Pencemaran Nitrat pada Air Sungai Sub DAS Klakah, DAS Serayu di Sistem Pertanian Sayuran Dataran Tinggi

Nitrate Pollution in River Water at Klakah Sub Watershed, Serayu Watershed of Highlands Vegetable Farming Systems

[1]Mas Teddy Sutriadi* dan [2] Sukristiyonubowo

[1] Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114
[2] Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 16 Agustus 2012
Disetujui: 7 Maret 2012

Kata kunci:

Sistem usahatani sayuran dataran tinggi
Pupuk nitrogen
Pencemaran nitrat
Air sungai

Keywords:

Highland vegetable farming system
Nitrogen fertilizer
Nitrate pollution
River water

Abstrak. Pemantauan konsentrasi nitrat pada Sub DAS di areal budidaya tanaman sayuran di dataran tinggi perlu dilakukan mengingat praktek aplikasi pemupukan nitrogen yang berlebihan yang sering dilakukan petani. Tujuan penelitian ini adalah (1) Mengetahui dosis pemupukan N yang diterapkan petani budi daya tanaman sayuran di daerah pertanian dataran tinggi, dan (2) Mengetahui dampak pemupukan N terhadap konsentrasi nitrat air sungai. Penelitin ini dilaksanakan pada sub DAS Klakah, DAS Serayu di Kabupaten Wonosobo pada musim penghujan 2008-2009 dan di musim kemarau 2009. Penelitian menggunakan penedekatan kuantitatif meliputi format deskriptif *ex post facto* dan analisis contoh air. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa Dosis pupuk N yang diterapkan petani pada tanaman kentang, kubis, dan jagung berturut-turut adalah 312, 167, dan 43 kg N ha^{-1} per musim atau setara dengan 678, 363, dan 93 kg urea ha^{-1} dan lebih tinggi 70 dan 6% dari dosis rekomendasi untuk tanaman kentang dan kubis, sedangkan untuk tanaman jagung masih di bawah dosis rekomendasi. Pemberian pupuk N anorganik dan pupuk organik kotoran ayam memberikan korelasi nyata pada produksi kentang yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi (R) masing-masing 0,5564 dan 0,5806. Pemupukan N dosis tinggi berpengaruh nyata (pada taraf 0,05) meningkatkan konsentrasi nitrat dalam air sungai sebesar 64% dan 68% lebih tinggi dari konsentrasi nitrat air sungai di bagian hulu masing-masing pada musim kemarau dan hujan. Namun, konsentrasi nitrat di semua lokasi pengamatan menunjukkan nilai yang lebih rendah (24,00-40,97 mg nitrat-NO_3-L^{-1} pada musim kemarau dan 6,91-17,88 mg nitrat-NO_3-L^{-1}) dari konsentrasi nitrat-NO_3^- yang diperkenankan untuk air minum (45 mg L^{-1}). Jumlah nitrat yang terbawa air sungai dalam satu hari masing-masing sebanyak 187 kg nitrat-NO_3^- atau setara dengan 90 kg urea pada musim kemarau dan 380 kg nitrat-NO_3^- atau setara dengan 90 kg urea.

Abstract. *Monitoring the concentration of nitrate in sub-watershed in the area of vegetable cultivation in the highlands needs to be conducted considering the frequent excessive nitrogen fertilization practiced by farmers. The aims of the study were to (1) know dose N fertilizer applied by farmers in highland vegetable cultivation area, and (2) examine the impact of N fertilization on stream water nitrate concentrations. The research was carried out in Klakah sub-watershed, Serayu watershed of Wonosobo District in rainy season of year 2008-2009 and dry season of year 2009. This research used quantitative approach including descriptive format of Ex Post Facto and analyzing water samples. The results show that the rates of N fertilizer applied by farmers on potato, cabbage, and corn were 312, 167, and 43 kg N* ha^{-1} *per season, respectively, which were equivalent to 678, 363, and 93 kg urea* ha^{-1} *and higher 70 and 6% of the recommendation rate for potato and cabbage crops, meanwhile the application for corn was still below the recommendation rate. Inorganic N fertilizer and organic fertilizer from chicken manure gave significant correlation in potato production indicated by the correlation coefficient (R) 0.5564 and 0.5806, respectively. High rate of N fertilization significantly (at 0.05 level) increased the concentration of nitrate in river water by 64% and 68% higher than the nitrate concentration in the upstream of river water in the dry and rainy seasons, respectively. However, nitrate concentrations in all sampling sites showed lower values (24.00 to 40.97 mg nitrate-*NO_3^- L^{-1} *in the dry season and from 6.91 to 17.88 mg nitrate-*NO_3^- L^{-1}*) of allowable nitrate-*NO_3^-*concentrationsfor drinking water (45 mg* L^{-1}*). Amount of nitrate carried by river water in one day was 187 kg nitrate-*NO_3^-*, equivalent to 90 kg of urea in the dry season and 380 kg of nitrate-*NO_3^-*, equivalent to 90 kg of urea.*

** Corresponding author : Mas Teddy Sutriadi, email : teddysoma@yahoo.com*

Pendahuluan

Sebagian besar lahan pertanian di Indonesia telah berubah menjadi lahan kritis akibat pengaruh penggunaan bahan agrokimia (pupuk anorganik dan pestisida) berlebihan. Penggunaan bahan agrokimia yang berlebihan selain pemborosan juga berdampak negatif terhadap kelestarian lahan dan lingkungan, yaitu meningkatnya residu di lahan pertanian dan lingkungan sekitarnya seperti sumber air dan sungai. Penggunaan pupuk dan pestisida kimia memang sangat penting artinya untuk meningkatkan produksi padi. Namun demikian penggunaan pupuk dan pestisida ini ternyata telah mencemari sebagian sumber daya lahan, air, dan lingkungan. Sekitar 85% air yang mengairi sebagian besar lahan sawah di Jawa mengandung 54 mg l^{-1} nitrat atau 20% lebih tinggi dari batas toleransi yaitu 45 mg l^{-1} (Las *et al*. 2006). Hasil pengukuran contoh air dari sumur dan air irigasi yang ada di daerah aliran sungai (DAS) Citarik dan Kaligarang menunjukkan bahwa kadar nitrat pada beberapa sumur di bawah kondisi budi daya tanaman lahan kering telah melebihi batas maksimum konsentrasi nitrat (Nursyamsi *et al*. 2001 *dalam* Agus dan Irawan 2006).

Seperti halnya pada budidaya padi sawah, tanaman sayuran merupakan tanaman semusim yang banyak dibudidayakan di lahan kering dataran tinggi, juga sering dituding tidak ramah lingkungan, antara lain karena potensi terjadinya erosi sangat tinggi dan pencemaran lingkungan akibat dari tingginya pemakaian masukan produksi (pupuk dan pestisida). Penggunaan pupuk kimia dalam usahatani sayuran cenderung berlebihan. Hal ini semata-mata untuk meningkatkan produksi tanpa memperhatikan kebutuhan tanaman dan kemampuan dari tanah untuk menyediakan hara.

Dosis pupuk nitrogen (N) yang diterapkan oleh petani pada sentra produksi sayuran di dataran tinggi Kabupaten Wonosobo sangat tinggi yaitu lebih dari 500 kg urea per hektar ditambah dengan paling sedikit 15 t pupuk organik per hektar (Balai Penelitian Tanah, 2007). Padahal dosis rekomendasi pemupukan urea dan pupuk organik untuk tanaman sayuran adalah masing-masing 200-400 kg per hektar dan 10-20 t ha^{-1} (Ditjen Bina Produksi Hortikultura 2003, Asandhi *et al*. 1989, Proyek Pembangunan Penelitian Pertanian Nusa Tenggara 1992, Tim Pakar Prima Tani 2005). Pemakaian pupuk N secara berlebihan selain pemborosan, juga tidak menguntungkan bagi kelestarian lahan dan lingkungan. Residu pupuk N berupa nitrat (NO_3^-) dapat mencemari lingkungan, sehingga menurunkan kualitas sumber daya air, baik air irigasi maupun air tanah (sumur), bahkan tanah ataupun produk pertanian.

Nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) adalah ion-ion anorganik alami, yang termasuk dalam bagian dari siklus N. Aktivitas mikroba di tanah atau air menguraikan sampah yang mengandung N organik pertama-pertama menjadi amonia, kemudian dioksidasi menjadi nitrat dan nitrit. Oleh karena nitrit dapat dengan mudah dioksidasi menjadi nitrat, maka nitrat adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah (*ground water*) maupun air yang terdapat di permukaan (*surface water*). Pencemaran oleh pupuk N, termasuk amonia anhidrat seperti juga sampah organik hewan maupun manusia, dapat meningkatkan kadar nitrat di dalam air. Senyawa yang mengandung nitrat di dalam tanah biasanya larut dan dengan mudah bermigrasi atau tercuci (*leaching*) dengan air bawah tanah.

Tingginya kadar nitrat di dalam air akan berdampak buruk pada kualitas air. Air yang mengandung nitrat melebihi baku mutu yang diperkenankan, jika dimanfaatkan oleh manusia, sebagai sumber air minum baik untuk manusia maupun ternak akan menyebabkan gangguan kesehatan, akibat dari direduksinya nitrat menjadi nitrit, contohnya: keracunan akut pada bayi dan kematian pada kambing atau sapi.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, tingginya dosis pupuk N pada budidaya tanaman sayuran diduga akan meningkatkan konsentrasi nitrat pada air sungai melewati batas maksimum kosentrasi nitrat. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu pemantauan konsentrasi nitrat pada Sub DAS di areal budidaya tanaman sayuran. Tujuan penelitian ini adalah (1) Mengetahui dosis pemupukan N yang diterapkan petani budi daya tanaman sayuran di daerah pertanian dataran tinggi, dan (2) Mengetahui dampak pemupukan N terhadap konsentrasi nitrat air sungai.

Metode Penelitian

Penelitian lapang dilaksanakan pada areal sayuran di sub DAS sungai Klakah, yang merupakan bagian DAS Serayu di Kecamatan Wonosobo, mulai bulan Juli 2008–Januari 2009. Penelitian dilaksanakan pada areal sayuran dimana petani mengaplikasikan pupuk N dengan dosis tinggi, yaitu dosis yang lebih tinggi dari dosis rekomendasi. Balai Penelitian Tanah (2007) melaporkan bahwa pada lokasi studi petani menerapkan dosis sangat tinggi yaitu lebih dari 500 kg urea per hektar ditambah dengan paling sedikit 15 t pupuk organik per hektar.

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan format deskriptif ex post facto mengenai dampak tingginya pemupukan N pada budi daya sayuran di Sub Das Sungai Klakah, DAS Serayu, Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo lagi (Bungin, 2008, Nazir 1983).

Penelitian diawali dengan menentukan lokasi penelitian dengan cara menarik garis dari puncak lereng

dari masing-masing kontur, sehingga akan didapat suatu wilayah dari daerah aliran sungai, dimana air larian dari wilayah tersebut masuk ke aliran sungai yang akan diamati. Nitrat dari pupuk yang terbawa oleh aliran permukaan dan *leaching* masuk ke dalam sungai yang diamati. Pelingkupan lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan *software* Arc GIS. Penentuan garis batas lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan peta topografi skala 1:10.000. Kemudian berdasarkan tinggi lokasinya, daerah aliran sungai tersebut dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian sebelah atas dengan tinggi lokasi lebih dari 1.450 m, bagian tengah dengan tinggi lokasi 1.350-1.450 m, dan bagian bawah dengan tinggi lokasi kurang dari 1.350 m. Hasil pelingkupan digunakan untuk menentukan cakupan daerah penelitian dan titik pengamatan pada contoh air dan contoh petani.

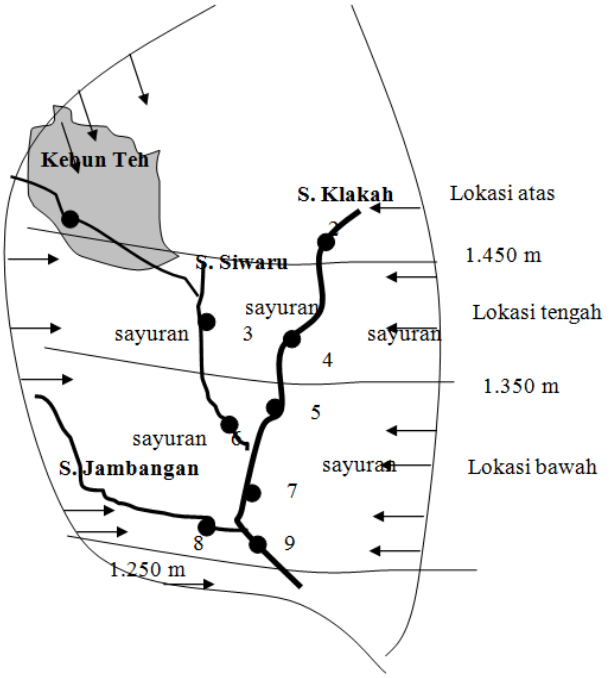
Contoh petani ditetapkan dengan mengunakan metode *non proporsional stratified sampling*, dengan membagi petani dalam 3 kelompok populasi yaitu populasi petani yang lahannya berada pada tinggi lokasi lebih dari 1.450 m (atas), 1.450-1.350 m (tengah), dan kurang dari 1.350 m (bawah). Kemudian dari masing-masing kelompok populasi petani tersebut dipilih sejumlah petani contoh dengan menggunakan metode random sederhana (*simple random sampling*), yaitu petani contoh dipilih dengan cara diacak. Pemilihan acak dilakukan dengan cara memberikan suatu nomor yang berbeda kepada setiap anggota populasi, kemudian memilih petani contoh.

Populasi petani yang terdapat pada wilayah studi adalah 107 petani, yang terdiri atas 37 petani pada tinggi lokasi lebih dari 1.450 m, 46 petani pada tinggi lokasi 1.350-1.450 m, dan 24 petani pada tinggi lokasi kurang dari 1.350 m. Sehingga ditetapkan 75 petani contoh yang terdiri dari 22 petani contoh pada tinggi lokasi lebih dari 1.450 m, 36 petani contoh pada tinggi lokasi 1.350-1.450 m, dan 17 petani pada tinggi lokasi kurang dari 1.350 m. Jumlah petani contoh pada lokasi penelitian yang telah dipilih ditetapkan berdasarkan rumus yang dikemukan oleh Bungin (2008) dan Sarwono (2006), yaitu:

$$n = N \div \left(N \times d^2 + 1\right)$$

Keterangan:
n = Jumlah petani contoh yang dicari
N = Jumlah populasi petani
d = Nilai presisi 10%.

Contoh air diambil dari sungai-sungai yang terdapat pada sub DAS Klakah, pada sungai bagian atas yaitu tinggi lokasi lebih dari 1.450 m, bagian tengah yaitu 1.350-1.450 m, dan bagian bawah yaitu kurang dari 1.350 m. Sebagai pembanding, diambil contoh air dari sungai bagian atas (hulu) di mana lahan tidak ditanami sayuran, tetapi ditanami tanaman teh. Dosis pemupukan urea untuk tanaman teh adalah 250 kg ha^{-1}. Jumlah contoh air yang diambil adalah tiga contoh untuk setiap titik pengamatan pada setiap anak sungai yang mengalir ke sungai utama (S. Klakah) (Gambar 1).



Gambar 1. Denah lokasi pengambilan contoh air
Figure 1. Map of water sample location

Lokasi titik pengamatan ditetapkan pada setiap pertemuan antara anak sungai dengan sungai utama, sehingga terdapat sembilan titik pengamatan yaitu satu titik pada bagian hulu, 1 titik pada bagian atas (S. Klakah), 2 titik pada bagian tengah (S. Siwaru dan S. Klakah), dan 5 titik pada bagian bawah (S. Siwaru 1 titik, S. Klakah tiga titik, dan S. Jambangan satu titik). Waktu pengambilan contoh sebanyak dua kali pada musim kemarau dan musim hujan. Pada penelitian ini dikumpulkan sebanyak 54 contoh air sungai. Pada setiap titik pengambilan contoh air, juga diukur debit airnya dengan cara megukur panjang, lebar, dan dalam sungai, serta kecepatan arus sungai. Contoh air selanjutnya dikirim ke laboratorium untuk dianalisis kandungan nitratnya.

Parameter yang diamati adalah dosis pemupukan nitrogen, debet air sungai, konsentrasi nitrat air sungai, dan jumlah nitrat terbawa air sungai.

Analisis yang digunakan adalah analisis statistik distribusi rata-rata dan korelasi, dan analysis of Variance (ANOVA), yang dilanjutkan dengan uji beda nyata *duncan multiple range test* (DMRT) pada selang kepercayaan 5% untuk mengetahui perbedaan rata-rata konsentrasi nitrat.

Hasil dan Pembahasan

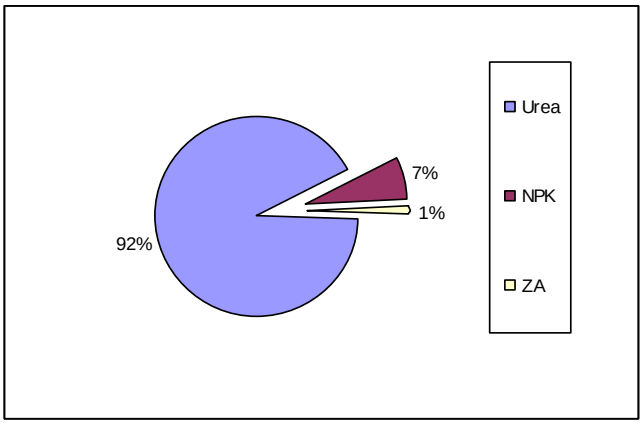
Karakteristik Tanah dan Kemiringan Lereng

Andisols adalah tanah yang utama yang terdapat pada lokasi penelitian, tanah lainnya adalah tanah Latosols (termasuk Alfisols) dan Grumusols (Vertisols). Tanah Andisols mempunyai kandungan C-organik yang tinggi (3,09-3,98%) dengan kadar N sedang (0,20-0,25%) dan pH tanah agak masam (5,6-6,3). Retensi P tinggi (76,6-92,2%), dengan kandungan P-potensial sangat tinggi (95-460 mg/100g), serta K-potensial sedang (10-14 mg $100g^{-1}$), tetapi mengandung P-tersedia rendah-sedang (19-27 ppm) dan K dapat dipertukarkan rendah sangat rendah (0,08-0,21 cmolc kg^{-1}). Berdasarkan sifat-sifat tersebut tanah di wilayah studi termasuk tanah yang mempunyai tingkat kesuburan tanah sedang. Kendala utama dalam mengelola tanah ini adalah kemiringan tanahnya yang lebih besar dari 8% dan hara P yang dijerap oleh tanah sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Karakteristik tanah seperti ini dapat disimpulkan bahwa walaupun tanah di wilayah studi tidak memerlukan pupuk anorganik (N, P, dan K) dan pupuk organik dalam jumlah yang tinggi, tetapi rentan pada pencucian hara dan erosi. Pencucian hara dan erosi selain akibat kemiringan tanahnya yang lebih besar dari 8% juga teksturnya yang berpasir dan struktur tanahnya yang gembur. Oleh karena itu penerapan dosis pemupukan dan teknik konservasi perlu dilakukan sehingga dihasilkan sistem pertanian yang berkelanjutan.

Dosis Pemupukan Nitrogen

Pupuk urea diaplikasikan oleh semua petani yang disurvei. Pupuk urea memberikan kontribusi 92% dari dosis pupuk N anorganik, kemudian berturut-turut pupuk NPK (7%) dan ZA (1%) (Gambar 1). Hal ini memperlihtkan bahwa petani tidak menerapkan pemupukan berimbang. Petani mengaplikasikan urea lebih banyak dibandingkan pupuk P dan K. Hal ini dikarenakan bahwa pupuk urea selain lebih tersedia di kios pertanian dibandingkan pupuk N lainnya, juga harganya masih disubsidi oleh pemerintah. Pupuk urea adalah pupuk yang dibutuhkan oleh tanaman terutama pada masa pertumbuhan vegetatif tanaman. Tanaman yang dipupuk urea akan menunjukkan respon pertumbuhan yang cepat, sehingga petani cenderung memberikan dalam jumlah yang banyak.

Pupuk organik kotoran ayam diaplikasikan oleh semua petani responden seperti halnya urea. Penggunaan pupuk organik kotoran ayam sangat diperlukan pada lahan kering, utamanya untuk tanaman sayuran. Lahan kering dataran tinggi, umumnya mempunyai topografi bergelombang, sehingga sangat peka pada erosi yang dapat mempercepat hilangnya C-organik tanah. Aplikasi pupuk organik ditujukan selain untuk memelihara dan meningkatkan C-organik tanah, juga untuk memperbaiki struktur tanah, sehingga kondisi tanah menjadi optimum bagi petumbuhan tanaman. Karakteristik lahan di wilayah studi walaupun memerlukan pupuk dalam jumlah yang tidak banyak, tetapi sangat rentan pada pencucian hara, erosi, dan terjadinya longsor. Sistem pertanian yang berkelanjutan harus mempertimbangkan pemupukan dengan dosis yang rasional dan seimbang, yang mengkombinasikan pupuk anorganik dan organik serta menerapkan teknik konservasi tanah.



Gambar 2. Kontribusi jenis pupuk N pada dosis pupuk N yang diaplikasikan oleh petani responden pada usahatani sayuran di Sub DAS Klakah, DAS Serayu, Kabupaten Wonosobo

Figure 2. Contribution of N anorganic fertilizer at N doses that are applied by the responden farmers at vegetable farming in Klakah Sub watershed, Serayu Watershed, Wonosobo District

Dosis pupuk N anorganik yang diaplikasikan oleh petani responden pada tanaman sayuran kentang, kubis, dan jagung disajikan pada Tabel 1. Dosis pupuk N pada tanaman kentang, kubis, dan jagung adalah berturut-turut 312, 167, dan 43 kg N ha^{-1} atau setara dengan 678, 363, dan 93 kg urea ha^{-1}, sedangkan dosis rekomendasi untuk tanaman kentang, kubis, dan jagung adalah berturut-turut 185, 161, dan 138 kg ha^{-1} N atau setara dengan 400, 350, dan 300 kg urea ha^{-1}. Hal ini menunjukkan petani responden memupuk N anorganik untuk tanaman sayuran seperti kentang, dan kubis, dengan dosis masing-masing lebih tinggi 70%, dan 6% dari dosis rekomendasi, sedangkan untuk tanaman jagung, petani memupuk N

anorganik 95 kg ha^{-1} atau lebih rendah 200% dari dosis rekomendasi.

Pemupukan N yang lebih tinggi dari rekomendasi berbahaya bagi lingkungan, karena tidak semua N dapat dimanfaatkan tanaman. Sebagian besar N dalam bentuk nitrat akan hilang tercuci masuk ke air tanah kemudian ke air sungai, sehingga konsentrasi nitrat dapat melebihi batas yang diperkenankan. Dampak ekologis meningkatnya konsentrasi nitrat adalah terjadinya eutrofikasi pada kolam-kolam penampungan yang bersumber dari sungai tersebut, sehingga akan mengakibatkan meningkatnya kematian ikan pada kolam tersebut. Hasil wawancara dengan petani yang memiliki kolam ikan mengemukakan bahwa tingkat kematian ikan pada musim kemarau meningkat hingga 15%. Selain itu juga jika air sungai tersebut dimanfaatkan sebagai sumber air minum dapat menyebabkan keracunan akut pada manusia dan ternak.

Tabel 1. Dosis pupuk N anorganik yang diaplikasikan oleh petani responden pada usahatani sayuran di Sub DAS Klakah, DAS Serayu, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo

Table 1. N anorganic fertilizer doses that are applied by the responden farmers vegetable farming in Klakah Sub watershed, Serayu Watershed, Wonosobo District

No.	Lokasi pengamatan	Dosis pupuk N anorganik		
		Kentang	Kubis	Jagung
		……..….. kg ha^{-1}		……..……..
1.	Atas	320	175	52
2.	Tengah	315	180	35
3.	Bawah	301	146	39
	Rata-rata	312	167	43

Dosis pupuk N organik dari kotoran ayam pada tanaman kentang, kubis, dan jagung adalah berturut-turut 25,0; 12,1, dan 1,4 t ha^{-1} (Tabel 2), sedangkan dosis pupuk organik untuk tanaman sayuran adalah 10-20 t ha^{-1} dan palawija 1-2 t ha^{-1}. Pada lahan di wilayah studi, tanah umumnya mempunyai kandungan C-organik tanah yang sedang, sehingga seharusnya diberi pupuk organik pada dosis yang tidak terlalu tinggi (+ 15 t ha^{-1}). Hal tersebut menunjukkan bahwa petani memupuk tanaman kentang dengan dosis pupuk organik kotoran ayam yang lebih tinggi 5 t ha^{-1} atau 25% dari dosis rekomendasi. Sedangkan untuk tanaman lainnya, yaitu kubis dan jagung sudah sesuai dengan rekomendasi.

Penggunaan organik kotoran ayam dengan dosis yang rasional sangat menguntungkan untuk keberlanjutan budi daya sayuran di lahan kering dataran tinggi. Pupuk organik akan mengurangi jumlah pemakaian pupuk anorganik yang merupakan pupuk kimiawi, yang residunya dapat mencemari lingkungan. Pupuk organik dalam larutan tanah akan membentuk khelat-organik yang akan mengikat hara kation yang dijerap oleh koloid tanah, kemudian dilepaskan secara bertahap ke dalam larutan tanah, sehingga menjadi tersedia bagi tanaman. Oleh karena itu aplikasi pupuk organik kotoran ayam pada wilayah studi akan meningkatkan ketersediaan hara P dan K untuk tanaman. Hal ini dapat ditunjukkan pada petani yang tidak memupuk P dan K untuk tanaman jagung, tetapi jagung masih dapat menghasilkan.

Pupuk kandang kotoran ayam broiler umumnya mempunyai kadar hara P yang relatif lebih tinggi dari pupuk kandang lainnya. Kadar hara ini sangat dipengaruhi oleh jenis konsentrat yang diberikan. Selain itu pula dalam kotoran ayam tersebut bercampur sisa-sisa makanan ayam serta sekam yang dapat menyumbangkan tambahan hara ke dalam pupuk kandang untuk tanaman sayuran. Namun pemberian pupuk kandang kotoran ayam perlu mendapat perhatian yang lebih seksama dampak negatifnya untuk lingkungan, karena pupuk kandang kotoran ayam broiler dapat mengandung beberapa hormon yang digunakan untuk mempercepat pertumbuhan ayam. Residu hormon ini dalam pupuk kandang kotoran ayam dikhawatirkan dapat terbawa ke dalam jaringan tanaman, dan masuk ke tubuh manusia.

Tabel 2. Dosis pupuk N organik yang diaplikasikan oleh petani responden pada usahatani sayuran di Sub DAS Klakah, DAS Serayu, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo

Table 2. N organic fertilizer doses that are applied by the responden farmers vegetable farming in Klakah Sub Watershed, Serayu Watershed, Wonosobo District

No.	Lokasi pengamatan	Dosis pupuk N organik		
		Kentang	Kubis	Jagung
		…… t ha^{-1} ……		
1.	Atas	29,5	12,5	1,0
2.	Tengah	25,5	10,0	2,0
3.	Bawah	20,5	13,8	1,2
	Rata-rata	25,0	12,1	1,4

Dampak Pupuk Nitrogen pada Produksi

Pemberian pupuk N anorganik dan organik memberikan korelasi yang nyata pada produksi kentang (Tabel 3). Pupuk urea adalah sumber pupuk N anorganik yang memberikan korelasi yang nyata dengan nilai R= 0,5664, sedangkan sumber pupuk N anorganik lainnya

(NPK dan ZA) tidak berkorelasi nyata. Hal ini dikarenakan bahwa tidak semua petani memupuk dengan pupuk NPK atau ZA, sehingga pengaruhnya secara tunggal tidak tampak.

Berpengaruhnya dosis pupuk N pada produksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, juga dikemukakan oleh Ramos *et al*. (2002) bahwa pengurangan aplikasi pupuk N sekitar 50% akan mengakibatkan menurunnya rata-rata hasil sekitar 5%, dan juga menurunkan 50% nitrat yang hilang melalui *leaching*.

Tabel 3. Korelasi antara pupuk N anorganik dan organik dengan hasil kentang pada Sub DAS Klakah, Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo

Table 3. Coorelation between N anorganic and organic fertilizer with potatos yield at Klakah Sub Watershed, Serayu Watershed, Wonosobo District

No.	Jenis pupuk	Koefisien korelasi (R)
1.	1. N anorganik	0,6709*
2.	a. Urea	0,5664*
3.	b. NPK	0,0455
4.	c. ZA	-0,031
5.	2. N organik/pupuk organik	0,5806*

Keterangan: *) nyata pada taraf 0,05

Dampak Pemupukan Nitrogen pada Konsentrasi Nitrat dalam Air Sungai

Tanah di wilayah studi mempunyai pH yang berkisar antara 5,6-6,3. Pada pH tersebut dengan kondisi tanah yang aerob maka proses nitrifikasi berjalan cukup baik, sehingga akan mengubah amonium dari pupuk urea menjadi nitrat. Selanjutnya nitrat yang berada dalam larutan tanah dapat tercuci oleh air perkolasi, dan masuk ke sungai.

Hasil pengukuran kandungan nitrat pada musim kemarau 2008 disajikan pada Tabel 4. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nyata pada debit sungai, konsentrasi nitrat, dan nitrat terbawa dari lokasi pengamatan.

Nilai rata-rata konsentrasi nitrat pada semua lokasi pengamatan berbeda nyata dengan konsentrasi nitrat pada bagian hulu. Konsentrasi nitrat air sungai pada sungai bagian tengah hingga rendah meningkat sebesar 68-152% dari bagian hulu, tetapi masih lebih rendah dari batas yang diperkenankan (45 mg l nitrat^{-1}). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat peningkatan konsentrasi nitrat air sungai yang nyata akibat aktivitas budi daya tanaman sayuran di Sub DAS Klakah. Pada bagian hulu aktivitas pertanian yang ada adalah perkebunan teh, dengan dosis pupuk sesuai dengan rekomendasi yaitu 90 kg N, 75 kg P_2O_5, dan 60 kg K_2O per ha, sedangkan pada bagian tengah hingga bawah adalah tanaman sayuran (kentang, kubis, jagung, dan tembakau). Pada lokasi Sub DAS Klakah pertananaman dapat dilakukan sepanjang tahun dengan indeks pertanaman 300, sehingga memungkinkan terjadi pergerakan nitrat dari pupuk N ke badan sungai akibat berlebihannya jumlah pupuk N yang diberikan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1 dan 2.

Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian di Lembah Sungai Bagian Atas Pantanoso Provinsi Argentina Tenggara yang dilaporkan Costa *et al*. (2002), konsentrasi

Tabel 4. Debit air sungai, konsentrasi nitrat dan jumlah nitrat terbawa (*loaded*) pada sub Das Klakah, DAS Serayu di Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo. Musim Kemarau 2008

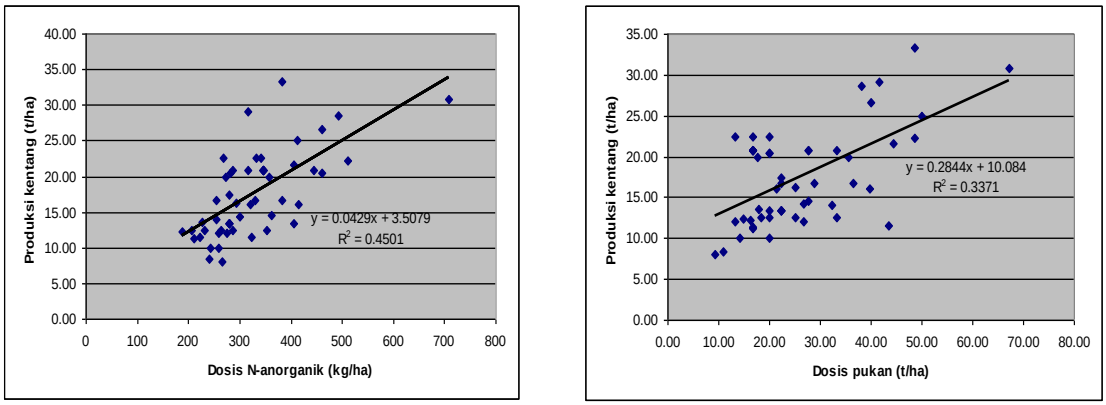
Table 4. River water debite, nitrate concentration, and loaded nitrate at Klakah Sub watershed, Serayu watershed, Wonosobo district. Dry Season 2008

No.	Lokasi pengamatan	Debit sungai	Konsentrasi nitrat	Konsentrasi nitrat[1)]	Nitrat terbawa (*loaded*)
		l detik^{-1}	mg l^{-1}	mg l^{-1}	mg detik^{-1}
1.	Hulu (atas)	63,33 d	14,67 a	- 30,33	921 b
2.	Klakah (atas)	2,30 a	40,97 d	- 4,03	95 a
3.	Siwaru (tengah)	19,33 ab	30,00 bc	- 15,00	565 ab
4.	Klakah (tengah)	11,33 ab	25,67 b	- 19,33	293 ab
5.	Klakah (bawah)	40,00 bc	24,67 b	- 20,33	922 b
6.	Siwaru (bawah)	61,67 d	28,33 b	- 16,67	1.729 c
7.	Klakah (bawah)	67,00 d	31,33 bc	- 13,67	2.033 cd
8.	Jambangan (bawah)	47,67 cd	37,00 cd	- 8,00	1.771 c
9.	Klakah (bawah)	106,67 e	24,67 b	- 21,00	2.667 e
	CV (%)	39,4	15,4	-	35,9

Keterangan:

[1)] tanda (-) menunjukkan nilai konsentrasi nitrat di bawah baku mutu

Angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf sama adalah tidak beda nyata pada taraf 0,05 *Duncan Multiple Range Test*.



Gambar 3. Regresi linear hubungan antara dosis pupuk dengan produksi kentang selama 3 musim pertanaman pada Sub DAS Klakah, DAS Serayu di Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo

Figure 3. Linear regresi correlatin between fertilizer doses with potatos yield during 3 seasons at at Klakah Sub Watershed, Serayu Watershed, Wonosobo District

nitrat tinggi pada air sungai berhubungan dengan pola penggunaan lahan pertaniannya. Area dengan konsentrasi N-nitrat yang lebih tinggi dari 10 mg l^{-1} berada pada lokasi dimana aktivitas pertaniannya lebih intensif seperti tanaman pertanian. Area dengan konsentrasi N-nitrat yang lebih rendah dari 10 mg l^{-1} berada pada lokasi dimana aktivitas pertaniannya rendah, seperti tanaman pakan ternak dan padang rumput. Konsentrasi nitrat yang tinggi pada air bawah tanah tanaman pertanian mengindikasikan bahwa aktivitas budi daya pertanian adalah sumber utama dari pencemaran nitrat.

Selanjutnya Andraski dan Bundhy (1999) *dalam* Kraft and Stites (2003), pada petak percobaan di Winconsin Central Sand Plain yang ditanami tanaman kentang kehilangan 53% dari pupuk N yang diaplikasikan akibat *leaching* dengan dosis rekomendasi 224 kg N ha^{-1} Sedangkan Ramos *et al*. (2002) melaporkan bahwa pada tanaman kentang nitrat yang hilang akibat *leaching* diantara 38 dan 65%.

Hasil penelitian Costa *et al*. (2002), Zhang *et al*. (1996), Andraski dan Bundhy (1999) *dalam* Kraft and Stites (2003) tersebut di atas sesuai dengan hasil pengamatan konsentrasi nitrat di wilayah studi. Budidaya tanaman sayuran terutama kentang mempunyai kontribusi yang tinggi untuk meningkatkan konsentrasi nitrat air sungai. Hal ini terutama disebabkan bahwa tanaman sayuran khususnya tanaman kentang membutuhkan banyak N untuk jumlah dan kualitas hasil serta mempunyai sistem perakaran dangkal. Oleh karena itu nitrat-N menjadi mudah hilang oleh *leaching*.

Konsentrasi nitrat pada bagian hulu (kebun teh) adalah 14,67 mg l^{-1}, kemudian ketika masuk ke S. Siwaru bagian atas konsentrasi nitratnya meningkat menjadi 30 mg l^{-1}. Hal ini memperlihatkan bahwa aktivitas budidaya tanaman sayuran pada bagian atas S. Siwaru sangat intensif dengan dosis pemupukan nitrogen yang lebih tinggi, sehingga menyebabkan peningkatan nitrat yang cukup tinggi. Selanjutnya konsentrasi nitrat pada S. Siwaru bagian bawah hampir sama dengan yang di atasnya yaitu 28,33 mg l^{-1} memperlihatkan bahwa tingkat pemupukan pada lokasi S. Siwaru bagian bawah hampir sama dengan tingkat pemupukan di S. Siwaru bagian atas.

Konsentrasi nitrat air sungai dari satu anak sungai akan semakin menurun dengan semakin tingginya debit sungai, sehingga terjadi pengenceran. Hal ini dapat ditunjukkan pada Sungai Siwaru dimana konsentrasi nitrat pada bagian tengah 30 mg nitrat-NO_3^- l^{-1} dengan debit sungai 19,33 l $detik^{-1}$ menurun menjadi 24,67 mg nitrat-NO_3^- l^{-1} dengan debit sungai yang meningkat menjadi 40,00 l $detik^{-1}$ atau pada Sungai Klakah dimana konsentrasi nitrat pada bagian tengah 25,67 mg nitrat-NO_3^- l^{-1} dengan debit sungai 11,33 l $detik^{-1}$ menurun menjadi 24,67 mg nitrat-NO_3^- l^{-1} dengan debit sungai yang meningkat menjadi 40,00 l $detik^{-1}$.

Pada Sungai Klakah yang merupakan sungai utama di Sub DAS Klakah, peningkatan konsentrasi nitrat akan terjadi, jika terdapat tambahan nitrat dari anak sungainya (Sungai Siwaru), sedangkan debit sungai tidak jauh berbeda dengan debit sungai di bagian atasnya. Kemudian konsentrasi nitrat akan menurun kembali jika debit sungai meningkat secara nyata, akibat terjadinya pengenceran oleh air hujan yang masuk langsung ke badan sungai.

Pada Sungai Klakah bagian atas konsentrasi nitratnya paling tinggi dibandingkan dengan konsentrasi nitrat pada bagian sungai yang lain, yaitu 40,97 mg nitrat-NO_3^- l^{-1}. Hal ini dikarenakan pada Sungai Klakah pada bagian atas tidak terdapat air sungai yang mengalir, sehingga air sungai yang diukur adalah mata air yang ke luar dari tebing sungai. Oleh karena itu air yang diukur tersebut

Tabel 5. Debit air sungai, konsentrasi nitrat, dan jumlah nitrat terbawa (*loaded*) pada Sub Das Klakah, DAS Serayu di Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo. Musim Hujan 2008

Table 5. River water debite, nitrate concentration, and loaded nitrate at Klakah Sub Watershed, Serayu Watershed, Wonosobo District, Rainy Season 2008

No.	Lokasi pengamatan	Debit sungai	Konsentra-si Nitrat	Konsentrasi nitrat[2)]	Nitrat terbawa (*loaded*)
		l detik^{-1}	mg l^{-1}	mg l^{-1}	mg detik^{-1}
1.	Hulu (atas)	80,50 bc	6,27 a	- 38,37	509 a
2.	Klakah (Atas)	4,47 a	17,88 d	- 27,12	79 a
3.	Siwaru (tengah)	47,23 ab	11,90 c	- 33,10	557 a
4.	Klakah (tengah)	21,07 ab	8,22 ab	- 36,78	163 a
5.	Klakah (bawah)	75,70 bc	10,19 bc	- 34,81	701 ab
6.	Siwaru (bawah)	117,33 d	6,91 ab	- 38,09	791 ab
7.	Klakah (bawah)	182,07 e	10,35 bc	- 34,65	2.225 c
8.	Jambangan (bawah)	94,87 cd	12,35 c	- 32,65	1.477 bc
9.	Klakah (bawah)	421,80 f	10,42 bc	- 34,58	4.395 d
	CV (%)	30,7	18,6	-	39,5

Keterangan:

[2)] tanda (-) menunjukkan nilai konsentrasi nitrat di bawah baku mutu

Angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf sama adalah tidak beda nyata pada taraf 0,05 *Duncan Multiple Range Test*.

tidak mengalami pengenceran, langsung dari aliran air bawah tanah.

Hasil pengukuran kandungan nitrat pada musim hujan 2008 disajikan pada Tabel 5. Nilai rata-rata konsentrasi nitrat menunjukkan perbedaan nyata antara konsentrasi nitrat air sungai di bagian hulu dengan konsentrasi nitrat air sungai di bagian bawahnya. Konsentrasi nitrat-NO_3^- pada seluruh lokasi pengamatan menunjukan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi nitrat pada pengamatan di musim kemarau. Rata-rata konsentrasi nitrat-NO_3^- pada musim hujan lebih rendah 2,9 kali dari konsentrasi nitrat-NO_3^- pada musim kemarau (Tabel 4 dan 5). Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi pengenceran akibat masuknya air hujan ke badan sungai. Curah hujan pada bulan Juli (musim kemarau) adalah 29 mm, sedangkan pada bulan Desember (musim hujan) adalah 581 mm.

Pada musim kemarau dan musim hujan konsentrasi nitrat-NO_3^- di seluruh lokasi pengamatan menunjukkan nilai yang lebih rendah dari konsentrasi nitrat-NO_3^- yang diperkenankan yaitu 45 mg l^{-1} atau 10 mg nitrat-N l^{-1}. Lebih rendahnya konsentrasi nitrat-NO_3^- dari batas toleransi menunjukkan bahwa alam yaitu tanah masih mampu menahan nitrat-NO_3 yang tidak dapat dimanfaatkan tanaman, sehingga nitrat yang masuk ke badan sungai masih di bawah toleransi. Tetapi hal ini tidak mungkin akan terjadi sepanjang masa, pada satu waktu tanah tidak mampu lagi menahan jumlah nitrat. Jika daya lenting tanah sudah terlewati maka kemampuan tanah menahan nitrat dalam larutan tanah akan semakin menurun, sehingga semakin banyak nitrat yang terbuang dan masuk ke dalam badan sungai. Oleh karena itu upaya-upaya yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N harus dilakukan.

Nitrat terbawa air sungai semakin ke bawah akan semakin banyak yaitu dari 565 menjadi 1.729 mg nitrat-NO_3^- detik^{-1} (musim kemarau) dan dari 557 menjadi 1.791 mg nitrat-NO_3^- detik^{-1} (musim hujan) pada Sungai Siwaru, dari 95 menjadi 2.667 mg nitrat-NO_3^- detik^{-1} (musim kemarau) dan dari 79 menjadi 4.395 mg nitrat-NO_3^- detik^{-1} (musim hujan) pada Sungai Klakah. Nitrat terbawa menunjukkan bahwa jumlah nitrat yang terdapat air sungai per satuan detik, sehingga merupakan jumlah nitrat yang hilang terbawa air sungai per satuan waktu. Jika jumlah nitrat terbawa diasumsikan tetap, maka pada musim kemarau dalam satu hari akan terbawa 187 kg nitrat-NO_3^- atau 41 kg nitrat-N atau 90 kg urea setara dengan uang Rp 135.000,- jika harga urea Rp 1.500,-. Dalam satu bulan akan terbuang uang senilai Rp 4.057.000,-. Sedangkan pada musim hujan dalam satu hari akan terbawa 380 kg nitrat-NO_3^- atau 84 kg nitrat-N atau 183 kg urea, sehingga akan terbuang uang senilai Rp 175.165,-. Dalam satu bulan di musim hujan akan terbuang uang senilai Rp 8.255.000,-. Oleh karena itu, perlu dilakukan langkah-langkah yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N, sehingga jumlah pupuk N yang terbuang dapat ditekan serendah mungkin.

Jumlah nitrat yang terbawa air yang meningkat di bagian hilir daripada di bagian hulu mengindikasikan adanya pengaruh pemupukan N yang tinggi pada budi

daya sayuran, utamanya kentang. Kraft dan Stites (2003) juga mengemukakan bahwa budi daya tanaman kentang menyuplai lebih banyak nitrat dibandingkan tanaman sayuran lain seperti jagung manis.

Kesimpulan

1. Dosis pupuk N yang diterapkan petani pada tanaman kentang, kubis, dan jagung berturut-turut adalah 312, 167, dan 43 kg N ha^{-1} atau setara dengan 678, 363, dan 93 kg urea/ha dan lebih tinggi 70% dan 6% dari dosis rekomendasi untuk tanaman kentang dan kubis, sedangkan untuk tanaman jagung masih di bawah dosis rekomendasi.
2. Pemberian pupuk N anorganik dan pupuk organik kotoran ayam memberikan korelasi nyata pada produksi kentang yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi (R) masing-masing 0,5564 dan 0,5806.
3. Pemupukan N dosis tinggi berpengaruh nyata (pada taraf 0,05) meningkatkan konsentrasi nitrat dalam air sungai sebesar 64% dan 68% lebih tinggi dari konsentrasi nitrat air sungai di bagian hulu masing-masing pada musim kemarau dan hujan. Namun, konsentrasi nitrat di semua lokasi pengamatan menunjukkan nilai yang lebih rendah (24,00-40,97 mg nitrat-NO_3^- l^{-1} pada musim kemarau dan 6,91-17,88 mg nitrat-NO3- l^{-1}) dari konsentrasi nitrat-NO_3^- yang diperkenankan untuk air minum (45 mg l^{-1}). Jumlah nitrat yang terbawa air sungai dalam satu hari masing-masing sebanyak 187 kg nitrat-NO_3^- atau setara dengan 90 kg urea pada musim kemarau dan 380 kg nitrat-NO_3^- atau setara dengan 90 kg urea.

Daftar Pustaka

Agus, F. and Irawan. 2006. Agricultural land conversion as a threat to food security and environmental quality *Dalam* Prosiding Seminar Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian. Ai Dariah, N.L. Nurida, Irawan, E. Husen, dan F. Agus (*Eds*.). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.

Asandhi, A. Azirin, S. Sastrosiswojo, Suhardi, Z. Abidin, dan Subhan. 1989. Kentang Edisi ke-2. Balai Penelitian Hortikultura. Lembang.

Balai Penelitian Tanah. 2007. Laporan Tahunan Hasil Penelitian. Bogor.

Bungin, B. 2008. Metodologi Penelitian Kuantitatif: Komunikasi, Ekonomi, dan Kebijakan Publik, serta Ilmu-Ilmu Sosial Lainnya. Ed. 1 Cet. 3. Kencana Prenada Media Group, Jakarta.

Costa, J.L., H. Massone, D. Martinez, E.F. Suero, C.M. Vidal, and F. Bedmar. 2002. Nitrate contamination of rural aquifer and accumulation in the unsaturated zone. Agriclutural Water Management (57):33-47. Elsevier Science B.V.

Ditjen Bina Produksi Hortikultura. 2003. Budi Daya Kentang. Dirjen Bina Produksi Hortikultura. Jakarta.

----------. 2004. Budi Daya Sayuran Daun dan Tunas. Dirjen Bina Produksi Hortikultura. Jakarta.

Kraft, G.J. and W. Stites. 2003. Nitrate impact on groundwater from irrigated-vegetable system in a humid north-central US sand plain. Agriculture, Ecosystem and Environmental (100):3-74. www.sciencedirect.com. Elsevier Science B.V.

Las, I., K. Subagyono, dan A.P. Setiyanto. 2006. Isu dan pengelolaan lingkungan dalam revitalisasi petanian. *Dalam* Prosiding Seminar Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian. Ai Dariah, N.L. Nuraida, Irawan, E. Husen, dan F. Agus (*Eds*). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.

Nazir, M. 1988. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta.

Notodarmodjo, S. 2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Penerbit ITB, Bandung.

Proyek Pembangunan Penelitian Pertanian Nusa Tenggara. 1992. Petunjuk Bertanam Sayuran. S. Kusumo dan H. Sunarjono (Ed). Jakarta.

Ramos, C., A. Agut, and A.L. Lidon. 2002. Nitrate leaching in impoertant crops of the Valencian Community region (Spain). Environmental Pollution (118):215-223. Elsevier Science B.V.

Sarwono, J. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Edisi pertama. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.

Smith, R.F. 1976. The Agroecosystem and pest management. IRRI. IPC/SP6.

Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Departemen Ilmu Tanah IPB, Bogor.

Stevenson, F.J. 1982. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction. John Wiley & Sons, Inc. Canada.

Tim Pakar Prima Tani. 2005. Kumpulan Teknologi Unggulan Pendukung Prima Tani. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.

Yuningsih. 2007. Keracunan nitrat-nitrit pada ternak ruminansia dan upaya pencegahannya. Jurnal Litbang Pertanian, 26(4):153-158.

Zhang, W.L., Z.X. Tian, N. Zhang, and X.Q. Li. 1996. Nitrate pollution of groundwater in northern China. Agriculture, Ecosystem, and Environmental (59):223-231. Elsevier Science B.V.