

PEMODELAN DAN SIMULASI KELIMPAHAN ALGA DAN KONSENTRASI TSS PADA WADUK MENGGUNAKAN STRUCTURAL THINKING, EXPERIMENTAL LEARNING LABORATORY WITH ANIMATION (STELLA) DAN VENTANA SYSTEM (VENSIM)

Ai Silmi

Dosen Program Studi Teknik Lingkungan,
Fakultas Teknik Universitas Satya Negara Indonesia

Email : silmi.el.rasyid@yahoo.com

*)Korespondensi: silmi.el.rasyid@yahoo.com

<u>Tgl. Diterima</u>	<u>Tgl. Revisi</u>	<u>Tgl. Disetujui</u>	<u>Tgl. Terbit</u>
<u>23 Mei 2023</u>	<u>12 Juni 2023</u>	<u>23 Juni 2023</u>	<u>30 Juni 2023</u>

ABSTRACT

From the actual data, the TSS concentration was 147.18 mg/L and the number of algae was 5,696,736.11 individuals/liter. The condition of the reservoir is eutrophied and not suitable as drinking water raw water for classes I and II. Simulation results with scenario 1 show that the designation of the reservoir is suitable for drinking water raw materials because algae are below 5×10^6 individuals/liter. The simulation results of scenario 2 show that the condition of the reservoir is not suitable as drinking water raw water. The simulation results of scenario 3 show that the reservoir designation is suitable for drinking water raw materials. TSS concentration from reservoir input does not significantly affect TSS concentration in the reservoir and algae abundance. The KJA component is very sensitive to changes in TSS concentration and algae abundance in the reservoir.

Keywords: Stella, Vensim, TSS, Algae, Reservoirs

ABSTRAK

Dari data aktual didapat konsentrasi TSS sebesar 147.18 mg/L dan jumlah alga 5.696.736,11 individu/liter. Kondisi waduk mengalami eutrofikasi dan tidak layak sebagai air baku air minum untuk kelas I dan II. Hasil simulasi dengan skenario 1 menunjukkan bahwa peruntukan waduk sesuai untuk bahan baku air minum karena alga berada dibawah 5×10^6 individu/liter. Hasil simulasi skenario 2 menunjukkan bahwa kondisi waduk tidak layak sebagai air baku air minum. Hasil simulasi skenario 3 menunjukkan bahwa peruntukan waduk sesuai untuk bahan baku air minum. Konsentrasi TSS dari input waduk tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi TSS di waduk dan kelimpahan alga. Komponen KJA sangat sensitif perubahannya terhadap konsentrasi TSS dan kelimpahan alga di waduk.

Kata Kunci: Stella, Vensim, TSS, Alga, Waduk

PENDAHULUAN

Waduk merupakan salah satu perairan umum yang merupakan perairan buatan (*artificial water-bodies*), dibuat dengan cara membendung badan sungai tertentu (Wiadnya, et al., 1993). Sedangkan Menurut Kristanti (2006) waduk merupakan tempat menampung air yang umumnya dibentuk dari sungai atau rawa dengan tujuan tertentu. Waduk sebenarnya juga sebuah danau dalam pengertian benda tersebut merupakan suatu volume massa air yang mempunyai komposisi khusus yang berisi berbagai bentuk kehidupan.

Pembuatan waduk pada umumnya bertujuan untuk sumber air minum, PLTA, pengendali banjir, pengembangan perikanan darat, irigasi dan pariwisata. Waduk demikian disebut dengan waduk serbaguna (Ewusie, 1990). Ekosistem perairan waduk terdiri dari komponen biotik, seperti ikan, plankton, macrophyta, benthos dan sebagainya yang berhubungan timbal balik dengan komponen abiotik seperti tanah, air dan sebagainya.

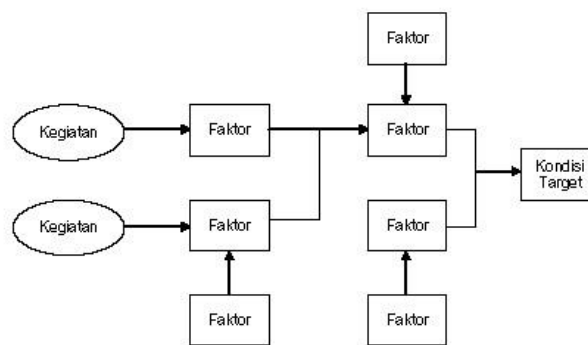
Karakteristik fisik suatu waduk umumnya dinyatakan oleh panjang, kedalaman, luas permukaan dan volume dari waduk (Perdana, 2006). Waduk dicirikan dengan arus yang sangat lambat (0,001 – 0,01 m/detik) atau tidak ada arus sama sekali. Arus air waduk dapat bergerak ke berbagai arah. Perairan waduk/danau biasanya memiliki stratifikasi kualitas air secara vertikal. Stratifikasi ini terjadi akibat perbedaan intensitas cahaya dan suhu pada kolom air yang terjadi secara vertical (effendi, 2003).

Model merupakan contoh sederhana dari system dan menyerupai sifat – sifat system yang dipertimbangkan, tetapi tidak sama dengan system. Penyederhanaan dari system sangat penting agar dapat dipelajari secara seksama. Model dikembangkan dengan tujuan untuk studi tingkah laku system melalui analisis rinci akan komponen atau unsur dan proses utama yang menyusun system dan interaksinya antara satu dengan yang lain. Sehingga pengembangan model adalah suatu pendekatan yang tersedia untuk mendapatkan pengetahuan yang layak. Model memiliki peranan penting dalam pengembangan teori karena berfungsi sebagai konsep dasar yang menata rangkaian aturan yang digunakan untuk menggambarkan system.

Model konseptual adalah suatu diagram dari satu set hubungan antara factor – factor tertentu yang diyakini memberi dampak terhadap atau menghantar ke suatu kondisi target. Sebuah model konseptual yang baik:

1. Menampilkan sebuah gambaran situasi di lokasi proyek,
2. Menunjukkan perkiraan hubungan antara factor – factor yang mempengaruhi kondisi target,
3. Menunjukkan ancaman utama yang langsung dan tak langsung yang mempengaruhi kondisi target.

Model konseptual berisi suatu kondisi sasaran disatu sisi gambar dan sejumlah faktor dan kegiatan yang dihubungkan dengan kondisi target.



Gambar 1. Model konseptual

Software STELLA (*Structural Thinking, Experiential Learning Laboratory with Animation*) memiliki kemampuan untuk mewakili interaksi antara elemen di dalam suatu system dinamik dan telah digunakan secara luas dalam pemodelan system dinamik. Stella merupakan perangkat lunak untuk modeling berbasis “*flow-chart*”. Stella termasuk bahasa pemrograman interpreter dengan pendekatan lingkungan multi-level hierarkis baik untuk menyusun maupun berinteraksi dengan model. Di dalam program STELLA terdapat tiga jenjang (*layering*) untuk mempermudah pengelolaan model, terutama untuk model yang sangat kompleks. Hal ini sangat bermanfaat baik untuk pembuat program model maupun untuk pengguna model tersebut.

Building Block	Simbol	Arti Simbol
Stock		Menggambarkan sesuatu yang terakumulasi
Flow		Menggambarkan aliran atau aktivitas yang merubah jumlah pada stock. Aliran bisa satu arah maupun dua arah.
Converter		Menyimpan persamaan atau konstanta, namun tidak terakumulasi.
Connector		Meneruskan input dan menghubungkan antara elemen dalam model.

(Sumber: Shiflet, et al, 2007)

Tabel 2. Jenis Simbol Dalam Software STELLA

Software Vensim (*Ventana System*) merupakan software simulasi yang dapat digunakan sebagai tool untuk membantu menyelesaikan masalah seperti masalah ekonomi, fisika, kimia, biologi dll. Software ini dikembangkan oleh Ventana Systems, Inc yang dikembangkan sebagai respon terhadap kebutuhan dalam mengembangkan model – model simulasi. Vensim ini sering digunakan untuk pemodelan system dinamik dan kini mulai populer digunakan untuk penelitian.

Vensim Simulation merupakan salah satu dari beberapa perangkat lunak berbayar yang tersedia untuk memfasilitasi dalam pembangunan model system dinamis. Vensim ini merupakan perangkat lunak *shareware*. Dengan vensim dapat membangun Causal Loop diagram, stock diagram, flow diagram (Prabowo, tanpa tahun).

METODOLOGI PENELITIAN

A. Konsep Penyusunan Model

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menyusun model, yaitu:

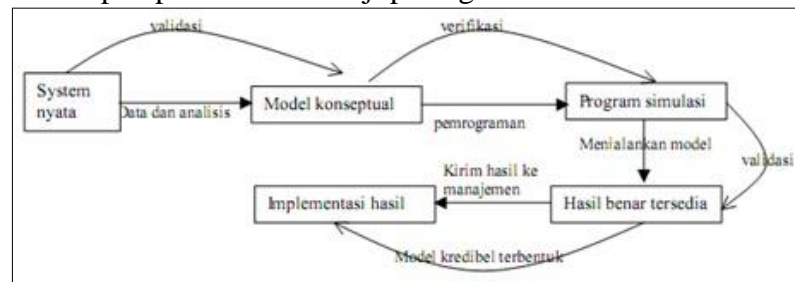
- Ketersediaan data dari berbagai sumber yang dikombinasikan.
- Estimasi dari parameter mungkin saja berubah.
- Keputusan yang didasarkan pada model dilakukan secara obyektif dan transparan.
- Perlunya dilakukan analisis terhadap satu atau lebih parameter dan hal ini menyebabkan bentuk dari model akan berubah sesuai dengan banyaknya parameter yang dianalisis.

Untuk dapat memodelkan suatu sistem terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi yaitu:

- a) Model harus mewakili sistem yang nyata
- b) Model merupakan penyederhanaan dari sistem yang kompleks, sehingga pada model diperbolehkan adanya penyimpangan pada batas-batas tertentu. Berikut tahapan pemodelan tersaji pada gambar dibawah ini.

B. Tahap Pemodelan

Berikut tahapan pemodelan tersaji pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. Tahapan Dalam Pemodelan

Formulasi model terdiri dari 5 tahapan, yaitu:

- 1) Pemilihan variabel yang dilibatkan.
Pada tahap ini dibutuhkan analisis dan kemampuan Penyusun untuk memilih faktor-faktor yang penting dan relevan dengan masalah yang dikaji. Variabel yang dipilih merupakan variabel output.
- 2) Pemilihan tingkat agregasi dan kategorisasi yang tepat.
Agregasi merupakan penggabungan berbagai variabel menjadi satu variabel, sedangkan kategorisasi menunjukkan pengelompokkan populasi dari variabel.
- 3) Keputusan yang berkaitan dengan waktu.
Pemilihan keterlibatan faktor waktu pada penelitian perlu dipertimbangkan karena berkaitan dengan perencanaan yang datang dan menentukan bentuk dari model. Bila waktu tidak dilibatkan dalam model maka model tersebut adalah

statik sedangkan bila waktu dilibatkan maka model yang digunakan adalah model dinamis.

4) Spesifikasi model

Setelah penyusun memutuskan tujuan dari dibangunnya suatu model, maka harus dibuat suatu hipotesis walaupun sederhana. Hipotesis tersebut berhubungan dengan struktur dan fenomena yang sedang dicoba dipresentasikan. Bila perlu hipotesis tersebut dinyatakan dalam bahasa matematika.

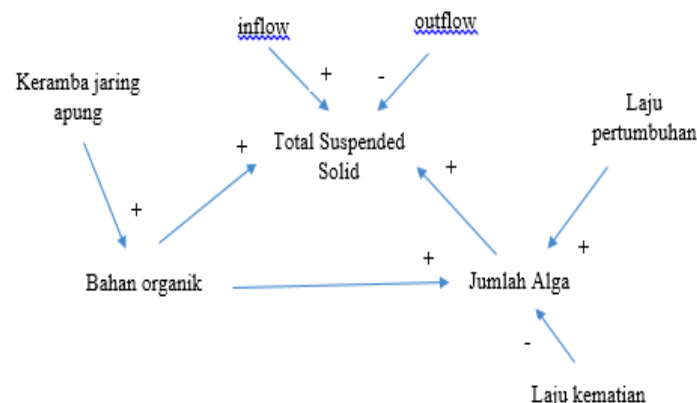
5) Kalibrasi model

Kkalibrasi adalah mencocokkan model dengan kondisi yang nyata. Kalibrasi model akan mudah dilakukan apabila struktur dari model sudah pernah dicoba pada berbagai kesempatan, tetapi apabila model tersebut baru maka proses kalibrasi tidak mudah dilakukan dan untuk dapat melakukannya harus melalui simulasi.

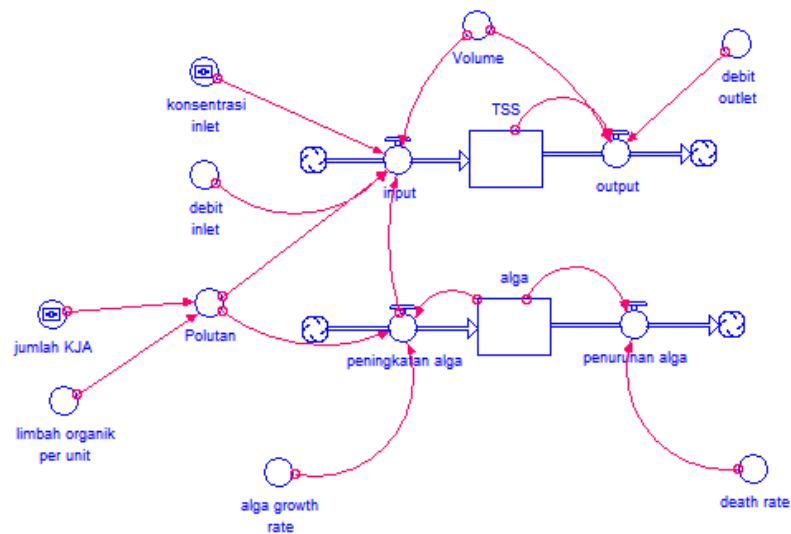
HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu pemanfaatan sumber daya air waduk adalah untuk kegiatan budidaya ikan KJA. Kualitas air waduk merupakan faktor utama yang mendukung berkembangnya produksi ikan. Seiring dengan meningkatnya produksi, keuntungan yang diperoleh dari hasil budidaya ikan di KJA memicu terjadinya peningkatan unit KJA di waduk. Dampak dari hal tersebut menyebabkan terganggunya fungsi utama waduk sebagai sumber air baku untuk produksi air minum, dimana terjadinya penurunan kualitas air yang ditandai dengan peningkatan TSS. Peningkatan ini terjadi secara langsung dan tidak langsung, yakni sebagai berikut:

- Secara langsung: Peningkatan TSS berasal dari inlet air dan sisa pakan yang tidak termakan dari kegiatan budidaya ikan.
- Secara tidak langsung: Setiap KJA menghasilkan limbah organik per unit. Bahan organik ini memicu peningkatan bahan organik yang mana banyak terkandung unsure N dan P. Hal ini menimbulkan pengkayaan menyebabkan bloming plankton yang juga meningkatkan nilai TSS



Gambar 4. Causal Loop Sistem



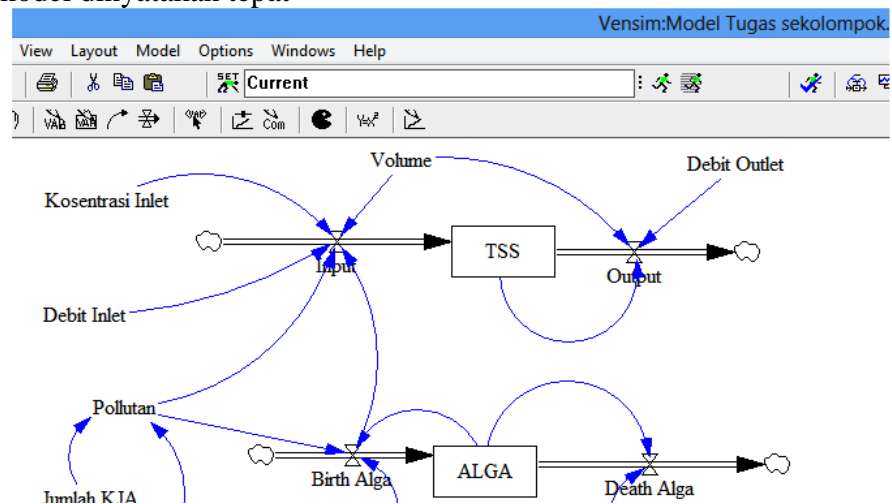
Gambar 5. Struktur Model TSS dan Alga

A. Kalibrasi Model

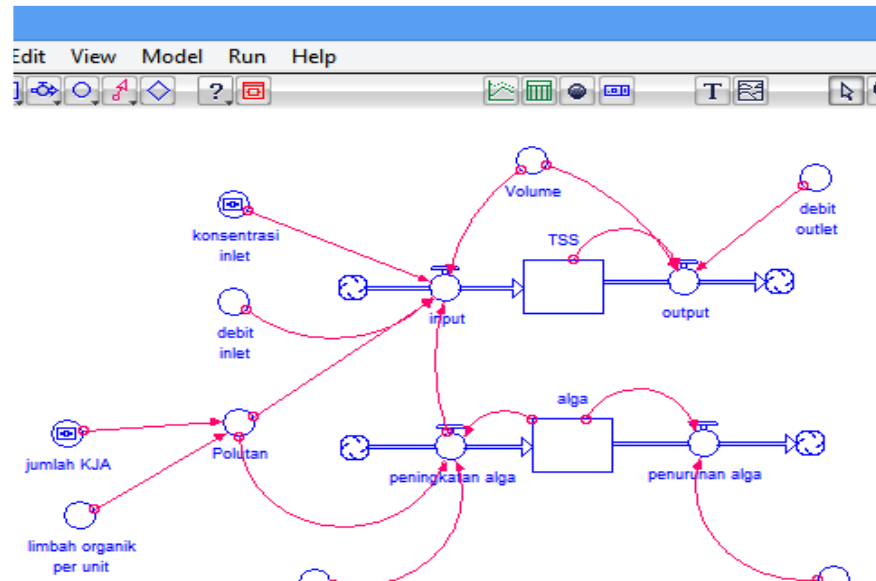
- Dilakukan dengan metode *trial and error* untuk mendapatkan nilai terdekat yang dapat diperoleh oleh model terhadap nilai aktual (hasil pengukuran)
- Kalibrasi dilakukan dalam rentang waktu 7 hari dengan $dt = 0.5$ hari

B. Validasi Model

- Bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan suatu model dalam merepresentasikan sistem yang sebenarnya
- Dengan membandingkan tingkah laku model dengan sistem nyata yaitu uji MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)
- Hasil yang diperoleh adalah 4.75% untuk TSS dan 3.35% untuk jumlah alga à model dinyatakan tepat



Gambar 6. Model TSS-Alga (Vensim)

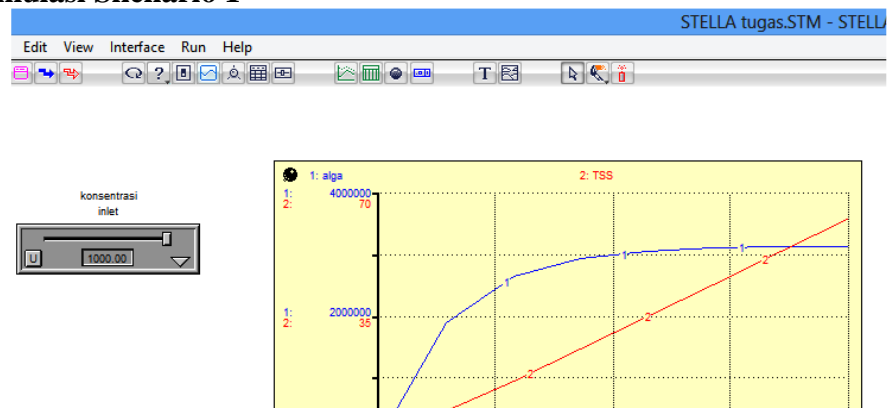


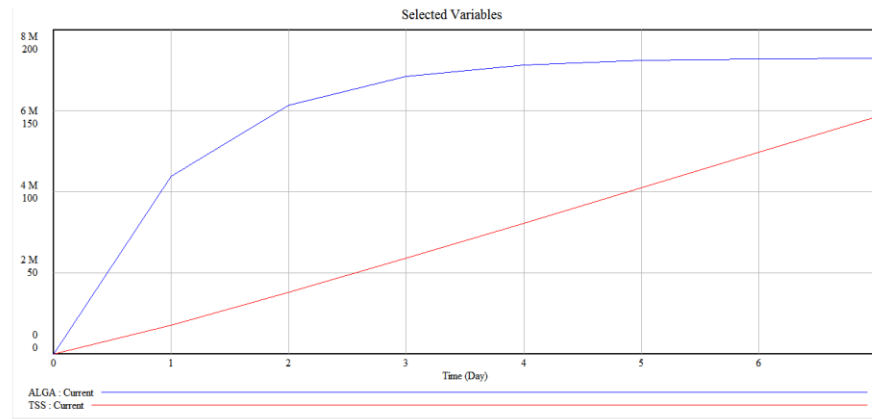
Gambar 7. Model TSS-Alga (Stella)

C. Skenario Simulasi

- **Skenario 1 : Jumlah KJA menurun**
Skenario 1 dibuat karena KJA menyumbang polutan seperti bahan organik dari sisa pakan dan sisa kotoran ikan
- **Skenario 2 : Konsentrasi TSS**
Skenario 2 dibuat berdasarkan bahwa konsentrasi TSs sangat berpengaruh terhadap jumlah alga di waduk
- **Skenario 3 : Jumlah KJA dan Konsentrasi TSS**
Skenario 3 dibuat berdasarkan bahwa konsentrasi TSS dan jumlah KJA sangat berpengaruh terhadap meningkatnya jumlah alga yang ada di waduk

D. Hasil Simulasi Skenario 1

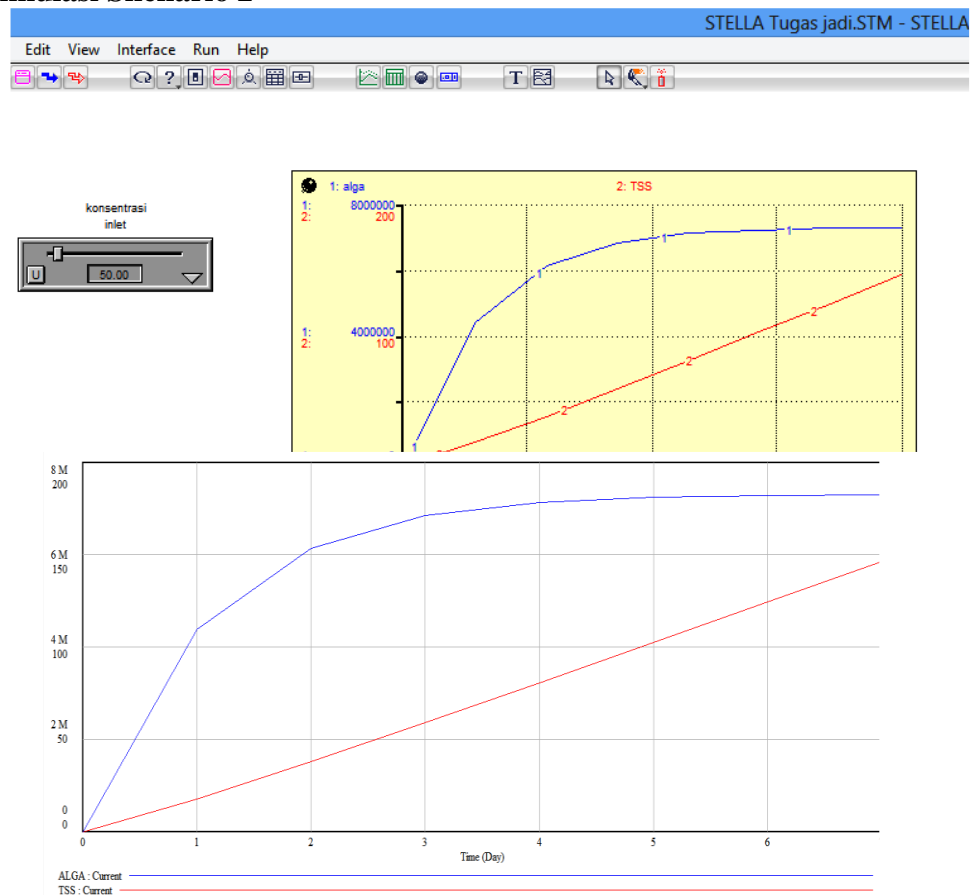




Gambar 8. Hasil Simulasi Skenario 1

Dengan 2500 unit KJA → Dalam kurun waktu seminggu, jumlah final konsentrasi TSS rata-rata 34.76 mg/L dan jumlah alga 2.835.409,55 per liter

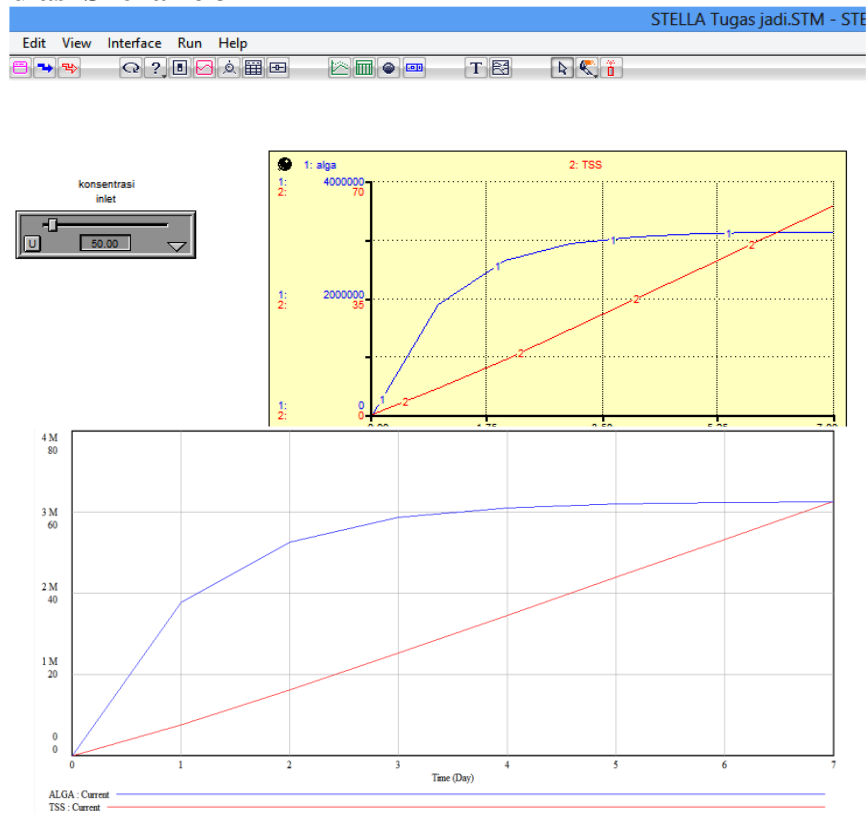
E. Hasil Simulasi Skenario 2



Gambar 8. Hasil Simulasi Skenario 2

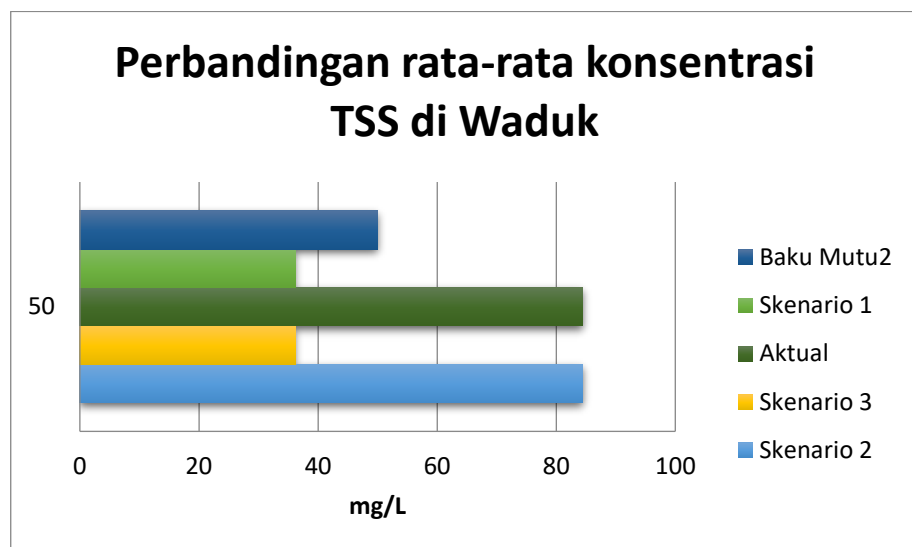
Kondisi aktual dengan 5836 unit KJA dan inlet sesuai PP 82/2001 50 mg/L
→ konsentrasi TSS 81.14 mg/L dan jumlah alga 6.618.980 individu per liter

F. Hasil Simulasi Skenario 3

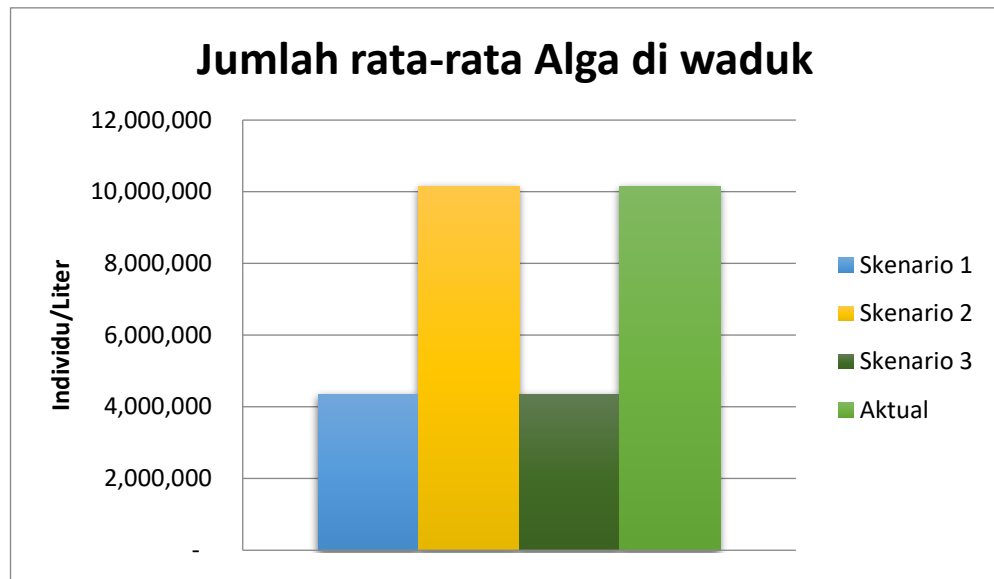


Gambar 9. Hasil Simulasi Skenario 3

Kombinasi skenario 1 dan 2 dengan KJA 2500 dan inlet 50 mg/L
→ Konsentrasi TSS sebesar 34.7 mg/L dan jumlah alga 2.835.409 individu per liter



Gambar 10. Perbandingan Skenario 1,2,3 Terhadap Konsentrasi TSS



Gambar 11. Perbandingan Skenario 1,2,3 terhadap Jumlah Alga

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apridayanti, Eka. 2008. *Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Waduk Lahor Kabupaten Malang Jawa Timur*. Program Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [2] Prabowo, Ignatius Hadi. tanpa tahun. *Simulasi Optimasi Query Menggunakan Histogram Untuk Meminimalisasi Nilai Sumber Daya Pada Database Terdistribusi*. Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Teknik Komputer. Surabaya.
- [3] Shiflet, Angela B dan George W. Shiflet, 2007. *System Dynamics Tool: STELLA Version 9 Tutorial 1 Introduction to Computational Science: Modeling and Simulation for the Sciences*. Wofford College : Princeton University Press.
- [4] Pudjiastuti P (2003) Dampak Budidaya Ikan dalam Keramba Jaring Apung Terhadap Perkembangan Biota Air Lokal WGM. Prosiding Seminar Nasional Unika Soegijopramnoto. Semarang ISBN 979-8366-61-li.
- [5] Pudjiastuti P (2013) Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan waduk Gajah Mungkur. Jurnal EKOSAINS. Vol V no.1 Maret 2013.
- [6] (<http://stat.unsyiah.ac.id/sparg/index.php/aplikasi/vensim>)
- [7] (<http://teorionline.wordpress.com/service/theoretical-framework-and-hypotheses/>) (<http://lingkarlsm.com/2012/03/model-konseptual/>)
- [8] (<http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/2289/C07rak.pdf;jsessionid=99E5198E05A2186D20F5AB2C5C2BDD96?sequence=4>)
- [9] (<http://stat.unsyiah.ac.id/sparg/index.php/aplikasi/vensim>)
- [10] (<http://teorionline.wordpress.com/service/theoretical-framework-and-hypotheses/>)
- [11] <http://www.damandiri.or.id/file/marganofipbbab2.pdf>
- [12] <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-NonDegree-14979-chapter1pdf.pdf>
- [13] <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/555/jbptitbpp-gdl-indrasakti-27708-2-2007ta-2.pdf>