

KAJIAN KONTAMINAN NITROGEN DAN FOSFOR DI SUB DAS SEI KALEMBA (DAS PADANG) AREAL PERKEBUNAN KELAPA SAWIT PTP. NUSANTARA IV PABATU PADA MUSIM KEMARAU

(Studies of Contaminant Nitrogen and Phosphorus in the Sub-Watershed Area Sei Kalemba (Watershed Padang) of Oil Palm Plantations PTPN 4 Pabatu in the Dry Season)

Kiki Fadli^{1,2}, Sumono¹, Ainun Rohanah¹

¹Program Studi Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian USU
Jl. Prof. Dr. A. Sofyan No. 3 Kampus USU Medan 20155

²email : kikifadli00@gmail.com

Diterima: 10 Maret 2016 / Disetujui: 5 April 2016

ABSTRACT

The use of land within a Sub-Watershed Area that is intended for oil palm plantations is having fertilization treatment and the effect of rainfall can cause erosion of some elements of soil fertilization, such as nitrogen and phosphorus that flowing into water bodies causing contamination. Nitrogen and Phosphorus Contaminants in the water bodies of the river will depend on the rainfall. Therefore a study is needed on total nitrogen and total phosphorus to determine the extent of nitrogen and phosphorus that come flowing into rivers and rainfall relationship with total nitrogen and total phosphorus. The results showed the total amount of nitrogen in the Sub-Watershed Area Sei Kalemba (Watershed Padang) was 0 to 5.59 mg / litre and the total amount of phosphorus in the Sub-Watershed Area Sei Kalemba (Watershed Padang) was 1.82 to 36.73 mg / litre. Total Nitrogen (TN) in the Sub-Watershed Area Sei Kalemba (Watershed Padang) showed no inclination relationship with rainfall. Total Phosphorus (TP) in the Sub-Watershed Area Sei Kalemba (Watershed Padang) showed a relationship with rainfall although the relationship was not linear.

Keywords: Nitrogen Contaminants, Phosphorus, Watershed Area, Palm Oil, Dry Season.

ABSTRAK

Penggunaan lahan dalam suatu Sub DAS yang diperuntukan bagi lahan kelapa sawit yang mendapatkan perlakuan pemupukan dan pengaruh curah hujan dapat menyebabkan tergerusnya beberapa unsur kesuburan tanah, seperti unsur Nitrogen dan Fosfor yang mengalir masuk ke badan sungai menyebabkan terjadinya kontaminasi. Kontaminan Nitrogen dan Fosfor di badan air sungai akan bergantung kepada curah hujan. Untuk itu perlu dilakukan kajian mengenai total Nitrogen dan total Fosfor untuk mengetahui sejauh mana Nitrogen dan Fosfor yang ikut mengalir ke sungai dan hubungan curah hujan dengan total Nitrogen dan total Fosfor. Hasil penelitian menunjukkan kandungan total Nitrogen dalam Sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) didapat sebesar 0 - 5,59 mg/liter dan kandungan total Fosfor dalam Sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) didapat sebesar 1,82 – 36,73 mg/liter. Total Nitrogen (TN) pada Sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) tidak menunjukkan adanya kecenderungan hubungan dengan curah hujan. Total Fosfor (TP) pada Sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) menunjukkan adanya kecenderungan hubungan dengan curah hujan walaupun kecenderungan hubungannya tidak linear.

Kata Kunci: Kontaminan Nitrogen, Fosfor, Daerah Aliran Sungai, Kelapa Sawit, Musim Kemarau.

PENDAHULUAN

Dalam undang-undang RI No. 7 Tahun 2004 tentang sumber daya air, pasal 1, Daerah Aliran Sungai (DAS) didefinisikan sebagai "suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di

darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan". Dari batasan tersebut memberikan gambaran bahwa DAS bukan sekedar aliran sungai beserta bantaran sungai saja, namun kawasan tangkapan air hujan yang mengalirkan air hujan tersebut ke sungai-sungai menuju ke danau/laut (Sanchez, 1992).

Batasan diatas menunjukkan bahwa kegiatan dalam suatu wilayah DAS bukan

dibatasi oleh batas – batas administrasi tetapi atas batas – batas ekosistem alamiah yang dapat mencakup beberapa wilayah administrasi. Dalam satu wilayah ekosistem dapat di tempati atas berbagai komponen dan kegiatan, seperti manusia, tanah, hewan, tanaman, perumahan, hutan, pertanian dan perkebunan dan lain – lain. Salah satu komponen kegiatan perkebunan yang menonjol di Sumatera utara adalah perkebunan kelapa sawit, dimana untuk meningkatkan produksinya adalah dengan pemupukan yang mengandung unsur Nitrogen (urea), Fosfor (TSP atau SP-3), dan kalium (KCL). Pemupukan yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya pencemaran. Pencemaran *non-point source* (PNS) terhadap sumber daya air akan menjadi persoalan yang serius, hal ini akibat interaksi manusia dengan lingkungan. Sumber utama PNS merupakan hasil pemupukan, residu pertanian, residu peternakan, dan pemukiman penduduk. Persoalan tersebut menjadi lebih besar pengaruhnya terhadap proses hidrologis terutama untuk wilayah tropis yang lembab yang cenderung mempunyai curah hujan yang tinggi, maka harus adanya strategi yang tepat dalam pengelolaan sumber daya air (Mishra, 2010).

Nitrifikasi merupakan proses pengubahan NH_4^+ menjadi NO_3^- , kebanyakan proses ini terjadi di alam dan terjadi pada setiap tanah yang didrainasi pada pH netral oleh aktivitas bakteri nitrifikasi. Berbeda dengan proses denitrifikasi yang merupakan pembentukan Nitrat. Jika substrat nitrifikasi ditambahkan dalam tanah maka standar nitrifikasi akan meningkat. Walaupun Nitrat tersedia untuk proses asimilasi pada tanaman, Nitrat sangat larut dalam dan dengan cepat akan terlindi dari tanah yang menerima curah hujan tinggi. Akibatnya proses nitrifikasi tidak menguntungkan dalam kegiatan pertanian. Nitrifikasi menghasilkan produk NO_3^- yang jika terlindi ke dalam air tanah dan perairan dapat menyebabkan degradasi lingkungan dan masalah kesehatan salah satunya melalui perkembangan pesat (*blooming*) algae dan gulma perairan/eutrofikasi (Madigan, 2000).

Fosfat merupakan bentuk Fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Karakteristik Fosfor sangat berbeda dengan unsur - unsur utama lain yang merupakan penyusun biosfer karena unsur ini tidak terdapat di atmosfer. Pada kerak bumi, keberadaan Fosfor relatif sedikit dan mudah mengendap. Fosfor juga merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan algae, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga akuatik serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan (Effendi, 2003).

Beberapa daerah Aliran Sungai di Sumatera Utara sudah mengalami kerusakan, di antaranya DAS Deli, DAS Besitang, DAS Lelan, DAS Wampu, DAS Asahan Toba dan DAS Padang. Bagian hulu DAS Padang sudah mulai mengalami degradasi. Hal ini ditandai dengan menurunnya kandungan bahan organik pada beberapa penggunaan lahan baik pada lahan peruntukan kelapa sawit, kebun campuran maupun semak-semak (<3,5%). Bagian hulu DAS Padang termasuk Areal Perkebunan Kelapa Sawit PTP. Nusantara IV Pabatu sudah mengalami kerusakan akibat penggunaan lahan dan aktivitas masyarakat setempat. Kerusakan terjadi karena erosi yang mengakibatkan tergerusnya beberapa unsur kesuburan tanah, seperti unsur Nitrogen dan Fosfor dan akan masuk ke badan sungai yang mengakibatkan terjadinya kontaminasi Nitrogen dan Fosfor pada air sungai (Lubis, 2008).

Kadar Fosfor yang diperkenankan bagi kepentingan air minum adalah 0,2 mg/liter dalam bentuk Fosfat (PO_4). Kadar Fosfor pada perairan alami berkisar sekitar 0,02 mg/liter P_2PO_4 . Kadar Fosfor dalam ortoFosfat (P_2PO_4) jarang melebihi 0,1 mg/liter, meskipun pada perairan eutrof. Berdasarkan kadar ortoFosfat, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu : perairan oligotrofik yang memiliki kadar ortoFosfat 0,003 – 0,01 mg/liter; perairan mesotrofik yang memiliki kadar ortoFosfat 0,011 – 0,03 mg/liter; dan perairan eutrofik yang memiliki kadar ortoFosfat 0,031 – 0,1 mg/liter (Effendi, 2003).

Nitrat (NO_3^-) merupakan ion anorganik alami, Nitrat termasuk dalam siklus Nitrogen. Nitrat sering ditemukan di dalam air tanah maupun air permukaan karena Nitrat merupakan hasil oksidasi dari Nitrit. Senyawa yang mengandung Nitrat didalam tanah biasanya larut dalam air dan dapat bermigrasi dengan air bawah tanah. Batas normal kadar Nitrat pada air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.416/1990 adalah 50 mg/liter dan pada air minum adalah 10 mg/liter. Nitrat dalam air minum dapat berbahaya bagi bayi dan anak kecil karena mengakibatkan penyakit *Methemoglobinemia* jika melebihi 10 mg/liter (Madigan, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besarnya kontaminan Nitrogen dan Fosfor di sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) pada areal perkebunan kelapa sawit PTP Nusantara IV Pabatu pada musim kemarau.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2015 sampai dengan Agustus 2015.

Tempat penelitian berada di Sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) dengan luasan 734 Ha atau merupakan Perkebunan Kelapa Sawit PTPN 4 kebun Pabatu Kab. Serdang Berdagei Propinsi Sumatera Utara, secara geografis terletak 3°12'20" s/d 3°16'50" LU dan 99°7'30" BT dan Laboratorium Riset dan Teknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta DEM, sampel air sungai, data curah hujan. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *water level logger*, GPS, ArcGis Ver 10.1, sekat ukur *Cipoletti* dan seperangkat komputer dengan *software Microsoft Office*.

Metode penelitian yang digunakan adalah observasi lapangan dan data penelitian yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dengan observasi di daerah sub- DAS. Data primer di sungai meliputi pengambilan sampel air secara komposit dan pengambilan sampel air dengan menggunakan botol penampung di beberapa ketinggian muka air. Untuk selanjutnya dilakukan analisis total Nitrogen (TN) dan total Fosfor (TP). Pengambilan sampel air dilakukan setiap 2 (dua) minggu sekali. Pada sungai juga diukur tinggi muka air setiap 30 menit digunakan alat *water level loggers*. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait. Data sekunder meliputi data curah hujan harian dan data pemupukan.

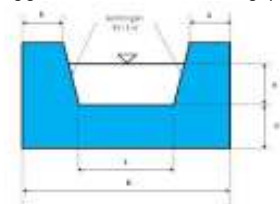
Parameter Penelitian

1. Debit Sungai

Debit sungai diukur dengan menggunakan sekat ukur *Cipoletti* dimana tinggi muka air diperoleh dengan menggunakan alat *water level logger* yang mencatat data tinggi muka air setiap 30 menit. Perhitungan debit dengan bangunan ukur tipe *Cipoletti* seperti pada Gambar 1 menurut Mawardi (2007), adalah:

$$Q = 1,86 \cdot L \cdot h^{3/2} \dots\dots\dots (3)$$

dimana : Q = Debit air (l/s)
 L = Lebar ambang (m)
 h = Tinggi muka air dari ambang (m)



Gambar 1. Bangunan Ukur Tipe *Cipoletti*

2. Kandungan Total Nitrogen

Kandungan total Nitrogen dapat dihitung dengan Persamaan berikut :

$$\% N = \frac{mL\ HCl \times N\ HCl \times 14 \times 100\ \%}{berat\ sampel\ (g) \times 1000} \dots(1)$$

(Sudarmadji, 1989).

3. Kandungan Total Fosfor

Kandungan total Fosfor dapat dihitung dengan rumus :

$$\% P = \left(\frac{y - 0,005}{0,1259} \right) = 1000 \dots (2)$$

Dimana : y = absorbensi (hasil yang didapat dengan menggunakan spektrometer)

4. Hubungan curah hujan dengan total Nitrogen dan total Fosfor

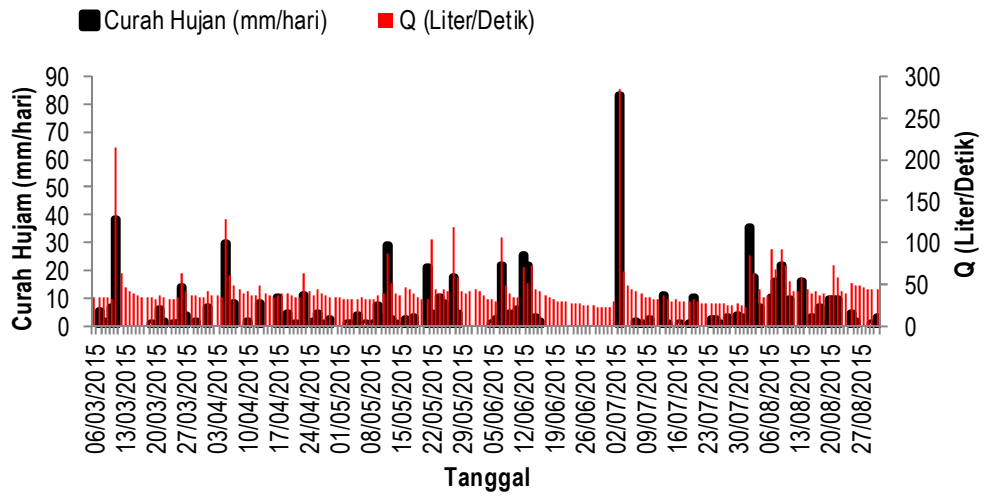
Hubungan curah hujan dengan total Nitrogen dan total Fosfor dilakukan dengan cara membandingkan jumlah curah hujan dengan total Nitrogen dan total fosfor menggunakan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit sungai bulan Maret-Agustus 2015 dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi debit sungai rata-rata harian pada bulan Maret-Agustus sebesar 50,84 liter/detik yaitu pada bulan Agustus dan yang terendah sebesar 38,14 liter/detik pada bulan Juni. Hal ini disebabkan karena jumlah hari hujan dan intensitas hujan yang berbeda yang mengakibatkan perbedaan debit aliran sungai. Hubungan debit dengan curah hujan berdasarkan tanggal pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Debit sungai rata-rata harian pada bulan Maret-Agustus 2015

Bulan	Debit rata-rata perhari (liter/det)
Maret	44,48
April	42,65
Mei	44,18
Juni	38,14
Juli	40,22
Agustus	50,84



Gambar 2. Hubungan debit sungai dengan curah hujan berdasarkan tanggal pengamatan

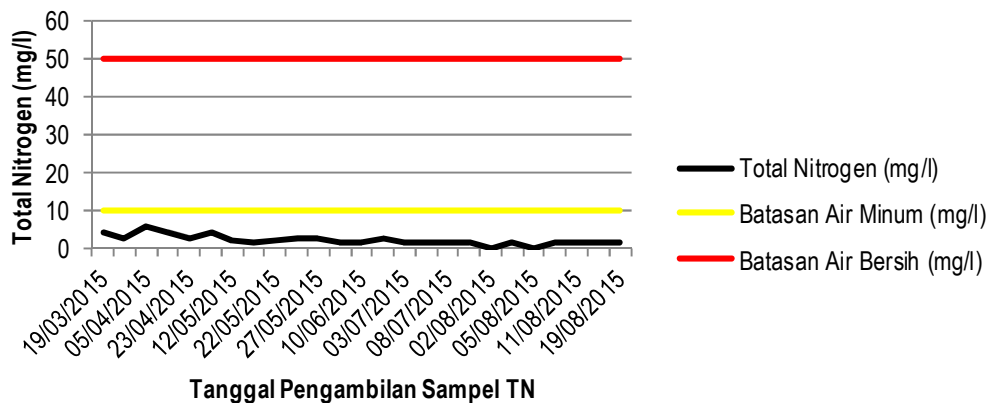
Pada bulan Juni curah hujan rata-rata harian sebesar 2,92 mm/hari lebih kecil dibandingkan pada bulan Agustus curah hujan rata-rata harian sebesar 5,89 mm/hari. Kondisi sekitar DAS yang merupakan areal perkebunan kelapa sawit juga mempengaruhi debit aliran sungai karena dengan curah hujan yang kecil air lebih banyak terserap oleh tanah sebelum masuk ke aliran sungai.

Dari Gambar 2 dapat dilihat hubungan antara debit sungai dengan curah hujan, bahwa pada umumnya semakin tinggi curah hujan maka semakin tinggi debit sungai. Artinya bahwa besarnya curah hujan sebanding dengan besarnya debit sungai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Arsyad (2006) yang mengatakan Debit aliran sungai akan naik setelah terjadi

hujan yang cukup, kemudian akan turun kembali setelah hujan selesai.

Kandungan Total Nitrogen

Area penelitian menunjukkan nilai kandungan unsur Nitrogen yang paling tinggi terdapat pada pengambilan sampel TN tanggal 5 April 2015 yaitu 5,59 mg/l dan yang paling rendah terdapat pada pengambilan sampel TN tanggal 2 dan 5 Agustus 2015 sebesar 0 mg/l atau tidak terdeteksi. Dari data diatas, dapat dilihat bahwa kadar total Nitrogen tidak melebihi dari batas standar yang telah ditentukan oleh Peraturan Menteri Kesehatan No.416/1990 yaitu batas normal kadar Nitrat pada air bersih adalah 50 mg/l dan pada air minum 10 mg/l, seperti dapat dilihat pada Gambar 3.

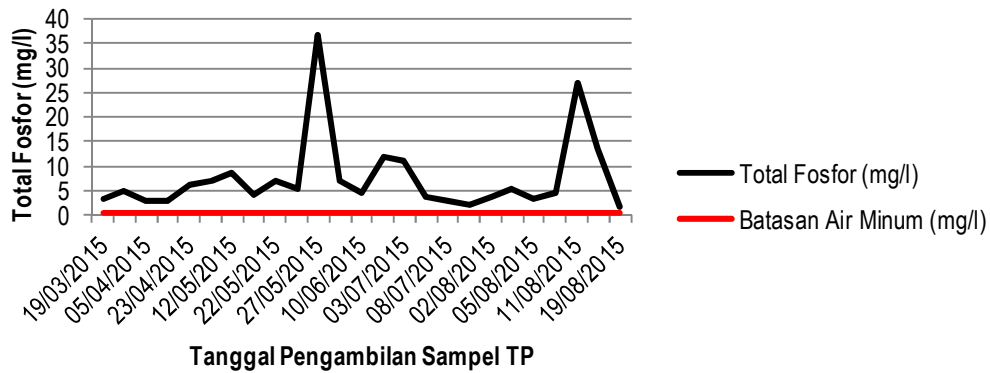


Gambar 3. Grafik tanggal pengambilan sampel TN dengan total Nitrogen dalam air

Kandungan Total Fosfor

Areal penelitian menunjukkan nilai kandungan unsur Fosfor yang paling tinggi yaitu 36,73 mg/ l pada pengambilan sampel TP tanggal 27 Mei 2015 dan yang paling rendah

yaitu 1,82 mg/l pada pengambilan sampel TP tanggal 19 Agustus 2015. Dari data diatas, dilihat bahwa kadar total Fosfor telah melebihi batasan standar yaitu sebesar 0,2 mg/l (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik tanggal pengambilan sampel TP dengan total Fosfor dalam air

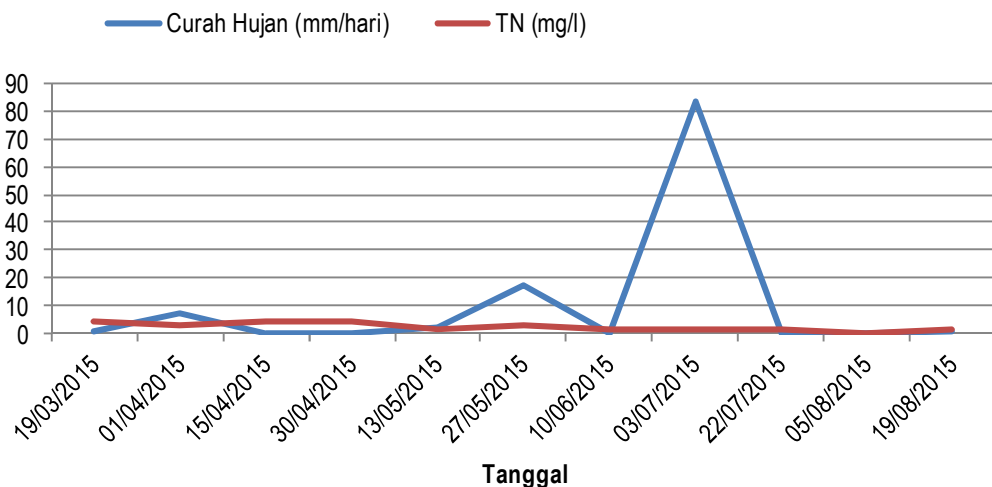
Kadar Fosfat yang tinggi dapat disebabkan oleh zat kimia seperti pemberian pupuk. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sutrisno (2006) yang menyatakan Fosfat banyak terdapat diperairan dalam bentuk inorganik dan organik sebagai larutan, debu, dan tubuh organisme. Sumber utama Fosfat inorganik salah satunya dari pupuk pertanian.

Kelebihan Fosfat tersebut dapat menyebabkan terganggunya biota air dan rusaknya badan air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bostrom et al (1988) yang menyatakan bahwa Kelebihan Fosfat di perairan menyebabkan peristiwa peledakan pertumbuhan alga (eutrofikasi) dengan efek samping menurunnya konsentrasi oksigen dalam badan

air sehingga menyebabkan kematian biota air. Disamping itu, alga biru yang tumbuh subur karena melimpahnya Fosfat mampu memproduksi senyawa racun yang dapat meracuni badan air. Meskipun konsentrasi Fosfat di badan air dikurangi, eutrofikasi masih dapat terjadi karena adanya mobilisasi Fosfat dari sedimen melalui proses fisika, kimia dan biokimia.

Hubungan Curah Hujan dengan Total Nitrogen dan Total Fosfor

Hubungan curah hujan dengan TN dapat dilihat pada Gambar 5, dan antara curah hujan dengan TP dapat dilihat pada Gambar 6.

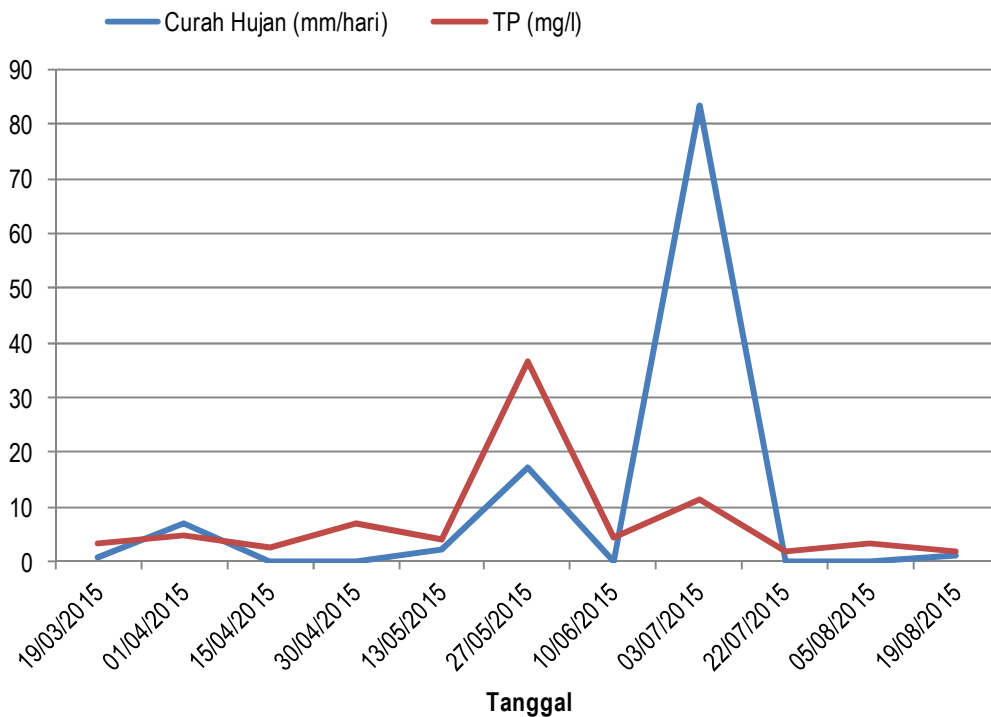


Gambar 5. Hubungan curah hujan dengan TN berdasarkan tanggal pengamatan

Gambar 5 menunjukkan bahwa antara curah hujan dengan Total Nitrogen (TN) tidak menunjukkan adanya kecenderungan hubungan diantara keduanya. Nilai TN dalam rentang waktu penelitian dari bulan Maret hingga Agustus 2015 menunjukkan nilai yang relatif stabil berkisar 1 – 2 mg/l, walaupun ada beberapa nilai TN yang lebih tinggi antara 4,19- 5,59 mg/l baik dalam kondisi adanya atau tidak adanya hujan dan ada atau tidak adanya pemupukan, yang terjadi hanya dalam 4 kali pengambilan sampel TN. Nilai yang rendah dan relatif stabil tersebut ini disebabkan adanya kemungkinan sifat unsur Nitrogen yang mudah larut pada air atau larut pada larutan tanah dan mudah menguap sehingga kalau terjadi hujan sesudah pemupukan akan terjadi erosi dimana unsur yang larut dalam perjalanannya akan menguap atau terinfiltrasi ke dalam tanah sebelum masuk ke badan sungai.

Pupuk yang diaplikasi dikebun PTPN IV Kebun Pabatu sebagai sumber Nitrogen adalah pupuk Urea dan NPK.

Pahan (2006) menyatakan bahwa pupuk Urea mudah larut dan mudah menguap apabila aplikasi dilakukan pada musim kemarau dengan curah hujan <100 mm/bulan. Areal pengamatan curah hujan menunjukkan rata-rata curah hujan selama pengamatan sebesar 114,81 mm/bulan. Namun ada beberapa bulan yang jumlah curah hujannya <100 mm/bulan. Nilai TN tertinggi sebesar 5,59 mg/l yang terjadi pada tanggal 5 April 2015 yang menunjukkan bahwa berdasarkan Gambar 3 dan baku mutu yang ditentukan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/1990 menunjukkan kandungan TN masih dalam kondisi yang aman, yaitu masih berada dibawah 50 mg/l untuk air bersih dan 10mg/l untuk air minum.



Gambar 6. Hubungan Curah Hujan dengan TP berdasarkan tanggal pengamatan

Gambar 6 menunjukkan adanya kecenderungan hubungan antara curah hujan dengan total Fosfor (TP), yaitu secara umum semakin besar curah hujan maka semakin besar nilai TP, walaupun kecenderungannya tidak linear. Adanya kecenderungan hubungan tersebut, kemungkinan disebabkan bahwa unsur Fosfor yang diberikan mempunyai sifat yang lebih lambat larut dibandingkan dengan unsur Nitrogen. Pahan (2006) menyatakan bahwa

pupuk RP termasuk pupuk yang lambat larut sehingga apabila terjadi hujan dan adanya limpasan atau erosi sebagian pupuk Fosfat yang belum larut akan terbawa dan masuk ke badan sungai. Untuk menyatakan lebih jelas tentang hubungan curah hujan dengan TP perlu adanya penelitian lanjutan dengan memperhitungkan jarak limpasan dari lokasi pemupukan ke badan sungai, besarnya curah hujan dan limpasan serta infiltrasi tanah.

KESIMPULAN

1. Kandungan total Nitrogen yang tertinggi sebesar 5,59 mg/l pada pengambilan sampel tanggal 5 April 2015 dan yang terendah sebesar 0 mg/l yaitu pada pengambilan sampel tanggal 2 dan 5 Agustus 2015.
2. Kandungan total Fosfor yang tertinggi sebesar 36,73 mg/l pada pengambilan sampel tanggal 27 Mei 2015 dan yang terendah sebesar 1,82 mg/l yaitu pada pengambilan sampel tanggal 19 Agustus 2015.
3. Kandungan total Nitrogen dalam Sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) tidak melebihi batasan nitrogen yang telah ditentukan menurut peraturan Menteri Kesehatan No. 416/1990 adalah 50 mg/liter untuk air bersih dan 10 mg/liter untuk air minum.
4. Kandungan total Fosfor dalam Sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) melebihi dari batasan Fosfor yang telah ditentukan yaitu sebesar 0,2 mg/liter. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan badan air seperti pertumbuhan secara cepat tumbuhan alga (eutrofikasi).
5. Total Nitrogen (TN) pada Sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) tidak menunjukkan adanya kecenderungan hubungan dengan curah hujan.
6. Total Fosfor (TP) pada Sub DAS Sei Kalemba (DAS Padang) menunjukkan adanya kecenderungan hubungan dengan curah hujan walaupun kecenderungannya tidak linear.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S., 2006. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press, Bogor.
- Bausch L., 1974. *Analytical System Division*. Rochester, New York.
- Bintang M., 2010. Biokimia Teknik Penelitian. Erlangga, Jakarta.
- Effendi H., 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius, Yogyakarta.
- Hanafiah, K. A., 2005. Dasar Dasar Ilmu Tanah. Raja Grafindo, Jakarta.
- Lubis, A. U., 2008. Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*) di Indonesia. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Madigan M. T., 2000. Nutrition Metabolism. Brock Biology of Microbiology, Prentice – hall.
- Mawardi E., 2007. Desain Hidraulik Bangunan Irigasi. ALFABETA, Bandung.
- Mishra, A., Sigh, R., Sing, V.P., 2010. Evaluation of Non-Point Source N and P Loads in a Small Mixed Land Use Land Cover Watershed. J. Water Resource and Protection, 2010, 2, 362-372 doi:10.4236/jwarp.2010.24042 Published April 2010 (<http://www.SciRP.org/journal/jwarp>).
- Pahan I., 2006. Panduan Lengkap Kelapa Sawit, Medan.
- Sanchez, P. A., 1992. Sifat dan Pengelolaan tanah Tropika. ITB-Press, Bandung.
- Sudarmadji, S., 1989. Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Supardi I., 1994. Lingkungan Hidup. Alumni, Bandung.
- Sutrisno T., 2006. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Rhineka Cipta, Jakarta.