

RESIDU PUPUK NITROGEN DI LINGKUNGAN PERAIRAN HULU DAERAH ALIRAN SUNGAI TONDANO PROVINSI SULAWESI UTARA

Sofia Wantasen

Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: swantasen@yahoo.co.id

Abstrak

Pupuk Nitrogen yang tidak terserap oleh tanaman akan menimbulkan dampak residu di lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji konsentrasi residu nitrogen di lingkungan perairan hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Tondano dalam kurun waktu 3 (tiga) tahun (2013-2015). Cara penelitian adalah observasi lapang terhadap aktivitas pertanian dan pengambilan sampel kualitas air dilakukan dengan menggunakan metode composite sampling di Sungai Panasen yang merupakan outlet saluran irigasi hulu DAS Tondano. Data yang diperoleh adalah data selama 3 tahun (2013-2015) yang diukur setiap 3 bulan dan analisis parameter nitrat, nitrit, ammonia di laboratorium. Analisis data menggunakan Metode Grafik dan membandingkan dengan Baku Mutu sesuai PP No. 82/2001 Kelas II.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi residu nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia) di lingkungan perairan hulu DAS Tondano pada musim tanam di tahun 2013 konsentrasi nitrat: 0,293-0,408 mg/l; nitrit 0,001-0,041 mg/l; ammonia 0,04-0,28 mg/l. Pada musim tanam di tahun 2014 bulan konsentrasi nitrat: 0,184-0,628 mg/l; nitrit 0,02-0,077 mg/l; ammonia 0,002-0,13 mg/l. pada musim tanam di tahun 2015 konsentrasi nitrat: 0,173-0,585 mg/l; nitrit 0,001-0,029 mg/l; ammonia 0,05-0,10 mg/l.

Kata kunci ; residu, pupuk nitrogen, outlet irigasi, DAS Tondano

Abstract

The Nitrogen fertilizer which is not absorbed by plant will be impact to residue in the environment. The aim of this study was to assess the residues of nitrogen in the aquatic environment up stream of the Tondano Watershed during 2013-2015 (three years). Data collected by observation of agriculture activity and determination of sampling by using composite sampling method in River Panasen which is paddy irrigation outlet canal up stream of the Tondano Watershed during 2013-2015 (three years), was measurement each three month and analysis nitrate, nitrite, ammonia in the Laboratory. Method data analysis are Graphic Method and to compare with standart Government PP. No. 82/2001 Class II.

Results showed that the nitrogen residue concentration (nitrate, nitrite, ammonia) at aquatic environment in the up stream of Tondano Watershed on the growing season in 2013 nitrate concentration: 0,293-0,408 mg/l; nitrite 0,001-0,041 mg/l; ammonia 0,04-0,28 mg/l. in the growing season in 2014 concentration nitrate: 0,184-0,628 mg/l; nitrite 0,02-0,077 mg/l; ammonia 0,002-0,13 mg/l. in the growing season in 2015 concentration nitrate: 0,173-0,585 mg/l; nitrite 0,001-0,029 mg/l; ammonia 0,05-0,10 mg/l.

Key-words: residue, nitrogen fertilizer, outlet irrigation, Tondano Watershed

1. Pendahuluan

Nitrogen merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman padi pada tahap vegetatif aktif. Nitrogen tersebut diperoleh dari pupuk nitrogen seperti Urea dengan rumus kimia NH_2CONH_2 . Pentingnya unsur nitrogen ini adalah berkaitan dengan unsur esensial yang berhubungan dengan klorofil (Yoshida, 1981). Unsur nitrogen menjadi faktor pembatas terhadap pertumbuhan tanaman dan akan mempengaruhi produksi. Apabila unsur ini tidak tersedia maka berakibat pada penurunan nilai produksi. Pupuk nitrogen diserap tanaman dalam bentuk nitrat dan ammonium. Nitrat (NO_3^-) yang berlebihan akan hilang ke badan air mengalami residu di lingkungan yaitu di saluran irigasi dan badan air yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan kualitas air (Elmi, *et al*, 2004).

Kehilangan nitrogen melalui Proses Denitrifikasi akibat aplikasi pemupukan nitrogen telah diperoleh data kisaran dari 9,5% hingga 22%. Potensial hilangnya nitrogen ke lingkungan dalam bentuk yang lain adalah ammonia (NH_3) *Volatilization* dari permukaan tanah (Cossey, *et al*, 2002). Menurut Ishikawa (1999), bahwa semakin besar *input* nitrogen pada lahan sawah beririgasi akan meningkatkan jumlah nitrogen *output* di lingkungan perairan.

Unsur hara nitrogen yang dikandung dalam Pupuk Urea sangat besar kegunaannya bagi tanaman yaitu untuk pertumbuhan dan perkembangan, antara lain: 1). membuat daun tanaman lebih hijau segar dan banyak mengandung butir hijau daun (*chlorophyll*) yang mempunyai peranan sangat penting dalam proses fotosintesa, 2). mempercepat pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah anakan, cabang dan lain-lain), 3). menambah kandungan protein tanaman, 4). dapat dipakai untuk semua jenis tanaman baik tanaman pangan, hortikultura, tanaman perkebunan, usaha peternakan dan usaha perikanan (Palimbani, 2007).

Pupuk Urea adalah pupuk kimia yang mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi yaitu sekitar 46%. Unsur Nitrogen merupakan zat hara yang sangat diperlukan tanaman. Pupuk Urea berbentuk butir-butir kristal berwarna putih, dengan rumus kimia NH_2CONH_2 , merupakan pupuk yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat mudah menghisap air (*higroskopis*). Cara pemberian pupuk nitrogen mempengaruhi hilangnya nitrogen ke

lingkungan berupa penguapan, dan pencucian, sehingga nitrogen yang dimanfaatkan tanaman berkurang (Palimbani, 2007).

Bentuk-bentuk transformasi nitrogen di lingkungan adalah *nitrifikasi*, *nitrate reduction* dan *denitrifikasi* (Manahan, 2005; Wiederholt R & B. Johnson, 2005). **Nitrifikasi** adalah oksidasi ammonia menjadi Nitrat dan berlangsung pada kondisi aerob. Konversi dari N (-III) menjadi N (V) adalah proses yang sangat penting di air dan tanah. Nitrogen di air pada keseimbangan *thermodynamic* dengan udara menjadi N (V) (Manahan, 2005). Nitrifikasi dikatalisis oleh dua kelompok bakteri yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas* dan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Proses-proses ini terjadi di alam.

Nitrate reduction adalah Nitrat yang dapat digunakan oleh beberapa bakteri sebagai alternatif elektron reseptor. Ion Nitrat berfungsi sebagai elektron reseptor yang selalu menghasilkan NO_2^- . **Denitrifikasi** adalah spesial kasus untuk reduksi Nitrat, dimana produk Nitrogen yang direduksi adalah Nitrogen yang mengandung gas, selalu dalam bentuk N_2 pada pH 7,00. Denitrifikasi adalah proses mereduksi nitrat dan nitrit menjadi gas Nitrogen (N_2) yang dapat dilepas ke udara/atmosfir. Apabila kondisi dengan ketersediaan oksigen (tersedianya *electron acceptor*) maka akan terurai dan oleh bakteri akan dioksidasi menjadi nitrat di dalam bahan organik.

Nitrat (NO_3^-) adalah nutrien yang pada kadar berlebihan, dapat menyebabkan penurunan kualitas air suatu badan air yang akhirnya menimbulkan pencemaran air serta berakibat pada eutrofikasi (*eutrophication*). Pada tahap awal dari proses eutrofikasi adalah badan air mendapat masukan hara (*plant nutrients*) dari wilayah tangkapannya sebagai aliran permukaan (*watershed runoff*) atau *sewage*. Dampak selanjutnya adalah menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat (*blooming*). Nitrat dapat digunakan untuk mengelompokkan tingkat kesuburan perairan. Perairan Oligotrofik memiliki kadar Nitrat antara 0–1 mg/liter, perairan Mesotrofik memiliki kadar Nitrat antara 1–5 mg/liter, dan perairan Eutrofik memiliki kadar nitrat berkisar antara 5–50 mg/liter (Arthana, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji

konsentrasi residu nitrogen di *outlet* saluran irigasi hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Tondano dalam kurun waktu tiga tahun (2013-2015).

2. Metode

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pengambilan sampel air: *water sampler*, *ice box*, GPS, pH meter, termometer air, dan *spectrophotometer*: peralatan yang digunakan untuk analisis konsentrasi nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia). Bahan penelitian adalah aquades, tissu serta alat tulis menulis.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data primer diperoleh dengan mengambil data langsung di lapangan yaitu untuk data kualitas air parameter nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia). Pengambilan sampel air mengacu pada APHA (2005). Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan metode *composite sampling*. Lokasi pengambilan sampel air adalah Sungai Panasen pada 2 titik yang menjadi *outlet* saluran irigasi pada musim tanam kurun waktu tiga tahun (2013-2015). Pengambilan sampel air tersebut dilakukan preparasi di lapangan dan dianalisis di laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan yang Terakreditasi KAN (Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Penguji LP-433-IDN).

2.3 Analisis data

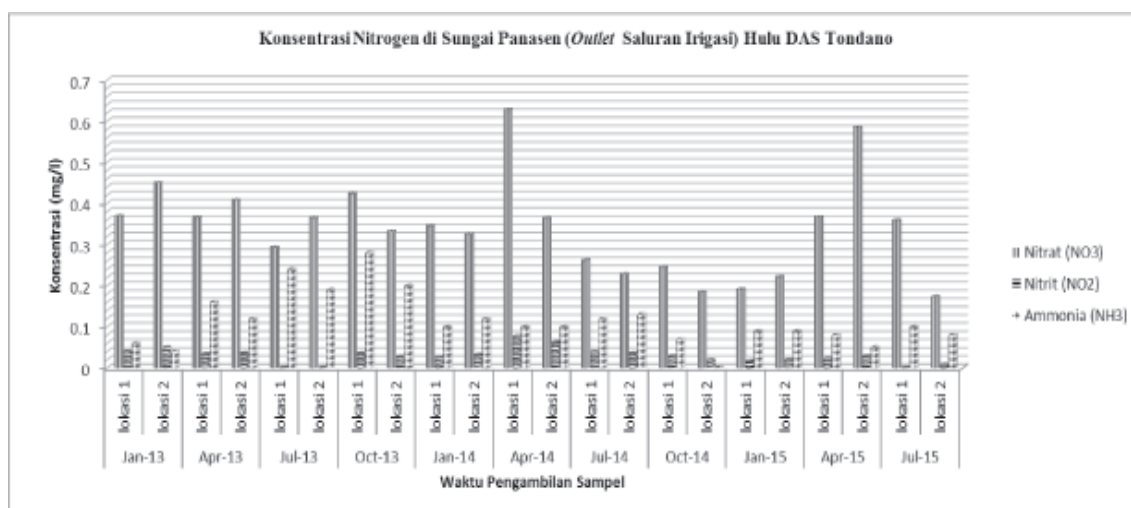
Analisis data menggunakan Metode Grafik untuk dapat mengevaluasi konsentrasi nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia), serta membandingkan dengan Baku Mutu sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Kelas II Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (KLH, 2001).

Kelas II adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

Pupuk urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ akan terhidrolisis menjadi ammonium nitrat, yang mengandung ion ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-), di lingkungan akan mengalami transformasi menjadi nitrit dan ammonia (Wantasen, 2012). Konsentrasi nitrat, nitrit, dan ammonia di Sungai Panasen (*outlet* saluran irigasi) hulu DAS Tondano secara grafik terdapat pada Gambar 1.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia) di Sungai Panasen (*outlet* saluran irigasi hulu DAS Tondano) pada musim tanam di tahun 2013 konsentrasi nitrat: 0,293-0,408 mg/l; nitrit 0,001-0,041 mg/l; ammonia 0,04-0,28 mg/l. Pada musim tanam di



Gambar 1. Konsentrasi Nitrogen (Nitrat, Nitrit, Ammonia) di Sungai Panasen (*Outlet* Saluran Irigasi) Hulu Daerah Aliran Sungai Tondano pada Musim Tanam Kurun Waktu Tiga Tahun (2013-2015).

tahun 2014 bulan konsentrasi nitrat: 0,184-0,628 mg/l; nitrit 0,02-0,077 mg/l; ammonia 0,002-0,13 mg/l. pada musim tanam di tahun 2015 konsentrasi nitrat: 0,173-0,585 mg/l; nitrit 0,001-0,029 mg/l; ammonia 0,05-0,10 mg/l.

Sungai Panasen terdapat di hulu DAS Tondano dalam perjalanannya melintasi areal persawahan di bagian hulu DAS Tondano dan bermuara di Danau Tondano. Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi nitrat, nitrit, ammonia di Sungai Panasen (*outlet* saluran irigasi) yang tanaman padi di persawahannya berada pada masa pertumbuhan aktif dimana kondisi ini juga menandakan masa pemupukan aktif, jika dibandingkan dengan persawahan yang berada pada kondisi masa panen (Wantasen, *et al*, 2014).

Transformasi nitrogen menjadi nitrat berlangsung pada kondisi lingkungan tertentu. Oksidasi ammonia menjadi nitrat berlangsung pada kondisi aerob (Einsle, *et al*, 2004). Konsentrasi nitrat di Sungai Panasen (*outlet* saluran irigasi) hulu DAS Tondano terhadap Baku Mutu PP 82 Tahun 2001 Kelas II secara grafik terdapat pada Gambar 2.

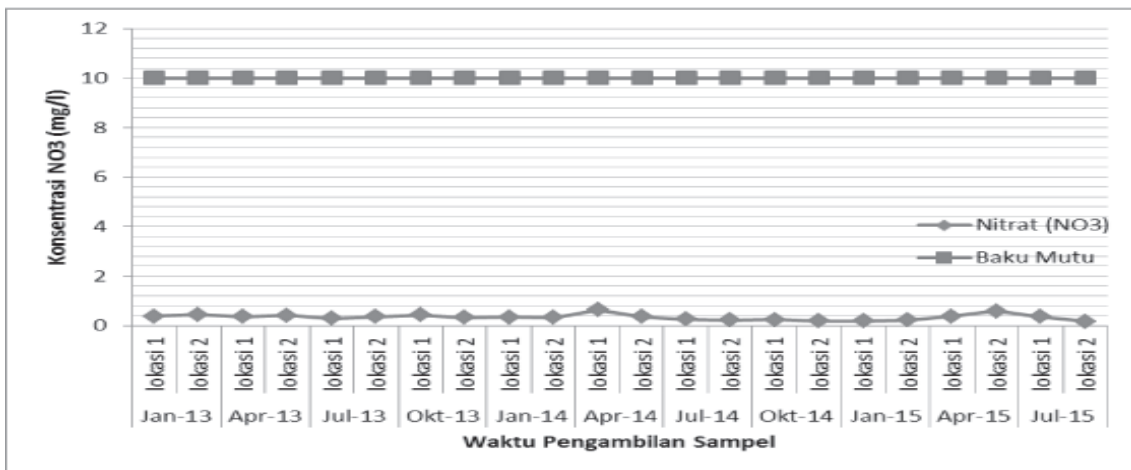
Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat di *outlet* saluran irigasi persawahan di bagian hulu DAS Tondano adalah pada musim tanam tahun 2013 konsentrasi nitrat: 0,293-0,408 mg/l, tahun 2014 nitrat: 0,184-0,628 mg/l dan tahun 2015 konsentrasi nitrat: 0,173-0,585 mg/l. Konsentrasi nitrat tersebut meningkat pada tahun

2014, dan 2015 (Gambar 5). Sumber nitrat terbesar adalah dari *outlet* saluran irigasi persawahan yang memiliki pertumbuhan vegetatif aktif. Walaupun demikian konsentrasi yang diperoleh masih berada di bawah baku mutu lingkungan sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Kelas II Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (konsentrasi nitrat: 10 mg/l).

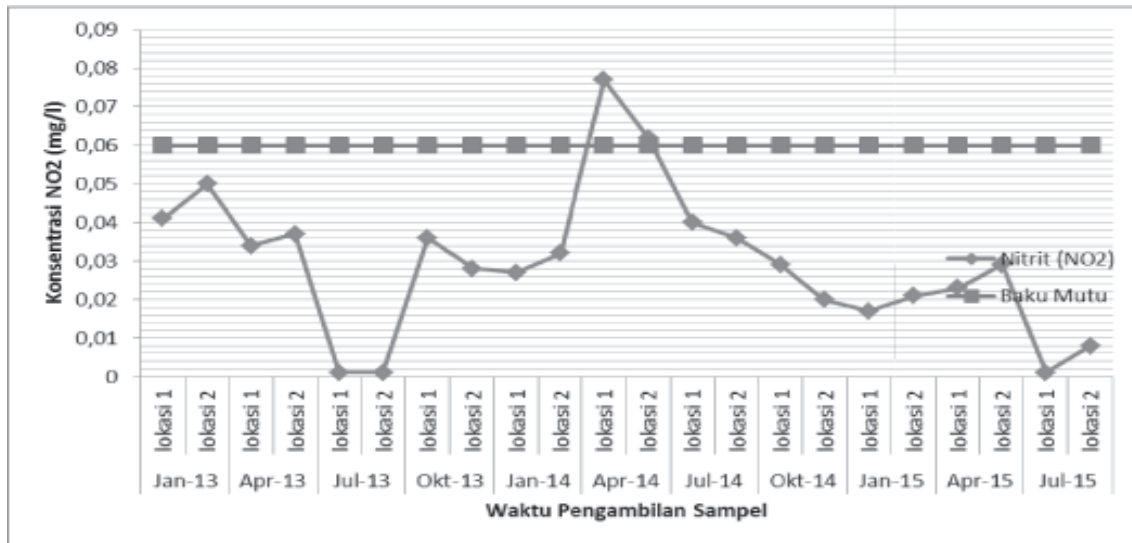
Lingkungan perairan yang anaerob potensial menyebabkan nitrat berubah menjadi senyawa nitrit. Nitrit hanya bersifat sementara dan jika lingkungan tersedia oksigen maka nitrit akan dioksidasi menjadi nitrat. Konsentrasi nitrit, di *outlet* saluran irigasi hulu DAS Tondano secara grafik ditunjukkan pada Gambar 3.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi nitrit di *outlet* saluran irigasi persawahan di bagian hulu DAS Tondano adalah pada musim tanam tahun 2013 konsentrasi nitrit 0,001-0,04 mg/l, tahun 2014 nitrit 0,02-0,077 mg/l dan tahun 2015 nitrit 0,001-0,029 mg/l. Konsentrasi nitrit tersebut meningkat pada tahun 2014 melebihi baku mutu sesuai PP No 82/2001 yaitu nitrit 0,06 mg/l.

Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik yang memiliki kadar oksigen terlarut rendah. Kondisi nitrit hanya bersifat sementara dan jika lingkungan tersedia oksigen maka nitrit akan dioksidasi menjadi nitrat. Kondisi lingkungan berpengaruh terhadap transformasi nitrogen menjadi ammonia. Konsentrasi nitrat meningkat,



Gambar 2. Konsentrasi Nitrat di Sungai Panasen (*Outlet* Saluran Irigasi) Hulu DAS Tondano Terhadap Baku Mutu PP 82 Tahun 2001 Kelas II



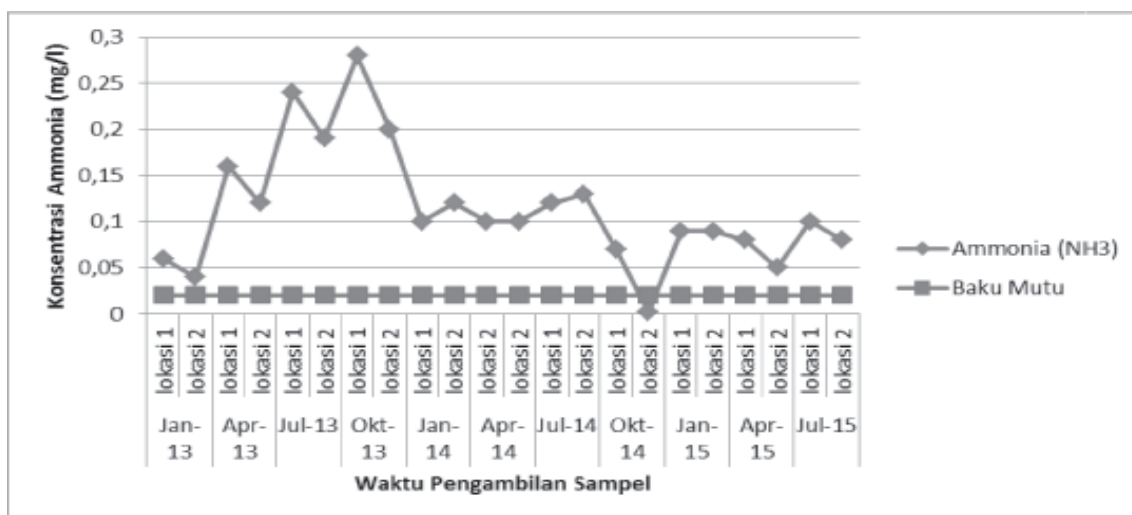
Gambar 3. Konsentrasi Nitrit di Sungai Panasen (*Outlet Saluran Irigasi*) Hulu DAS Tondano Terhadap Baku Mutu PP 82 Tahun 2001 Kelas II

menyebabkan DO menurun karena oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat memerlukan oksigen terlarut. Peningkatan pH mendorong terbentuknya gas NH₃ dan NO₂. Konsentrasi Ammonia di Sungai Panasen (*Outlet Saluran Irigasi*) Hulu DAS Tondano Terhadap Baku Mutu PP 82 Tahun 2001 Kelas II (Gambar 4).

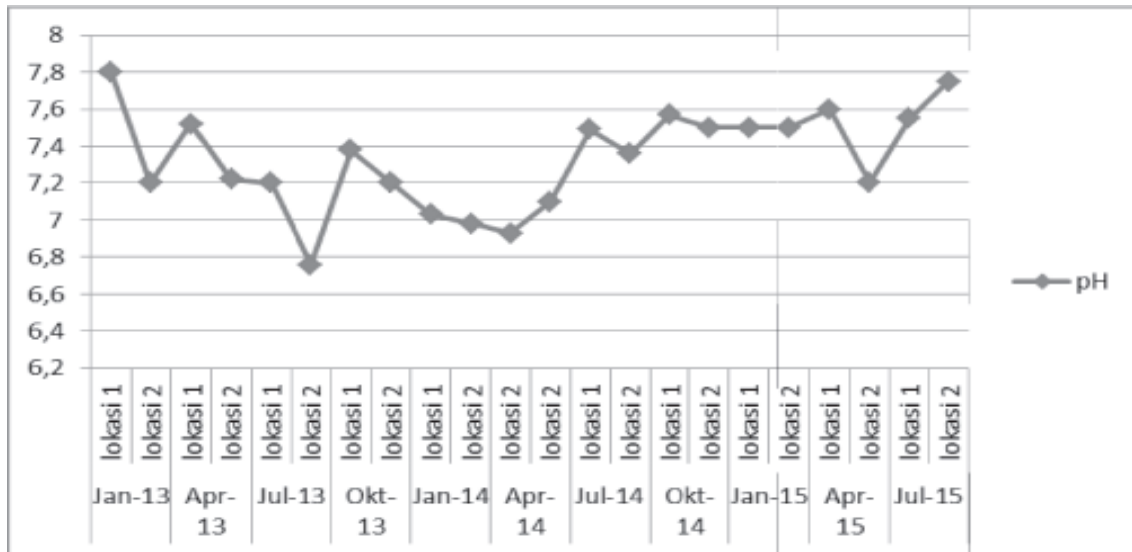
Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi ammonia di *outlet* saluran irigasi

persawahan di bagian hulu DAS Tondano adalah pada musim tanam tahun 2013 konsentrasi ammonia 0,04-0,28 mg/l, tahun 2014 ammonia 0,002-0,13 mg/l dan tahun 2015 ammonia 0,05-0,10 mg/l. Konsentrasi ammonia tersebut meningkat pada tahun 2013 melebihi baku mutu sesuai PP No 82/2001 yaitu pada kondisi ikan yang peka adalah d' 0,02 mg/l.

Terdapat korelasi yang negatif konsentrasi ammonia dan pH karena kesetimbangan ammonia



Gambar 4. Konsentrasi Ammonia di Sungai Panasen (*Outlet Saluran Irigasi*) Hulu DAS Tondano Terhadap Baku Mutu PP 82 Tahun 2001 Kelas II



Gambar 5. pH di Sungai Panasen (*Outlet* Saluran Irigasi) Hulu DAS Tondano

tergantung pada pH. Terdapat korelasi negatif antara nitrat dan pH, peningkatan pH mendorong terbentuknya gas NH_3 dan NO_2 serta penurunan konsentrasi nitrat (NO_3). Proses Nitrifikasi berlangsung pada pH basa (Wantasen, 2012). Hasil pengukuran pH di Sungai Panasen (*Outlet* Saluran Irigasi) Hulu DAS Tondano menunjukkan data bahwa pada umumnya termasuk pH basa yaitu > 7 (Gambar 5).

Wilayah hulu DAS Tondano terdapat Agropolitan Pakakaan yang memiliki areal persawahan yang luas, tanaman pangan dan hortikultura. Teknik budidaya tanaman padi di persawahan sangat tergantung pada pupuk anorganik yaitu pupuk Urea. Pada awal penanaman pupuk Urea sudah diberikan dan diaplikasikan lagi pada tahap ke-2 dan tahap ke-3. Pupuk Urea yang digunakan adalah sekitar 350 kg/ha. Cara pemberian pupuk Urea adalah dengan cara menebar pupuk tersebut di lahan persawahan.

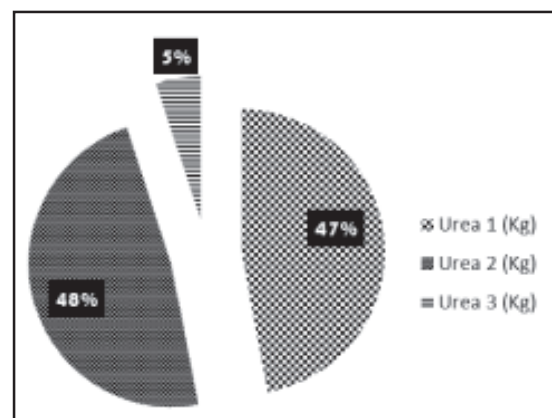
Presentase pemberian pupuk Nitrogen (Urea: $\text{NH}_2 \text{ CONH}_2$) di lahan persawahan hulu DAS Tondano dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan bahwa prosentase tertinggi pemberian pupuk urea pada pertanaman padi sawah di hulu DAS Tondano adalah pada saat pemberian kedua dan ketiga. Pemberian pertama (tahap 1) diberikan saat tanaman berumur 0-21 hari setelah tanam (HST) sebesar 47%, dan

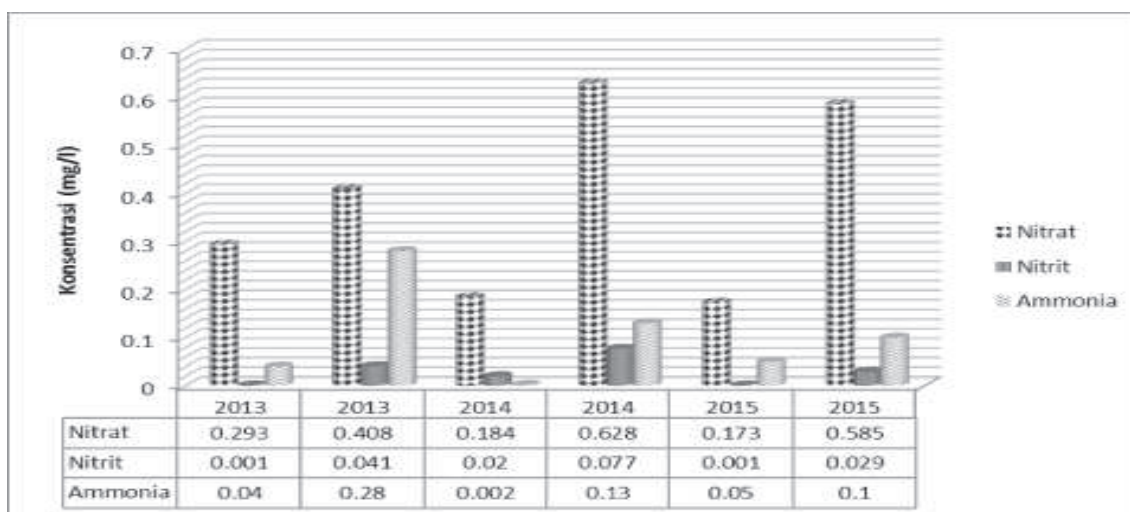
pemberian yang kedua (tahap 2) saat tanaman berumur 21-45 hari setelah tanam (HST) sebesar 48%. Pemberian tersebut adalah pada masa pertumbuhan vegetatif aktif.

Konsentrasi nitrat, nitrit, ammonia terendah dan konsentrasi tertinggi di Sungai Panasen (*Outlet* Saluran Irigasi) Hulu DAS Tondano pada musim tanam kurun waktu tiga tahun (2013-2015) secara grafik dapat dilihat pada Gambar 7.

Fluktuasi konsentrasi nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia) di Sungai Panasen (*outlet* saluran irigasi) tergantung pada kondisi lingkungan serta faktor-



Gambar 6. Prosentase Pemberian Pupuk Nitrogen (Urea: $\text{NH}_2 \text{ CONH}_2$)



Gambar 7. Konsentrasi Nitrat, Nitrit, Ammonia Terendah dan Tertinggi di Sungai Panasen (*Outlet* Saluran Irigasi) Hulu DAS Tondano pada Musim Tanam Kurun Waktu Tiga Tahun (2013-2015).

faktor penentu efisiensi pemupukan nitrogen. Konsentrasi nitrit di perairan alami biasanya ditemukan dalam jumlah yang sedikit yaitu lebih sedikit dari pada nitrat. Konsentrasi nitrit ini sangat dipengaruhi oleh sifat nitrit yang labil dengan keberadaan oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan antara nitrat dan ammonia pada Proses Nitrifikasi dan antara nitrat dan Gas Nitrogen pada Proses Denitrifikasi. Nitrifikasi berlangsung dalam keadaan aerob, dan denitrifikasi berlangsung pada kondisi anaerob.

Aktivitas pemupukan, dalam hal ini pupuk Urea: NH_2CONH_2 di lingkungan, dapat mengalami proses *mineralization*. yaitu proses berubah spesies menjadi Ammonia (NH_3) dan Ammonium (NH_4) (Bush, 2000). Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi transformasi nitrogen di perairan antara lain adalah temperatur, pH, dan konsentrasi oksigen terlarut. Lingkungan perairan yang memiliki pH tinggi/suasana alkalis lebih banyak ditemukan ammonia yang tidak terionisasi dan bersifat toksik (Manahan, 2005).

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

1. Konsentrasi residu nitrogen di lingkungan perairan hulu DAS Tondano (Sungai Panasen/

outlet saluran irigasi) pada musim tanam di tahun 2013 konsentrasi nitrat: 0,293-0,408 mg/l; nitrit 0,001-0,041 mg/l; ammonia 0,04-0,28 mg/l. Pada musim tanam di tahun 2014 bulan konsentrasi nitrat: 0,184-0,628 mg/l; nitrit 0,02-0,077 mg/l; ammonia 0,002-0,13 mg/l. pada musim tanam di tahun 2015 konsentrasi nitrat: 0,173-0,585 mg/l; nitrit 0,001-0,029 mg/l; ammonia 0,05-0,10 mg/l.

2. Konsentrasi nitrat di lingkungan perairan hulu DAS Tondano meningkat pada tahun 2014, dan 2015, konsentrasi nitrit meningkat pada tahun 2014 melebihi baku mutu sesuai PP No 82/2001, dan konsentrasi ammonia meningkat pada tahun 2013 melebihi baku mutu sesuai PP No 82/2001 yaitu pada kondisi ikan yang peka d" 0,02 mg/l.

4.2 Saran

Penelitian lanjutan disarankan dengan memperbanyak lokasi *sampling* residu pupuk nitrogen pada wilayah tangkapan DAS Tondano, mengingat kawasan ini adalah kawasan Agropolitan Pakakaan peruntukan tanaman pangan dan hortikultura, serta *outlet* dari saluran irigasi dan sungai-sungainya bermuara di Danau Tondano agar didapatkan data kondisi lingkungan perairan menuju pembangunan pertanian berwawasan lingkungan.

Daftar Pustaka

- Arthana, 2006. *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*, PT Gramedia Pustaka utama, Jakarta.
- APHA, 2005. *Standard Methods For The Examination of Water and Waste Water*,
- American public Health Association (APHA) 21 st edition. Method 10200H and 4500-NO₂-B.
- Bush, M.B, 2000. *Ecology of a Changing Planet*, Prentice Hall, New Jersey. Cossey D. A., W. E. Thomason, R. W. Mullen, K. J. Wynn, C. W. Woolfolk, G. V. Johnson, and W. R. Raun, 2002, *Relationship Between Ammonium and Nitrate in Wheat Plant Tissue and Estimated Nitrogen Loss*, Journal of Plant Nutrition 25 (7): 1430-1431
- Einsle, O; P.M.H Kroneck, 2004. *Structural Basis of Denitrification*, Journal Biol.Chem Vol 385: 875-876.
- Elmi, A.A, C. Madramootoo, M. Egeh and C. Hamel, 2004. Water and Fertilizer Nitrogen Management to Minimize Nitrate Pollution From a Cropped Soils in South Western Quebec, Canada, Journal of Water, Air, and Soil Pollution 151: 117-134
- Ishikawa, M, 1999. *Maximizing and Controlling the Function of Nitrogen Removal in Watershed*. Proceeding of International Workshop on Sustainable Resource Management for Cidanau Watershed. July 25th 1999.
- KLH, 2001. Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tanggal 14 Desember 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Kelas II).
- Manahan, S.E, 2005, *Environmental Chemistry (8th edition)*, Florida USA. CRC Press LLC, Palimbani, 2007. Mengenal Pupuk Urea, dalam internet <http://pusri.wordpress.com>, 1-2-2011.
- Wantasen, S, 2012. Sebaran Spasial Ekologi Nitrogen di Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara (*Disertasi*), Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wiederholt R and B. Johnson, 2005. *Nitrogen Behavior in the Environment*, dalam internet <http://www.ag.ndsu.edu/> 19-1-2007.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*, IRRI. Manila.
- Wantasen, S; Sudarmadji; R.R.H. Rumende; J.L. Rantung, 2014. Study of Residual Nitrogen Fertilizer in Outlet of Paddy Irrigation in Tondano Watershed North Sulawesi, International Conference on Ecohydrology (ICE) in Conjunction with the 22nd Meeting of IHP Regional Steering Committee (RSC) for South Asia and Pacific 2014 November 10 - 12, 2014, Yogyakarta - Indonesia International Conference on Ecohydrology (ICE)