

**OPTIMALISASI PRODUKTIVITAS LAHAN PASIR PANTAI MELALUI
BUDIDAYA TANAMAN KUBIS BAWAH NAUNGAN
DAN PEMBERIAN LAPISAN BENTONIT**

***Optimalization of coastal sandy land productivity through cultivation of cabbage under
shading and bentonite layer application***

Oleh:

Saparso¹⁾, Tohari²⁾, Dj. Shiddieq²⁾ dan B. Setiadi³⁾

¹⁾ Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Soeparno, Purwokerto

²⁾ Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta

³⁾ Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jl. M.H. Tamrin, Jakarta

Alamat korespondensi: Saparso (parso.fpunsoed@yahoo.co.id)

ABSTRAK

Tanaman kubis lahan pasir pantai memiliki peranan penting dalam mencapai ketahanan pangan nasional dan memanfaatkan peluang pasar luar musim kubis dataran tinggi dalam rangka meningkatkan pendapatan petani dan produktivitas lahan. Teknologi spesifik lokasi yang belum lengkap menyebabkan hasil kubis masih lebih rendah daripada potensinya. Penelitian bertujuan menentukan naungan optimum bagi pertumbuhan tanaman kubis di lahan pasir pantai tanpa dan dengan lapisan bentonit. Penelitian dilaksanakan di lahan pasir pantai Samas, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta dari Januari 2005 sampai Mei 2006. Naungan dan pemberian lapisan kedap dari campuran bentonit dan pasir 15% tebal 2 cm pada jeluk 30 cm berinteraksi mempengaruhi total lengas tanah, lebar bukaan stomata, kadar klorofil, panjang akar, luas daun penutup, pertumbuhan dan hasil tanaman. Tanaman tanpa naungan dengan intensitas cahaya (ISMH) $537,7 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{det}^{-1}$ di lahan tanpa lapisan bentonit memiliki kadar prolin daun $7,8 \mu\text{mol.g}^{-1}$ lebih tinggi daripada daun tanaman di lahan dengan lapisan bentonit $7,1 \mu\text{mol.g}^{-1}$. Lapisan bentonit menyediakan lengas segera tersedia lebih lama daripada tanpa lapisan bentonit. Tanaman kubis bawah naungan 20,5% dengan intensitas cahaya $427,3 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{det}^{-1}$ di lahan tanpa lapisan kedap memberikan hasil maksimum $34,3 \text{ t.ha}^{-1}$ mengikuti persamaan kudratik $Y_{\text{bsh.tb}} = 4,15 + 0,141 X_{\text{ismh}} - 1,65 \cdot 10^{-4} X_{\text{ismh}}^2$, ($R^2=0,786^{**}$). Di lahan dengan lapisan bentonit, pemberian naungan menurunkan hasil secara linier sesuai persamaan $Y_{\text{bsh.db}} = 13,0759 + 0,056632 X_{\text{ismh}}$ ($R^2=0,819^{**}$) dengan hasil maksimum $44,4 \text{ t.ha}^{-1}$, 136,6% lebih tinggi daripada lahan tanpa lapisan bentonit.

Kata kunci: naungan optimum, lapisan bentonit, produktivitas kubis, lahan pasir pantai

ABSTRACT

Cabbage in coastal sandy land has an important role in national food resilience and in taking advantage out of season market of upland cabbage for increasing farmer income and land productivity. Uncomplete specific technology gave yield lower than the potential. The research objectives was to determine the optimum shading for cabbage growth on land without and with bentonite layer application. Field experiment was carried out in coastal sandy land of Samas, Bantul, Yogyakarta Special Province from January 2005 up to May 2006. Interaction between shading and bentonite layer 15% by volume affected total soil water, stomatal aperture, chlorophyll content, root length, wrapped leaves area, growth rate and yield. The leaf of crop without shading with light intensity (ISMH) of $537,7 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ on land without bentonite layer had proline content $7,8 \mu\text{mol.g}^{-1}$ higher than that with bentonite layer application $7,1 \mu\text{mol.g}^{-1}$. Application of bentonite layer resulted in longer readily available water than the soil without layer. Cabbage under 20,5% shading with light intensity of $427,3 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ on land without bentonite layer produced maximum yield $34,3 \text{ t.ha}^{-1}$ according to quadratic equation $Y_{\text{bsh.tb}} = 4,15 + 0,141 X_{\text{ismh}} - 1,65 \cdot 10^{-4} X_{\text{ismh}}^2$ ($R^2=0,786^{**}$). Land with bentonite layer application, shading decreased the yield linearly according to equation $Y_{\text{bsh.db}} = 13,0759 + 0,056632 X_{\text{ismh}}$ ($R^2=0,819^{**}$) with maximum yield of $44,4 \text{ t.ha}^{-1}$, 136,6% higher in the land without bentonite layer.

Key words: optimum shading, bentonite layer, cabbage productivity, coastal sandy land

PENDAHULUAN

Program ketahanan pangan nasional berupaya memantapkan kondisi ketersediaan bahan pangan yang cukup sepanjang waktu, aman dan terjangkau bagi setiap rumah tangga (Lemlit UGM, 2006). Konsumsi sayuran di Indonesia akan meningkat rata-rata 4,1%/tahun selama kurun waktu 1995-2010. Perluasan areal merupakan faktor dominan pertumbuhan produksi tanaman sayuran (Adiyoga, 1999). Indonesia memiliki potensi luas lahan pasir pantai 1.060.000 ha, dapat mengganti penyusutan lahan selama 41,2 tahun. Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu model spesifik pengembangan budidaya tanaman hortikultura pada lahan pasir pantai (Kertonegoro, 2003). Pemanfaatan lahan secara optimal berdampak positif terhadap peningkatan produktivitas lahan wilayah pesisir (Sukresno *dalam* Sukrisno *et al.*, 2000) dan terjadi fluktuasi luas areal dan hasil sehingga upaya perluasan areal juga harus disertai teknologi spesifik lokasi (Suryana, 2007; Rahmanto, 2004).

Produksi kubis menyumbang 16% produksi sayuran nasional 9.008.380,2 ton/tahun selama tahun 2000-2004 (Ditjen Bina Produksi Hortikultura, 2005). Selama ini 99,3% produksi kubis masih dipenuhi dari produksi dataran tinggi (BPS Jateng, 2004) yang pengembangannya bersaing dengan tanaman kentang, wortel dan

bawang daun serta ditanam pada lahan dengan kemiringan lebih dari 15%, juga dihadapkan pada endemi penyakit akar gada yang dapat bertahan sampai 17 tahun dalam tanah (Cicu, 2006). Selain itu produksinya sangat tergantung pada air hujan dengan musim tanam serempak pada awal musim hujan sehingga harga kubis berfluktuasi antar bulan (Ditjen Bina Produksi Hortikultura, 2005) bahkan harga kubis meningkat sampai 600% pada saat terjadi musim kemarau yang panjang pada tahun 1997 (BPP Bumijawa, 1998). Lahan pasir pantai di Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki sumber air yang cukup dengan didukung teknologi sumur renteng diharapkan dapat memenuhi kebutuhan kubis sepanjang tahun sekaligus memanfaatkan peluang pasar di luar musim (dataran tinggi) guna meningkatkan pendapatan petani dan produktivitas lahan lahan pasir pantai.

Tanaman kubis KK Cross sebagai salah satu komoditas alternatif yang merupakan komponen baru usahatani lahan pasir pantai memberikan hasil yang cukup baik. Pertanaman kubis yang diberi mulsa jerami 5 t.ha⁻¹, pupuk kandang 60 t.ha⁻¹ dan pemupukan 225 kg N. ha⁻¹ melalui penyiraman (kocor) satu kali seminggu dengan konsentrasi 0,0027-0,8190% (sesuai pertumbuhan tanaman) dapat memberikan hasil 24,83 t/ha (Saparso *et al.*, 2003) lebih tinggi daripada hasil kubis

dataran rendah di wilayah Bantul yaitu 15,56 t/ha (BPS Bantul, 2000) namun lebih rendah dibanding potensi hasilnya yaitu 62,3 t/ha (Takii and Co. Ltd).

Pengembangan tanaman kubis di lahan pasir pantai dihadapkan pada intensitas cahaya tinggi, kecepatan angin yang tinggi dan bergaram serta tanah bertekstur pasiran. Tanah pasiran pantai memiliki N tersedia sangat rendah (26,79 ppm), kandungan bahan organik tanah rendah (0,39 persen), KPK sangat rendah 5,64 me/100 g (Saparso, 2003). Al-Omran dan Al-Harbi, 1998 juga menyatakan bahwa budidaya tanaman pada tanah pasiran dihadapkan pada tingginya laju pengatusan dan rendahnya daya pegang air. Disisi lain tanaman kubis memerlukan air 380-500 mm/musim (FAO, 1992) dan nitrogen dalam 147 kg N/ha pada hasil 45 t/ha (Andaloro *et al.*, 1983).

Selama musim hujan 2000-2001, di wilayah lahan pasir pantai selatan Jawa hujan lebih sering terjadi pada malam hari, sedangkan pada tengah hari sinar matahari bersinar cerah, 2.199,2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{det}$. (Saparso *et al.*, 2001). Pengamatan tanaman kubis di lapangan menunjukkan bahwa pertumbuhan awal tanaman kubis musim kemarau dalam pot di bawah naungan cemara laut dengan intensitas cahaya (391 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{det}$) memberikan pertumbuhan awal (4 minggu setelah tanam) yang lebih baik daripada tanaman

tanpa naungan berintensitas cahaya (1.612,9 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{det}$). Namun demikian belum diketahui naungan optimum yang memberikan hasil tanaman kubis di lahan pasir pantai.

Tanah pasiran memiliki laju infiltrasi 25-250 mm/hari, kurang lebih 250 kali infiltrasi pada tanah lempung dan memiliki pengatusan yang tinggi. Pemberian bahan pembenah tanah (*soil conditioner*) dapat mengurangi laju pengatusan tanah pasiran dan memperbaiki air tersedia bagi tanaman (Al-Omran dan Al-Harbi, 1998). Penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa lapisan bentonit nisbah 15% dengan tebal 1,7 cm pada media tanah pasiran dalam pot memberikan lengas tanah tersedia di sekitar kapasitas lapang 27,3 mm/15 cm dengan suhu tanah lebih rendah daripada ketebalan lapisan bentonit 1 cm maupun 3 cm. Lapisan bentonit nisbah 30 dan 45% baik tebal 1 cm, 2 cm maupun 3 cm cenderung menghambat pertumbuhan tanaman akibat aerasi media tanam kurang baik dengan lengas tanah 157% kapasitas lapangan. Menurut FAO (1992) hasil tanaman berbanding lurus dengan nisbah evapotranspirasi aktual (ETa) dengan evapotranspirasi potensial (ETp). Evapotranspirasi potensial tergantung pada kondisi atmosfer termasuk di dalam intensitas cahaya, sedangkan ETa ditentukan oleh lengas dalam tanah. Penelitian bertujuan menentukan tingkat

naungan optimum bagi pertumbuhan dan hasil kubis di lahan tanpa lapisan dan dengan lapisan bentonit.

METODE PENELITIAN

Percobaan lapangan dilaksanakan di lahan pasir pantai Samas, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta pada musim hujan dan musim kemarau Januari 2005-Mei 2006. Percobaan disusun dalam Rancangan Petak Terpisah dengan tiga ulangan. Faktor lapisan bentonit disusun sebagai petak utama terdiri atas lahan tanpa lapisan bentonit dan lahan dengan lapisan bentonit. Tingkat naungan disusun sebagai anak petak terdiri atas: tanpa naungan, naungan paranet 30% dan naungan paranet 60%. Tiap unit perlakuan terdiri atas 64 tanaman terdiri atas 4 baris tanaman dengan jarak tanam 40 cm x 60 cm.

Lahan percobaan memiliki tanah bertekstur pasir yang terdiri atas 95,6% fraksi pasir, 1,9% fraksi debu dan 2,5% fraksi lempung. Tanah pasir ini memiliki berat jenis zarah $3,15 \text{ g/cm}^3$ dan berat jenis lindak $1,46 \text{ g/cm}^3$ dengan porositas tanah 53,6%. Kandungan lengas tanah jenuh $160,7 \text{ mm/30 cm}^1$. Total lengas tanah tersedia adalah $39,4 \text{ mm/30 cm}$ dengan lengas kapasitas lapang (KL) $45,9 \text{ mm/30 cm}$, titik layu permanen (TLP) dan batas lengas siap tersedia (BLST) berturut-turut $45,9$; $6,7$ dan $30,3 \text{ mm/30 cm}$.

Tanah pasir dibongkar sampai jeluk 30 cm dengan jarak 0,5 m dari batas tepi petak utama. Pasang sabuk beton dengan tinggi 20 cm. Bentonit Punung, Pacitan Spec A dan tanah pasir galian dicampur dengan mempergunakan mesin pencampur (molen) dengan nisbah 15% (m^3/m^3) diletakkan pada jeluk 30 cm dengan tebal 2 cm sekaligus dipadatkan dengan papan dan ditutup kembali. Lubang tanam diberi pupuk kandang sapi 20 t/ha dan 30 t/ha vertisol (Astuti, 2003), pupuk dasar 200 kg/ha P_2O_5 dan 200 kg/ha K_2O (Sumarni, 1982). Mulsa jerami padi 5 t/ha (Saparso *et al.*, 2003) dipasang satu hari sebelum tanam. Tanaman disiram 7 mm/hari tiap hari yaitu pagi, siang dan sore hari pada awal pertumbuhan (selama 2 minggu). Penyiraman tanaman dilaksanakan secara rutin 2 hari sekali dengan 7 mm/hari dan diberikan 3 kali sehari. Dosis pupuk susulan berupa pupuk urea 161,384 kg/ha N (329,1 kg/ha urea) dan diberikan 7 hari sekali dengan cara dilarutkan dalam air (Saparso dan Shiddieq, 2006) sesuai pertumbuhan tanaman. Panen kubis dilakukan pada saat tanaman berumur 70 hari.

Variabel lingkungan yang diamati
a) lengas tanah ditentukan dengan *neutron probe* tipe Hydroprobe CPN-530;
b) intensitas cahaya diukur menggunakan alat lux meter DX-100, 100 lux cahaya setara dengan $2 \mu\text{mol/m}^2/\text{det}^1$ (Nobel,

1999); c) permeabilitas tanah ditentukan dengan infiltrometer tabung tunggal (FAO, 2006), d) air pengatusan dihitung menggunakan program CROPWAT (FAO, 1992).

Variabel pertumbuhan tanaman yang diamati antara lain: a). panjang akar; b). luas daun penutup (Andaloro *et al.*, 1983); c). laju pertumbuhan tanaman; d). umur pembentukan krop; e). bobot segar hasil tanaman; f). lebar bukaan stomata diamati dengan lensa okuler mikrometer berbentuk pagar pada perbesaran 420 kali; g). kadar klorofil; h). kadar prolin ditentukan terhadap duan ke-4 dari pucuk dengan metode Bates *et al. dalam* Arora dan Saradhi (1995) dan i). kandungan air nisbi (KAN) daun ditentukan terhadap daun ke-3 atau ke-4 dari pucuk (Karyudi and Fletcher, 2002; Rahman *et al.*, 2000; Jensen *et al.*, 1996).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lengas Tanah

Tanah pasiran tanpa lapisan bentonit memiliki permeabilitas sangat tinggi yaitu 204,9 mm/hari. Lapisan bentonit 15% dengan ketebalan 2 cm dapat menurunkan permeabilitas tanah menjadi 18,35 mm/hari (Gambar 1a). Dinyatakan oleh FAO (2006), pada tanah yang berlapis dengan permeabilitas yang berbeda-beda,

permeabilitas tanah akan ditentukan oleh permeabilitas lapisan yang paling rendah.

Lengas tanah volumetrik jeluk 30 cm di lahan dengan lapisan bentonit lebih tinggi daripada lengas kedalaman yang sama pada lahan tanpa lapisan bentonit Gambar 1(b). Lapisan bentonit selain dapat menahan laju infiltrasi juga dapat menyimpan air lebih banyak. Kau *et al.* (1998) menyatakan bahwa bentonit mampu menjerap air 8 kali volumenya. Di lahan tanpa dan dengan lapisan bentonit, lengas tanah volumetrik jeluk 30 cm merupakan fungsi linier sangat nyata mengikuti persamaan berturut-turut $Y_{tb.30\text{ cm}} = 4,456 + 0,719 X_{tb.15\text{ cm}}$ ($R^2=0,996^{**}$) dan $Y_{db.30\text{ cm}} = 5,45 + 0,925 X_{db.15\text{ cm}}$ ($R^2=0,995^{**}$). Dikatakan oleh FAO (2006) tanah pasir akan cepat mengalirkan ke arah bawah daripada ke arah samping dan tanah segera menjadi kapasitas lapangan.

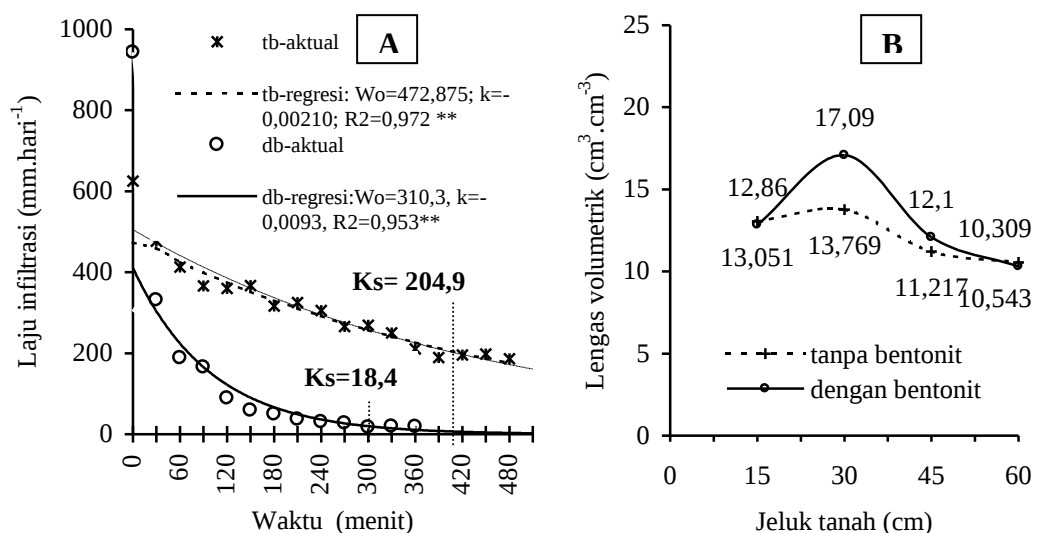
Tanaman kubis monokultur tanpa naungan (intensitas cahaya 537,7 $\mu\text{mol/m}^2/\text{det}$) di lahan tanpa lapisan bentonit memiliki lengas tanah paling rendah 38,4 mm/30 cm (83,7% KL) dan berbeda nyata dengan perlakuan sama di lahan dengan lapisan bentonit yaitu 48,7 mm/30 cm (106,1% KL). Pertanaman tanpa lapisan bentonit yang diberi naungan 30% dan naungan 60% memiliki total lengas tanah tidak berbeda nyata masing-masing 41,7 mm/30 cm (90,8% KL) dan 41,8 mm/30 cm (91,1% KL). Lahan

dengan lapisan bentonit yang diberi naungan 30% memiliki total lengas tanah 46,8 mm/30 cm (102,0% KL) yang tidak berbeda nyata dengan naungan 60% maupun tanpa naungan berturut-turut 46,1 mm/30 cm (100,4% KL) dan 48,7 mm/30 cm (106,1% KL) seperti tercantum pada Gambar 2B. Naungan 30% memberikan energi yang cukup banyak untuk menaikkan suhu udara dan suhu tanah serta kandungan lengas yang lebih tinggi

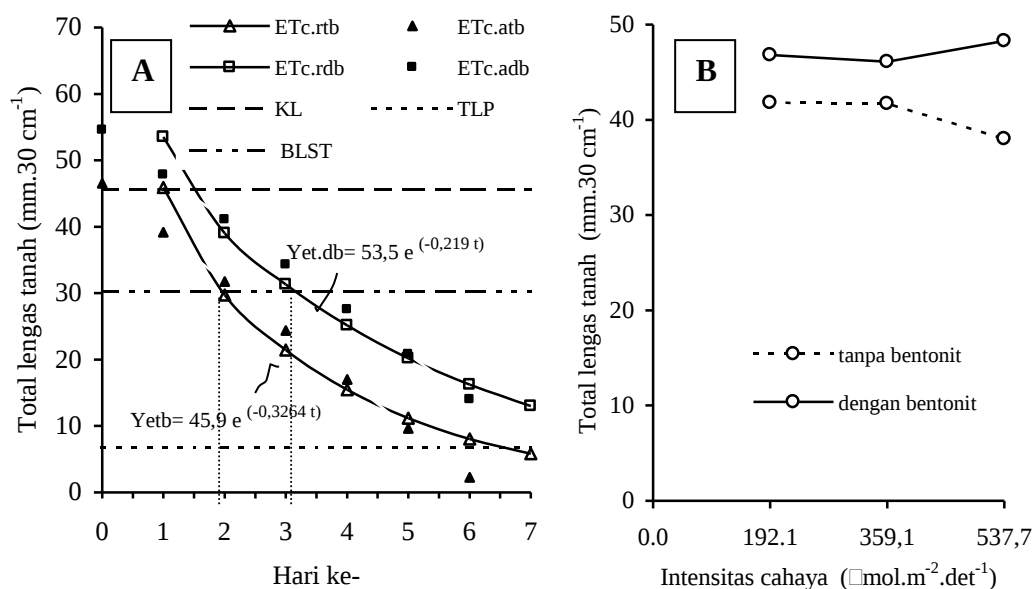
menyebabkan ETa yang lebih tinggi. Pemberian lapisan bentonit dan naungan mempengaruhi air pengatusan secara nyata. Air pengatusan menunjukkan adanya interaksi antara naungan dengan lapisan bentonit (Tabel 1). Tanah dengan lapisan bentonit dapat mempertahankan kondisi lengas siap tersedia (LST) sampai 2 hari sementara tanah tanpa lapisan bentonit hanya dapat mempertahankan LST selama satu hari (Gambar 2A).

Tabel 1. Air pengatusan (mm/hari) pada berbagai intensitas cahaya dan pemberian lapisan bentonit

Komponen	Bentonit	Interaksi	Naungan (Intensitas cahaya, $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{det}^{-1}$)		
			60% (192,1)	30% (359,2)	0% (537,7)
Air pangatusan	Tanpa	+	437,6 a	410,7 b	388,3 b
	Dengan		368,0 a	320,1 b	286,2 c



Gambar 1. Penurunan laju infiltrasi $W_t = W_o e^{(-kt)}$ dan permeabilitas, Ks(A) dan lengas tanah volumetrik pada berbagai jeluk tanah di lahan pasir pantai tanpa lapisan bentonit, tb dan dengan lapisan bentonit, db (B).



Gambar 2. **A.** Penurunan total lengas tanah aktual (a) dan regresi (r) akibat evapotranspirasi tanaman kubis ($ET_c = 7,03 \text{ mm.hari}^{-1}$) selama 7 hari di lahan pasir pantai tanpa lapisan bentonit (tb) dan dengan lapisan bentonit (db) ; **B.** total lengas tanah pada berbagai intensitas cahaya dan pemberian lapisan bentonit.

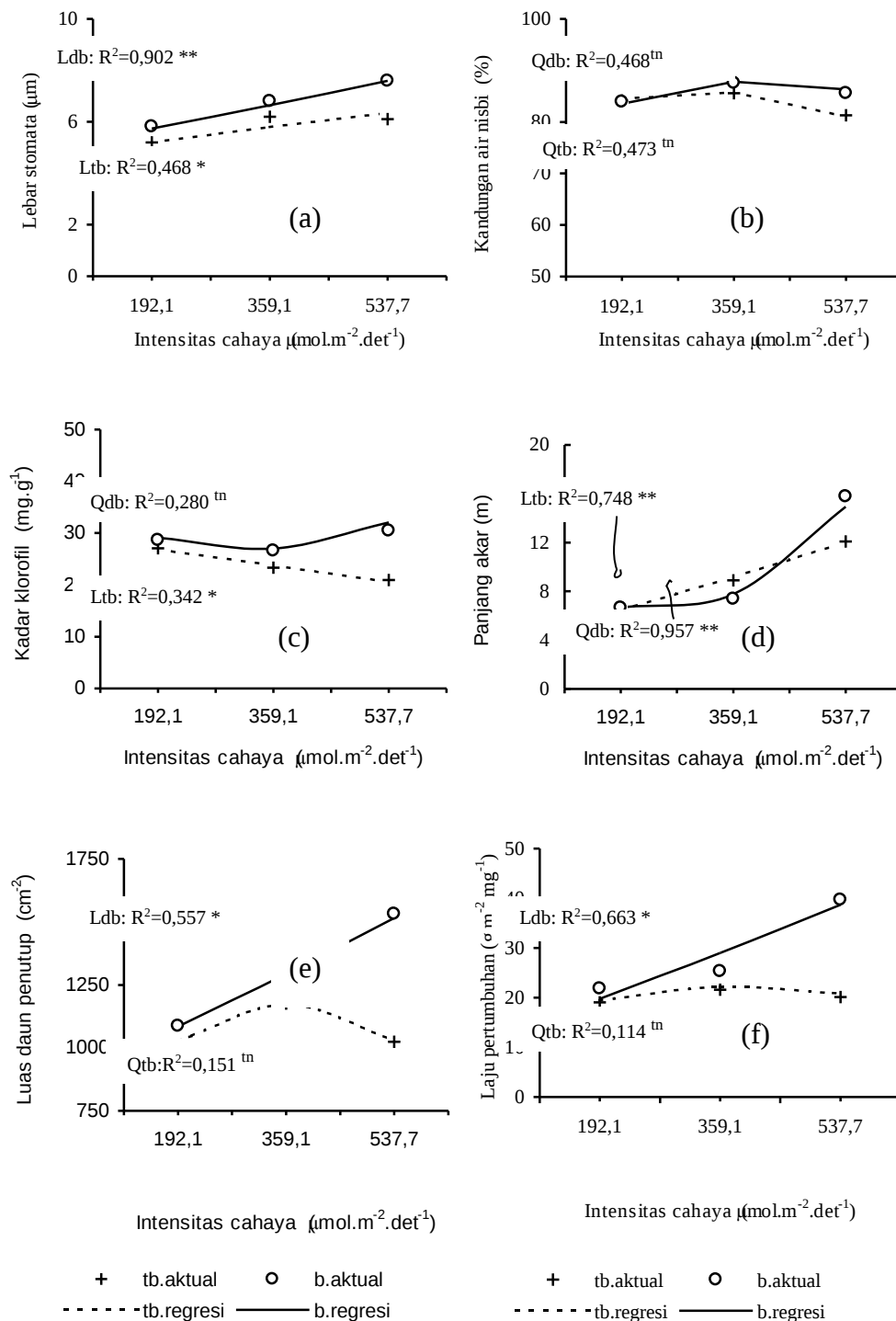
Pertumbuhan Tanaman Kubis pada Interaksi Pemberian Lapisan Bentonit dan Berbagai Naungan

Analisis ragam menunjukkan bahwa lapisan bentonit dan naungan berinteraksi mempengaruhi kadar klorofil, lebar bukaan stomata, panjang akar, laju pertumbuhan tanaman, luas daun penutup dan bobot segar hasil (Gambar 3). Pemberian lapisan bentonit hanya meningkatkan secara nyata panjang akar tanaman kubis tanpa naungan dengan pola kuadrat, sedangkan panjang akar tanaman di lahan tanpa lapisan bentonit dipengaruhi oleh intensitas cahaya mengikuti pola linier. Tanaman kubis di bawah naungan 30% memiliki akar yang lebih panjang tidak nyata daripada tanaman dengan naungan 60%.

Ekofisiologi Tanaman Kubis pada Berbagai Naungan di Lahan Tanpa Lapisan Bentonit

Suhu udara berpengaruh nyata menurunkan laju pertumbuhan tanaman dengan koefisien korelasi $r = -0,510^*$. Menurut Nobel (1999) suhu udara yang tinggi akan meningkatkan laju respirasi. Lebar bukaan stomata dan kadar klorofil berpengaruh negatif tidak nyata terhadap pertumbuhan tanaman $r = -0,222^{\text{tn}}$ dan $r = -0,421^{\text{tn}}$.

Naungan berpengaruh nyata terhadap lebar bukaan stomata secara linier mengikuti $Y_{\text{stom.tb}} = 5,54 + 0,0034 X_{\text{ismh}}$ ($R^2 = 0,468^*$) seperti tertera pada Gambar 3a. Peningkatan intensitas cahaya tidak dapat diikuti oleh peningkatan lebar stomata sebagai penyedia CO_2 sehingga tidak dapat membentuk asimilat yang lebih banyak untuk pertumbuhan tanaman.



Gambar 3. Model linier (L) dan kuadrat (Q) lebar bukaan stomata (a), kandungan air nisbi daun (b), kadar klorofil (c), panjang akar (d), luas duan penutup (e) dan laju pertumbuhan tanaman (f) terhadap intensitas cahaya di lahan tanpa lapisan bentonit (tb) dan dengan lapisan bentonit (db).

Cahaya yang telah ditangkap klorofil menghasilkan ATP dan NADPH^+ berlebihan dan bersifat reaktif sehingga kadar prolin daun meningkat mencapai 7,8 $\mu\text{mol/g}$. Menurut Arora dan Saradhi (1995) prolin terbentuk apabila tersedia kelebihan energi ATP dan NADPH^+ yang berlebihan dan bersifat reaktif. Prolin terbentuk apabila tersedia kelebihan energi ATP dan NADPH^+ hasil hidrolisis air yang tidak dimanfaatkan untuk fiksasi CO_2 . Selanjutnya Arora dan Saradhi (1995) menyatakan bahwa tanaman *Vigna radiatus* pada keadaan tercekam, peningkatan intensitas cahaya dapat meningkatkan kandungan prolin 285%. Peningkatan intensitas cahaya menurunkan kadar klorofil secara linier mengikuti model $Y_{\text{klor}} = 30,6 - 0,029X_{\text{ismh}}$, $R^2 = 0,342$ * (Gambar 3c). Selain terjadi kerusakan pigmen klorofil akibat kelebihan energi reaktif hasil reaksi terang, peningkatan cahaya menyebabkan meningkatnya suhu tanah, X_{stn} ($r = 0,955$ **) yang berpotensi menurunkan kandungan klorofil bersama-sama air pengatusan. Smika *et al.* (1977) menyatakan bahwa air pengatusan berkorelasi sangat tinggi ($r = 0,95$ **) dengan pelindian nitrat dan tanah pasiran bersifat aerobik sehingga lebih banyak terbentuk N-NO_3 yang peka terhadap pelindian.

Lebar bukaan stomata dipengaruhi tidak nyata oleh kandungan air nisbi.

Menurut Nobel (1999) intensitas cahaya 20 $\mu\text{mol/m}^2/\text{det}$ dapat memacu pembukaan stomata. Kandungan air nisbi daun berpengaruh negatif terhadap laju pertumbuhan tanaman dan lebar bukaan stomata sesuai dikatakan Arora dan Saradhi (1995) cekaman air pada tahap awal akan mempengaruhi pembesaran sel dan pada tahap berikutnya berpengaruh terhadap pembukaan stomata.

Peningkatan intensitas cahaya meningkatkan evapotranspirasi tanaman dengan nyata secara linier mengikuti $Y_{\text{etc}} = 190,784 + 0,251 X_{\text{ismh}}$ ($R^2 = 0,958$ **). Peningkatan evapotranspirasi tanaman berpengaruh negatif nyata terhadap lengas tanah volumetrik ($r = -0,550$ *) sehingga lengas siap tersedia dalam tanah menurun (Gambar 2B) dan berpengaruh menurunkan kandungan air nisbi daun. Air diterima pertanaman kubis baik dari hujan maupun penyiraman yang melebihi evapotranspirasi potensial tidak dapat dimanfaatkan sebagai cadangan air akibat tingginya laju air pengatusan ($K_s = 204,9$ mm/hari) pada tanah pasir tanpa lapisan bentonit (Gambar 1A) sehingga segera berada pada kapasitas lapang. Pada siang hari yang jarang terjadi hujan dan diikuti suhu udara maksimal sampai 45,1 °C akan menyebabkan terjadinya cekaman air yang menyebabkan menutupnya stomata justru terjadi pada saat intensitas cahaya meningkat di tengah hari. Laju

pertumbuhan tanaman kubis di lahan tanpa lapisan bentonit dipengaruhi tidak nyata oleh pemberian naungan sesuai persamaan $Y_{lpt.tb} = 11,47 + 0,055X - 0,000074 X^2$, $R^2 = 0,114^{tn}$.

Ekofisiologi Tanaman Kubis pada Berbagai Naungan di Lahan dengan Lapisan Bentonit

Lebar stomata dan kadar prolin berkorelasi nyata dan meningkatkan pertumbuhan tanaman masing-masing ($r=0,473^*$) dan ($r=0,469^*$) serta kadar klorofil meningkatkan tidak nyata terhadap pertumbuhan tanaman ($r=0,232^{tn}$). Di lahan dengan lapisan bentonit, intensitas cahaya meningkatkan dengan tajam lebar bukaan stomata secara linier mengikuti

$Y_{stom.db} = 4,71 + 0,0054 X_{ismh}$, $R^2 = 0,902^{**}$ (Gambar 3a) sehingga dapat menyediakan CO_2 cukup untuk dapat membentuk asimilat yang lebih banyak. Energi cahaya yang telah ditangkap klorofil menghasilkan energi ATP dan $NADPH^+$ yang bersifat reaktif tidak nyata dapat meningkatkan kadar prolin daun. Daun tanaman kubis tanpa naungan di lahan dengan lapisan bentonit memiliki kadar prolin $7,1 \mu mol.g^{-1}$, lebih rendah daripada tanpa lapisan bentonit. Menurut Nobel (1999) prolin terbentuk apabila tersedia kelebihan energi ATP dan $NADPH^+$ hasil hidrolisis air. Hasil penelitian Arora dan Saradhi (1995) pada

Vigna radiata menunjukkan bahwa pada keadaan tidak tercekam garam peningkatan cahaya tidak meningkatkan kadar prolin secara nyata.

Peningkatan intensitas tidak nyata menurunkan kadar klorofil daun ($r=-0,407^{tn}$) dengan pola $Y_{klot.db} = 39,769 - 0,0786 X_{ismh} + 0,00012 X_{ismh}^2$, $R^2 = 0,280^{tn}$ seperti tertera pada Gambar 4c, tetapi secara nyata meningkatkan suhu tanah yang berkorelasi negatif nyata ($r=-0,734^{**}$) dengan kadar klorofil. Suhu tanah dan air pengatusan menurunkan kadar klorofil dengan nyata. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya hanya menurunkan kandungan klorofil akibat meningkatnya suhu tanah dan air pengatusan. Peningkatan intensitas cahaya menyebabkan meningkatnya ETp. Evapotranspirasi tanaman kubis tidak dipengaruhi secara nyata air segera tersedia dalam tanah pasir dengan lapisan bentonit ($r=-0,241^{tn}$). Adanya lapisan kedap bentonit yang mampu mengikat air lebih banyak sebagai cadangan setelah menerima air yang melebihi penggunaan air.

Pemberian naungan di lahan dengan lapisan bentonit berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan tanaman sesuai pola linier $Y_{lpt.db} = 9,23 + 0,055X_{ismh}$, $R^2 = 0,663^*$ seperti pada gambar 3f.

Hasil Tanaman Kubis

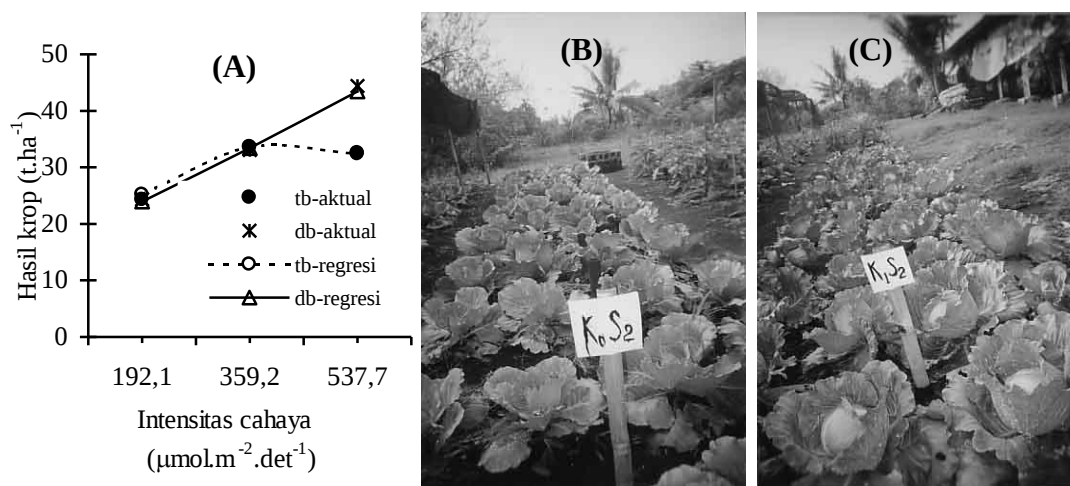
Pertumbuhan tanaman kubis di lahan tanpa lapisan bentonit dipengaruhi tidak nyata oleh naungan. Luas daun penutup tanaman juga dipengaruhi tidak nyata oleh intensitas cahaya sesuai persamaan $Y_{ldp.tb} = 523.366 + 3,568X - 0,0049 X^2$, $R^2=0,151^{tn}$ (Gambar 3e). Laju pertumbuhan tanaman yang lebih rendah di lahan tanpa lapisan bentonit menyebabkan krop baru terbentuk pada umur 52,0 hari (Gambar 4b). Pemberian naungan 30% mempercepat pembentukan krop sedangkan naungan 60% mempercepat tidak nyata (Tabel 2).

Naungan dapat meningkatkan bobot segar hasil tanaman menurut persamaan kuadratik $Y_{bsh.tb} = 4,15 + 0,141 X_{ismh} - 1,65 \cdot 10^{-4} X_{ismh}^2$ ($R^2=0,786^{**}$). Hasil kubis meningkat 5,2 persen ($34,3 \text{ t.ha}^{-1}$) diperoleh pada pemberian naungan 20,53 persen dengan intensitas cahaya optimum $427,3 \mu\text{mol/m}^2/\text{det}$ (Gambar 4a).

Laju pertumbuhan tanaman kubis di lahan dengan lapisan kedap bentonit dipengaruhi oleh intensitas cahaya secara linier (Gambar 3f). Luas daun penutup juga sangat nyata dipengaruhi oleh ISMH ($r = 0,613^{**}$).

Tabel 2. Umur pembentukan krop kubis (hari) bawah naungan di lahan tanpa dan dengan lapisan bentonit

Komponen	Bentonit	Interaksi	Naungan (Intensitas cahaya, $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{det}^{-1}$)		
			60% (192,1)	30% (359,1)	0% (537,7)
Umur pembentukan kop	Tanpa	+	51,0 ab	46,5 b	52,0 a
	Dengan		49,3 a	44,0 b	41,5 b



Gambar 4. Hasil tanaman kubis pada berbagai intensitas cahaya di lahan tanpa lapisan bentonit, tb dan dengan lapisan bentonit, db (A); tanaman kubis umur 55 hari di lahan tanpa lapisan bentonit, K₀ baru membentuk krop (B) dan dengan lapisan bentonit, K₁ krop sudah besar (C).

Pengaruh intensitas cahaya terhadap luas daun penutup mengikuti pola linier $Y_{ldp.db} = 843,7 + 1,255 X_{ismh}$, $R^2 = 0,554^*$ (Gambar 3e). Perbedaan laju pertumbuhan menyebabkan perbedaan luas daun penutup yang terbentuk. Luas daun penutup berkorelasi sangat nyata ($r=0,566^{**}$) dengan bobot segar hasil (krop) seperti dinyatakan oleh Andaloro *et al.* (1983) pembentukan krop tergantung pada luas daun penutup. Tanaman kubis tanpa naungan di lahan dengan bentonit tanaman telah membentuk krop 41,5 hari (Gambar 4c) sehingga memiliki periode perkembangan krop lebih lama. Pemberian naungan menghambat pembentukan krop menurunkan bobot segar hasil sesuai model linier $Y_{bsh.db} = 13,0759 + 0,056632 X_{ismh}$ ($R^2=0,819^{**}$) seperti tertera pada gambar 4a. Pemberian lapisan bentonit meningkatkan dengan nyata hasil krop pada tanaman tanpa naungan (intensitas cahaya $537,7 \mu\text{mol}/\text{cm}^2/\text{det}$) yaitu $44,4 \text{ t/ha}$ ($1,1 \text{ kg/tan}$) dan lebih tinggi ($136,32$ persen) daripada pertanaman tanpa lapisan kedap ($32,6 \text{ t/ha}$). Hasil kubis tanaman tanpa naungan di lahan dengan lapisan bentonit lebih mendekati potensi hasil KK Cross yaitu ($1,5 \text{ kg.tan}^{-1}$).

KESIMPULAN

1. Intensitas cahaya dan pemberian lapisan bentonit 15% tebal 2 cm berinteraksi mempengaruhi lengas

tanah, lebar bukaan stomata, kadar klorofil, kandungan air nisbi, panjang akar, luas daun penutup, pertumbuhan dan hasil tanaman. Tanaman tanpa naungan di lahan tanpa lapisan bentonit memiliki kadar prolin daun lebih tinggi daripada daun di lahan dengan bentonit.

2. Lapisan bentonit menyediakan air lebih lama daripada tanpa lapisan bentonit. Tanaman kubis bawah naungan 20,5% di lahan tanpa lapisan kedap memberikan hasil maksimum $34,3 \text{ t.ha}^{-1}$. Di lahan dengan lapisan bentonit, pemberian naungan menurunkan hasil secara linier dengan hasil maksimum $44,4 \text{ t.ha}^{-1}$ ($136,6\%$ lebih tinggi daripada lahan tanpa lapisan bentonit).

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyoga, W. 1999. Pola pertumbuhan produksi beberapa jenis sayuran di Indonesia. *J. Hort.* 9(3): 258-265.
- Al-Omran, A.M. dan A.R. Al-Harbi. 1998. Improvement of Sandy Soils with Soil Conditioners. *In* Wallace, A. and A.E. Terry (eds.) *Handbook Substances That Enhance of Soil, the Physical Properties of Soil Conditioners*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Andaloro, J.T., K.B. Rose, A.M. Shelton, C.N. Hoy dan R.F. Becker. 1983. Cabbage growth stage. *New York's Food and Life Science. Bull.* 101-103.

- Arora, S. dan P.P. Saradhi. 1995. Light induced enhancement in proline levels in *Vigna radiata* exposed to environmental stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 22: 283-286.
- Astuti, F.W. 2003. Kombinasi Pupuk Kandang dan Vertisol Untuk Meningkatkan Kapasitas Menahan Lengas Udupsmmment Pantai yang Dirajai Oleh Berbagai Subfraksi Pasir. *Skripsi Faperta UGM*, Yogyakarta. p. 101.
- BPP Bumijawa. 1998. *Programa Penyuluhan Pertanian Tingkat BPP Bumijawa*. Balai Informasi dan Penyuluhan Pertanian Kabupaten Tegal, Jawa Tengah.
- BPS Bantul. 2000. *Bantul dalam Angka*. BPS Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- BPS Jawa Tengah. 2004. *Jawa Tengah dalam Angka*. BPS Jateng, Semarang.
- Cicu. 2006. Penyakit Akar Gada (*Plasmodiphore brassicae* Worr.) pada Kubis-kubisan dan upaya pengendaliannya. *J. Litbang Pert.* 25(1): 14-21.
- Ditjen Bina Produksi Hortikultura. 2005. *Luas, Produksi dan Produktivitas Sayuran Indonesia*. On line: www.ditjenhorti@deptan.go.id/direk-2/html. Diakses 19 Desember 2006.
- FAO. 1992. Crop water requirment, Penman-Monthieith combination approach. *FAO International Commision fot Irrigation and Drainage Paper, World Meterorological Organization, Rome*.
- FAO. 2006. *Field Measurement*. On line : <http://www.fao.org/dpcrep/T0231E/t1231e05.html>. Diakses 10 Nopember 2006.
- Jensen, C.R., V.O. Mogensen, G. Mortesen, M.N. Andersen, J.K. Schjoerring, J.H. Thange dan J. Koribidis. 1996. Leaf photosynthesis and drought adaptation in field-grown oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aust. J. Plant Physiol* 23: 631-644.
- Karyudi dan R.J. Fletcher. 2002. Osmoregulative capacity in birdseed millet under condition of water stress, I. Variation in *Setaria italica* and *Panicum miliaceum*. *Euphytica* 125: 337-348.
- Kau, P.M.H., D.W. Smith dan P. Binning. 1998. Experiment sorption of fluoride by kaolinite and bentonite. *Geoderma* 84: 89-108.
- Kertonegoro, B.J. 2003. Pengembangan budidaya tanaman sayuran dan hortikultura pada lahan pasir pantai: sebuah model spesifik dari Daerah Istimewa Yogyakarta. *Agr-UMY XI(2)*: 67-75.
- Lemlit UGM. 2006. *Ketahanan Pangan*. On line : <http://lemlit.ugm.ac.id/agro>. Diakses 29 Mei 2006.
- Nobel, P.S. 1999. *Plant Physiology, Physiochemical and Environment*. 2nd ed. Academic Press, New Sandiego.
- Rahman, S.M.L., W.A. Mackay, B. Quebedeaux, E. Navata dan T. Sakuratani. 2000. Application and validation of leaf water content index to tropical seasonal forest region. *Proceeding ACRS*. On line: www/http/L-rahman@tamu.edu. diakses 20 Pebruari 2004.

- Rahmanto, B. 2004. Studi agribisnis kubis di Sumatera Barat. *ICASERD Working Paper No. 52. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian (ICASERD), Balitbang Pertanian, Departemen Pertanian*.
- Saparso, Subiyanti-Harsono dan Tohari. 2001. Serapan nitrogen tanaman kubis pada berbagai kombinasi mulsa dan dosis pupuk nitrogen di lahan pasir pantai. *Agrin* 6(1): 20-29.
- _____, Subiyanti-Harsono dan Tohari. 2003. Pengembangan tanaman kubis lahan pasir pantai: pertumbuhan tanaman pada berbagai kombinasi mulsa dan cara pemupukan nitrogen. *Agrin* 7(2): 60-73.
- _____, dan Dj. Shiddieq. 2006. Budidaya cabai hot beauty berwawasan lingkungan melalui perbaikan takaran bahan pembenah tanah dan interval pemupukan nitrogen tanah pasiran. *Makalah Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Secara Terpadu, Universitas Sebelas Maret, 28 Maret 2006, Surakarta*.
- Smika, D. E., D. F. Heermann, H. R. Duke dan A. R. Batchelder. 1977. Effect on soil properties and tomato growth using micro irrigation. *Agron. J.* 69: 623-626.
- Sukresno, Mashudi, A. P. Supangat, Sunaryo dan D. Subaktini. 2000. Pengembangan Potensi Lahan Pantai Berpasir dengan Budidaya Tanaman Semusim di Pantai selatan Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Ekosistem Pantai dan Pulau-pulau Kecil dalam Konteks Negara Kepulauan. Fakultas Geografi UGM, 2 September 2000, Yogyakarta*.
- Sumarni, N. 1982. Pengaruh pemupukan N, P dan K terhadap pertumbuhan dan hasil kubis varietas Osen dan Konstanta. *Bull. Pen. Hort.* IX(5): 25-32.
- Suryana, A. 2007. Strategi dan inovasi iptek sumberdaya lahan dalam menghadapi perubahan iklim global dan perbaikan kualitas lingkungan. *Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbangtan, 7-8 November 2007, Bogor*.