

PERAN DAN PENGELOLAAN HARA NITROGEN PADA TANAMAN TEBU UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TEBU

Role and Management of Sugarcane Nitrogen Nutrient to Increase Productivity

MASTUR¹, SYAFARUDDIN², dan M. SYAKIR³

¹⁾ Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian
Indonesian Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resource Research and Development
Jalan Tentara Pelajar No. 3A, Bogor 16111, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: mastur002@yahoo.com

²⁾ Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Indonesian Research Institute for industrial and Beverage Crops
Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357, Indonesia
E-mail: den_ovan@yahoo.com

³⁾ Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Indonesian Agency for Agricultural Research and Development
Jalan Ragunan 29 Pasar Minggu, Jakarta Selatan 12540, Indonesia

Diterima: 03 Juni 2015; Direvisi 30 Agustus 2015; Disetujui: 25 September 2015

ABSTRAK

Usaha peningkatan produktivitas tebu memerlukan varietas unggul baru (VUB) tebu berpotensi rendemen tinggi didukung teknologi budidaya yang tepat. Pengelolaan hara nitrogen (N) yang efektif dan efisien membutuhkan pemahaman peran fisiologis N dan responnya. Tinjauan ini dimaksudkan untuk membahas hasil-hasil penelitian dan implikasinya tentang penyerapan N, reduksi, biosintesis asam amino, respon dan pengaruh N dan interaksi dengan hara lain, serta aspek penyediaan hara N meliputi dosis, dan cara pemberian hara N dalam hubungannya dengan produktivitas dan rendemen pada tanaman tebu. Melalui tinjauan ini diharapkan dapat diperoleh rekomendasi pengelolaan hara N yang tepat untuk peningkatan produktivitas gula. Penyerapan N dalam bentuk nitrat membutuhkan energi dan peran enzim nitrat reduktase. Hal tersebut tidak berlaku untuk serapan N dalam bentuk amonium, namun ketersediaan yang terlalu tinggi dapat beresiko keracunan. Dalam akar atau daun, nitrat akan mengalami reduksi hingga terbentuk amonium, untuk selanjutnya dimanfaatkan dalam biosintesis asam amino. Nitrogen dibawa masuk ke tanaman umumnya melalui pupuk dalam bentuk amonium atau nitrat, dengan ion lain yang menyertai seperti pupuk amonium sulfat, amonium klorida, amonium nitrat, kalsium nitrat, dan juga urea. Nitrogen yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif (LAI dan anakan), laju fotosintesis, tertekannya pembungaan,

kerebahan, dan kenaikan produktivitas tebu. Respon pemupukan N berbeda tergantung bentuk N dan ion pasangannya. Aplikasi dosis pupuk N kurang dari 150 kg N/ha disarankan satu kali yaitu pada fase awal pertumbuhan, namun bila dosis lebih tinggi aplikasi sebaiknya secara split dengan pemberian pupuk susulan pada umur tiga bulan. Dosis optimal umumnya berkisar antara 125 hingga 250 kg N/ha. Pemupukan N pada dosis tepat nyata meningkatkan produktivitas tebu, namun pengaruhnya pada rendemen umumnya tidak nyata.

Kata-kata kunci: Tebu, nitrogen, gula sukrosa, produktivitas gula

ABSTRACT

Efforts to increase sugarcane productivity requires sugarcane with high sucrose yielding potency completed by proper cultivation method. Effective and efficient N management require on understanding physiological role and its responses. This review is aimed to discuss research findings and its implication on nutrient absorption and uptake, reduction, and amino acid biosynthesis, responses and N effects and its interaction, and supply aspect such as dosage, application method in relation to productivity and sucrose content to increase sugarcane productivity and its sucrose content. Through this review will be gotten proper N management to increase sugar productivity. Nitrate uptake needs energy and nitrate reductase. It

is not for ammonium, but it need excess availability promoted toxicity., Nitrate will be reduced in roots or leaves to be ammonium, and then utilize for amino acid synthesis. Nitrogen enters to plants through fertilizer as nitrate or ammonium with other ion in fertilizer such as sulphate ammonium, chlorida ammonium, nitrate ammonium, nitrate calsium, and also urea. Proper N application wiil raise vegetative growth (LAI and tillering), photosynthetic rate, flowering delay, lodging, and productivity rise. Response on N depend on N form and its pairs. N fertilizer dosage lower than 150 kg N/ha recomended once, at early growth phase, but dossage the higher one, supplemental application at 3 months. Right N dossage is significantly increasing sugarcane productivity, but its effect on sucrose content generally is not significantly.

Keywords: Sugarcane, nitrogen, sucrose, sugar productivity

PENDAHULUAN

Swasembada gula merupakan salah satu program strategis nasional yang dilaksanakan melalui peningkatan produktivitas gula, perluasan areal tebu, maupun pendirian dan rehabilitasi pabrik gula. Salah satu masalah dalam pencapaian swasembada gula adalah produktivitas gula pertanaman tebu rendah karena potensi rendemen varietas masih rendah, penerapan teknologi budidaya belum optimal, serta kondisi lahan sub-optimal. Potensi rendemen VUB tebu nasional saat ini umumnya kurang dari 11%, jauh lebih rendah dibanding sebelum kemerdekaan. Karena itu wajar jika rendemen potensial saat ini kurang dari 8%. Brazil, Thailand, India, dan Australia sebagai negara penghasil utama gula dunia memiliki rendemen rata-rata sedikitnya 10%, bahkan Australia mencapai 11,05-12,5%. Rendahnya rendemen, serta mahalnya sewa lahan dan upah menyebabkan daya saing industri gula nasional rendah (Anonimous, 2014).

Produktivitas gula yang tinggi dapat dicapai melalui peningkatan produktivitas tebu dan atau rendemen. Ketersediaan VUB tebu berpotensi rendemen tinggi dan teknologi pendukungnya perlu terus diupayakan. Produktivitas gula yang tinggi dapat dicapai dengan cara memaksimalkan

produksi sukrosa sebagai hasil fotosintesis di daun dan peningkatan partisi sukrosa ke jaringan parenkim batang maksimal. Produktivitas tanaman yang tinggi memerlukan dukungan kapasitas *source* dan *sink*. Kekuatan *sink* tanaman tebu cukup tinggi dan dapat berpengaruh pada laju fotosintesis daun (McComick *et al.*, 2005). Kondisi *source* dan *sink* yang optimal dan memiliki kapasitas tinggi dapat diperoleh melalui pengelolaan hara yang tepat. Diantara hara makro N, P, K, Ca, Mg dan S, N memiliki peran penting dalam produksi tanaman tebu. Pasokan N yang cukup sangat diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif maksimal. Nitrogen memiliki peran penting dalam mendukung produksi tebu karena fungsinya dalam pembentukan klorofil, organ daun, batang, anakan dan akar, serta berbagai enzim.

Nitrogen (N) merupakan hara makro primer yang penting untuk berbagai tanaman. Biosintesis protein membutuhkan N, dan juga P, K, S, Mg, Mn, Zn, dan B (Amberger, 1975). Serapan N tanaman tebu dipengaruhi tipe tanaman, genotif, umur, dan akumulasi biomas (Kingston *et al.*, 2008). Nitrogen sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman tebu seperti pembentukan daun, akar, batang, dan anakan. Nitrogen pada tanaman tebu terutama berperan dalam pembentukan klorofil untuk fotosintesis daun, asam amino protein dan non protein, serta senyawa metabolit lain, serta sebagai komponen utama dinding sel yang diperlukan untuk kekuatan dan pertahanan. Karena itu, pasokan N yang kurang akan menurunkan kandungan dan aktivitas klorofil, sehingga laju fotosintesis menurun. Penurunan laju fotosintesis akan menurunkan produksi sukrosa baik untuk metabolisme maupun untuk dipartisikan pada jaringan parenkim batang.

Kekurangan N dapat menyebabkan pembentukan anakan terbatas dan perkembangan batang terganggu sehingga dapat menyebabkan penurunan produktivitas tebu. Budidaya tebu di Indonesia saat ini lebih dominan pada lahan sub-optimal, sehingga banyak areal tebu memiliki status N rendah hingga sangat rendah (Mulyono, 2004; 2009). Pemupukan N harus dilakukan dengan tepat dengan mengacu pada fisiologi

hara N dalam tanaman, bentuk-bentuk dan karakteristik N, serta respon tanaman tebu terhadap pasokannya N. Pemupukan N terlambat menghasilkan anakan tidak optimal. Penggunaan varietas yang respon, pasokan hara P, K, dan hara lain, serta kondisi lingkungan khususnya ketersediaan air sangat mempengaruhi efektivitas dan efisiensi pemupukan N.

Tinjauan ini dimaksudkan untuk membahas hasil-hasil penelitian dan implikasinya tentang penyerapan N melalui akar, reduksi nitrat menjadi amonium, biosintesis asam amino, respon dan pengaruh N dan interaksi dengan hara lain, serta aspek penyediaan hara N meliputi dosis, dan cara pemberian hara N dalam hubungannya dengan produktivitas tebu. Melalui tinjauan ini diharapkan dapat diperoleh rekomendasi pengelolaan hara N yang tepat untuk peningkatan produktivitas gula.

PENYERAPAN DAN ASIMILASI NITROGEN

Hara esensial pada tanaman tebu adalah C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, S, dan Zn. Hara fungsional pada tanaman tebu terutama adalah Si, yang kebutuhannya tinggi (Rice *et al.*, 1993). Hasil utama tebu merupakan sukrosa yang tersusun atas unsur C, H, dan O. Hara N tidak terdapat pada molekul sukrosa, namun perannya sangat penting dan berpengaruh terhadap produksi sukrosa. Karena itu, peran hara N tidak pada perannya sebagai unsur pembentuk sukrosa, namun lebih berperan pada proses pembentukannya melalui berbagai senyawa organ, jaringan, dan enzim terkait. Fotosintesis merupakan proses utama yang menghasilkan sukrosa untuk ditimbun dalam jaringan parenkim batang, dan berbagai aktivitas metabolisme.

Penyerapan Nitrogen

Pentingnya hara N pada tanaman tebu terutama dalam proses fotosintesis, pertumbuhan tebu, pembentukan batang dan anakan produktif,

serta pada fase penimbunan sukrosa pada jaringan parenkim batang. Asal N hampir seluruhnya berasal dari tanah, lainnya dapat diperoleh sebagai hasil dari kegiatan fiksasi secara biologis di akar dan rizosfer (Malavolta, 1994). Pada kondisi lapang asosiasi dengan *Beijerinckia* sp dapat menyumbang hara N sampai 50 kg N/tahun atau bahkan bisa lebih. Terdapat tiga tipe bakteri baru bersifat obligat atau dapat juga endofit seperti *Acetobacter diazotrophicus*, *Herbaspirillum seropedicae*, dan *H. rubrisubalbicans*. Demikian juga vesikular mikroriza juga berkembang. Meskipun sumbangan dari mikroba dapat besar, penambahan dalam bentuk pupuk anorganik masih tetap penting.

Respon tanaman tebu terhadap pemberian N cukup baik, namun bila pemberiannya tidak tepat dalam jumlah atau caranya dapat menurunkan produktivitas gula. Pemberian pupuk selain diberikan melalui tanah, juga dapat diberikan melalui daun. Menurut Curley (1994) urea merupakan sumber N yang cocok karena nilai indeks garam rendah dan kelarutan tinggi dibanding sumber N lain. Urea yang dipakai harus rendah biuret (kurang dari atau sama dengan 0,2%). Alternatif bentuk N lain adalah amonium polifosfat, cairan amonium ortofosfat, amonium tiosulfat, dan cairan amonium sulfat. Bahan ini harus diaplikasikan dalam jumlah rendah.

Nitrogen diserap akar selain dalam bentuk ion nitrat dan amonium, juga dapat terjadi melalui bentuk senyawa organik dengan bobot molekul rendah seperti asam amino (Richardson *et al.*, 2009). Penyerapan N dalam bentuk nitrat biasanya memerlukan kation pasangan K. Karena itu, dibanding dengan N dalam bentuk amonium, bentuk nitrat dapat meningkatkan serapan K (Bar Tal, 2011). Menurut Richardson *et al.* (2009) N selain diserap melalui aliran masa juga melalui difusi. Jika dalam aliran masa faktor kadar air sekitar perakaran tanaman menjadi sangat penting, dalam mekanisme penyerapan secara difusi konsentrasi hara dalam air tanah berperan penting. Hal ini berbeda dengan hara fosfor (P) dan kalium (K) yang umumnya diserap tanaman melalui difusi. Cara lain penyerapan hara oleh akar tanaman adalah dengan intersepsi, yaitu melalui kontak hara

dengan akar tanaman. Cara ini menguntungkan pada kondisi perkembangan akar yang lebat sehingga banyak membantu penyerapan hara.

Reduksi Nitrat

Asimilasi N dalam tanaman didahului dengan penyerapan N oleh akar. Penyerapan N dalam bentuk amonium berpotensi menimbulkan persaingan antara ion amonium dengan kalium. Serapan dalam bentuk nitrat memerlukan biaya energi lebih besar, sehingga pada tanaman jagung, respon terhadap amonium lebih tinggi dibanding nitrat (Huffman, 1989). Namun, serapan amonium terlalu tinggi dapat meracuni tanaman. Karena itu, umumnya direkomendasikan penggunaan N dalam bentuk amonium dan nitrat.

Nitrat yang masuk ke dalam akar, selanjutnya akan mengalami reduksi di sitosol menjadi nitrit dengan bantuan enzim nitrat reduktase (NR). Selanjutnya akan terjadi reduksi nitrit dengan bantuan enzim nitrit reduktase (NiR). Proses terakhir ini menghasilkan amonium yang terjadi di plastida sel akar. Amonium mengalami metabolisme membentuk asam amino yang ditranslokasi ke bagian lain melalui floem atau disimpan di plastida (Smith *et al.*, 2009). Asam amino yang terbentuk, selain disintesis menjadi protein juga dapat disintesis menjadi asam nukleat, alkaloid, dan senyawa lain (Cezar, 2015). Asimilasi nitrat selain meningkatkan status protein, asam amino dan pertumbuhan, juga akan meningkatkan asam organik, menurunkan kandungan pati, fitohormon, nisbah akar: tajuk, menghambat pembungaan dan senesen (Stitt, 1999).

Nitrat yang terserap melalui epidermis dan korteks akar akan disimpan di vakuola. Proses reduksi nitrat dilakukan secara bertahap menjadi nitrit di sitosol, dan selanjutnya tereduksi menjadi amonium setelah masuk plastida akar (Smith *et al.*, 2009). Sebenarnya, hara N masuk dalam tanaman dapat juga dalam bentuk amonium (Stitt, 1999). Namun ion amonium dalam jumlah banyak bersifat racun, dan harus segera diproses menjadi asam amino di akar. Selain di akar, proses reduksi nitrat juga dapat terjadi di daun. Pada kondisi suplai nitrat terbatas, maka proses reduksi nitrat akan banyak

terjadi di akar. Selain itu ketersediaan nitrat, tipe tanaman juga menentukan dimana reduksi nitrat terjadi (Smith *et al.*, 2009). Tanaman pohon atau semak banyak melakukan reduksi nitrat di akar, namun tanaman herba proses reduksi nitrat banyak terjadi di daun.

Menurut Stitt (1999) reduksi nitrat dan nitrit memerlukan NADH dalam sitoplasma dan feredoksin tereduksi dalam plastida. Sintesis pereduksi NADH tersebut membutuhkan transpor elektron fotosintetik dalam daun saat siang, dan dalam gelap atau organ non-fotosintetik diperoleh dari respirasi. Yang perlu dicatat dalam asimilasi N apabila hara yang diserap dalam bentuk nitrat, maka reduksi akan membutuhkan energi. Hasil penelitian De Armas *et al.* (1992) tanaman tebu yang menyerap amonium akan memiliki pertumbuhan tajuk dan diameter batang lebih tinggi dibanding nitrat. Transport elektron, merupakan hasil pemecahan molekul air yang menjadi oksigen.

Asimilasi nitrat membutuhkan sintesis asam organik, seperti l-oksaloglutarat sebagai akseptor amonium dalam lintasan COGAT, dan malat sebagai anion pasangan dan substitusi nitrat untuk mencegah alkalinisasi (Stitt, 1999). Peningkatan sintesis asam organik membutuhkan diversi karbon dari sintesis karbohidrat. Kelebihan N akan disimpan di batang dalam bentuk asam amino yang dapat dimanfaatkan sewaktu-waktu untuk pertumbuhan. Kelebihan N dapat menurunkan rendemen, dan juga mengurangi kemurnian nira (Calcino *et al.*, 2000). Efisiensi pupuk yang diberikan sekitar sepertiga, sisanya tercuci, volatilisasi dan denitrifikasi. Kebutuhan rata-rata tebu sekitar 140 kg/ha/tahun.

Penyerapan nitrat oleh akar akan diikuti dengan reduksi menjadi nitrit, dan selanjutnya menjadi amonium membutuhkan elektron berasal dari NADH dan pereduksi feredoksin (De Armas *et al.*, 1992). Ongkos energi untuk proses sekitar 15 ATP untuk reduksi nitrat yang diperoleh dari cadangan karbohidrat. Banyak studi menunjukkan adanya penurunan produksi biomas dan berbagai gejala stress keracunan amonium. Reduksi nitrat menjadi amonium dalam daun membutuhkan elektron yang berasal dari fotosintesis. Asimilasi amonium terjadi pada akar membutuhkan energi lebih

sedikit. Sebagai konsekuensinya, tanaman tebu berumur 45 hari yang menyerap amonium memiliki berat segar tajuk dan tinggi, lebih banyak daun, dan diameter daun lebih besar secara konsisten.

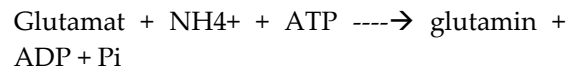
Tanaman tebu yang dipupuk amonium menunjukkan perbandingan berat basah/berat kering lebih tinggi, protein larut lebih tinggi, dan klorofil a lebih tinggi. Pada tanaman menyerap amonium memiliki kandungan malat lebih tinggi, namun kandungan gula reduksi, gula sukrosa, dan pati lebih rendah (De Armas, *et al.*, 1992). Asam amino asparagin, aspartat, glutamin, dan alanin juga lebih tinggi. Amonium memberi pengaruh lebih baik dibanding nitrat. Aktifitas fotosintesis, dan enzim terkait seperti RuBP karboksilase, PEP karboksilasi, dan enzim malat lebih tinggi pada tanaman menyerap amonium.

Biosintesis Asam Amino

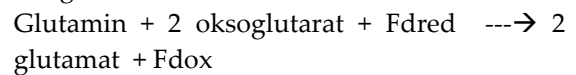
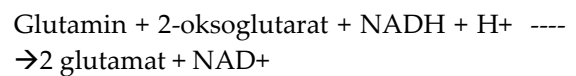
Asam amino merupakan senyawa sangat penting dalam tanaman. Selain sebagai pembentuk utama protein, masih terdapat lebih dari 900 senyawa sekunder tanaman yang termasuk asam amino non-protein yang berperan penting dalam tanaman terutama sebagai antinutrient atau antimetabolit (Wink, 1997). Banyak asam amino yang berperan sebagai dasar dari terbentuknya senyawa penting pada tanaman khususnya metabolit sekunder seperti alkaloid, peptida, penisilin, cefalosporin, dan fenilpropanoid (Khanan, 2007). Wink (1997) mengelompokkan menjadi lima yaitu : 1) kelompok glutamat yang dimulai dari alpha-ketoglutarat, 2) kelompok aspartat yang dimulai dari oksaloasetat, 3) kelompok alanin-valin-leusin (piruvat), 4) kelompok serin-glisin seperti 3-fosfoglisarat, serta 5) kelompok asam amino aromatik seperti fosfoenolpiruvat dan eritros-4-fosfat yang merupakan intermediet lintasan fosfat pentosa.

Asam amino penting yang pertama terbentuk adalah glutamine, yang disintesis dari amonium dengan glutamat dengan bantuan glutamin sintetase (GS) dan ATP. Pembentukan asam amino ini terjadi di plastida akar atau kloroplas daun. Reaksi ini melibatkan Mg, Mn,

atau Co sebagai kofaktor. GS terdapat dalam sitosol, plastida, atau kloroplas (Cezar, 2015).



Glutamin yang dihasilkan dari reaksi dengan 2-oksoglutarat dengan bantuan NADH dan glutamat sintase (GOCAT) akan terbentuk dua glutamat. Pembentukan glutamat juga dapat terjadi melalui reaksi amonium dengan 2-oksoglutarat dengan bantuan NAD(P)H dan glutamat dehidrogenasi (GDH) (Cezar, 2015).



Glutamat dipakai untuk biosintesis asam amino sejenis dari amonium, satunya untuk disintesis senyawa asam amino lainnya (Cezar, 2015; Smith, 2009).

Banyak sintesis asam amino membutuhkan glutamat seperti pembentukan 2-oksoglutarat dan aspartat. Beberapa reaksi sintesis asam amino dipengaruhi oleh ketersediaan energi baik berasal dari cahaya maupun karbohidrat. Pada kondisi energi terbatas, pembentukan enzim GS dan GOCAT terhambat, namun mendorong terbentuknya AS (asparagine sintetase). Asparagin terbentuk dari glutamin dan aspartat dengan bantuan ATP dan AS. Asparagine memiliki rantai N panjang dan stabil untuk ditranslokasi atau disimpan. Pembentukan asam amino lainnya seperti aspartat dan asparagin dapat terjadi dengan memanfaatkan glutamat yang dihasilkan (Cezar, 2015).

Asam amino d-aminolevulinik (ALA) berperan penting sebagai prekursor dalam sintesis klorofil tanaman berbunga (Reinbothe dan Reinbothe, 1996). Asam amino ALA terbentuk dari kerangka karbon utuh glutamat dalam reaksi tiga tahap melibatkan tRNA, tRNA^{glu} plastida. Berikutnya, dua molekul ALA terkondensasi untuk menghasilkan porfobilinogen dengan bantuan katalis ALA dehidratase. Selanjutnya empat molekul profobilinogen dikonversi menjadi hidrosimetilbilan dengan bantuan

porfolinogen deaminase. Reaksi biokimia sintesis berlanjut hingga terbentuk klorofil. Selain itu, asam amino juga berperan dalam biosintesis metabolit sekunder, antara lain kelompok b-lactam antibiotika seperti penisilin, cephalosporin, dan antibiotik dengan peptida siklik seperti gramisidin atau siklosporin (Barrios-Gonzales *et al.*, 2003). Senyawa N yang penting dalam tanaman antara lain basa-basa purin dan pirimidin dalam nukleotida dan nukleosida, kofaktor (NAD, FAD, CoA, TPP), fitohormon seperti auksin, sitokinin dan etilen.

RESPON TANAMAN TEBU PADA NITROGEN

Pertumbuhan vegetatif memiliki peran penting dalam mempersiapkan tanaman yang vigor dan sehat agar mampu berproduksi tinggi. Fase vegetatif tanaman tebu dimulai dengan pertumbuhan daun dan akar, disusul dengan pembentukan anakan. Hara N memiliki peran utama dalam fase vegetatif melalui penyediaan asimilat untuk diproses menjadi struktur organ, maupun dukungannya pada proses-proses metabolisme tanaman. Peran penting daun dalam fotosintesis memerlukan peran hara pembentuk klorofil khususnya N. Peningkatan luas daun dan kadar klorofilnya menjadi penting karena dapat meningkatkan laju fotosintesis, efisiensi pemanfaatan radiasi, dan partisi biomas ke *sink*.

Respon Tanaman Tebu terhadap Nitrogen

Pengaruh kekurangan N pada tanaman tebu sangat serius karena menyebabkan penurunan LAI 28%, laju fotosintesis 18%, kandungan N daun 28%, kandungan klorofil daun 10%, serta partisi biomas ke *sink* 13%. Sebaliknya dengan pemberian N yang cukup (dosis 200 kg N/ha) dapat meningkatkan efisiensi penggunaan radiasi surya 42% dibanding kontrol dan 25% dibanding 100 kg N/ha (Kumara dan Bandara, 2001). Aplikasi 200 kg N/ha menghasilkan bobot bahan kering tebu pada 270 hari 45,108 ton/ha, atau naik 33% dibanding kontrol dan 14% dibanding 100 kg/ha.

Pemberian N penting untuk mendukung laju fotosintesis yang optimal melalui indeks luas daun (LAI). Hasil pengamatan pada tiga varietas tebu pada umur hingga 270 hari, menunjukkan adanya peningkatan cepat LAI dari umur 90 hari ke umur 150 hari, dan mencapai puncak pada umur 210 hari, kemudian pada umur 270 hari menurun (Kumara dan Bandara, 2001). Aplikasi 200 kg N, meningkatkan LAI pada 210 hari 28% dibanding kontrol dan 12% dibanding 100 kg N/ha. Sejalan dengan peningkatan umur hingga 270 hari, efisiensi pemanfaatan radiasi (RUE) tertinggi juga dicapai pada umur tebu 210 hari (Tabel 1). Pengaruh dari kenaikan nilai LAI dan RUE adalah peningkatan produksi biomas (TDM).

Tabel 1. Perbedaan indeks luas daun (LAI), total produksi bahan kering (TDM), dan efisiensi pemanfaatan cahaya (RUE) pada tiga varietas tebu

Parameter	Varietas	Pengamatan (hari setelah tanam)			
		90	150	210	270
LAI	CO775	26,8a	4,73a	5,32a	4,60a
	SL7130	2,64a	4,60a	5,18a	4,25b
	SL8306	2,17b	4,53a	4,97b	4,22b
	CV(%)	9,46	7,35	11,26	8,41
TDM (ton/ha)	CO775	c5850a	16755a	30802a	38820b
	SL7130	6769a	16201a	29477b	34728c
	SL8306	5432a	14681a	31267a	40667a
	CV(%)	11,75	13,63	10,10	14,62
RUE (GMJ)	CO775	1,02a	1,82a	2,83b	1,62b
	SL7130	1,06a	1,90a	2,88b	1,42b
	SL8306	1,21a	1,97a	3,35a	1,90a
	CV(%)	7,56	9,11	12,64	8,78

Sumber : Kumara dan Bandara (2001)

Dinamika dan peran LAI yang optimal sangat diperlukan agar laju fotosintesis dan pemanfaatan radiasi surya lebih efisien, sehingga produksi asimilat meningkat. Kumara dan Bandara (2001) mengamati adanya penurunan LAI setelah 210 hari disebabkan oleh mulainya fase kemasakan. Kenaikan laju fotosintesis menyebabkan aktivitas komponen utama fotosintesis ribulosa 1,5 bifosfat karboksilase oksigenase (Rubisco), fosfoenolpiruvat karboksilase (PEPC), yang terkait fotosintesis C₄, meningkat. Kenaikan LAI akan meningkatkan RUE. Peningkatan pasokan N meningkatkan jumlah dan ukuran sel daun, sehingga LAI meningkat. Selain itu, pasokan N meningkat juga mempertahankan daun tetap hijau dalam waktu lama serta peningkatan RUE. Kenaikan laju pertumbuhan, LAI, dan laju fotosintesis berpengaruh penting pada produktivitas tebu dan rendemen tebu.

Produktivitas tanaman tebu dipengaruhi oleh bobot batang dan jumlah batang terpanen. Jumlah batang terpanen selain dipengaruhi jarak tanam juga dipengaruhi oleh jumlah anakan produktif. Persen kebutuhan hara N tertinggi pada fase awal pembentukan anakan. Jumlah anakan produktif dipengaruhi oleh faktor genetik, jarak tanam, dan faktor pengelolaan termasuk pemupukan N. Peningkatan *source* melalui pemupukan N sangat penting karena terkait dengan pembentukan daun dan peningkatan anakan produktif. Dosis nitrogen meningkat hingga 225 kg/ha berpengaruh nyata dalam meningkatkan jumlah anakan, tebu terpanen (tergiling), serta produktivitas tanaman, namun menurunkan efisiensi penggunaan nitrogen (Singh *et al.*, 2011).

Pengaruh Jenis Pupuk Nitrogen

Sumber utama N dapat berupa senyawa amonium atau nitrat. Bentuk urea digolongkan dalam bentuk amonium karena terbentuk segera dalam tanah setelah pemberian. Penyerapan N dalam bentuk amonium apabila terlalu tinggi dapat menyebabkan keracunan. Bentuk nitrat tidak beresiko keracunan, namun memerlukan biaya ATP lebih banyak. Pemupukan N dalam bentuk N pada tanah dalam kondisi normal akan diikuti dengan reaksi nitrifikasi yang berujung

pada pembentukan nitrat. Nitrifikasi dapat menyebabkan pembentukan senyawa nitro oksida dan nitrit. Reaksi nitrifikasi dapat dicegah dengan adanya nitrapirin (Huffman, 1989).

Peranan N dalam pertumbuhan vegetatif yang kuat memiliki pengaruh pada tingkat kerebahan dan pembungaan, dua hal yang tidak diinginkan pada tanaman tebu karena dapat menurunkan rendemen bahkan produktivitas tebu. Tanaman yang tinggi diinginkan karena berpotensi menghasilkan bobot batang lebih tinggi. Namun, tanaman makin tinggi tanpa didukung kekuatan yang cukup atau adanya gangguan angin menyebabkan tingkat kerebahan tinggi. Hasil penelitian Gosnell (1970) menunjukkan tingkat kerebahan lebih rendah pada pupuk urea dibanding ZA. Namun, pupuk ZA lebih mampu menekan pembungaan dibanding pupuk urea. Perbedaan tersebut nampaknya terkait adanya perbedaan bentuk N dan tambahan hara S pada ZA. Pengetahuan ini sangat penting dalam mempertimbangkan pemilihan varietas pada kondisi lingkungan berbeda. Daerah dengan kondisi resiko angin tinggi dan kondisi S tanah cukup, maka penggunaan varietas tebu sulit berbunga dan pemupukan urea lebih baik.

Gosnell (1970) meneliti pengaruh dosis N antara 101 hingga 258 kg N/ha dengan menggunakan pupuk ZA pada tanaman tebu. Penggunaan ZA menghasilkan produktivitas cenderung lebih tinggi namun rendemen lebih rendah dan produksi gula bervariasi. Percobaan ini menunjukkan bahwa pengaruh N lebih nyata pada produktivitas, sedangkan pada rendemen dapat terjadi penurunan. Hasil percobaan ini menunjukkan pentingnya memperhatikan hasil akhir berupa gula. Tingkat kenaikan produktivitas batang tebu akan dapat meningkatkan produktivitas gula secara netto bila resiko tingkat penurunan rendemen relatif lebih kecil. Cara ini masih menguntungkan karena potensi rendemen dari VUB tebu saat ini rendah, sehingga peningkatan produktivitas gula masih bisa dipacu. Peningkatan produktivitas juga lebih menguntungkan karena "lebih terlihat", dibanding dengan peningkatan rendemen yang akurasi pengukurannya tidak terjamin. Namun dengan jumlah produksi gula

yang sama, akibat dari peningkatan produktivitas tebu menimbulkan biaya angkut lebih mahal dibanding kenaikan produksi gula karena rendemen yang tinggi.

Pupuk ZA selain mengandung N, juga mengandung S. Pemberian hara N sekaligus S dapat dilakukan dengan cara lain diantaranya kombinasi urea dengan gipsum. Namun, karena gipsum juga mengandung Ca, maka pengaruh ZA dibanding kombinasi urea + gipsum bisa berbeda. Nurhidayati *et al.* (2013) membandingkan pengaruh pemupukan N dan S dalam bentuk amonium sulfat dibanding dengan urea dan gipsum. Percobaan pada tanaman RC menunjukkan kombinasi urea + gipsum berpengaruh baik dengan menghasilkan rendemen lebih tinggi pada dosis rendah hingga sedang. Pemakaian pupuk ZA tidak berpengaruh pada rendemen tebu PC, namun pada tebu RC dapat meningkatkan rendemen dan menurunkan produktivitas. Kombinasi urea, gipsum dan bio kompos pada dosis 140 kg N dan 168 kg S/ha dapat menghasilkan produktivitas gula tertinggi.

Variasi pupuk N selain dalam bentuk ion N berbeda, juga dapat disebabkan pasangan ion yang berbeda. Hal ini perlu dipelajari agar dapat ditentukan pada kondisi apa efektivitas dan efisiensi suatu pupuk N dapat dioptimalkan. Beberapa jenis pupuk N dimaksud antara lain amonium sulfat (ZA), amonium klorida, amonium nitrat, dan kalium nitrat, termasuk variasi bentuk senyawa seperti urea yang akan berubah menjadi amonium. Vieira *et al.* (2010) menguji respon terhadap amonium chlorida dengan variasi dosis dari 60, 120, hingga 180 kg N/ha. Hasil penelitian menyimpulkan adanya pengaruh peningkatan dosis pada peningkatan produktivitas tebu dan sukrosa. Namun, pemberian pupuk amonium klorida pada tahun ratun ketiga dapat menyebabkan jumlah anakan, produksi batang dan sukrosa turun. Penurunan jumlah anakan terkait dengan fitotoksik dari klor tanah.

Perbandingan respon tanaman tebu terhadap pupuk N urea dan kalsium amonium nitrat (CAN) juga telah diteliti dan hasilnya disampaikan oleh Ashraf *et al.* (2008). Peningkatan dosis N dari 100 Kg N/ha hingga 200 kg N/ha baik bersumber dari urea maupun CAN

menghasilkan peningkatan nyata pada panjang dan diameter batang, jumlah anakan/tanaman, produktivitas tebu, serta serapan hara N, P, dan K. Pupuk CAN lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tebu dibanding urea. Pupuk CAN yang dapat meningkatkan efektivitas N dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas pada tanah saling diduga akibat adanya Ca.

Interaksi Hara N dengan Hara Lain

Hasil utama tebu merupakan hasil langsung fotosintesis berupa sukrosa yang ditimbun dalam batang. Upaya peningkatan rendemen tebu memerlukan sinergi dan sinkronisasi dalam proses fotosintesis dan partisi sukrosa ke jaringan parenkim batang serta aktivitas enzim. Proses fotosintesis dan asimilasi C membutuhkan kecukupan hara. Nitrogen selain untuk pembentukan klorofil, juga untuk pembentukan organ vegetatif terutama batang, daun, dan anakan. Proses fotosintesis selain membutuhkan cahaya, air, klorofil, juga membutuhkan enzim dan energi. Pasokan hara P sangat penting P terutama terkait proses transfer energi dan hara K dalam transport anion dan asimilat (Richardson *et al.*, 2009; Bar Tal, 2011). Enzim sukrosa sintetase sebagai salah satu enzim yang bertanggungjawab pada sintesis sukrosa pada daun membutuhkan peran hara makro sekunder Mg²⁺ dan hara mikro Mn²⁺ (Patil dan Joshi, 1971). Enzim tersebut membutuhkan Mg²⁺ sebagai kofaktor utama, namun agar aktivitasnya tinggi perlu adanya Mn²⁺.

Penelitian pengaruh interaksi hara N dan P atau hara N dan K pada tanaman tebu telah banyak dilaporkan. Produktivitas 76,64 ton/ha dengan pemakaian kombinasi 200 kg N/ha dengan 150 kg P₂O₅/ha lebih tinggi dibanding perlakuan lain (Ehsanullah *et al.*, 2001). Kenaikan dosis N meningkatkan hasil batang, tinggi tanaman, panjang batang, indeks panen, namun tidak berpengaruh nyata pada rendemen. Respon tebu terhadap peningkatan dosis pemupukan N hingga 400 kg N/ha, dikombinasi dosis tetap pupuk P 100 kg P₂O₅ dan pupuk K 300 kg K₂O, diperoleh bobot batang dan jumlah batang tertinggi pada dosis 300 kg N/ha. Interval

irigasi antara 5 hingga 15 hari sekali tidak berbeda nyata, namun nyata lebih tinggi dibanding kontrol. Hasil penelitian Abayomi (1987) menunjukkan adanya pengaruh nyata N pada laju pertumbuhan, jumlah daun, luas daun, tinggi tanaman, panjang batang, jumlah anakan, serta hasil tebu. Namun pengaruh pemupukan K atau interaksi N dan K tidak nyata.

Penelitian kombinasi pupuk N bersama dengan P dan K juga telah banyak dilaporkan. Status beberapa hara tersebut pada sebagian areal tebu khususnya pulau Jawa relatif rendah hingga sangat rendah (Mulyono, 2004; 2009). Karena itu kombinasi dosis pupuk N, P dan K perlu didusun dengan tepat agar dihasilkan pengaruh sinergistik. Menurut Mulyono (2009) pada areal tebu di Kabupaten Tulungagung yang memiliki status N dan P sangat rendah dan K rendah, berdasar analisis tanah tersebut, direkomendasikan pemupukan N, P, dan K masing-masing setara 650 kg Za/ha diberikan sekitar tiga minggu dan hampir tiga bulan, pupuk P setara 200 kg SP36 diberikan saat pengolahan tanah, dan pupuk K setara 700 kg KCl/ha diberikan dua kali bersamaan dengan N. Laporan Khan *et al.* (2005) yang menguji kisaran dosis N hingga 300 kg N, P hingga 200 kg P₂O₅, dan K hingga 250 kg K₂O, menunjukkan untuk produktivitas tertinggi telah diperoleh dari kombinasi dosis N 200 kg N, P 520 kg P₂O₅ dan K 150 kg K₂O/ha. Selain itu juga terdapat pengaruh nyata pada peningkatan produktivitas tebu, tinggi tanaman, berat/stool, serta produksi hablur. Penelitian dosis kombinasi N, P dan K perlu terus dilakukan terutama hubungannya dengan varietas dan tipe lingkungan tanah dan iklim bervariasi.

PEMUPUKAN NITROGEN

Nitrogen biasa digolongkan sebagai hara yang mobil di tanah, karena mudah larut, tercuci, dan berubah fase karena volatilisasi maupun dinitrifikasi. Karena itu, aplikasi pupuk N harus tepat agar proporsi hara yang terserap terhadap yang diberikan tinggi. Kehilangan nitrogen tidak hanya tidak menguntungkan namun juga dapat merusak lingkungan darat, perairan, maupun atmosfer. Untuk meningkatkan efisiensi penyediaan dan menekan kehilangan maka diperlukan pengetahuan yang cukup tentang kebutuhan hara tanaman, cara pemberian yang tepat, serta besarnya kapasitas serapan hara.

Dosis Nitrogen

Dosis pupuk N biasanya relatif besar sebagai akibat dari kebutuhan tanaman pada hara ini besar, dan juga oleh kesediaan hara N dalam tanah umumnya kecil (Mulyono 2004; 2009). Rekomendasi N untuk tanaman tebu diberbagai wilayah dunia berkisar antara 45-300 kg N/ha, dengan dosis optimum umumnya pada selang 100-200 kg/ha (Muchovec dan Newman, 2004). Dosis optimum untuk pemupukan N ternyata banyak dipengaruhi oleh varietas, ketersediaan air, dan faktor lingkungan lain. Hasil penelitian di Indonesia oleh Windiharto *et al.* (1992) menunjukkan bahwa pada kisaran dosis pupuk 70-110 kg N/ha berasal dari urea diperoleh nilai optimum pada dosis 100 kgN/ha setara 225 kg Urea (Tabel 2).

Penelitian respon dosis pemupukan N dalam bentuk ZA pada tanah grumusol menarik

Tabel 2. Pertumbuhan vegetatif tanaman tebu dan produksi gula pada beberapa dosis N dari urea

Dosis N	Urea	Jumlah batang	Tinggi batang cm	Diameter batang (mm)	Bobot tebu (ton/ha)	Rendemen (%)	Hablur (ton/ha)
70	150	103,5	305,2a	24,6	89,5a	8,31	7,4a
80	175	102,3	306,1a	24,8	96,0b	8,47	8,3b
90	200	103,8	307,9a	25,0	100,3b	8,45	8,5bc
100	225	105,0	306,3a	24,9	106,8c	8,36	8,9bc
110	250	104,1	312,2b	24,8	101,3b	8,44	8,6bc

Sumber : Windiharto *et al.* (1992)

untuk ditelaah lebih lanjut (Santo, 1994). Respon pemupukan N pada penggunaan pupuk ZA antara 600 kg ZA hingga 1200 kg ZA/ha dapat diperoleh produktivitas haulm rata-rata tertinggi 12,14 ton/ha pada tingkat dosis pemberian ZA 10 kuintal ZA/ha. Namun dengan penurunan dosis N menjadi 8 kuintal ZA, produktivitas haulm tidak berbeda nyata (12,03 ton/ha). Sebagai perbandingan, Muchovec dan Newman (2004) mendapatkan dosis optimum 170 kg N/ha atau sekitar 34 kuintal ZA sebagai batas atas respon tebu terhadap pemupukan N.

Air merupakan faktor pendukung pertumbuhan yang penting. Pasokan air dapat berasal dari hujan maupun irigasi. Fotosintesis tanaman dimulai dari pemecahan molekul air dan dihasilkan energi, ion H dan oksigen. Pemupukan N dosis 120 kg N/ha dan pengairan interval satu minggu diperoleh produktivitas optimum. Produktivitas tebu dan rendemen turun dengan pemupukan N dosis 240 kg N/ha. Penurunan interval irigasi menyebabkan penurunan produktivitas tebu (Yahaya *et al.*, 2010). Curah hujan yang terlalu rendah (66% dari rata-rata) menyebabkan respon terhadap pemupukan N dosis tinggi berkurang, dan sebaliknya pada curah hujan lebih tinggi (84%) respon terhadap N dosis tinggi lebih baik (Tabel 3). Rendemen tebu meningkat dengan kondisi lebih kering, namun produktivitasnya menurun (Stranack dan Miles, 2011). Produktivitas tanaman tebu ratun dimana curah hujan 84% dari rata-rata jangka panjang, hasil meningkat dari kontrol (0 N) 94 t/ha hingga dosis 140 kg N/ha 127 ton/ha, namun kenaikan dosis 140-210 kg N/ha respon N menurun (Tabel 3). Umumnya tanaman ratun lebih respon dan membutuhkan dosis lebih tinggi, namun bila curah hujan sangat rendah dosis N tinggi dapat menurunkan

produktivitas (Stranack dan Miles, 2011). Karena itu, respon terhadap pemupukan N memerlukan kecukupan air.

Faktor lain yang berinteraksi dengan pupuk N adalah jarak tanam. Jarak tanam 120cm dibanding 135 dan 150 cm dapat menghasilkan populasi pada umur 3, 6, dan 9 bulan, tinggi batang, bobot tebu dan haulm lebih tinggi dibanding 135 cm dan 150 cm (Windiharto *et al.*, 1992). Pengaruh jarak tanam tersebut tidak berpengaruh nyata pada diameter dan rendemen. Pemupukan N dapat meningkatkan produktivitas haulm melalui peningkatan produktivitas, sedangkan pengaruhnya pada rendemen kurang.

Interaksi pemupukan N dengan faktor genotif tanaman juga telah banyak diteliti. Santo (1994) menyampaikan pengaruh interaksi dosis N dengan lima genotif tebu. Produktivitas haulm hampir 14 ton/ha dapat diperoleh dari galur PS78-8294 dengan menggunakan pupuk 8 kuintal ZA/ha. Pengujian terhadap 5 genotif disimpulkan adanya galur yang tidak respon yaitu M 4542-51 dengan produksi haulm sekitar 12 ton/ha dengan dosis pupuk 12 ku ZA/ha, sedangkan galur lain menghasilkan respon berbeda. Penggunaan dosis pupuk ZA dosis 8 ku ZA/ha atau setara 160 kg N/ha dengan menggunakan galur PS 78-8294 diperoleh hasil tertinggi. Hasil tersebut menunjukkan pentingnya interaksi antara genotif dengan dosis N sangat penting untuk dipelajari dan dijadikan landasan dalam perakitan varietas unggul dan juga rekomendasi pupuk berdasar varietas.

Respon perbedaan genotif terhadap dosis pupuk N juga telah disampaikan Sumantri (1992). Respon dari pemberian dosis ZA antara 600 sampai 1200 kg/ha diperoleh dosis ZA optimum untuk PS 58 963 dengan hasil 118

Tabel 3. Produktivitas, brix dan kandungan sukrosa hubungannya dengan dosis N

Dosis N	Produktivitas (ton/ha)		Brix		Sukrosa	
	2002-03	2003-2004	2002-03	2003-2004	2002-03	2003-04
0	63,14b	46,56c	15,33a	16,50a	7,79a	8,91a
120	72,51a	55,19b	14,92a	16,83a	7,75a	9,03a
240	71,98a	62,26a	14,92a	15,67b	7,43a	7,99b
SE	1,00	0,67	0,20	0,19	0,14	0,14

Sumber : Stranack dan Miles (2011)

Tabel 4. Produktivitas tebu varietas PS 58, PS 60, dan PS 68 pada pemberian pupuk ZA 600-1200 kg/ha

Komponen Hasil	Dosis ZA (kg/ha)	Varietas		
		PS58	PS60	PS68
Produktivitas (kg/ha)	600	104,1a	98,1a	104,3a
	800	119,3a	105,2ab	121,9b
	1000	113,8ab	110,7b	118,1b
	1200	113,8ab	108,5ab	119,3b
Hasil gula (kg/ha)	600	7,6a	7,0a	7,7a
	800	8,7b	7,6a	8,8b
	1000	8,2ab	7,8a	8,8b
	1200	8,2ab	7,3a	8,6b

Sumber: Sumantri (1992)

ton/ha, PS60 1059 kg ZA/ha – 110 ton/ha tebu, serta PS61 1000 kg ZA 122 ton/ha (Tabel 4). Varietas PS 68 terlihat paling baik karena memiliki produktivitas tinggi dan memerlukan dosis N relatif rendah. Hasil gula dengan pemupukan N 800 kg ZA/ha mencapai 8,8 ton/ha.

Cara Pemberian

Aplikasi N perlu dilakukan beberapa kali (split) karena sifatnya yang mobil dalam tanah (Muchovec dan Newman, 2004). Dosis lebih rendah diberikan pada daerah curah hujan lebih rendah, lahan aluvial, atau gambut. Lahan lebih subur dengan curah hujan lebih tinggi perlu dosis lebih tinggi. Pada tanaman PC pemberian split pengaruhnya nyata lebih tinggi, namun untuk tanaman ratun pengaruhnya kurang. Malavolta (1994) menyampaikan pentingnya pemberian nitrogen secara split. Pemberian yang disarankan untuk N saat tanam 1/3 dosis, dan P dan K seluruhnya, disusul 1/3 N diberikan saat awal musim hujan, dan sisanya 1/3 N 3 bulan kemudian. Hasil penelitian Geus (1973) dalam Malavolta (1994), dengan membandingkan pemupukan 56 kg N/ha saat tanam, dibandingkan 56 kg N/ha 3 bulan setelah tanam, dan 56 kg N/ha 12 bulan setelah tanam, dan dimana tebu dipanen umur 24 bulan, perlakuan terbaik adalah pupuk N susulan saat 3 bulan mampu menghasilkan tebu 172 ton/ha dan gula 29,1 ton/ha.

Moreno-Secefia *et al.* (2011) menunjukkan keunggulan pemberian N beberapa kali dibanding satu kali. Namun, perbedaan

produktivitas harus juga disinkronkan dengan biaya tenaga kerja. Secara umum, perhitungan waktu pemupukan perlu juga disinkronkan dengan parameter B/C dan juga resiko lingkungan. Pemberian N tiga sampai empat kali dapat menghasilkan produktivitas tebu tertinggi (125 ton/ha). Namun untuk nilai B/C tertinggi 1,8 dihasilkan dapat diperoleh dari dosis 150 kg N/ha yang diberikan split tiga kali. Jumlah hara N tercuci akan makin rendah bila dilakukan aplikasi split makin banyak. Hasil penelitian menunjukkan pemberian dengan split makin banyak (empat kali) menurunkan jumlah N tercuci dibanding hanya dua kali. Penurunan jumlah N tercuci terutama penting untuk kelestarian air tanah.

Respon tanaman tebu terhadap waktu pemberian pupuk N atau lainnya perlu ditelaah lebih lanjut tidak hanya dengan faktor B/C maupun pencucian, namun juga karakteristik tanaman tebu sendiri diantaranya perkembangan anakan. Hasil penelitian Garcia dan Rosario (1977) menunjukkan adanya kenaikan dosis N dari 150 menjadi 300 kg N/ha baik di berikan saat tanam, umur 3 bulan secara split maupun total tidak berpengaruh nyata pada perkecambahannya. Perlakuan tersebut berpengaruh nyata pada jumlah anakan pada bulan ketiga. Dosis 300 kg N menghasilkan anakan lebih tinggi dibanding 150 kg N/ha (Tabel 5). Pemberian N paling baik pada 50% saat tanam. Pengamatan pada umur tiga bulan jumlah anakan terbanyak pada aplikasi N di awal paling banyak. Pemberian N pengaruhnya pada pembentukan anakan nyata. Pemberian N saat awal penting untuk

Tabel 5. Rendemen, produksi gula, efisiensi penggunaan N agronomis dan fisiologis pada berbagai dosis dan waktu pemberian

Pemupukan		Rendemen (%)		Produksi gula (ton/ha)		NUEa (kg/kg N)		NUEp (kg/kg N)	
Dosis N (kg/ha)	Waktu (HST)	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
0	-	11,81	11,60	5,5e	4,9e	0f	0e		
168	0	12,33	12,18	9,0cd	8,1cd	157bc	143bc	292bc	316bc
168	90	12,22	12,09	7,4d	6,5de	83e	65d	224d	219c
84+84	0+90	12,24	12,16	9,7c	8,9c	194b	180ab	328ab	332bc
252	0	11,88	11,75	10,7bc	9,9bc	172b	165b	297bc	200cd
252	90	11,75	11,77	9,9c	9,0c	147bcd	135bc	279bc	260de
126+126	0+90	11,85	11,95	12,8a	12,1a	241a	233a	377a	384a
336	0	11,54	11,37	10,2c	9,3c	123cde	116bcd	294bc	283cd
336	90	11,72	11,74	9,5c	8,6c	102de	91cd	276c	246de
168+168	0+90	11,76	11,78	12,1ab	11,3ab	167bc	160b	366a	363ab
SE		0,379	0,355	0,58	0,56	14,9	19,6	16,5	16,2

Sumber : Saleem *et al.* (2012); HST = hari setelah tanam; NUEa = efisiensi penggunaan N agronomis, NUEp = efisiensi penggunaan N fisiologis, SE = galat

pembentukan anakan, lebih-lebih bila dosis N rendah (hingga 150 N). Jika dosis N tinggi, maka pemberian $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{2}$ paling direkomendasikan.

Hasil penelitian pada ratun ketiga, pemberian pupuk N dengan split 100 kg N/ha memberikan produktivitas tebu dan rendemen tertinggi dibanding pemberian sekali atau dosis lebih rendah (Kingston *et al.*, 2008). Namun pada ratun keempat pengaruhnya tidak nyata. Kadar N pada daun ke tiga tanaman ratun ketiga dan keempat, dosis 200 kg/ha nyata lebih tinggi dibanding dosis lebih rendah. Pada tahun ketiga, N dengan split tidak menghasilkan kadar N berbeda, namun pada ratun 4 split menghasilkan N daun ke 3 nyata paling tinggi. Untuk tanaman ratun rekomendasi pupuk N 110 kg/ha. Pada ratun ketiga efisiensi penggunaan N 35-40% dan ratun keempat 15-20%.

Interaksi antara dosis N, genotif, dan waktu pemberian pupuk N atau lainnya perlu pula dipelajari agar pemberian pupuk efektif dan efisien. Hasil penelitian Achieng *et al.* (2013) menunjukkan dari dua varietas yang dipakai diperoleh hasil rata-rata 117,6 dan 124,3 ton/ha. Dengan dosis 0-180 kg N/ha dan cara aplikasi 100%, 50-50%, 30-30-40%. Perlakuan 120 kg N/ha split 50-50% menghasilkan 126,4 TCH dengan sekali aplikasi mendapat hasil 129,9 TCH. Saleem *et al.* (2012) dari percobaan dengan menggunakan dosis hingga 336 kg/ha, dosis optimum 252 kg N/ha yang diaplikasikan dua

kali yaitu 50% saat tanam dan 50% 90 hari setelah tanam. Laju pertumbuhan dan LAD (*leaf area duration*) maksimum pada dosis 336 kg N/ha yang diaplikasikan dua kali.

KESIMPULAN

Nitrogen banyak diserap dalam bentuk nitrat dan amonium. Reduksi nitrat hingga menjadi amonium dapat terjadi di akar atau daun, dan membutuhkan energi yang berasal dari fotosintesis atau respirasi. Biosintesis amonium terjadi di akar atau daun, dan menjadi dasar bagi biosintesis senyawa lebih kompleks seperti protein, lignin, klorofil, senyawa N lain, maupun asam amino non-protein. N penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman terutama LAI maupun anakan, laju fotosintesis, serta produktivitas tebu. Pemupukan N dapat menekan pembungaan dan meningkatkan kerebahan.

Pemberian pupuk N umumnya tidak lebih dari 300 kg N/ha, dengan dosis optimal biasanya berkisar antara 125 hingga 250 kg N/ha. Pemupukan N dalam dosis kurang dari 150 kg N/ha sebaiknya diberikan satu kali pada awal pertumbuhan, karena diperlukan dalam pertumbuhan tanaman dan pembentukan anakan. Pemupukan dosis lebih tinggi perlu diberikan secara split untuk menekan pencucian, dan juga untuk mensuplai N saat perpanjangan

batang. Respon terhadap pupuk N dapat ditingkatkan dengan pemilihan varietas yang responsif pupuk, kecukupan air, dan jarak tanam yang tepat. Perbedaan bentuk pupuk N maupun ion pasangannya berpengaruh terhadap pertumbuhan, produktivitas, dan rendemen. Perbedaan bentuk N, maupun ion lain yang menyertai seperti amonium, nitrat, urea, klorida, sulfat, dan kalsium terhadap efektivitas dan efisiensi N. Interaksi hara N dengan hara lain terutama P dan K perlu dioptimalkan. Berdasar pembahasan terhadap berbagai hasil penelitian, disimpulkan bahwa pemupukan N pada dosis yang tepat dapat nyata meningkatkan produktivitas tebu, sedangkan pengaruhnya pada rendemen umumnya tidak nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Abayomi, A.Y. 1987. Growth, yield and quality performance of cultivar Co 957 under different rates of N and K fertilier. *Agric. J. Sci.* 109(2):285-292.
- Achieng, G.O., S.O. Nyandere, P.O. Owuor, G.O. Abayoand, and C.O. Omondi. 2013. Effect of rate and split application of nitrogen fertilizer on yield of two sugarcane varieties from ratoon crop. *Greener Journal of Agricultural Sciences* 3(3):235-239. www.gjournal.org.
- Amberger, A. 1975. Protein biosynthesis and effect of plant nutrients on the process of protein formation. *Proceedings of the 11th Colloquium of the International Potash Institute.* Bornholm/Denmark.
- Anonimous. 2014. *Jurnal Gula edisi Juli 2014.* Dewan Gula-Dirjenbun. Jakarta.
- Ashraf, M.Y., F. Hussain, J. Akhter, A. Gul, M. Ross, and G. Ebert. 2008. Effect of different sources and rates of nitrogen and supra optimal level of potassium fertilization on growth, yield and nutrient uptake by sugarcane grown under saline conditions. *Pak. J. Bot.* 40(4):1521-1531.
- Bar Tal, A. 2011. The effects of nitrogen form on interactions with potassium. *International Potash Institute.* E-ifc NO. 29, Edisi Desember.
- Barrios-Gonzalez, J., F.J. Fernandez, and A. Tomasini. 2003. Microbial secondary metabolites production and stratin improvement. *Indian Journal of Biotechnology* 2:322-333.
- Calcino, D., G. Kingston, and M. Hayson. 2000. *Nutrition of the plant. Manual Chapter 09 .* pp. 153-193.
- Cezar, Roberto. 2015. *Assimilation of Mineral Nutrient, Chapter 15.* <http://www.robortocesar.com.br/documentos/livros/livros/LivroTaizanZeiger3ed?PlantPhysiolChapter12-Assimilation.MineralNutrient.pdf>. diakses14 Maret 2015
- Curley, S. 1994. *Foliar Nutrition.* Midwest Laboratories, Inc. Omaha, NE.
- De Armas, R., M.H. Valadier, M.L. Champaigny, and T, Lamaze. 1992. Influence of ammonium and nitrate on the growth and photosynthesis of sugarcane. *J. Plant Physiol.* 140:531-535.
- Ehsanullah, A. Iqbal, and K. Iqbal. 2001. Effect of different nitrogen and phosphourus levels on quantitative and qualitative traits of sugarcane. *On Line Journal of Biological Sciences* 1(4):240-241.
- Garcia, B.H. and E.R. Rosario. 1977. The effect of level and partitional application of nitrogen on tillering of sugarcane variety Phyll 56-226. *The Philippine Journal of Crop Science* 2(1):31-33.
- Gosnell, J.M. 1970. A comparison of the effects of urea and sulphate of ammonia on sugarcane. *Proceedings of the South African Sugar Technologist Association.* 200-203.
- Huffman, J.R. 1989. Effects of enhanced ammonium nitrogen availability for corn. *J. Agron. Educ.* 18(2):93-97.
- Khanam, Salma. 2015. *Pharmacognosy: general study of formation of secondary metabolits.* [Http://nsdl.niscair.res.in/jspui/bitstream/123456789/718/1/corected %20General%20study%20on%20formation%20of%20Secondary%20metabolith.pdf](http://nsdl.niscair.res.in/jspui/bitstream/123456789/718/1/corected%20General%20study%20on%20formation%20of%20Secondary%20metabolith.pdf). 8 April 2015.
- Kingston, G., M.C. Anink, and D. Allen. 2008. Aquisition of nitrogen by ratoon crops of sugarcane as influenced by waterlogging and split applications. *Proceeding Australian Society Sugarcane Technology* 30:202-211.
- Kumara, A.D.S., and D.C. Bandara. 2001. Influence of nitrogen application and varietal differences on selected physiological parameters of sugarcane. *Tropical Agricultural Research* 13:220-230.
- Malavolta, E. 1994. *Nutrient and Fertilizer Managment in Sugarcane.* IPI-Bulletin No. 14. International Posh Institute. Basel, Switzerland.
- McCormick A.J., Cramer M.C., and Watt D.A. 2005. Sink strength affects assimilate distribution

- and fotosynthesis in sugarcane. *Proc., S. Afr. Sug Technlo Ass.* 79:200-524.
- Moreno-Secefia, J.C., C. Landeros-Sanchez, A. Perez-Vasquez, M.R. Castafieda-Chavez, C.J. Lopez-Collado, and O.L. Palacios-Velez. 2011. Nitrogen management in sugarcane and its influence on yield, profitability and leaching losses. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13:373-379.
- Muchovec, R.M. and P.R. Newman. 2004. Nitrogen fertilization of sugarcane on a sandy soil:1. Yield and leaf nutrient composition. *Journal American Society Sugar Cane Technologies* 24:210-224.
- Mulyono, D. 2004. Evaluasi kesesuaian lahan dan arahan pemupukan N, P, dan K untuk pengembangan budidaya tanaman tebu di Kabupaten Tegal. *J. Agrivigor* 3(3):241-248.
- Mulyono, D. 2009. Evaluasi kesesuaian lahan dan arahan pemupukan N, P, dan K dalam budidaya tebu untuk pengembangan daerah Kabupaten Tulungagung. *J. Sains dan Teknologi* 11(1): 47-53.
- Nurhidayati, A. Basit, dan Sunawan. 2013. Hasil tebu pertama dan keprasan serta efisiensi penggunaan hara N dan S akibat substitusi amonium sulfat. *J. Agron. Indonesia* 41(1):54-61.
- Patil, B.A. and G.V. Joshi 1971. Effect of Mg⁺⁺ and Mn⁺⁺ ions on sucrose synthetase in sugarcane leaves. www.new1.dli.ernet.in. diakses.14 Maret 2015.
- Reinbothe, S., and C. Reinbothe. 1996. Regulation of chlorophyll biosynthesis in agrosperms. *Plant Physiol.* 111:1-7.
- Rhichardson, A.E., J.M. Barea, A.M. McNeill, and C. Prigent-Combaret. 2009. Acquisition of phosphorous and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant Soil* 321:305-339.
- Rice, R.W., R.A. Gilbert, and R.S. Lentini. 1993. Nutritional requirements for florida sugarcane. IFAS Extention, University of Florida. Gainesville, FL.
- Saleem, M.F., A.Ghaffar, S.A.Anjum, M.A. Cheema, and M.F. Bilal. 2012. Effect of Nitrogen on growth and yield of sugarcane. *Journal American Society of Sugar Cane Technologist* 32:75-93.
- Santo, S. 1994. Respon beberapa varietas tebu unggul terhadap pemupukan amonium sulfat di lahan sawah grumusol Ngawi. *Berita* 11:26-30.
- Singh, A.K., M. Lal, and S.N. Singh. 2011. Agronomic performance of new sugarcane genotypes under different planting geometries and N levels. *Indian Journal of Sugarcane Technology* 26(1):6-9.
- Smith, A.M., G. Coupland, L. Dolan, N. Harberd, J. Martin, R. Sablowski, and A. Amey. 2009. *Plant Biology : Metabolisme*. Garland Science, 679p.
- Stitt, Mark. 1999. Nitrate regulation of metabolism and growth. *Current Opinion in Plant Biotechnology* 2:178-186.
- Stranack R.A. and Miles N. 2011. Nitrogen nutrition of sugarcane on an alluvial soil on the Kwazulu-Natal North Coast: Effects on yield and leaf nutrient concentrations. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass.* 84:198-209.
- Vieira, M.X., P.C.O. Trivelin, H.C.J. Franco, R. Otto, and C.E. Faroni. 2010. Ammonium chlorida as nitrogen source in sugarcane harvested without burning. *R. Braz. Ci. Solo* 34:1165-1174.
- Wink, M. 1997. Special nitrogen metabolism. *Plant Biochemistry*. Academic Press, Ltd.439-486.
- Windiharto, Yuschal, dan O. Sudjarwo. 1992. Pengaruh jarak antar barisan tanaman dan kaitannya dengan kebutuhan pupuk N terhadap pertumbuhan dan hasil panen tebu tanaman pertama varietas Q90 di PG Cintamanis. *Berita* no 7:35-40.
- Yahaya, M.S., A.M. Falaki, E.B. Amans, and L.D. Basari. 2010. *Nigerian Journal of Research and Production* 17(2):1-9.