

PENGELOLAAN NITROGEN PADA BUDIDAYA NILAM BERKELANJUTAN

Nitrogen management on sustainable patchouli production

SETIAWAN

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Indonesian Spice and Medicinal Crops Research Institute
Jalan Tentara Pelajar No 3 Bogor, 16111 – Indonesia
Telp. (0251) 8321879, Faks. (0251) 83107010
E-mail: era2243@yahoo.co.id

Diterima: 13 Februari 2015 ; Direvisi: 21 Maret 2015 ; Disetujui: 6 April 2015

RINGKASAN

Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) salah satu tanaman penghasil minyak atsiri yang dikenal sebagai minyak nilam. Tanaman nilam responsif terhadap pemupukan terutama Nitrogen. N yang terkandung dalam daun sebesar 5,58%. Urea merupakan sumber pupuk N yang umum diberikan untuk meningkatkan hasil pertanian. Pemberian N ke dalam tanah tidak saja untuk menghasilkan produksi yang optimal juga untuk mengembalikan tingkat kesuburan tanah. N yang diaplikasikan ke tanah tidak semuanya dimanfaatkan oleh tanaman, sebagian N hilang karena pencucian, denitrifikasi dan menguap ke atmosfer sebagai gas amonia. Beberapa teknologi yang dapat atau berpotensi untuk mencegah kehilangan N dari tanah antara lain memberikan pupuk N sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman dengan mengacu pada 5 tepat (tepat waktu, tepat dosis, tepat jenis, tepat tempat dan tepat cara), mengembalikan limbah hasil penyulingan nilam dalam bentuk kompos, memberikan penstabil pada pupuk N dan fiksasi N dari udara melalui pola tanam nilam dengan kacang-kacangan. Makalah ini bertujuan untuk mereview hasil-hasil penelitian pemupukan nilam sebagai upaya mendukung budidaya nilam berkelanjutan.

Kata kunci: Nilam, pemupukan, nitrogen, efisiensi pemupukan N

ABSTRACT

Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) one of plant which is producing essential oil called patchouli oil. The oil produced by destilation herbage. The crops are responsive to fertilizers especially nitrogen and N concentration in leaves 5.58%. The condition is potentially to decline of soil fertility. Urea is N source commonly used to increase yiled. N fertilizer was not at all to used by the crops, partly of N loss to the

environment by leacing, denitrification, and volatilization to the atmosphere as ammonia gaseous. Threere are several technology potentially to prevent the losses of N and maintain of soil fertility such as provide N fertilizers corresponding growth phase reffer to "5th right" (right time, right doses, right type, right place and right method), provide N Stabilizer and N crops fixing by cropping patern with legumes. This paper aims to review the results of fertilization on patchouli as an effort to support sustainable agriculture.

Keywords: Patchouli, fertilizer, nitrogen, N used efficiency

PENDAHULUAN

Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) sebagai penghasil minyak atsiri memiliki arti penting bagi ekonomi Indonesia. Sebagai komoditas ekspor minyak nilam memiliki peranan penting dalam industri parfum berkat kandungan di dalamnya seperti β elemen, β -patchoulene, β -caryophyllene, α -patchoulene, α -guaiene, seychellene, α -bulnesene, dan patchoulol (Hasegawa *et al.* 1992; Singh *et al.*, 2002; Anonis, 2006; Paul *et al.*, 2010; Blank *et al.*, 2011). Pada tahun 2011 nilam telah diusahakan oleh lebih dari 65.000 petani dengan luasan lahan 28.615 ha (Ditjenbun, 2011).

Secara nasional luas areal nilam Indonesia memperlihatkan tren naik, tetapi produktivitasnya tetap rendah atau bahkan turun (Setiawan dan Rosman, 2013). Terdapat tiga faktor dominan yang menyebabkan produktivitas nilam menurun yaitu penurunan tingkat

kesuburan lahan, gangguan hama penyakit, dan fluktuasi harga minyak (Setiawan dan Rosman, 2013). Menurunnya tingkat kesuburan lahan salah satunya disebabkan oleh ketidakseimbangan hara tanah, khususnya nitrogen (N). Nitrogen yang terserap oleh tanaman dan terangkut bersama hasil panen tidak pernah dikembalikan lagi ke dalam tanah. Teknologi untuk meningkatkan kesuburan melalui pemupukan sangat diperlukan.

Selain keseimbangan N dalam tanah untuk mempertahankan tingkat kesuburan lahan, efisiensi penggunaan N juga harus diperhatikan. Untuk meningkatkan produktivitas hasil pertanian yang tinggi, umumnya lahan diberi pemupukan urea, karena urea merupakan pupuk yang mempunyai kandungan N tertinggi dari jenis pupuk yang tersedia. Akan tetapi, urea memiliki kelemahan karena sifatnya yang higroskopis yaitu mudah larut dalam air, sehingga risiko kehilangan N dari pupuk urea sangat tinggi. Kehilangan N dari urea tersebut dapat terjadi karena pencucian (*leaching*), terbawa air perkolasi, denitrifikasi maupun hilang ke atmosfer dalam bentuk gas amonia.

Tanaman nilam sangat responsif terhadap pemupukan N (Singh *et al.*, 2007), hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan Dhalimi *et al.*, 1998, dimana kandungan hara N merupakan unsur tertinggi pada tanaman nilam yaitu sebesar 5,58%. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam upaya meningkatkan mutu dan hasil minyak nilam (Singh dan Rao, 2009; Syakir dan Gusmaini, 2012; Djazuli dan Trisilawati, 2004; Rosman *et al.*, 2011; Paul *et al.*, 2010; Blank *et al.* 2011) namun yang membahas efisiensi pemupukan N masih terbatas.

Makalah ini bertujuan menguraikan upaya pemupukan N yang efisien dan menjaga keseimbangan N di dalam tanah pada pertanaman nilam.

STATUS PENELITIAN PEMUPUKAN NILAM

Minyak nilam dihasilkan melalui penyulingan batang dan daun tanaman nilam,

sehingga berpotensi menguras unsur hara yang ada dalam tanah dan berakibat tanah menjadi miskin hara (Rosman, 2011). Oleh karena itu, teknologi pemupukan diperlukan untuk mempertahankan kesuburan lahan nilam.

Penelitian pemupukan N, P dan K, pada tanaman nilam menunjukkan pupuk dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman Adiwiganda *et al.*, 1973). Menurut Tasma dan Wahid (1988), pemupukan 280 kg Urea, 70 kg TSP, dan 140 kg KCl per ha pada tanah Latosol Merah Kecokelatan meningkatkan produksi terna basah nilam aceh sebesar 64% dan kandungan minyak 77% dibandingkan dengan kontrol. Namun demikian efisiensi serapan hara nitrogen pada tanaman aromatik umumnya <30%, Rao *et al.* (1988).

Trisilawati dan Yusron, 2008, melaporkan aplikasi FMA nyata meningkatkan jumlah daun dan tinggi tanaman serta produksi nilam. Peningkatan bobot kering akar (73,8%), batang (103,8%), daun (73,4%) dan biomas sebesar (89,5%) dibandingkan tanpa FMA. Hasil penelitian Burhanuddin dan Nurmansyah, 2010, menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang 30 t ha⁻¹ yang dikombinasikan dengan pemberian kapur 2 t ha⁻¹ dan N, P, dan K, dengan dosis 200 kg urea, 200 kg SP-36, dan 150 kg KCl ha⁻¹ menghasilkan produksi terna 25,2 t/ha. Selanjutnya Burhanuddin dan Nurmansyah (2012), melaporkan bahwa pemberian pupuk kandang 20 t ha⁻¹ +kompos 10 t ha⁻¹ + NPK 250 kg ha⁻¹ mampu menekan intensitas serangan budok 48,49%.

Penggunaan pupuk nitrogen yang dibalut dicyandiamida (*Dicyandiamida coated urea*) mampu menghasilkan 18,55 t ha⁻¹ terna kering dan 134,87 kg ha⁻¹ minyak pada iklim semi-arid Singh dan Rao (2009). Sementara hasil penelitian Blank *et al.* (2011), menunjukkan penggunaan 200g m⁻² kapur pertanian, 6 kg m⁻² pupuk kandang dan 200 g m⁻² pupuk NPK (3-12-6) pada pertanaman yang diberi mulsa plastik warna perak dapat meningkatkan kadar patchouli alkohol sampai panen ke tiga.

FAKTOR PENYEBAB KEHILANGAN N DI ALAM

Produksi pertanian memiliki siklus nitrogen internal yang dipengaruhi oleh tanaman, tanah

efisiensi penggunaan pupuk N dalam produksi tanaman (Brentrup and Palliere, 2010; Tabri, 2010).

Manajemen Pemupukan N

Efisiensi penggunaan N adalah tujuan penting untuk menekan biaya produksi, sehingga nilai jual dapat bersaing. Nitrogen merupakan pupuk yang banyak digunakan untuk meningkatkan produksi pertanian. Untuk memperoleh hasil yang optimal, tidak saja dibutuhkan dosis pupuk yang sesuai dengan kebutuhan namun juga harus mempertimbangkan hal lain seperti jenis pupuk, waktu aplikasi, cara aplikasi dan tempat aplikasi (Setiawan, 2013).

Beberapa hasil penelitian memperlihatkan pemupukan nilam sebaiknya dilakukan sebanyak 5 kali selama setahun (Tabel 1).

Pertama, pemupukan dasar yaitu dengan memberikan pupuk organik dan pupuk an-organik. Kedua, pemupukan an-organik susulan pertama dilakukan pada saat tanaman sudah berumur satu bulan setelah tanam di lapangan. Ketiga, pemupukan susulan kedua dilakukan

pada saat tanaman berumur 4 bulan setelah tanam. Keempat, pemupukan susulan ketiga setelah panen pertama yang diikuti dengan pembumbunan. Kelima, pemupukan susulan keempat dilakukan setelah panen kedua.

Pemanfaatan Limbah Penyulingan Minyak Nilam

Nilam menghasilkan terna kering $\pm 4-5 \text{ t ha}^{-1}$. Besarnya volume limbah nilam seringkali menjadi masalah bagi pihak industri pengolahan itu sendiri maupun lingkungan. Limbah hasil penyulingan daun masih mempunyai kadar hara yang tinggi dan berpotensi sebagai bahan baku pupuk organik dan sebagai sumber N. Dengan menggunakan teknik pengomposan yang cepat dan efisien akan menghasilkan pupuk organik kompos yang bermutu tinggi. Hasil penelitian Djazuli dan Trisilawati (2004), menunjukkan kompos limbah penyulingan nilam mempunyai kandungan hara yang lebih baik dari pupuk kandang sapi (Tabel 2).

Limbah hasil penyulingan minyak nilam berkisar antara 40 – 50% dari bahan baku. Besarnya volume limbah penyulingan antara 1600-2000 kg ha⁻¹, dengan kandungan N sebesar

Tabel 1. Dosis pupuk dan waktu aplikasi pada pemupukan tanaman nilam

Kondisi Pertanaman				
Satu minggu sebelum tanam*	Satu bulan setelah tanam	4 bulan setelah tanam	Setelah Panen I	Setelah Panen II
20 ton pupuk organik + 100 kg SP-36 + 150 kg KCl	70 kg Urea	130 kg Urea	20 ton pupuk organik + 100 kg Urea + 50 kg SP-36 + 150 kg KCl	100 kg Urea + 150 kg KCl
Masa persiapan	Masa vegetatif	Menjelang panen I	Masa vegetatif	Masa vegetatif

Sumber : Nuryani *et al.* (2007)

Tabel 2. Status hara kompos limbah nilam, kompos sampah pasar, pupuk kandang sapi

Hara	Kompos limbah Nilam	Kompos sampah pasar	Pupuk kandang Sapi
N (%)	3,69	1,71	1,64
P ₂ O ₅ (%)	0,28	0,25	0,36
K ₂ O (%)	1,26	0,87	0,77
CaO (%)	1,7	0,61	0,21
MgO (%)	0,95	0,49	0,21
C-Organik	35,7	18,9	31,0
C/N	9,94	11,7	19,35

Sumber : Djazuli dan Trisilawati, 2004

3,69% maka, potensi nutrisi N yang dihasilkan sebanyak 59 -73 kg atau setara dengan 131-164 kg Urea. Hal ini tentu saja akan menguntungkan petani karena menghemat pengeluaran untuk pembelian pupuk anorganik. Keuntungan lain yang didapat dari kompos adalah dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Suriadikarta, 2006).

Penggunaan Penstabil N

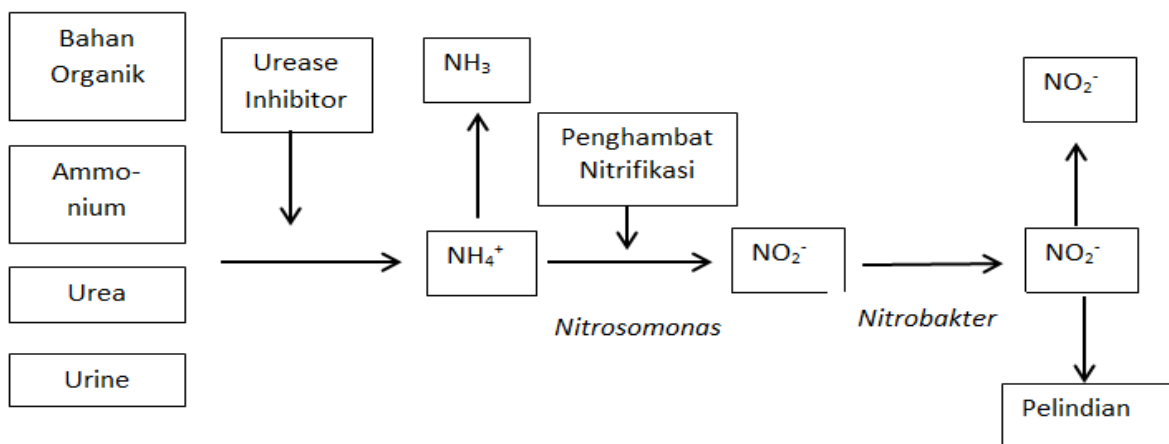
Dalam upaya peningkatan mutu lingkungan dan pertanian yang berkelanjutan, diperlukan praktik budidaya yang ramah lingkungan. Salah satu upaya agar kehilangan N dapat diminimalkan adalah dengan penggunaan N stabiliser. N stabiliser adalah teknologi pemupukan khususnya pupuk N yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N dan meningkatkan hasil pertanian (Frame dan Reiter, 2013). Terdapat dua cara dalam menggunakan penstabil N yaitu pemupukan dengan penstabil (*stabilized fertilizers*) dan pemupukan N lepas terkendali atau *slow release fertilizers* (Saigusa, 1999; Frame dan Reiter, 2013).

Penstabilan N bekerja pada dua proses transformasi nitrogen yaitu mineralisasi dan nitrifikasi. Mineralisasi merupakan reaksi kimia yang berlangsung secara terus menerus dalam tanah, tetapi dari seluruh reaksi yang berlangsung reaksi kimia yang menjadi target adalah hidrolisis urea. Penstabil N bekerja fokus pada pembatasan hidrolisis urea dan amonifikasi

dengan jalan menghambat enzim urease. Ketika enzim urease tertekan, hidrolisis urea menjadi lambat (Frame dan Reiter, 2013).

Nitrifikasi adalah proses perubahan bentuk dari amonia ke nitrat. Penghambat nitrifikasi adalah agen kimia yang dapat menghambat nitrifikasi dalam tanah dengan cara menghambat perkembangan bakteri nitrifikasi (Frame dan Reiter, 2013). Lebih lanjut dikemukakan bahwa penghambat nitrifikasi adalah senyawa atau bahan-bahan yang dapat menghambat proses oksidasi ammonium menjadi nitrat. Prinsip kerja dari nitrate inhibitor (NI) adalah menghambat proses terjadinya konversi dari ammonium ke nitrat. Proses ini didorong oleh bakteri nitrifikasi yaitu *Nitrosomonas* spp. Dan *Nitrobakter* spp. Target dari penstabil N ini adalah menghambat kerja dari kedua bakteri tersebut. Dengan menghambat kerja bakteri akan mempertahankan nitrogen dalam tanah dan tersedia bagi tanaman dalam bentuk amonium.

Beberapa contoh produk pupuk urea lepas terkendali (Pramono *et al.*, 2011) yaitu : (a) pupuk berlapis (*coated fertilizer*) seperti, polyolefin coated urea (POCU), Sulphur coated urea (SCU), polyolefin-coated ammonium sulphate (POC-AS), (b) pupuk dengan daya larut rendah (*Uncoated fertilizer*), jenis pupuk ini tanpa pelapisan namun memiliki daya larut rendah karena modifikasi ukuran dan kepadatan, contoh MagAmp (Magnesium ammonium/ potassium phosphate), (c) urea supergranules.



Gambar 4. Bagan alur reaksi biokimia yang relevan dengan penggunaan penghambat nitrifikasi (Pramono *et al.*, 2011)

Tabel 3. Pengaruh sumber N terhadap serapan hara N dan efisiensi penggunaan pupuk N pada tanaman nilam

Sumber N	Serapan N (kg ha ⁻¹)	Hasil minyak (kg ha ⁻¹)	Efisiensi penggunaan N
Urea prill	38,65	54,09	1,39
(NH ₄) ₂ SO ₄	42,99	69,48	1,61
Urea dilapisi dicyandiamide	56,40	88,62	1,57

Sumber : Singh *et al.* (2007)

Beberapa sintetis bahan kimia seperti N-serve (nitrapyrin), disiandiamida (DCD), AM (2-amino-4 kloro-6 metyle pirimidin), klorat natrium, natrium azida, hexachloride benzena dan lain lain yang memiliki efek penghambatan hidrolisis urea atau nitrifikasi dalam tanah telah diteliti (Patra dan Chand, 2009). Singh dan Rao, 2009, melaporkan penggunaan pupuk urea dilapisi disiandiamide mampu meningkatkan serapan hara sebanyak 45,9% dibanding dengan pupuk urea prill, serta meningkatkan efisiensi penggunaan N sebesar 1,13 kali dibanding urea prill dilahan semi arid (Tabel 3).

Penggunaan bahan kimia sebagai bahan inhibitor dibatasi tingginya biaya dan merugikan yaitu mempengaruhi mikroorganisme tanah yang menguntungkan dan di atas semua itu sangat sulit menerapkan teknologi tersebut ke tingkat petani. Banyak bahan tanaman seperti karanji (*Pongamia glabra*), mimba (*Azadirachta indica*) dan teh (*Camellia sinensis*) telah dilaporkan sebagai penghambat nitrifikasi (Prajitno *et al.*, 2008; Patra dan Chand, 2009) produk tanaman obat dan aromatic (*monoterpene*, *sesquiterperones*, *flavonoids*) dari Piretrum (*Chrysanthemum* sp.) mint (*Mentha* sp.), *Artemisia* sp. telah dievaluasi sebagai penghambat nitrifikasi, Patra dan Chand, 2009.

Minyak nilam mengandung beberapa senyawa sesquiterpen dan hidrokarbon seperti patchouli alcohol, pthoulene, bulnesene, guaiene, caryphyllene, elemen dan copaene (Hasegawa *et al.*, 1992; Blank *et al.*, 2011). Minyak nilam dikenal memiliki sifat antijamur dan bakteriostatik (Kukreja *et al.*, 1990), insektisida (Sharma *et al.*, 1992.). Namun pemanfaatannya sebagai penghambat nitrifikasi perlu diteliti lebih lanjut.

Selain teknologi di atas, untuk mengurangi kehilangan N serta meningkatkan efisiensi penyerapan N adalah penggunaan sistem pertanian organik secara luas (Kramer *et al.*, 2006). Drinkwater *et al.* (1998) melaporkan bahwa efisiensi penyerapan N lebih baik pada sistem pertanian organik. Sedangkan Kusterman *et al.* (2010) melaporkan sistem pertanian organik dapat mereduksi kehilangan N dibandingkan dengan pertanian konvensional.

Fixasi Nitrogen

Hara N tersedia melimpah di udara. Kurang lebih 78% kandungan udara adalah N (Hakim *et al.*, 1986; Salisbury dan Ross, 1995), namun N udara tidak dapat langsung dimanfaatkan tanaman. Walaupun N₂ masuk ke dalam sel tumbuhan bersama-sama CO₂ lewat stomata, enzim yang ada hanya dapat mereduksi CO₂ sehingga N₂ keluar lagi secepat ia masuk (Salisbury dan Ross, 1995).

Leguminaceae dapat digunakan secara produktif sebagai tanaman penutup, menyerap N melalui fiksasi N₂ dan membentuk bahan organik tanah (SOM), dan dalam beberapa kasus juga dapat digunakan oleh tumpangsari. Pengembangan varietas tanaman dengan efisiensi yang lebih tinggi dari serapan N dapat membantu menangkap N lebih dari yang diaplikasikan ke sistem pertanaman tahunan (Robertson dan Vitousek, 2009; Vitousek *et al.*, 2009). Penambatan nitrogen oleh adanya simbiose antara tanaman leguminosa dan bakteri tanah Rhizobia, telah berlangsung lama, dan sangat penting dalam fungsi ekosistem (Simms dan Taylor, 2002). Menurut Gardner *et al.* (1991) jumlah N₂ yang difiksasi oleh asosiasi leguminosa

sangat bervariasi, tergantung pada jenis leguminosa, kultivar, spesies dan galur (strain) bakterinya. Selanjutnya Vitousek *et al.* (2002) mengatakan kemampuan penambatan N secara biologis untuk mengkonversi N₂ menjadi N organik adalah sangat substansial, sering mencapai 100 kg ha⁻¹ tahun⁻¹ yang lebih dari cukup untuk mempertahankan kebutuhan N dan mengganti N yang hilang. Banyaknya N₂ yang dikonversi menjadi amonia sangat tergantung pada kondisi fisik, kimia, dan biologi tanah. Ketersediaan sumber energi (C-organik) di lingkungan rizosfir merupakan faktor utama yang menentukan banyaknya nitrogen yang dihasilkan (Alexander, 1977). Pada kondisi lingkungan yang ideal dengan bintil akar yang baik tanaman kedelai dapat memperoleh sumbangan N hasil penambatan N₂ oleh bakteri *Rhizobium* setara dengan 65 – 115 kg N ha⁻¹ tahun⁻¹ (Alexander, 1977). Hasil penelitian Rosman *et al.* (2011) membuktikan nilam yang dipola tanamkan dengan kacang hijau mampu mempertahankan kesuburan tanah khususnya kandungan hara N di dalam tanah.



Gambar 5. Tumpang sari nilam dengan kedelai
Sumber : Rosihan *et al.*, 2011

Penggunaan Varietas Toleran Low Input

Mengingat tanaman nilam sangat rakus unsur hara terutama N, maka pencarian varietas nilam yang toleran rendah pemupukan menjadi sangat urgen. Suryadi *et al.* (2011) berhasil menemukan aksesori nilam yang toleran terhadap input pupuk rendah sehingga mampu menghemat pemupukan sekitar 25% dari anjuran

SOP nilam. Aksesori yang relative stabil terhadap pengurangan 25%-50% dosis pupuk NPK anjuran adalah aksesori GR4, GR1, ATG, dan DR1. Namun perlu penelitian lebih lanjut untuk melihat kestabilan produksinya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Budidaya nilam berkelanjutan dapat dilakukan sepanjang usahatani tersebut memperhatikan aspek keseimbangan hara khususnya N di dalam tanah. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan di dalam pengelolaan nutrisi N dalam budidaya nilam yaitu :

1. Pemberian pupuk harus disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman. Dengan menganut pada lima tepat yaitu: tepat waktu, tepat dosis, tepat jenis, tepat tempat dan tepat cara.
2. Nitrogen yang terangkut melalui hasil panen sebaiknya dikembalikan ke tanah melalui pengomposan limbah hasil suling nilam.
3. Penggunaan pola tanam nilam dengan kacang-kacangan mampu mempertahankan tingkat kesuburan tanah, namun perlu penelitian lebih lanjut.
4. Perlu penelitian penggunaan bahan alami sebagai penstabil N untuk meningkatkan efisiensi pemupukan N.
5. Perlu penciptaan varietas unggul nilam yang mempunyai kemampuan penyerapan hara yang efisiensi dan toleran terhadap input N rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda, Y.T., O. Hutagalung dan P. Wibowo. 1973. Percobaan pemupukan nilam pada podsolik cokelat kemerahan. Buletin BPP Medan 4 : 107-116.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2nd Edition. John Wiley and Sons; New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore. 472 p.
- Anonis, D.P. 2006. Woody notes in perfumery, patchouli oil, absolute and aroma chemicals. Part I. Perfum. Flavor 31, 36-39.
- Blank, A.F., T.C.P. Sant'ana, P.S. Santos, M.F. Arrigoni-Blank, A.P.N. Prata, H.C.R. Jesus, and P.B.

- Alves. 2011. Chemical characterization of the essential oil from patchouli accessions harvested over four seasons. *Industrial Crops and Products* 31: 831-837.
- Burhanuddin dan Nurmansyah. 2010. Pengaruh pemberian pupuk kandang dan kapur terhadap pertumbuhan dan produksi nilam pada tanah podsolik merah kuning. *Bul. Litro*. 21 (2) : 138 – 144.
- Burhanuddin dan Nurmansyah. 2012. Pengaruh pupuk kandang terhadap intensitas serangan penyakit budok dan pertumbuhan tanaman nilam. *Bul. Litro*. 23 (1) : 83 – 92.
- Brentrup, F. And C. Palliere. 2010. Nitrogen use efficiency as an agro-environmental indicator. OECD workshop “Agri-environmental indicators: lesson learned and future directions”. 22-26 March 2010, Leysin, Switzerland. 9p
- Dhalimi A., Anggraeni dan Hobir, 1998. Sejarah dan Perkembangan Budidaya Nilam di Indonesia. Monograf Nilam 5 : 1 - 9.
- Ditjenbun. 2011. Nilam. Statistik Perkebunan Indonesia Tahun 2009 – 2011.
- Djazuli, M. dan O. Trisilawati. 2004. Pemupukan, pemulsaan dan pemanfaatan limbah nilam untuk peningkatan produktivitas dan mutu nilam. *Perkembangan Teknologi TRO* 16 (2): 29 – 37.
- Drinkwater, L.E., P. Wagoner, and M. Sarrantonio. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 396: 262–265.
- Frame, H. and M.S. Reiter. 2013. Enhanced efficiency fertilizer materials: Nitrogen stabilizers. Virginia Cooperative Extension, Virginia tech, Virginia State University. 6p. www.ext.vt.edu. Diunduh tanggal 5 Januari 2015.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. *Diterjemahkan oleh: Susilo, H. dan Subiyanto*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta. 428 hlm.
- Gomiero, T., D. Pimentel, and M. Paoletti . 2011. Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30:95–124, 2011
- Hakim, N., M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, S.G. Nugroho, M.R. Saul, M.A. Diha, G.B. Hong dan H.H. Bailey. 1986. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. hlm. 488.
- Hasegawa, Y., Tajima, K., Toi, N. and Sugimura, Y. 1992. An additional constituent occurring in the oil from a patchouli cultivar. *Flavour Frag. J.* 7 : 333-335.
- Kramer, S. B., J.P. Reganold, J.D. Glover, B.J.M. Bohannon, and H.A. Mooney. 2006. Reduced nitrate leaching and enhanced denitrifier activity and efficiency in organically fertilized soils. *PNAS* 103: 4522–4527.
- Kukreja, A.K., A.K. Mathur, and M. Zaim. 1990. Mass production of virus-free patchouli plants (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.] by in vitro culture. *Trop. Agric.* 67, 101–104.
- Kustermann, B., O.Christen, and K.J. Hulsbergen. 2010. Modelling nitrogen cycles of farming systems as basis of site and farm-specific nitrogen management. *Agric. Ecosys. & Environ.* 135: 70–80.
- Nuryani, Y., Emmyzar, A. Wahyudi. 2007. Teknologi Unggulan : Nilam : Perbenihan dan Budidaya Pendukung Varietas Unggul. Puslitbangbun.
- Patra, D. D. dan S. Chand. 2009. The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI, Department of Plant Sciences, UC Davis, UC Davis.
- Paul, A., G. Thapa, A. Basu, P. Mazumdar, M.C. Kalita dan L. Sahoo. 2010. Rapid plant regeneration, analysis of genetic fidelity and essential aromatic oil content of micropropagated plants of patchouli, *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. An Industrially important aromatic plant. *Industrial Crops and Products* 32 : 366 - 374.
- Prajitno, D., D. Shiddieq, J. Pramono dan S.Y. Jatmiko. 2008. Peningkatan Efisiensi Pemupukan Urea pada Padi Sawah Melalui Rekayasa Pemanfaatan Nitrat Inhibitor Alami. Laporan Akhir Kerjasama Kemitraan penelitian Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T). Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Pramono, J.,D. Prayitno, Tohari, D. Shidieq dan S.Y. Jatmiko. 2011. Pemanfaatan Nitrat Inhibitor Alami untuk Efisiensi Pemupukan Nitrogen. Prosiding Semiloka Nasional Dukungan Agro-Inovasi untuk Pemberdayaan Petani, Kerjasama UNDIP, BPTP Jateng, dan Pemprov Jateng, Semarang 14 Juli 2011 : 141-148.
- Rao, E.V.S.P, M. Singh, and R.S.G. Rao. 1988. Effect of plant spacing and nitrogen levels on herbage and essential oil yields and nutrient uptake of geranium (*Pelargonium graveolens* L. Her. ex Ait.). *Int. J.Trop. Agric.* 6: 95–101.
- Robertson, G. P., and P. M. Vitousek. 2009. Nitrogen in agriculture: Balancing the cost of an essential resource. *Annu. Rev. Environ. Res.* 34: 97–125.

- Rosman, R. 2012. Pola Tanam Nilam dalam Bunga Rampai Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) : status teknologi hasil penelitian nilam. Balitro. hlm 27-39.
- Rosman, R., R. Suryadi, M. Djazuli, A. Sudiman dan W. Lukman. 2011. Teknologi peningkatan produktivitas lahan dan tanaman nilam melalui pola tanam. Laporan Teknis Penelitian Tahun Anggaran 2011 Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Hlm 181-191.
- Saigusa, M. 1999. Slow release nitrogen fertilizers and plant nutrition. In. Srivastava and Singh. (Eds). Nitrogen Nutrition and Plant Growth. Oxford and IBH Publishing Co.Pvt.Ltd. New Delhi. Cacuta. p: 306- 335.
- Salisbury, F.B. dan C.W. ROSS. 1995. Fisiologi Tumbuhan. *Terjemahan dari: Plant physiology. Penerjemah: Lukman, D.R. dan Sumaryono.* Penerbit ITB, Bandung.
- Setiawan dan R. Rosman. 2013. Produktivitas nilam nasional semakin menurun : 45 % total areal pertanaman nilam di Indonesia produksinya < 150 kg/ha. Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri. 19 (3) : 8-11.
- Setiawan. 2013. Manajemen pemupukan pada nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dalam upaya pertanian berkelanjutan. Warta Balitro. No. 59 :18-19.
- Sharma, R.N., A.S. Gupta, S.A. Patwardhan, D.S.Hebbalkar, and V. Tare. 1992. Bioactivity of *Lamiaceae* plants against insects. Indian J. Exp. Biol. 30: 244–246.
- Simms, E.L. and D.L. Taylor. 2002. Partner choice in nitrogen-fixation mutualisms of legumes and rhizobia. Integ. Comp. Biol. 42: 369 – 380.
- Singh, M., S. Sharma, and S. Ramesh. 2002. Herbage, oil yield and oil quality of patchouli (*Pogostemon cablin* (Balnco) Benth) infulenced by irrigation, organic mulca and nitrogen aplication in semi-arid tropical climt. Ind. Crops Prod. 16 : 101 – 107.
- Singh, M. dan R.S. Ganesha Rao. 2009. Influence of sources and doses of N and K on herbage, oil yield and nutrient uptake of patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.) in semi-arid tropics. Industrial Crops and Products 29 : 229-234.
- Singh, M., R.S.G. Rao, and S. Ramesh. 2007. Influence of nitrogen and nitrogen carrier on herbage, oil yield and nitrogen uptake of patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.) in semi-arid tropikal condition. Journal of Spices and Aromatic Crops. 16 (2):106-110.
- Suriadikarta, D.A. dan R.D.M. Simanungkalit. 2006. Pupuk organik dan pupuk hayati. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Hal 2.
- Suryadi, R., O. Trisilawati, D. Seswita, E. Hadipoentyanti, N. Mahdi dan T. Santoso. 2011. respon beberapa aksesori nilam terhadap input pupuk rendah ($\geq 25\%$ dosis standar). Laporan Teknis Penelitian Tahun Anggaran 2011 Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat :193-203
- Syakir, M. dan Gusmaini. 2012. Pengaruh penggunaan sumber pupuk kalium terhadap produksi dan mutu minyak tanaman nilam. Jurnal Littri 18(2): 60 – 65.
- Tabri, F. 2010. Efisiensi Pemupukan Nitrogen pada Beberapa Varietas Jagung di Gowa Sulawesi Selatan. Prosiding Pekan Serealia Nasional, 2010. 166-173.
- Tasma, I.M. dan P. Wahid, 1988. Pengaruh mulsa dan pemupukan terhadap pertumbuhan dan hasil nilam. Pember. Penelitian Tanaman 15 (1-2) : 34 - 40.
- Trisilawati, O. dan M. Yusron. 2008. Pengaruh pemupukan P terhadap produksi dan serapan P tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). Bul. Littro. 19 (1): 39 – 46.
- Vitousek, P.M., K. Cassman, C. Cleveland, T. Crews, C.B. Field, N.B. Grimm, R.W. Howarth, R. Marino, L. Martinelli, E.B. Rastetter and J.I. Sprent. 2002. Towards an ecological understanding of biological nitrogen fixation. Biogeochemistry 57/58: 1 – 45.
- Vitousek, P. M., R. Naylor, T. Crews, M.B. David, L. E. Drinkwater, E. Holland, P.J. Johnes. 2009. Nutrient imbalances in agricultural development. Science 324: 1519–1520.

