

POLA PERSEBARAN NITRAT DAN PHOSPHAT DENGAN MODEL AQUATOX2.2 SERTA HUBUNGAN TERHADAP TANAMAN ENCENG GONDOK PADA PERMUKAAN DANAU (STUDI KASUS DANAU RAWA PENING KABUPATEN SEMARANG)

Mochamad Arief Budihardjo^{*)}, Haryono Setiyo Huboyo^{*)}

ABSTRACT

Rawa Pening meets with environment degradation like other lakes in Indonesia which is caused by pollutant from the outside especially nitrate and phosphate. Degradation that is happened in this time is water hyacinth blooms (enceng gondok) on the surface of the lake. This makes Rawa Pening's function become annoyed such as PLTA, tourism, fishery, and irrigation. This degradation keeps going and tends to increase so that it is necessary to do nitrate and phosphate monitoring for next time. The taking of sample has done at three points: upstream (S1), middle (S2), and downstream (S3) which are used as an observed data. Method used research is predicting nitrate and phosphate concentration for ten years later by Aquatox 2.2. Model validation done with compare observed result and model result. Mean error from this validation less than 5% so that the model supposed describe the field conditions. Simulation model result that obtained for ten years later are nitrate 0,037 mg/L (S1); 0,035 mg/L (S2); 0,032 mg/L (S3) and phosphate 0,296 mg/L (S1); 0,274 mg/L (S2); 0,262 mg/L (S3). Dispersion pattern of simulation model result made by dividing lake into three segment, then search current velocity to get dispersion distance. This pattern showed that nitrate and phosphate concentration progressively decline from S1 to S3. Based on this pattern is knowable enceng gondok amount estimation also progressively decline from S1 to S3. The calculation sum of enceng gondok estimation in upstream is about 66 plants and in downstream is about 43 plants. The width of enceng gondok progressively decline according to the amount of enceng gondok in every contour. But the density of enceng gondok not decline because the differences of every contour area. Support energy of Rawa Pening surface area to enceng gondok is about 180.594,59 m² and support energy of the enceng gondok's total is about 14.054 plants. Wet longitudinal section daily loads of Rawa Pening is about 6.319.405,41 m².

Keywords:

PENDAHULUAN

Salah satu danau alam yang ada di Kabupaten Semarang, Propinsi Jawa Tengah adalah Danau Rawa Pening. Sama halnya dengan danau – danau di Indonesia pada umumnya, Rawa Pening juga mengalami penurunan kualitas air (Balitbang Jateng, 2003). Kemungkinan masalah tersebut disebabkan oleh polutan yang datang dari luar Rawa Pening seperti proses erosi di DAS dimana tanahnya sebagian besar dimanfaatkan untuk pertanian sehingga banyak terkandung nutrisi, sisa – sisa pestisida dan pupuk dari lahan pertanian di sekitarnya yang banyak mengandung unsur N dan P, kegiatan domestik di sekitar danau yang menghasilkan limbah yang mengandung N dan P seperti detergent, dan proses kimiawi yang ada di dalam Rawa

Pening itu sendiri karena pengaruh kegiatan perikanan dengan keramba yang menggunakan makanan. Kombinasi dari faktor – faktor tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan kadar nitrat dan fosfat dalam badan air Rawa Pening. Peningkatan nutrisi yang berlebih, dalam hal ini nitrat dan fosfat akan mendorong terjadinya *algae blooms*.

Secara fisik dapat diketahui *algae blooms* yang terjadi adalah meledaknya kuantitas tanaman gulma air enceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang tumbuh di atas permukaan danau. Dengan peningkatan kuantitas enceng gondok ini akan menyebabkan pendangkalan dasar Rawa Pening oleh sedimen yang berasal dari tanaman enceng gondok tersebut, penurunan konsentrasi oksigen di perairan Rawa Pening karena tanaman enceng gondok dapat menghambat laju difusi

oksigen dari atmosfer ke air, dan penurunan air karena enceng gondok dapat dapat melakukan evapotranspirasi 2,6 kali lebih banyak dari tanaman air biasa (Goltenboth, 1994). Dampak negatif yang lainnya adalah pemanfaatan Rawa Pening untuk sarana rekreasi menjadi tidak optimal dan lalu lintas perairan pun terganggu karena enceng gondok yang menutupi permukaan.

Mengingat peruntukan Danau Rawa Pening adalah untuk berbagai macam hal penting seperti PLN, perikanan, irigasi, pariwisata, dan fungsi alaminya sebagai waduk yaitu sebagai penampung air pada saat musim hujan / pengendali banjir dan melepaskannya pada musim kemarau, maka dilakukan tindakan pendukung antisipasi awal pencegahan degradasi danau yang semakin parah. Peranan penting Rawa Pening tersebut merupakan keutamaan mengapa dipilih sebagai studi kasus dalam tugas akhir ini.

Tindakan pendukung tersebut adalah dengan menggunakan pemodelan air sebagai sarana untuk memprediksi konsentrasi nitrat dan fosfat pada masa mendatang. Model adalah suatu gambaran sederhana dari sistem sesungguhnya yang digunakan sebagai alat untuk membantu memecahkan suatu masalah (Thomann, 1987 ; Jorgensen, 1994). Dengan menggunakan model Aquatox 2.2 sebagai piranti lunak pendukung dapat diketahui konsentrasi nitrat dan fosfat pada masa mendatang. Sehingga pola persebaran pencemar nitrat dan fosfat di danau dapat diketahui. Dengan diketahuinya pola persebaran cemaran nitrat dan fosfat, dapat dilakukan kajian terhadap tanaman enceng gondok di danau tersebut.

METODOLOGI

Tahap Persiapan

Melakukan identifikasi terhadap permasalahan pencemaran yang sedang terjadi sehingga penelitian ini perlu dilakukan. Mengumpulkan, mempelajari, serta mengkaji pustaka – pustaka yang berkaitan dengan penelitian. Menentukan wilayah studi yaitu Danau Rawa Pening yang berada di wilayah Kabupaten Semarang, serta melakukan analisa pendahuluan terhadap tata guna lahan DAS yang menuju Danau Rawa Pening.

Tahap Pelaksanaan

Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan untuk data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dengan melakukan pengamatan dan sampling secara langsung di Danau Rawa Pening. Pengambilan sampel mengikuti ketentuan MPA (Metode Penelitian Air). Dalam penelitian ini diambil sampel air yang dilakukan secara *purposive* sampling. Beberapa pertimbangan yang digunakan dalam penetapan lokasi sampling adalah :

- Lokasi yang dianggap mewakili suatu kawasan yang ditinjau, bebas dari gangguan lokal.
- Penentuan titik pengambilan sampel air danau juga didasarkan pada pertimbangan kemudahan akses, biaya, dan waktu.

Data primer yang didapatkan yaitu konsentrasi nitrat dan fosfat.

1. Nitrat

Air sampel dimasukkan ke dalam botol polietilen dan diawetkan dengan asam sulfat sampai didapatkan pH kurang dari dua (< 2). Digunakan botol polietilen karena tahan terhadap berbagai jenis asam. Sampel didinginkan dalam *cool box* agar lebih tahan lama.

2. Fosfat

Wadah untuk tempat sampel fosfat harus dibilas terlebih dahulu dengan asam nitrat 1 : 1 dan botol yang digunakan terbuat dari kaca. Sampel didinginkan dalam *cool box* agar tahan lebih lama.

Analisis kimia air sampel tersebut dilakukan di laboratorium mengikuti SNI Pengujian Kualitas Air dan Air Limbah. Analisis kimia terhadap parameter tersebut dapat dilakukan selama satu hari. Data sekunder diperoleh dari instansi – instansi terkait dan penelitian terdahulu seperti BPS dan Bappeda Kab. Semarang.

Pengolahan data

Pengolahan dan analisis data yang ditempuh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Analisis studi pustaka.
- Untuk membuat analisis yang layak maka perlu studi perbandingan dengan studi-studi lain di tempat yang berbeda. Perkembangan terbaru dari peraturan, *trend* serta isu global menjadi salah satu referensi dalam analisis.

3. Analisis kuantitatif-kualitatif
4. Dilakukan dengan mengolah dan menganalisis data yang diperoleh dari hasil sampling di laboratorium, pengamatan di lapangan serta perhitungan-perhitungan yang dilakukan
5. Analisis dengan teknik modifikasi, prediksi dan proyeksi data.

Pemodelan dengan Aquatox 2.2

Hasil pengolahan data sekunder dimasukkan ke dalam program Aquatox 2.2. Pemasukan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Start → *open new simulation*
2. Step 1 *simulation type*
3. Step 2 *simulation period*
4. Step 3 *nutrien*
5. Step 4 *detritus*
6. Step 5 *plants*
7. Step 6 *invertebrates*
8. Step 7 *fish species*
9. Step 8 *site characteristic*
10. Step 9 *water volume*
11. Step 10 *water temperature*
12. Step 11 *wind loading*
13. Step 12 *light loading*
14. Step 13 *water pH*
15. Step 14 *inorganic solids*
16. Step 15 *chemical*
17. Step 16 *inflow loading*
18. Step 17 *direct precipitation*
19. Step 18 *point source loading*
20. Step 19 *non point source loading*
21. *Perturbed*
22. *Control*
23. *Output*

Setelah menyelesaikan step – step pada *wizard*, dilakukan proses penyimpanan data dengan memilih menu *file* kemudian *save as* di *drive* yang dikehendaki. Setelah proses penyimpanan dilanjutkan tahap selanjutnya adalah *running* program seperti di bawah ini :

24. *Finish*

Asumsi dan penyederhanaan

1. model dibatasi pada satu dimensi saja yaitu arah persebaran polutan di permukaan danau sesuai panjang (sumbu Y) dengan mengabaikan lebar dan kedalaman.
2. asumsi dalam Aquatox 2.2 :

- input model berupa nutrien, temperatur, pH, kecepatan cahaya diasumsikan konstan untuk masing-masing titik.
- jumlah detritus, jenis tanaman, invertebrata, volume, non point source loading dan karakteristik area untuk masing – masing titik diasumsikan sama.

- TSS diasumsikan konstan dan berbeda tiap titik.

- tidak disimulasikan tentang bahan kimia berbahaya.

- inflow loading nutrien sesuai inisial kondisi.

3. danau dibagi menjadi tiga segmen untuk pembuatan pola persebaran.
4. danau diasumsikan berbentuk trapesium alami.
5. debit inflow dan outflow Rawa Pening konstan 14,68 m³/detik (Balitbang Jateng, 2003).
6. debit air Rawa Pening hanya bersumber dari sungai – sungai yang menuju danau saja, sedangkan debit dari mata air diabaikan.
7. akar tanaman enceng gondok mempunyai panjang maksimal 2 m sehingga permukaan Rawa Pening dianggap mempunyai kedalaman 2 m.
8. konsentrasi nitrat dan fosfat di permukaan Rawa Pening (kedalaman 0 m) dan di kedalaman 2 m dianggap sama.
9. enceng gondok merupakan pengonsumsi nitrat dan fosfat terbesar atau dominan dibandingkan dengan ganggang lainnya

Kalibrasi dan validasi model

Dilakukan setelah proses pemasukan data selesai. Kalibrasi dilakukan agar diperoleh hasil simulasi yang lebih mendekati nilai dari data lapangan serta untuk membandingkan nilai suatu parameter hasil simulasi dengan hasil hitungan analitis atau model lain yang sejenis. Validasi model dilakukan setelah kalibrasi. Validasi bertujuan untuk menguji apakah model mencerminkan kondisi di lapangan. validasi dilakukan dengan tiga metode yaitu MRE, Chi – Kuadrat, dan Relative bias.

Simulasi dengan Aquatox 2.2

Sebelum melakukan simulasi dilakukan analisa statistik terlebih dahulu. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik data masukan dengan data baru yang

bersifat sintesis yang dilakukan oleh program. Untuk penelitian ini digunakan *sensitivity analysis* yang dapat dilakukan dengan sub menu analisis ketidakpastian pada program. Dengan melakukan analisis ini dapat diketahui variabel mana yang sensitif terhadap model

Simulasi merupakan kegiatan mencoba – coba berbagai faktor yang mempengaruhi untuk melihat perubahan dan hasil yang terbentuk. Faktor yang mempengaruhi dalam penelitian ini dapat diketahui dari hasil analisis sensitivitas (*sensitivity analysis*).

Pola persebaran polutan

Pola persebaran polutan merupakan fungsi konsentrasi polutan terhadap jarak. Dari hasil simulasi diperoleh output konsentrasi nitrat dan fosfat. Kemudian dibuat pola persebaran polutannya dengan membagi danau menjadi beberapa segmen, dan menghitung kecepatan aliran untuk memperoleh jarak persebaran. Setelah mengetahui jarak persebaran, dapat dihitung besar konsentrasi polutan pada masing – masing jarak tersebut sehingga dapat diketahui pola persebaran polutannya. Untuk memperjelas visualisasi pola persebaran maka digunakan software pendukung yaitu Surfer 8.0.

Pembahasan

Analisa diperlukan untuk mengetahui hubungan persebaran polutan terhadap tanaman enceng gondok di permukaan danau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Lapangan

Hasil sampling di lapangan terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Sampling Lapangan

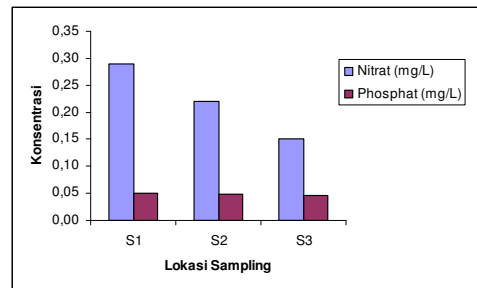
Koordinat	Lokasi	NO ₃ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	Suhu (° C)	pH
110° 26' 23" BT 7° 18' 06" LS	S1	0,29	0,05	28	8,19
110° 26' 11" BT 7° 17' 11" LS	S2	0,22	0,048	27,5	8,13
110° 26' 13" BT 7° 16' 23" LS	S3	0,15	0,047	28,4	8,13

Sumber : Data Primer, 2007

Berdasarkan tabel hasil sampling tersebut, dapat diketahui bahwa konsentrasi nitrat dan fosfat dari hulu (S1) sampai hilir (S2) semakin kecil. Hal ini disebabkan karena masukan polutan dari hulu danau yaitu Sungai Legi, Parat, Galeh, dan Sraten. Diperkirakan polutan tersebut berasal dari hasil aktifitas manusia, pertanian yang berada di sekitar sungai dan erosi DAS. Hal ini sesuai dengan pendapat Thomann (1976), salah satu penyebab permasalahan kualitas air adalah adanya komponen input terhadap lingkungan dari kegiatan manusia dan alam. Selain itu menurut Palar (1994), menyatakan bahwa dalam beberapa kasus pencemaran air menunjukkan pelepasan polutan yang berasal dari aktifitas manusia jauh lebih besar dari pada yang dihasilkan melalui proses alamiah. Dengan demikian dapat diketahui bahwa sumber polutan nitrat dan fosfat yang berasal dari danau mempunyai jumlah lebih sedikit dari pada yang berasal dari aktifitas manusia, pertanian dan erosi DAS di sekitar sungai di hulu danau.

Sedangkan pada titik selanjutnya yaitu S2 dan S3 yang lebih jauh dari hulu danau mengalami penurunan konsentrasi nitrat dan fosfat. Hal tersebut disebabkan oleh pengenceran polutan oleh massa air danau dan adanya proses adveksi dan dispersi yang menyebabkan polutan tersebar dan konsentrasinya menurun (Miharja & Hadi (1998) dalam Mardhani (2002)).

Konsentrasi nitrat dan fosfat mengalami penurunan yang berbeda dari titik S1 sampai titik S3, untuk nitrat mengalami penurunan 27,98% dan fosfat mengalami penurunan sebesar 3,04%. Grafik pada gambar berikut :



Gambar 1 Grafik Variasi Konsentrasi Nitrat dan Phosphat

Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi dilakukan dengan mengubah – ubah beberapa input dalam Aquatox 2.2. input yang di ubah – ubah yaitu inisial kondisi

dan jenis tanaman, invertebrata, dan ikan. Validasi ini dilakukan dengan tiga metode yaitu MRE, Chi – Kuadrat, dan Relative bias. Dengan menggunakan metode MRE diperoleh error 4,21%; metode Chi-Kuadrat diperoleh error <5% karena X^2 perhitungan < X^2 tabel; dan dengan rB diperoleh $-0,5 \leq rB \leq 0,5$ & $0,5 \leq F \leq 1,5$ sehingga model mendekati hasil lapangan. Oleh karena itu model diterima dan dapat dilanjutkan dengan simulasi.

Hasil Simulasi/Model

Setelah proses kalibrasi, validasi, dan sensitivity analysis diperoleh hasil simulasi sepuluh tahun sebagai berikut :

Tabel 2 Hasil Simulasi Selama Sepuluh Tahun

Koordinat	Lokasi	Kons Nitrat (mg/L)	Kons Fosfat (mg/L)
110 ° 26' 23" BT 7° 18' 06" LS	S1	0,037	0,296
110 ° 26' 11" BT 7° 17' 11" LS	S2	0,036	0,274
110 ° 26' 13" BT 7° 16' 23" LS	S3	0,032	0,262

Sumber : Hasil Analisa, 2007

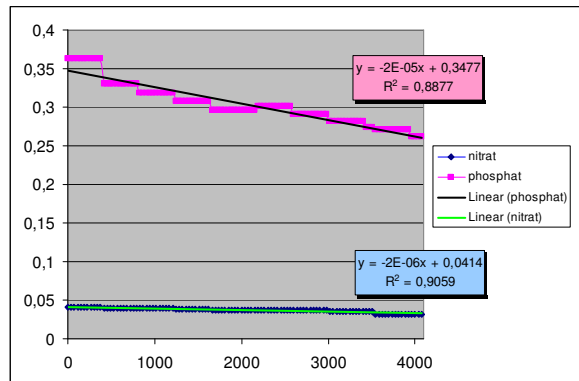
Berdasarkan hasil simulasi, konsentrasi nitrat masing – masing titik pada tahun 2017 berkisar antara 0 sampai 1 mg/L. Hal ini sesuai pendapat Alaerts,dkk (1984) yang menyatakan bahwa kadar nitrat dalam perairan yang disebabkan oleh pencemaran dari buangan penduduk dan limbah pertanian adalah 0 sampai 2 mg/L.

Konsentrasi fosphat pada akhir tahun 2017 untuk masing – masing titik sampling jumlahnya lebih dari 0,2 mg/L. Kadar fosphat ini melebihi baku mutu kualitas air kelas II yang mempunyai fungsi peruntukan untuk perikanan (PP No. 82 tahun 2001). Oleh karena itu apabila tidak ada perbaikan kualitas air, pada masa sepuluh tahun mendatang Danau Rawa Pening tidak layak untuk dijadikan tempat budidaya ikan. Selain itu kandungan fosphat dalam perairan lebih dari 0,01 mg/L akan menyebabkan pertumbuhan ganggang yang tidak terkendali pada badan air atau disebut eutrofik (Alaerts, dkk, 1984). Meskipun kadar nitrat masih di bawah baku mutu kualitas air kelas II yaitu di bawah 10 mg/L, keberadaannya bersama dengan fosphat kadar tinggi akan menyebabkan tumbuhnya

ganggang dan kekurangan oksigen dalam air (Chapra, 1997).

Pola Persebaran Polutan

Berdasarkan hasil simulasi dapat dibuat pola persebaran polutan nitrat dan fosphat. Pola persebaran dibuat dengan membagi danau menjadi beberapa segmen kemudian dari tiap segmen tersebut dicari kecepatan aliran di danau. Rawa Pening dibagi menjadi tiga segmen dan dari perhitungan diperoleh kecepatan aliran tertinggi adalah 0,0044 m/detik. Dengan kecepatan tersebut dapat dicari jarak persebaran di permukaan danau dengan menggunakan fungsi waktu dari Aquatox. Berikut merupakan pola persebaran polutan nitrat dan fosphat yang dihasilkan :

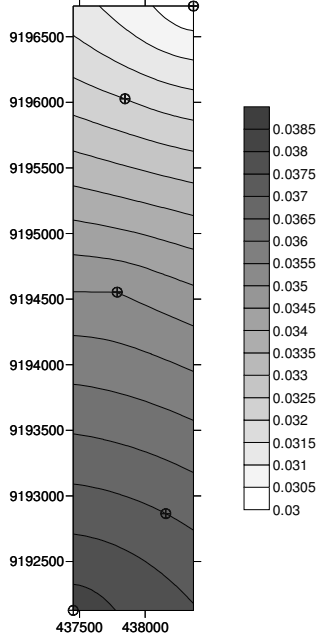


Gambar 2 Grafik Persebaran Polutan Nitrat dan Fosphat di Rawa Pening

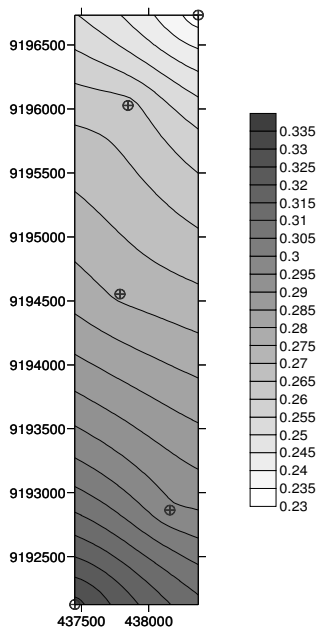
Dalam grafik persebaran polutan tersebut jarak terpendek merupakan jarak yang paling dekat dengan hulu. Semakin jauh jarak dari hulu terjadi penurunan konsentrasi masing – masing polutan nitrat dan fosphat. Hal ini disebabkan karena daerah hulu terdapat empat pertemuan sungai yaitu S. Legi, Parat, Galeh dan Sraten yang menyebabkan pemusatan konsentrasi terbesar baik nitrat maupun fosphat. Sedangkan pada titik selanjutnya yaitu S2 dan S3 yang lebih jauh dari hulu danau mengalami penurunan konsentrasi nitrat dan fosphat. Hal tersebut disebabkan oleh pengenceran polutan oleh massa air danau dan adanya proses adveksi, dispersi, dan difusi yang menyebabkan polutan tersebar dan konsentrasinya menurun (Miharja & Hadi (1998) dalam Mardhani (2002)).

Visualisasi pola persebaran masing – masing polutan menggunakan Surfer 8.0. Untuk memperjelas pola maka dilakukan penambahan titik. Konsentrasi dari titik tambahan tersebut dicari dengan

menggunakan Curve Expert dan dipilih R yang paling besar. Untuk konsentrasi nitrat diperoleh R terbesar yaitu R=1 menggunakan Bleasdale Model. Sedangkan untuk konsentrasi fosfat diperoleh R terbesar menggunakan Reciprocal Log Fit Model yaitu R=0,78. Penambahan titik dilakukan di batas danau. Visualisasi pola persebaran polutan adalah sebagai berikut :



Gambar 3 Pola Persebaran Nitrat di Rawa Pening



Gambar 4 Pola Persebaran Phosphat di Rawa Pening

Pembahasan

Dalam grafik persebaran polutan tersebut jarak terpendek merupakan jarak yang paling dekat dengan hulu. Semakin jauh jarak dari hulu terjadi penurunan konsentrasi masing – masing polutan nitrat dan fosfat. Dalam gambar pola persebaran menggunakan surfer dapat dilihat dari hulu menuju hilir terjadi penurunan konsentrasi baik nitrat maupun fosfat yang ditunjukkan dengan warna merah yang semakin tipis menuju hilir. Kecepatan penyerapan unsur hara oleh enceng gondok dipengaruhi oleh komposisi dan kadar unsur hara tersebut dalam badan air, kerapatan enceng gondok, dan waktu tinggal enceng gondok. Semakin banyak kandungan unsur hara seperti nitrat dan fosfat dalam badan air maka akan diserap oleh enceng gondok sebagai nutrisi untuk tumbuh dan berkembang (Marianto, 2005). Sehingga dengan semakin banyaknya nitrat maupun fosfat di suatu badan air maka enceng gondok menjadi semakin banyak. Oleh karena itu dari hulu menuju hilir sesuai pendapat Marianto (2005) jumlah enceng gondok di permukaan Danau Rawa Pening semakin menurun.

Menurut Abdul Rahmi (1998), berdasarkan hasil analisa laboratorium, enceng gondok mengandung antara lain 1,681% N; 0,275% P; 14,286% K; dan 37,645% C. Hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi nitrat dan fosfat maka jumlah enceng gondok pun semakin banyak. Berdasarkan penelitian Abdul Rahmi (1998) tersebut, diperoleh kisaran jumlah enceng gondok terlihat pada tabel 3.

Koordinat lokasi dalam tabel tersebut merupakan salah satu koordinat yang terdapat dalam grid setiap kontur konsentrasi pada pola persebaran dengan Surfer 8.0. Konsentrasi masing – masing polutan dianggap seragam di setiap kontur. Jumlah enceng gondok tersebut merupakan jumlah perkiraan berdasarkan konsentrasi di tiap kontur. Dari perhitungan jumlah enceng gondok di lapangan yang mana dianggap tanaman tersebut mempunyai ukuran dan kerapatan sesuai di setiap kontur diperoleh rata - rata 26 tanaman/m². Perhitungan tersebut dilakukan secara manual pada luasan perairan 2m x 1,5m pada salah satu permukaan hulu Rawa Pening dan dihasilkan total jumlah enceng gondok sebanyak 77 tanaman. Dengan angka rata – rata perhitungan dapat dicari luas yang

dibutuhkan enceng gondok di setiap kontur. Hasil perhitungan dapat dilihat di tabel 4.

Tabel 3 Kisaran Jumlah Enceng Gondok

Koordinat	Nitrat (mg/L)	Phosphat (mg/L)	Jumlah E.G (tnman)
110 ° 25' 60" BT 7° 18' 30" LS	0,0385	0,355	66
110 ° 26' 00" BT 7° 18' 27" LS	0,038	0,329	61
110 ° 26' 12" BT 7° 18' 22" LS	0,0375	0,317	59
110 ° 26' 23" BT 7° 18' 06" LS	0,037	0,296	55
110 ° 26' 15" BT 7° 17' 52" LS	0,0365	0,287	53
110 ° 26' 15" BT 7° 17' 39" LS	0,036	0,282	52
110 ° 26' 8" BT 7° 17' 25" LS	0,0355	0,274	51
110 ° 26' 11" BT 7° 17' 11" LS	0,035	0,271	50
110 ° 26' 18" BT 7° 17' 7" LS	0,0345	0,271	50
110 ° 26' 3" BT 7° 16' 55" LS	0,0335	0,265	49
110 ° 26' 27" BT 7° 17' 52" LS	0,033	0,264	49
110 ° 26' 18" BT 7° 16' 42" LS	0,033	0,264	49
110 ° 25' 54" BT 7° 16' 32" LS	0,0325	0,262	48
110 ° 26' 13" BT 7° 16' 23" LS	0,032	0,262	48
110 ° 26' 0" BT 7° 16' 8" LS	0,0315	0,254	47
110 ° 26' 15" BT 7° 16' 9" LS	0,031	0,249	46
110 ° 26' 27" BT 7° 16' 6" LS	0,0305	0,239	44
110 ° 26' 30" BT 7° 16' 0" LS	0,03	0,232	43

Tabel 4 Hasil Perhitungan % Luas Enceng Gondok terhadap Luas Kontur

Luas Enceng Gondok tiap konsentrasi (m ²)	Luas kontur (m ²)	Luas Enceng Gondok tiap kontur (m ²)	% luas enceng gondok terhadap luas kontur
2,54	6	2,36	39,39
2,35	34	14,49	42,62
2,27	44,5	19,61	44,07
2,12	41	19,38	47,27
2,04	40	18,91	47,27
2	40	20	50
1,96	39	19,89	51
1,92	28	14,58	52,07
1,92	24	12,5	52,08
1,88	23	12,23	53,17
1,88	25	13,30	53,2
1,88	25	13,30	53,2
1,85	26	14,05	54,03
1,85	23	12,43	54
1,81	22	12,15	55,23
1,77	17	9,6	56,47
1,69	5	2,96	59,2
1,65	-	-	-

Keterangan :

- Luas permukaan Rawa Pening merupakan luas berdasarkan kontur pola persebaran
- N/P proporsional terhadap pertumbuhan enceng gondok
- Selebar 10 m (sumbu x) konsentrasi nitrat atau phosphat seragam
- Pertumbuhan enceng gondok seragam 26 tanaman/m² dan sama searah aliran dari hulu menuju hilir
- Enceng gondok tumbuh normal dan mempunyai ukuran sama
- Setiap grid mempunyai luas 1 m²

Pada tiap kontur tersebut terdiri dari beberapa grid yang dianggap setiap grid mempunyai luasan 1 m². Luas setiap kontur merupakan jumlah grid yang terdapat didalamnya. Luas kontur keseluruhan dalam pola ini adalah 462,5 m² yaitu melebar 10 m dan memanjang 46,25 m. Luas enceng gondok tiap konsentrasi diperoleh dari jumlah tanaman setiap konsentrasi dibagi jumlah enceng gondok di lapangan. Konsentrasi masing – masing polutan di setiap kontur seragam sehingga dapat dicari luasan enceng gondok tersebut dalam tiap kontur. Luasan enceng gondok di tiap kontur berbeda – beda tergantung luas area kontur dan konsentrasi polutan dalam kontur tersebut. Semakin besar luas area kontur dan konsentrasi masing – masing polutan

maka luasan enceng gondok juga akan semakin besar. Luasan enceng gondok dari hulu menuju hilir juga semakin menurun sesuai konsentrasi masing – masing polutan. Tetapi kerapatan tanaman enceng gondok (persentase luas enceng gondok terhadap luas kontur) tidak mengalami penurunan dari hulu menuju hilir. Hal ini disebabkan luas area dalam kontur pola persebaran ini berbeda – beda sehingga kerapatan tanaman enceng gondok tidak mengalami penurunan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang kualitas air dan pengendalian pencemaran air, baku mutu untuk fungsi peruntukan badan air kelas II adalah kadar nitrat sebagai N maksimal 0,2 mg/L dan kadar fosfat sebagai P maksimal adalah 10 mg/L. Dari baku mutu tersebut dapat dicari daya dukung Danau Rawa Pening terhadap tanaman enceng gondok. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, jumlah tanaman enceng gondok maksimal untuk mendukung keberlangsungan Rawa Pening adalah 14.054 tanaman atau luasan tanaman enceng gondok di permukaan Rawa Pening tidak melebihi 180.594,59 m².

Daya tampung beban cemaran adalah kemampuan air pada suatu sumber untuk menerima masukan beban cemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar atau fungsi peruntukan air tersebut menjadi terganggu (PP No. 82 Tahun 2001). Untuk penelitian ini, daya tampung Rawa Pening adalah terkait dengan daya tampung penampang basah. Daya tampung penampang basah merupakan jumlah luas permukaan air Rawa Pening minimal agar ekosistem dan peruntukan danau terkait pemenuhan kebutuhan air dapat berjalan sebagaimana mestinya. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, daya tampung penampang basah permukaan air Rawa Pening adalah seluas 6.319.405,41 m².

KESIMPULAN

1. Pada masa sepuluh tahun mendatang, konsentrasi nitrat di Danau Rawa Pening mengalami penurunan dan konsentrasi fosfat mengalami peningkatan. Konsentrasi nitrat tersebut yaitu 0,037mg/L (S1); 0,035mg/L (S2); 0,032mg/L (S3) dan konsentrasi fosfat yang diperoleh yaitu 0,296mg/L (S1); 0,274mg/L (S2); 0,262mg/L (S3). Sedangkan konsentrasi

nitrat pada pengukuran lapangan tahun 2007, konsentrasi nitrat 0,29mg/L (s1); 0,22mg/L (S2); 0,15mg/L (S3) dan konsentrasi fosfat 0,05mg/L (S1); 0,048mg/L (S2); 0,047mg/L (S3).

2. Pola persebaran polutan nitrat dan fosfat pada masa sepuluh tahun mendatang yaitu terjadi penurunan dari hulu menuju hilir. Baik nitrat dan fosfat mempunyai konsentrasi tinggi di daerah hulu kemudian semakin menurun menuju ke arah hilir.
3. Berdasarkan pola persebaran tersebut, kisaran jumlah enceng gondok dari hulu menuju hilir mengalami penurunan seiring dengan kadar masing – masing polutan di tiap titik. Jumlah tertinggi terdapat di hulu danau sekitar 66 tanaman dan terendah di hilir yaitu sekitar 43 tanaman. Luasan tanaman enceng gondok dari hulu menuju hilir juga mengalami penurunan sesuai jumlah tanaman tersebut di tiap kontur. Daya dukung luas permukaan Rawa Pening terhadap tanaman enceng gondok adalah 180.594,59 m² dan daya dukung terhadap jumlah tanaman enceng gondok adalah 14.054 tanaman. Daya tampung penampang basah permukaan air Rawa Pening adalah seluas 6.319.405,41 m².

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Murti Ningrum atas kerjasama, kolaborasi dan kontribusi dalam penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, Dr.Ir.G, et al. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional Surabaya. Indonesia
- Balitbang Propinsi Jawa Tengah. 2003. *Studi Penelitian Karakteristik Rawa Pening*. Semarang.
- Chapra, Steven C. 1997. *Surface Water Quality Modelling*. The McGraw Hill Companies International Editions. Singapore.
- Goltenboth, F, A.I Agus Kristyanto. 1994. *Fisheries in Lake Rawa Pening, Java, Indonesia Facts and Prospect*. Satya Wacana University Press. Salatiga, Indonesia.

- Jorgensen, S.E. 1994. *Fundamentals of Ecological Modelling (2nd Edition)*. Elsevier. Amsterdam – London – New York – Tokyo.
- Mardhani, Amy Pringgo. 2002. *Simulasi Model Numerik Persebaran Amonium, Nitrit, dan Nitrat ; Studi Kasus Muara Sungai Cisadane di Teluk Jakarta*. Departemen Teknik Lingkungan Program Magister Teknik Sipil dan Perencanaan. ITB Bandung.
- Marianto, Lukito Adi. 2005. *Merawat Tanaman Air*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Rahmi, Abdul. 1998. *Pengaruh Kepdatan Enceng Gondok terhadap pH, BOD, dan Zat Organik*. APK-TS. Yogyakarta.
- Thomann, Robert. V. 1987. *Principle of Surface Water Quality Modelling and Control*. Harper & Row Publisher. New York.