

TRANSFORMASI NITROGEN DI *OUTLET* SALURAN IRIGASI DAERAH ALIRAN SUNGAI TONDANO

Sofia Wantasen

Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado
Email: swantasen@yahoo.co.id

Abstrak. Nitrogen di lingkungan akan mengalami transformasi ke dalam bentuk senyawa nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), ammonia (NH_3). Transformasi nitrogen tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji transformasi nitrogen di *outlet* saluran irigasi Daerah Aliran Sungai (DAS) Tondano. Cara penelitian adalah observasi lapangan terhadap aktivitas pertanian dan pengambilan sampel kualitas air dilakukan dengan menggunakan metode *composite sampling* pada 25 lokasi sampel di *outlet* saluran irigasi. Analisis parameter nitrat, nitrit, ammonia dilakukan di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Provinsi Sulawesi Utara. Analisis data menggunakan Metode Grafik dan membandingkan dengan Baku Mutu sesuai PP No. 82/2001 Kelas II. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformasi nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia) di *outlet* saluran irigasi persawahan bagian selatan (konsentrasi NO_3^- : 8,6-18,4 mg/l; NO_2^- : 0,14-0,25 mg/l; NH_3 0-2,6 mg/l); *outlet* saluran irigasi persawahan bagian barat (konsentrasi NO_3^- : 1,33-12,2 mg/l; NO_2^- : 0-0,77 mg/l; NH_3 0,01-0,86 mg/l) dan *outlet* saluran irigasi persawahan bagian timur (konsentrasi NO_3^- : 0,02-13,4 mg/l, NO_2^- : 0,11-0,34; NH_3 0-0,4 mg/l).

Kata kunci: transformasi nitrogen, outlet, irigasi, DAS Tondano

PENDAHULUAN

Aplikasi pupuk kimia dalam pengembangan bidang pertanian telah menempatkan sistem lahan sawah beririgasi pada kondisi yang kontradiktif. Pada satu sisi lahan harus mampu mensuplai pangan terutama komoditi padi agar dapat memenuhi kebutuhan pangan, sedangkan di sisi lain aplikasi pupuk mempunyai resiko terjadinya residu di saluran irigasi dan sungai yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan kualitas air sampai pada potensi pencemaran air.

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).

Berkaitan dengan upaya meningkatkan produksi tanaman padi, maka dilakukan peningkatan teknik-teknik budidaya pertanian, antara lain dengan pemupukan. Kegiatan tersebut disamping meningkatkan produksi juga memberikan efek negatif bagi lingkungan perairan seperti penurunan

kualitas air sampai pada pencemaran air. 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 sumber pupuk nitrogen utama di dunia karena kandungan N yang tinggi, tingkat kelarutan tinggi dan tidak bersifat polar, akan tetapi urea mudah hilang melalui beberapa proses seperti volatilisasi amonium, pelindian, dan denitrifikasi. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan nitrogen oleh tanaman pertanian hanya mencapai 30-50%, bahkan efisiensi N pada pertanaman padi sawah sangat rendah hanya sebesar 21% (Sutanto, 1999).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji transformasi nitrogen di *outlet* saluran irigasi Daerah Aliran Sungai Tondano. Untuk mencapai tujuan tersebut akan dilakukan analisis terhadap transformasi nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia) yang terbentuk pada *outlet* saluran irigasi DAS Tondano.

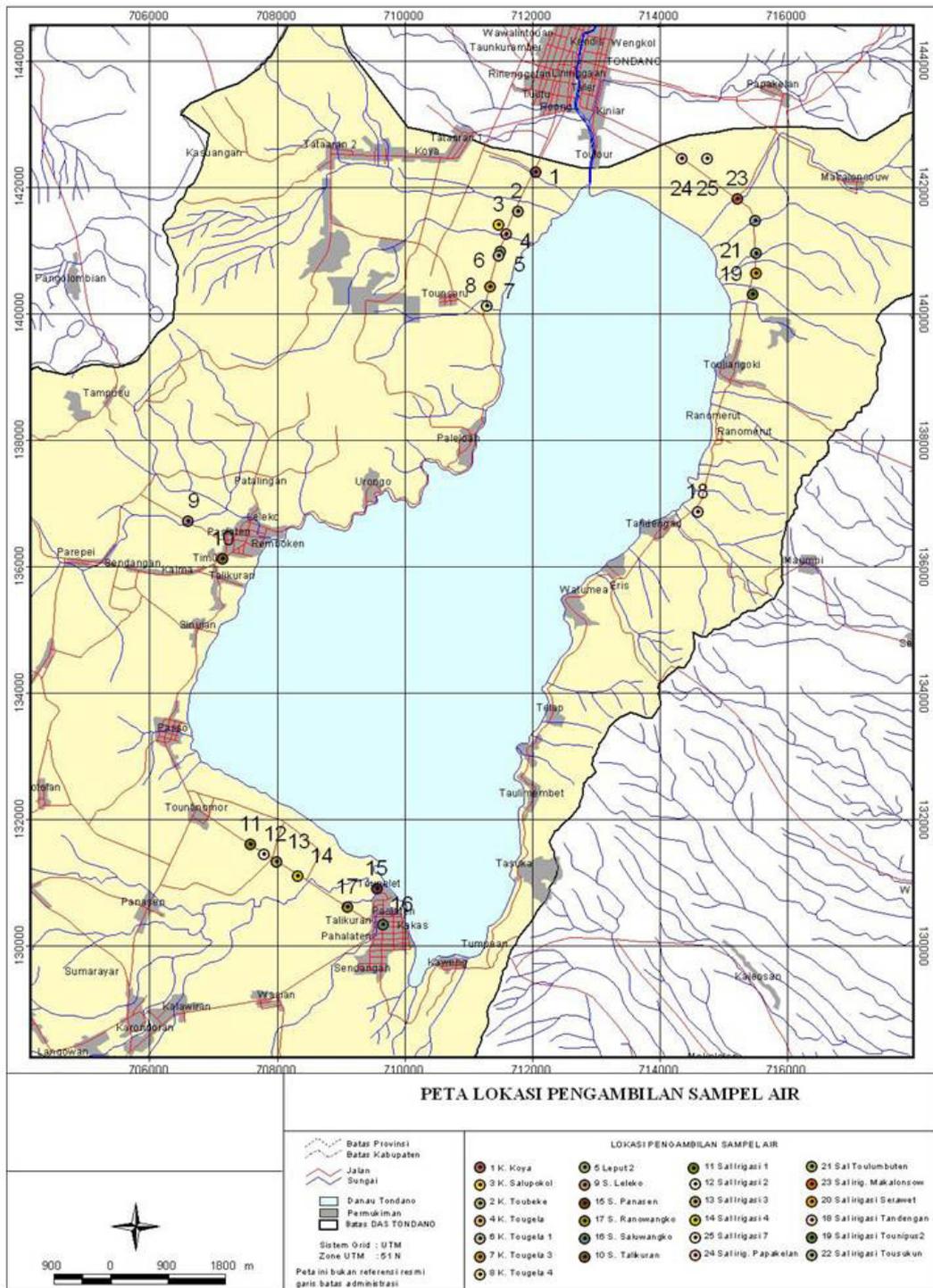
METODE

Bahan penelitian yang digunakan adalah Peta Rupa Bumi skala 1 : 25.000 lembar Langowan (2417 – 21) dan lembar Manado (2417 – 23) yang diterbitkan Bakosurtanal Tahun 1991. Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pengambilan sampel air: *water sampler*, *ice box*, GPS, dan *spectrophotometer*: peralatan yang digunakan untuk analisis residu nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia)..

Data primer diperoleh dengan mengambil data langsung di lapangan yaitu untuk data kualitas air parameter nitrat, nitrit, ammonia. Pengambilan sampel air di *outlet* saluran irigasi mengacu pada APHA (2005). Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan metode *composite sampling* di *outlet* saluran irigasi DAS Tondano. Pengambilan sampel air untuk mengukur parameter nitrat, nitrit, ammonia diambil pada 25 *outlet* saluran irigasi. 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). Lokasi pengambilan sampel kualitas air ditunjukkan pada Gambar 1.

Analisis data menggunakan Metode Grafik 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 pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

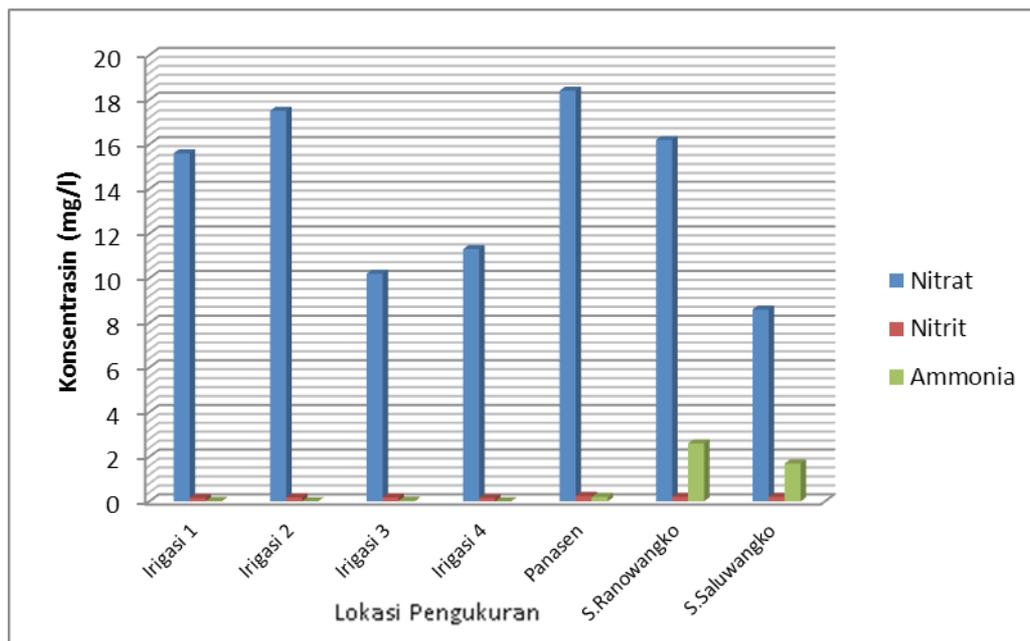


Gambar 1. Lokasi Penelitian Transformasi Nitrogen di outlet Saluran Irigasi Daerah Aliran Sungai Tondano

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformasi nitrogen di lingkungan dipengaruhi oleh cara pemberian pupuk nitrogen (Urea). Pupuk urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ akan terhidrolisis menjadi ammonium nitrat, yang mengandung ion ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Lingkungan perairan yang anaerob potensial menyebabkan nitrat berubah menjadi senyawa nitrit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber nitrat terbesar adalah dari *outlet* saluran irigasi persawahan yang memiliki pertumbuhan vegetatif aktif.

Konsentrasi nitrogen (nitrat, nitrit, dan ammonia) di *outlet* saluran irigasi bagian selatan DAS Tondano secara grafik terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsentrasi Transformasi Nitrogen (Nitrat, Nitrit, dan Ammonia) di *Outlet* Saluran Irigasi Bagian Selatan DAS Tondano

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi transformasi nitrogen di *outlet* saluran irigasi persawahan bagian selatan DAS Tondano ini teridentifikasi bahwa konsentrasi NO_3^- : 8,6-18,4 mg/l; konsentrasi nitrit: 0,14-0,25 mg/l dan konsentrasi ammonia 0-2,6 mg/l (Wantasen, 2012).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat tertinggi adalah dari *outlet* Sungai Panasen dengan konsentrasi 18,4 mg/l dan *outlet* irigasi 2 yang berada di bagian selatan DAS Tondano memiliki konsentrasi 17,5 mg/l diikuti oleh Sungai Saluwangko dengan konsentrasi 16,2 mg/l dan *outlet* irigasi 1 konsentasi 15,6 mg/l. Konsentrasi nitrit tertinggi terdapat di *outlet* Sungai Panasen dengan konsentrasi 0,25 mg/l, diikuti oleh konsentrasi di Sungai Saluwangko dengan konsentrasi 0,21 mg/l dan Sungai Ranowangko dengan konsentrasi 0,20 mg/l. Konsentrasi ammonia di Sungai Ranowangko 2,6 mg/l, dan Sungai Saluwangko NH_3 1,7 mg/l. Rata-rata konsentrasi ammonia di *inlet* bagian selatan 0,7 mg/l. Rata-rata konsentrasi ammonia di *inlet* bagian selatan memiliki konsentrasi tinggi 0,7 mg/l dibandingkan dengan rata-rata konsentrasi ammonia di *inlet* bagian barat 0,4 mg/l dan bagian timur 0,2 mg/l.

Konsentrasi transformasi nitrogen menjadi nitrat, nitrit, ammonia tersebut pada lokasi tertentu telah melebihi baku mutu kualitas air sesuai PP No 82/2001 yaitu nitrat 10 mg/l; nitrit 0,06 mg/l dan ammonia pada kondisi ikan yang peka adalah $\leq 0,02$ mg/l.

Wilayah selatan DAS Tondano terdapat Agropolitan Pakakaan yang memiliki areal persawahan yang luas dan lahan tegalan. Teknik budidaya tanaman padi di persawahan sangat tergantung pada pupuk anorganik atau pupuk buatan seperti Urea, TSP/Ponska, KCl atau NPK. Dosis pupuk urea pada saat pemberian pertama adalah berkisar 10-500 kg per luasan tertentu tapi pada umumnya adalah 500 kg/ha. Pemberian pupuk TSP/Ponska adalah 25-500 kg per luasan tertentu tapi pada umumnya dosis pupuk TSP/Ponska adalah 500 kg/ha, dan dosis NPK berkisar antara 25-150 kg per luasan tertentu dan pada umumnya dosis pupuk NPK yang digunakan adalah 150 kg/ha.

Transformasi nitrogen menjadi nitrat berlangsung pada kondisi lingkungan tertentu. Oksidasi ammonia menjadi nitrat berlangsung pada kondisi aerob (Einsle, *et al*, 2004). Sungai Panasen dalam perjalanannya yang melintasi areal persawahan di bagian hulu dari DAS Tondano sehingga hal ini antara lain yang menyebabkan konsentrasi nitrat di sungai ini tinggi. Terdapat perbedaan yang signifikan antara *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.

Hasil wawancara dengan petani di wilayah ini menunjukkan bahwa penggunaan pupuk anorganik sangat tinggi. Pupuk anorganik yang digunakan adalah Urea, Ponska, NPK. Pemberian pupuk Urea dilakukan secara bertahap yaitu: 1). Tahap 1 saat tanaman berumur 0-21 hari setelah tanam (HST); 2). Tahap 2 saat tanaman berumur 21-45 hari setelah tanam (HST); 3). Tahap 3 saat tanaman berumur 30-70 hari setelah tanam (HST). Cara pemberian pupuk Urea adalah dengan cara menebar pupuk tersebut di lahan persawahan.

Pemupukan TSP/Ponska pada umumnya diberikan 2 kali yaitu saat tanaman berumur 0-21 hari setelah tanam (HST) dan saat tanaman berumur 21-25 hari setelah tanam (HST). Pemberian pupuk NPK sebagian besar diberikan satu kali yaitu saat tanaman berumur 1-35 hari setelah tanam (HST). Nitrogen (N) merupakan unsur hara penting untuk tanaman padi. Pentingnya unsur nitrogen ini adalah berkaitan dengan unsur esensial yang berhubungan dengan kehijauan daun. Pupuk Urea adalah sumber nitrogen untuk tanaman.

Pemberian pupuk tahap kedua adalah pupuk urea berkisar 10-500 kg per luasan tertentu dan pada umumnya dosis urea yang digunakan adalah 500 kg/ha. Penggunaan pupuk TSP/ponska adalah 0 - 450 kg per luasan tertentu, tapi pada umumnya menggunakan takaran pupuk TSP/ponska 450 kg/ha. Penggunaan pupuk NPK pada tahap 2 adalah 25-150 kg per luasan tertentu (150 kg/ha).

Pemupukan tahap tiga yang dilakukan pada umur tanaman 35-70 hari setelah tanam (HST) hanya dilakukan untuk pemupukan Nitrogen (Urea), sedang TSP dan NPK sudah tidak dilakukan. Pemberian pupuk Nitrogen (Urea) di persawahan sekitar DAS Tondano pada tiga tahap pemberian, adalah sekitar 48% pada awal pertumbuhan tanaman (umur tanaman 0-21 hari setelah tanam (HST)), 47% pada saat tanaman berumur 21-45 hari setelah tanam (HST) dan 5% pada saat tanaman berumur 30-70 hari setelah tanam (HST).

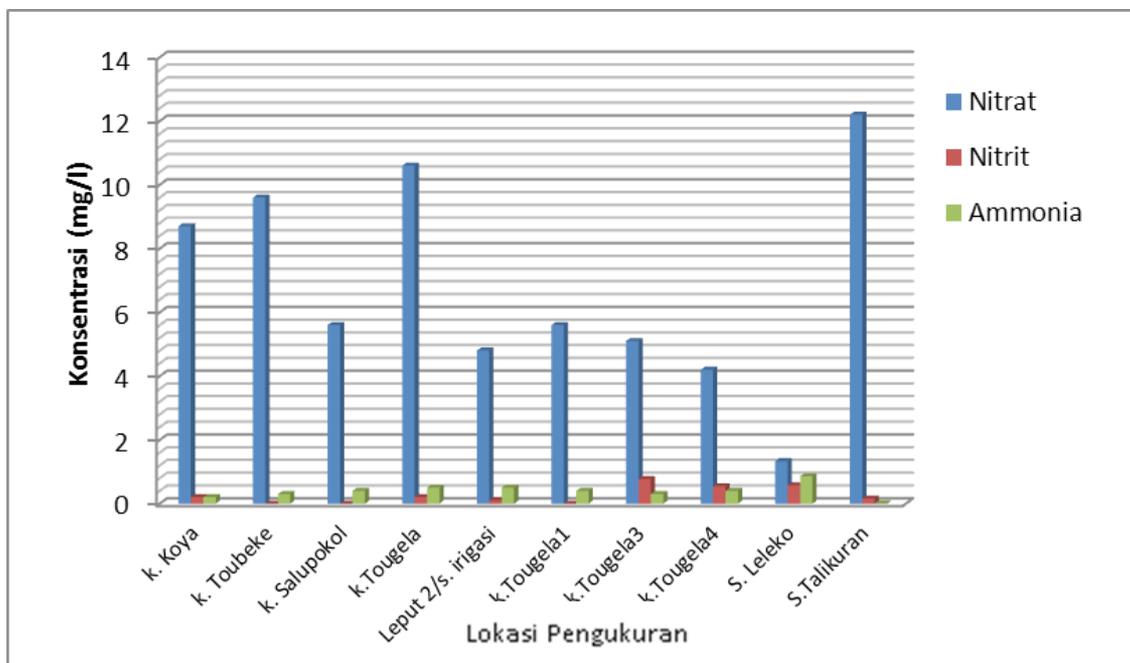
Pupuk Urea adalah pupuk kimia yang mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi yaitu sekitar 46%. Unsur Nitrogen merupakan zat hara yang sangat diperlukan tanaman. Pupuk Urea berbentuk butir-butir kristal berwarna putih, dengan rumus kimia NH_2CONH_2 , merupakan pupuk yang mudah larut dalam air dan sifatnya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

penggunaan pupuk Urea rata-rata 300 kg/ha/tahun, dengan luas persawahan di sekitar DAS Tondano adalah 5.401 ha, dengan demikian pemakaian Urea untuk persawahan di sekitar DAS Tondano sebesar 1.620.300 kg Urea/tahun. Pupuk urea mengandung unsur hara N sebesar 46%, dengan pengertian setiap 100 kg urea mengandung 46 kg Nitrogen (Palimbani, 2007), maka diperoleh N sebesar 745.000 kg N/tahun. Pemberian dengan cara menabur di permukaan tanah menyebabkan hilangnya Nitrogen ke lingkungan sampai 70% berupa penguapan, dan pencucian (perkiraan sebesar 521.736,6 kg N/tahun atau 521,74 ton/tahun). Nitrogen yang dimanfaatkan tanaman hanya sekitar 30% yaitu sekitar 223.601,4 kg N/tahun atau 223,60 ton N/tahun.

Unsur hara Nitrogen yang dikandung dalam Pupuk Urea sangat besar kegunaannya bagi tanaman 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).

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. Pupuk Urea tersebut mengalami Proses Ammonifikasi/Mineralisasi di lingkungan dan menghasilkan senyawa Ammonia.

Konsentrasi transformasi nitrogen (nitrat, nitrit, dan ammonia) di *outlet* saluran irigasi persawahan bagian barat DAS Tondano secara grafik dapat dilihat pada Gambar 3.



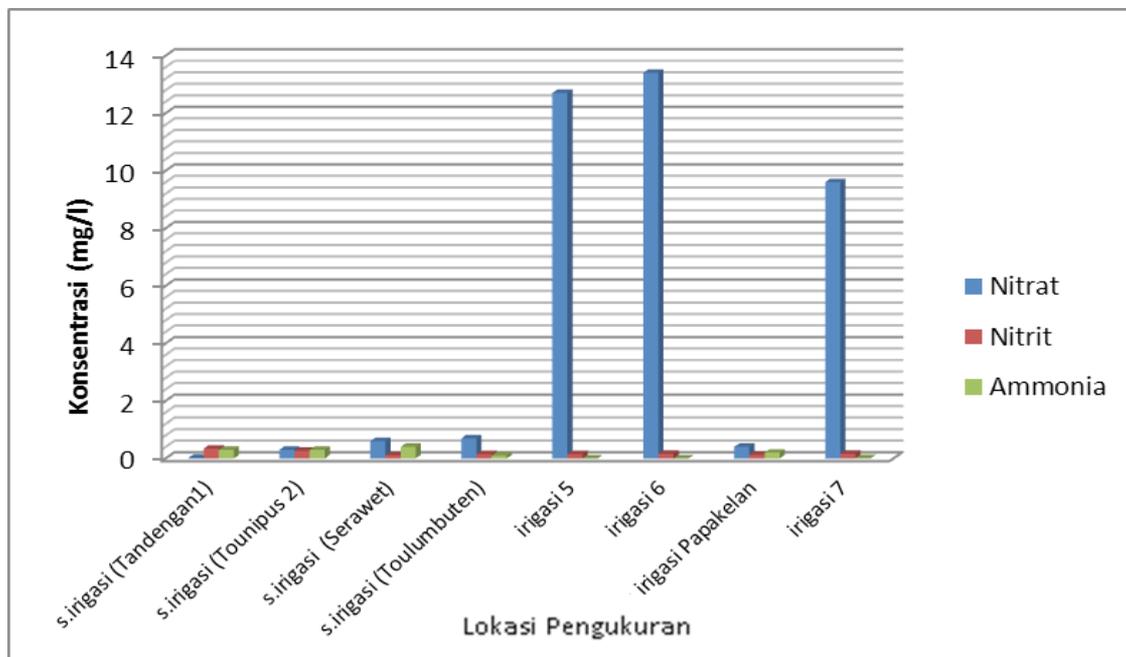
Gambar 3. Konsentrasi Transformasi Nitrogen (Nitrat, Nitrit, Ammonia) di *Outlet* Saluran Irigasi Bagian Barat DAS Tondano

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi transformasi nitrogen di *outlet* saluran irigasi persawahan bagian barat DAS Tondano konsentrasi NO_3 : 1,33-12,2 mg/l; konsentrasi nitrit: 0-0,77 mg/l dan konsentrasi ammonia 0,01-0,86 mg/l (Wantasen, 2012).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber nitrat terbesar adalah dari *outlet* Sungai Talikuran dengan konsentrasi 12,2 mg/l dan Kuala Tougela dengan konsentrasi 10,6 mg/l. Sungai Talikuran dan Kuala Tougela adalah menjadi *outlet* dari saluran irigasi persawahan bagian barat DAS Tondano. Konsentrasi nitrit tertinggi terdapat di Kuala Tougela 3 sebesar 0,77 mg/l, diikuti oleh Sungai Leleko dengan konsentrasi adalah 0,57 mg/l dan Kuala Tougela 4 adalah 0,54 mg/l. Sumber nitrit di lokasi ini adalah dari limbah peternakan, pertanian dan permukiman. 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.

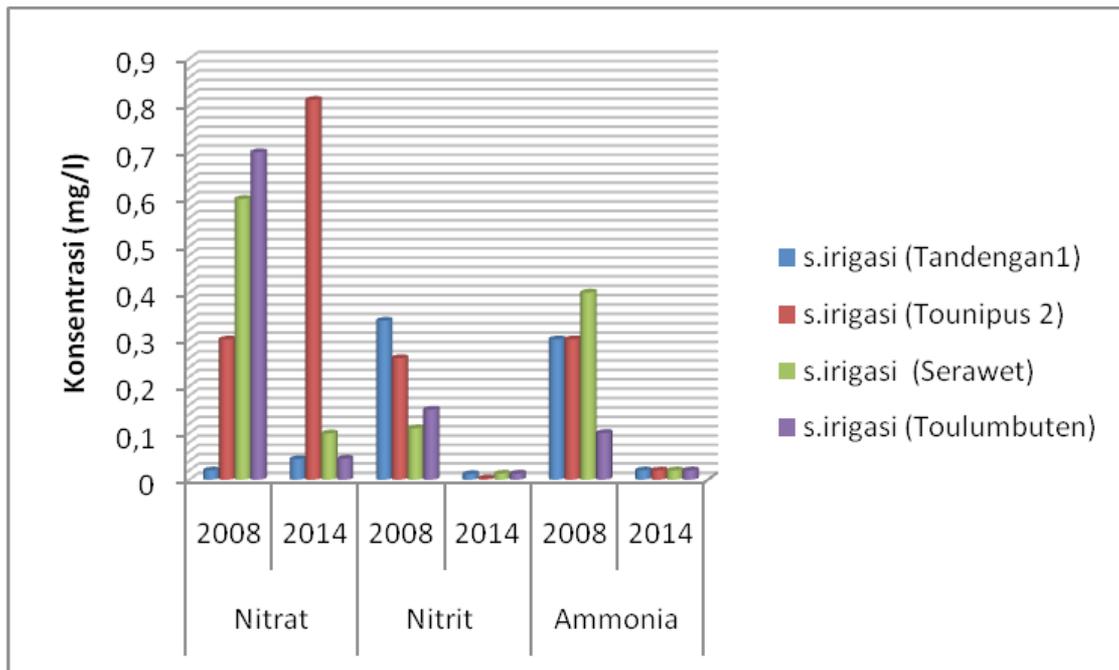
Sumber ammonia terbesar adalah dari *outlet* sungai. Sungai-sungai tersebut adalah Sungai Leleko dengan konsentrasi NH_3 0,86 mg/l. Saat pengambilan sampel kualitas air, kondisi tanaman di persawahan adalah pada masa pertumbuhan vegetatif aktif, pada periode ini penggunaan pupuk Urea cukup tinggi yaitu sekitar 70% dari dosis pupuk Urea yang dipergunakan. Hasil survey menunjukkan bahwa penggunaan pupuk Urea pada umumnya adalah sekitar 500 kg/ha. Dengan demikian pada periode ini, Pupuk Urea yang digunakan adalah sekitar 350 kg/ha.

Konsentrasi nitrogen (nitrat, nitrit, dan ammonia) di *outlet* saluran irigasi bagian timur DAS Tondano digambarkan dalam bentuk grafik, yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Konsentrasi Transformasi Nitrogen (Nitrat, Nitrit, dan Ammonia) di *Outlet* Saluran Irigasi Bagian Timur DAS Tondano

Konsentrasi transformasi nitrogen di *outlet* saluran irigasi bagian timur DAS Tondano konsentrasi NO_3 : 0,02-13,4 mg/l, konsentrasi nitrit: 0,11-0,34 dan konsentrasi ammonia 0-0,4 mg/l (Wantasen, 2012). Data yang disajikan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa sumber nitrat terbesar adalah dari *outlet* irigasi 6 dengan konsentrasi 13,4 mg/l dan *outlet* irigasi 5 dengan konsentrasi Nitrat 12,7 mg/l, *outlet* irigasi 7 dengan konsentrasi nitrat 9,6 mg/l. Konsentrasi nitrit tertinggi terdapat di lokasi Saluran Irigasi Tandengan 1 dan Tounipus 2 dengan masing-masing konsentrasi yaitu konsentrasi NO_2 0,34 mg/l di Saluran Irigasi Tandengan dan NO_2 0,26 mg/l di Saluran Tounipus 2. Konsentrasi nitrat, nitrit, ammonia di *outlet* saluran irigasi bagian timur DAS Tondano (Data Tahun 2008 dan 2014) digambarkan dalam bentuk grafik (Gambar 5).



Gambar 5. Konsentrasi Nitrat, Nitrit, Ammonia di *Outlet* Saluran Irigasi Bagian Timur DAS Tondano (Data Tahun 2008 dan 2014)

Data yang tertuang pada Gambar 5 menunjukkan bahwa konsentrasi Sungai Tounipus 2 memiliki konsentrasi nitrat yang tinggi. Saat pengambilan sampel kualitas air, tanaman berada dalam saat pertumbuhan aktif dan saat pemupukan Urea dilakukan.. Keberadaan nitrit ditentukan oleh keadaan lingkungan perairan. Lingkungan perairan yang memiliki pH 7,00 maka proses yang terjadi adalah Proses Denitrifikasi yaitu proses 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 (Manahan, 2005).

Efisiensi pemupukan N anorganik cukup rendah karena N mudah hilang melalui volatilisasi, pencucian (*leaching*) dan ikut aliran air permukaan (*run off*). Pemupukan Urea dengan sistem

tabur menyebabkan kehilangan unsur N sampai 70% (Suriadikarta dan Adimihardja, 2001). Fluktuasi konsentrasi Nitrogen (Nitrat, Nitrit, Ammonia) di *outlet* saluran irigasi tergantung pada kondisi lingkungan serta faktor-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). Oksidasi ammonia menjadi nitrat berlangsung pada kondisi aerob (Einsle, *et al*, 2004; Manahan, 2005).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Transformasi nitrogen di *outlet* saluran irigasi DAS Tondano didominasi oleh nitrat. Transformasi nitrogen menjadi nitrat tertinggi terdapat di *outlet* saluran irigasi yang pertanaman padinya dalam masa pertumbuhan vegetatif aktif.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut aplikasi pupuk nitrogen sintetik dan residunya, agar didapatkan produksi tanaman tinggi dan residu nitrogen di lingkungan perairan rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Einsle, O; P.M.H Kroneck, 2004. *Structural Basiss of Denitrification*, Journal Biol.Chem Vol 385: 875-876.
- 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.
- Sutanto, R, 1999. Telaah Masalah Pupuk Urea, Keamanan Pangan, Kesehatan dan Lingkungan, Jurnal Manusia dan Lingkungan, Pusat Studi Lingkungan Hidup Universitas Gadjah Mada Yogyakarta No.19:20-31.
- Wantasen, S, 2012. Sebaran Spasial Ekologi Nitrogen di DAS Tondano Provinsi Sulawesi Utara (*Disertasi*), Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- 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)