distribution with Special Reference to Natural Halophytes. Chapman and Hall Ltd, London.
- Coombs, J. dan D. O. Hall. 1982. Techniques in bioproductivity and photosynthesis. Pergamon Pres, greet Britain.
- Dwidjoseputro, D. 1980. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Penerbit PT. Gamedia, Jakarta.
- Fitter, A.H dan Hay, R. K. M. 1998. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. (Diterjemahkan oleh S. Andani dan E. D. Purbajanti).
- Foth, D. H. 1995. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Gajah Mada University Press. Yogyakarta (diterjemahkan oleh E.D. Purbajanti, D.R. Lukiwati dan R. Tri Mulatsih).
- Gardner, F.P., R.B. Perace dan R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Indonesia University Press, Jakarta. (Diterjemahkan oleh H. Susilo).
- Harjadi, S. S. dan S. Yahya. 1988. Fisiologi Stress Lingkungan.. PAU-IPB, Bogor.
- Heddy, S. 1990. Ekologi Pertanaman. Sinar Baru, Bandung.
- Kim, H. T. 1992. Dasar-dasar Kimia Tanah. Gajah Mada University Press, Yogyakarta (Diterjemahkan oleh D. H. Goenadi).
- Kusmiyati, F., E. D. Purbajanti dan W. Slamet. 2001. Pengaruh Pemupukan Kalsium dan Nitrogen terhadap Produksi dan Kualitas Hijauan Rumpuk Pakan pada Tanah Salin. *Jurnal Pengembangan Peternakan Tropis, Special Edition Oktober 2001.*
- Kusmiyati, F., E. D. Purbajanti dan E. Fuskah. 2002. Pengaruh Konsentrasi Garam terhadap Pertumbuhan Lagem Makanan Ternak. Laporan Penelitian Fak. Peternakan UNDIP.
- Kusmiyati, F., R. T. Mulatsih dan A. Darmawati. 2002. Pengaruh Pengguludan dan Pupuk kandang terhadap Pertumbuhan dan Produksi Hijauan Rumpuk Pakan pada Tanah Salin. *Jurnal LitBang Propinsi Jawa Tengah Edisi 1 hal. 46-52.*

- Lakitan, B. 2007. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Edisi ke-1, cetakan ke-6. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Majerus, M. 1996. Plant Materials for Saline-Alkaline Soils. USDA Natural Resources Conservation Services, Montana State University, USA.
- Richardson, S. M. dan K. J. McCree. 1985. Carbon balance and water relation of sorghum expose to salt and water stress. *Plant Physiology* 79 : 1015 – 1020.
- Sipayung, R. 2003. Stres Garam dan Mekanisme Toleransi Tanaman. USU, Medan.
- Sitompul, S. M. dan B. Guritno. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soepandie, D. 1990. Studies on Plant Responses to Salt Stress. Disertasi Ph. D. Okayama Univ, Japan.
- Steel, R. G. D. dan J. H. Torie. 1980. Principal and Procedure of Statistic. McGrawHill Book Company, New York.
- Terry, N. dan L. J. Waldron. 1985. Salinity Responses of Crop Plants in Terms of Leaf Expansion and Photosynthesis. In: Soil and Plant Interaction with Salinity. Agricultural Experiment Station, Univ. of California.
- Xiong, I dan J.K. Zhu. 2002. Salt Tolerance in The Arabidopsis. American Society of Plant Biologists.