

**TELAAH MASALAH PUPUK UREA, KEAMANAN PANGAN,
KESEHATAN DAN LINGKUNGAN**

Kharis Triyono

I. PENDAHULUAN

Diantara masukan teknologi untuk mendukung keberhasilan “revolusi hijau” di Indonesia dalam meningkatkan produksi padi dari 19,1 juta ton dalam tahun 1969/71 menjadi 44,9 juta ton dalam tahun 1989/91 adalah pupuk kimia. Diantara tiga jenis pupuk kimia utama, urea, TSP/SP-36 dan KCL, maka urea memegang peranan penting. Kenaikan produksi pangan telah mengubah posisi Indonesia dari negara pengimpor beras terbesar di dunia menjadi negara yang mampu mencukupi kebutuhan pangannya pada tahun 1984.

Memperhatikan data produksi pupuk selama 10 tahun, pada tahun 1987 Indonesia memproduksi urea 1,4 juta ton dan pada tahun 1997 meningkat menjadi 1,8 juta ton dan hampir 100 % pupuk nitrogen di Indonesia dipenuhi oleh urea, sedangkan tingkat global penggunaan urea hanya 35 % pada tahun 1986-1987 dan 13 % 1996 –

1997 terhadap kebutuhan pupuk nitrogen total. Penurunan kebutuhan urea tingkat global karena ada alternatif pupuk lain sebagai sumber nitrogen.

II. UREA

A. Urea dan Sifat-sifatnya

Urea adalah asam karbonat diamida, senyawa berbentuk kristal larut air, berat molekul 60,06, titik cair 132,7⁰C dan kandungan N 46,6%. Sifat pupuk yang menyebabkan urea menjadi pilihan utama petani ialah :

1. Kandungan N tertinggi (46,6%); dengan demikian diperlukan jumlah pupuk yang lebih sedikit sehingga mengurangi biaya pemupukan dan pengangkutan.
2. Bersifat non polar sehingga ideal untuk pupuk cair dan dapat dicampur dengan bahan pupuk lain untuk membuat pupuk campur NPK. Dapat juga dicampur dengan pestisida

Telaah Masalah pupuk Urea, Keamanan Pangan Kesehatan dan Lingkungan

sehingga dapat dilakukan pemupukan N sekaligus pembrantasan hama tanpa memerlukan tambahan biaya, demikian juga dapat dicampur dengan herbisida.

3. Merupakan pupuk segera terlarut sehingga dapat digunakan secara intensif dalam bentuk pupuk cair N, NP, dan NPK
4. Mempunyai daya higroskopis yang lebih rendah daripada pupuk N-nitrat. Urea menyerap uap air dari udara apabila kelembaban relatif 72% atau lebih pada suhu 30⁰ C
5. Dapat digunakan untuk menggantikan protein pada pakan ternak.

B. Urea sebagai Bahan Buangan Makhluk Hidup

Urea dibuang oleh makhluk hidup (semua jenis mamalia) dalam jumlah cukup besar yang selanjutnya menjadi limbah. Makhluk hidup setiap hari rata-rata mengkonsumsi karbohidrat sebanyak 300 g, lemak 100 g dan protein 100 g, serta setiap hari membuang kurang lebih 16,5 g N, kebanyakan dalam bentuk urea

dan 95% terkandung dalam air kencing (Murray *et al*, 1996).

Metabolisme nitrogen dalam tubuh mamalia sudah dipahami dan urea merupakan produk akhir proses biokimia yang berlangsung. Seperti halnya pada industri pupuk, dalam tubuh mamalia untuk menghasilkan urea diperlukan ion amonium dan karbondioksida. Proses ini berlangsung dalam hati dan berjalan melalui dua tahap :

1. fosfat karbamat terbentuk dalam mitokondria, memanfaatkan NH_4^+ , CO_3^{2-} dan ATP
2. dalam sitosol, pemindahan N-amino dari aspartat terjadi kerana adanya ornitin, sitrulin, arginosuksinat dan ATP.

Petani Cina lebih dari 2000 tahun memanfaatkan tinja danpupuk kandang sebagai sumber nitrogen untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman dan mempertahankan kesuburan tanah. Pemanfaatan pupuk organik secara intensif dilaksanakan juga di Jepang dan Korea. Bahkan penmggunaan pupuk organik mencapai 15% dari jumlah hara yang diperlukan. Petani di Indonesia telah

terbiasa menggunakan pupuk kandang dan pupuk hijau untuk mempertahankan kesuburan tanah, sebelum pupuk kimia diperkenalkan untuk program pemupukan (Sutanto, 1997). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa proses daur ulang dalam bentuk pupuk kandang dan kompos dapat menurunkan penambahan N ke dalam lingkungan (Miller & Larson, 1992).

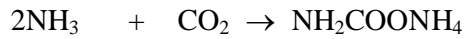
C. Sejarah kimia organik dan sintesis industri urea

Penemuan urea mempunyai peranan penting dalam perkembangan kimia organik. Seorang pakar kimia Perancis Hillaire Marine pada tahun 1773 berhasil melaksanakan proses isolasi urea dari urin (Church, 1964) Seorang pakar kimia Jerman Wohler berhasil melaksanakan sintesis urea (senyawa organik) dari amonium sianat (senyawa an organik). Penemuan ini merupakan awal perkembangan sintesis kimia organik.

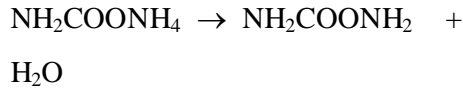
Sintesis industri urea dilaksanakan dalam dua tahapan proses :

1. Pembuatan NH_3 yang direaksikan dengan CO_2 . Dobreiner seorang pakar kimia yang pada tahun 1928 pertama kali menyimpulkan bahwa diperlukan katalisator untuk menghasilkan amonium menggunakan nitrogen dan hidrogen, Habler, pakar kimia Jerman tahun 1918 menerima hadiah Nobel karena keberhasilannya dalam penelitian menggunakan katalisator. Katalisator yang digunakan adalah osmium 98 g, tekanan 185 atm dan menghasilkan 80 g amonium cair setiap jamnya. Bosch, pakar kimia lain penerima hadiah Nobel tahun 1931 mengembangkan katalisator menggunakan oksida besi yang biayanya lebih murah dan bahannya segera tersedia. Penelitian selanjutnya relatif lebih sederhana dan pengembangan industri melalui proses ini berjalan dengan cepat.
2. Produksi urea secara komersial didasarkan atas sintesis eksotermik amonium karbamat,

yang secara berurutan mengalami dehidrasi menjadi urea.



(amonium karbamat)



(Urea)

Produk urea komersial pertama yang menggunakan amonium karbamat dimulai pada tahun 1920 oleh Fabrenindustrie (Jerman). Produksi utama urea di USA dimulai oleh DuPont pada awal tahun 1930, kemudian oleh West Virginia setelah perang dunia II (Church, 1964). Pupuk urea komersial pertama di Jepang dihasilkan oleh Koatsu, di Sunagawa Hokkaido pada bulan Agustus 1948. Pada saat ini cukup banyak negara seperti Cina, India dan Malaysia yang memproduksi pupuk urea. Di Indonesia pada saat ini terdapat empat pabrik pupuk urea yaitu Pusri Palembang, Pupuk Kujang di Jawa Barat, Pupuk Kaltim di Kalimantan Timur dan Pupuk Iskandar Muda di Aceh. Kapasitas produksi total keempat pabrik tersebut adalah 2 juta ton per tahun (IFA, 1997).

III. PUPUK NITROGEN

A. Mekanisme Kehilangan N dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan

Dinamika n-urea di dalam tanah dapat dilihat dalam gambar 1. Apabila diaplikasikan ke tanah, urea mengalami hidrolisis secara cepat dalam waktu 2 sampai 7 hari (Dentener & Crutzen, 1994) menjadi amonium karbamat kemudian amonium. Apabila urea prill (tabur) disebar dipermukaan tanah sebagai kebiasaan yang umum dilakukan petani saat melaksanakan pemupukan, maka kehilangan N akibat volatilisasi dapat mencapai 60 – 70%, sehingga keefektifannya hanya berkisar 40 – 30% saja (Crasswell & Goodin, 1984)

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa endapan NO_3 di Amerika Utara dan Eropa bervariasi antara < 10 sampai dengan $30 \text{ mmol.m}^{-2} \text{ th}^{-1}$; angka ini sama dengan di wilayah Asia Tenggara, tetapi di beberapa lokasi ada yang mencapai $100 \text{ mmol m}^{-2}, \text{ h}^{-1}$. Kecilnya endapan NO_3^{-1} di Amerika Utara dan Eropa boleh jadi

karena lebih banyak yang terlindi ke air tanah. Ini lebih berbahaya daripada kehilangan N melalui proses volatilisasi. Endapan NH_4^+ di Amerika Utara dan Eropa dan Jepang berkisar antara beberapa dan 60 mmol $\text{m}^{-2}\cdot\text{th}^{-1}$, sedangkan di Asia Tenggara berkisar dari 23 sampai lebih dari 100 mmol $\text{m}^{-2}\cdot\text{th}^{-1}$ (Whelpdale *et al*, 1997). Angka yang cukup tinggi ini karena kegiatan pertanian dengan pemupukan intensif.

Amonium (NH_4^+) yang dilepaskan ke atmosfer sebagian akan teroksidasi, membentuk NO_3 , NH_4 dan N_2O kemudian turun kembali ke permukaan tanah bersama air hujan dan selanjutnya berpengaruh pada kemasaman tanah. Besar kecilnya dampak sangat tergantung pada intensitas kegiatan pertanian yang dilaksanakan. Amonium terbentuk melalui proses hidrolisis urea kemudian teroksidasi membentuk nitrat oleh bakteri nitrifikasi (*Nitrosococcus sp* dan *Nitrosomonas sp* untuk mengubah NH_4 menjadi NO_3 dan *Nitrobacter sp* untuk mengunyah NO_2 menjadi NO_3). Nitrat terlindi kemudian masuk ke dalam

air tanah karena infiltrasi dan perkolasi air hujan dan air irigasi (Spalding & Exner, 1993). Konsentrasi nitrat dalam air minum yang lebih besar dari 50 mg.l⁻¹ (11,3 mg,L-1N- NO_3) dapat menyebabkan penyakit methaemoglobinaemia (*blue baby syndrome*) pada anak balita (Spalding & Exner, 1993)

Pada tanah yang dipersawahkan dalam kondisi tereduksi, nitrat mengalami denitrifikasi menjadi N_2O dan N_2 (de Datta, 1986). Denitrifikasi merupakan salah satu proses yang mendorong kehilangan N dari tanah pertanian, dan kehilangan tersebut dari jumlah yang sangat kecil sampai tinggi mencapai 100 kg N ha⁻¹ (Aulakh *et al*, 1992). Pengukuran N_2O yang tepat sukar dilakukan dan berdasarkan penelitian yang ada berkisar antara 0 dan 8 kg N ha⁻¹,hr⁻¹ (Sahrawat Keeney, 1986)

Produksi N_2O menyebabkan pemanasan global dan kerusakan lapisan ozon di atmosfer (Eichner, 1990). Bouwman (1990) menyimpulkan dari hasil pengamatannya bahwa emisi N_2O yang berasal dari tanah pertanian

Telaah Masalah pupuk Urea, Keamanan Pangan Kesehatan dan Lingkungan

yang dipupuk berkisar antara 0,2 dan 2,1 Tg N₂O th⁻¹. Berdasarkan hasil pengukurannya bahwa penambahan netto $3,8 \pm 0,8$ Tg N₂O th⁻¹ ke atmosfer, ekuivalen 2-3% N yang diberikan dalam bentuk pupuk (Bronson *et al*, 1992). Selanjutnya disimpulkan bahwa pada tanah pertanian intensif sumbangan N₂O antara tahun 1986 dan 2026 meningkat 90%, akibat peningkatan konsumsi pupuk N (Isserman, 1983). Akan tetapi menurut Eicner (1990) kontribusi pupuk N terhadap emisi N₂O relatif kecil dibandingkan dengan jumlah pupuk yang diaplikasikan sebesar 150Tg N. Pada tahun 1990, kenaikan konsentrasi N₂O di atmosfer diperkirakan sebesar 0,2 % th⁻¹.

Nitrogen dioksida (N₂O) dilaporkan sebagai penyebab kerusakan ozon di lapisan stratosfer (Anonymus, 1978). Lapisan ozon yang ada di stratosfer berperanan sebagai penahan radiasi sinar ultraviolet. Apabila sinar ini tidak ada yang menahan dapat menyebabkan kanker kulit pada manusia terutama yang berkulit halus (Anonymus, 1975). Peningkatan

N₂O atmosfer dapat menyebabkan penurunan lapisan ozon sehingga sinar radiasi ultraviolet di permukaan bumi meningkat 20 %.

N₂O secara nyata juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan pemanasan global dan radiasinya berdasarkan berat molekul diperkirakan 300 kali lebih besar daripada CO₂ (Rodhe, 1990). Dengan demikian masa tinggal N₂O di atmosfer diperkirakan selama 170 tahun, sehingga dampaknya terjadi dalam waktu yang sangat lama. Diperkirakan pengaruh N₂O sebesar 2 – 6% dari total pemanasan global (Beauchamp, 1997).

Tabel 1. Mekanisme Dekomposisi Lapisan Ozon

Mekanisme	Persentase total besarnya kerusakan lapisan ozon
Fotolisis (reaksi Chapman)	20
Pengangkutan ke lapisan troposfer	0,5
Hidroksil dan hidroperoksil radikal dari fotolisis air	10
Daur katalisator Nox	50 – 70
Klorin yang berasal dari kegiatan manusia dan alami	10 - 40

Urea dan pupuk N lain merupakan penyebab utama terjadinya kenaikan nitrat air tanah, kerusakan lapisan ozon dan pemanasan global; semuanya menyebabkan pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia. Berdasarkan perhitungan , setelah dikurangi pasokan N melalui proses denitrifikasi, diperkirakan pasokan N ke atmosfer sebesar 70,4 T g, th-1. Peningkatan ini terus terjadi sampai dengan pertengahan abad mendatang, apabila penggunaan pupuk ke tanah pertanian menunjukkan tanda-tanda terjadi kejenuhan.

B. Kecenderungan Global Konsumsi Pupuk N

Mempertimbangkan dampak negatif dan berbahaya dari urea dan pupuk nitrogen lain, Amerika Serikat dan negara-negara Uni Eropa mencoba mengurangi penggunaan N pupuk kimia dan menggantikannya dengan sumber N-organik. Di Amerika Serikat mulai berkembang usaha pertanian yang berasaskan Pertanian Berkelanjutan dengan masukan Teknologi Rendah, LISA (*Low Input Sustainable Agriculture*). Usaha yang dilaksanakan adalah menggunakan pupuk hijau, legum dan pupuk organik sebagai sumber N-organik dan memperluas lahan pertanian

Telaah Masalah pupuk Urea, Keamanan Pangan Kesehatan dan Lingkungan

untuk menghasilkan pangan dalam jumlah yang sama tetapi lebih sedikit menggunakan pupuk kimia. Negara-negara yang banyak mengkonsumsi pupuk N, mulai menggunakan pupuk hijau, pupuk kandang, pupuk organik, tanaman legum dalam rotasi tanaman dan pupuk hayati. Pemanfaatan bahan-bahan tersebut tidak terlepas dari usaha untuk mengembangkan konsep SGTT/ Sistem Gizi Tanaman Terpadu (*Integrated Plant Nutrient System*). Meskipun demikian konsumsi pupuk N tetap selalu meningkat, lebih dari itu di Indonesia kebutuhan akan pupuk N secara umum menggunakan urea, sedangkan USA, Cina mempunyai sumber pupuk N kimia lain. Konsep SGTT tersebut mulai diperkenalkan di negara-negara Asia dan Afrika dengan cara memadukan penggunaan bahan organik dan bahan kimia pertanian terutama pupuk kimia (Anonymus, 1977)

C. Cara menekan Kehilangan N-urea

Pakar agronomi telah mencoba dan berusaha untuk menurunkan kehilangan N dengan cara :

1. mengaplikasikan takaran pupuk beberapa kali (*split application*) menyesuaikan dengan tahapan pertumbuhan tanaman sehingga tanaman dapat menyerapnya sebelum bahan pupuk hilang
2. membenam pupuk pada jeluk tertentu atau mencampur pupuk urea dengan tanah lapisan olah. Amonium yang terbentuk setelah urea mengalami hidrolisis dapat diikat oleh partikel lempung pada kompleks pertukaran (Miller *et al*, 1975)

Bahan kimia tertentu yang banyak dimanfaatkan ialah :

- (1) inhibitor urease seperti fenilfosfodiamidat (PPD), N-(n buti)) tiofosforik triamida (NBTPT), fosforik triamida (PT), hidroquinon (HQ), dan amonium tiosulfat (ATS) yang mampu menekan hidrolisis urea sehingga mengurangi kehilangan amonium melalui proses volatilisasi.
- (2) inhibitor nitrifikasi seperti N-serve atau nitrapirin (2-kloro-6(triklorometil) piridin), DCD (diciandiamida), AM (2 amino-4-chloro-6-metilpirimidim),KN (potasium azida) dan thiourea.

Senyawa tersebut cukup berhasil dalam menekan kehilangan N urea, dan sebagian telah dipasarkan di USA, Jepang dan Eropa.

Usaha lain adalah mengembangkan jenis pupuk N lepas lambat. Urea lepas lambat dapat dibuat dengan cara :

- i. mengkombinasikan/
mencampur urea dengan senyawa lain seperti aldehida dan dibuat kondesat urea-aldehida
- ii. urea diselimuti lapisan yang tahan air seperti sulfur (*sulfur coated urea*), shellac atau senyawa polimer yang lain (Prasad et al.,1993)

Diantara jenis pupuk urea terselimuti (*coated fertilizers*) , produk yang pertamakali muncul adalah urea terselimuti sulfur (SCU) yang diproduksi oleh Tennessee Valley Authority (USA). Bahan pupuk jenis ini pernah dicobakan di Indonesia dan beberapa negara produsen beras, ternyata hasilnya lebih baik daripada urea biasa. India telah mengembangkan produk urea yang diselimuti ekstrak tanaman nimba, harganya lebih murah dan

hasilnya hampir sama dengan urea terselimuti sulfur. Ekstrak nimba untuk bahan campuran urea yang sudah dipasarkan di India dengan nama produk Nimin dan Neemex. Urea yang diselimuti bahan polimer relatif lebih baik daripada urea biasa.

SARAN

Pada saat ini diperlukan penelitian dan pengembangan bahan pupuk yang lebih efisien daripada urea, terutama kawasan Asia yang menunjukkan kebutuhan pupuk N yang selalu meningkat untuk memenuhi kebutuhan pangan yang makin besar sejalan dengan pertambahan penduduk. Jika diperhatikan masalah kesehatan dan kerusakan lingkungan yang timbul akibat penggunaan urea yang berlebihan, maka persoalan ini harus segera ditangani. Modifikasi produk urea sehingga tidak menimbulkan persoalan terhadap lingkungan. Untuk mengantisipasi persoalan ini diperlukan kerjasama secara terpadu dari pakar kimia polimer, kimia-fisik, agronomi, ilmu tanah, mikrobiologi, teknik listrik, teknik

Telaah Masalah pupuk Urea, Keamanan Pangan Kesehatan dan Lingkungan

mesin, lingkungan, penyuluhan dan penelitian terpadu antar-disiplin ilmu pakar sosial. yang mengarah pada usaha

Melalui tulisan ini menghasilkan produk urea yang diharapkan adanya penelitian- aman terhadap lingkungan dan kesehatan

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandratos, N. 1995. The outlook for World food and agriculture to year 2010. In :Population and food in the twenty-first Century : Meeting future Demands of an Increasing Population. N.Islam (Ed). Intern. Food Policy Reseach Inst. Washington DC, pp.25-48.
- Anonymous 1978. "Nitrate : An environmental assessment". A report of the Panel on Nitrates Coordinating Committee for Scientific and Technical Assessment of Environmental Pollutant, National Academy of Sciences, Washington DC. p. 723.
- Arora, R.P., M.S. Sachdeva, Y.K. Sud, V. K. Luthra, & V. B. Subbiah. 1985. Soil nitrogen as afertilizer or pollutants. Intern. Atomic Energy Agency, Vienna.
- Aulakh, M.S., J.W. Doran, & A.R. Mosier. 1992. Soil denitirfication-significance, measurement and effects of management. Advan. Soil Sci. 18: 1-57.
- Bronson, K.F., A.R. Mosier, & S.R. Bishnoi. 1992. Nitrous oxide emissions in irrigated corn as affected by nitrification inhibition. Soil Sci. Soc. Am. J., 56:161-165.
- Church., R.J. 1964. Fertilizer nitrogen. Its chemistry and tecnology. Am. Chem. Soc. Reinhold Pub. Corp. New York. Pp. 297-280
- Curtzen, P.J. & D.H. Enhalt. 1997. Effect of nitrogen fertilizer and combustion on the stratospheric ozone layer. Ambio 6:112-117