

Perancangan Model Pengendalian Pencemaran Sungai dengan Pendekatan Sistem Dinamik

Andi Angga Kusuma^{*}, M. Dzikron, Djamaluddin

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*efulec@gmail.com,mdzikron@gmail.com, mas.djamal@gmail.com

Abstract. The Citarik River is part of the Sub River Basin of the Citarum placed in the conservation area of the Buru Masigit Kerumbi Park. The existence of the Citarik River is very important for economic sustainability and survival for the community, industry, agriculture and commerce around the riverbanks. Increased disposal of domestic and industrial waste along the Citarik River has led to a decrease in the carrying capacity and carrying capacity of the Citarik River. Therefore, efforts to control Citarik River pollution need to be done well. System dynamics approach used to obtain the optimize solution from the skenario's designed. The result found that the water pollution control construct by 3 important component, which is public, institution/local government, and facilities. Based on simulation that has been done, moderate skenario proposed. In because the skenario has lowest pollution number compare by existing condition.

Keywords: Dynamic Systems, Modeling, Dynamics Simulation.

Abstrak. Sungai Citarik merupakan bagian Sub Daerah Aliran Sungai Citarum yang ada di kawasan konservasi taman buru masigit kerumbi. Keberadaan Sungai Citarik cukup penting terutama untuk perekonomian dan kelangsungan hidup masyarakat, industri, pertanian serta perniagaan disekitar bantaran sungai. Meningkatnya limbah domestik dan industri di sepanjang Sungai Citarik menyebabkan turunnya daya dukung serta daya tampung Sungai Citarik. Karena itu, diperlukan pengendalian pencemaran Sungai Citarik perlu dilakukan optimal. Penelitian ini menggunakan pendekatan sistem dinamis untuk mendapatkan hasil optimal dari skenario yang dirancang. Hasilnya ditemukan bahwa pengendalian pencemaran air Sungai Citarik dibentuk oleh 3 komponen penting, yaitu masyarakat, Lembaga/pemerintah desa, dan sarana prasarana desa. Berdasarkan simulasi yang sudah dilakukan, dirancang beberapa usulan yaitu dengan skenario moderat. Hal ini dikarenakan skenario tersebut memiliki rata-rata pencemaran yang lebih baik dari kondisi eksisting saat ini.

Kata Kunci: Sistem Dinamik, Pemodelan, Simulasi Dinamis.

1. Pendahuluan

Sumber daya air (SDA) merupakan sumber daya alam yang strategis dan vital bagi

kehidupan manusia, serta keberadaannya tidak dapat digantikan oleh materi lainnya (Dinar *et al.*, 2005). Air dibutuhkan untuk menunjang berbagai sistem kehidupan, baik dalam lingkungan atmosfer, litosfer dan biosfer. Hampir semua kebutuhan hidup manusia membutuhkan air, baik untuk kebutuhan rumah tangga, pertanian, industri dan kegiatan ekonomi lainnya. Sumber daya DAS Citarik sebagai sumber daya yang perlu dikelola secara optimal untuk memenuhi kebutuhan sosial ekonomi di wilayah sepanjang aliran sungai. Sungai Citarik merupakan salah satu Hulu dari DAS Citarum dimana sub DAS Citarik mengalir dan bermuara di DAS Citarum di daerah Sapan Kabupaten Bandung. Kondisi eksisting lahan dan demografi akan berbeda antara 1 Sub DAS dengan Sub DAS lainnya.. Kompleksnya permasalahan serta banyaknya variabel yang berpengaruh dalam suatu sistem dapat digambarkan secara sederhana dan sistematis melalui sebuah model yang mencerminkan hubungan antara variabel-variabel yang berpengaruh dalam sistem tersebut. Oleh karenanya, perlu dilakukan penelitian tentang pencemaran sumber air yang terjadi di sub DAS Citarik yang merupakan salah satu hulu DAS Citarum. Perbaikan kualitas SDA harus dilaksanakan secara terstruktur dan sistematis dimulai dari hulu hingga hilir berdasarkan kondisi eksisting karakteristik fisik dan kimia.

Sumberdaya air DAS Citarik ditinjau dalam analisis Teknik Industri dilakukan dengan pendekatan sistem dinamik, dimana interaksi yang ada dalam struktur ini diterjemahkan kedalam bentuk model-model matematik yang selanjutnya dengan bantuan komputer digital disimulasikan guna memperoleh perilaku historisnya. Dalam proses implementasi sistem dinamis perlu diperhatikan bahwa fokus studi bukan terletak pada namanya, melainkan pada masalahnya. Faktor-faktor yang dipakai dalam metode sistem dinamis yakni konsep umpan balik informasi dari perilaku sistem, model matematik dari interaksi dinamis, dan simulasi berbasis komputer. Hal-hal ini akan memungkinkan bagi kita untuk melaksanakan serangkaian eksperimen yang terkendali mengenai keadaan sistem yang diamati. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen-komponen pencemar Sungai Citarik, Merancang dan memahami interaksi yang terjadi antar komponen pencemar Sungai Citarik, dan Merancang usulan model sistem dinamis pada pengendalian pencemaran Sungai Citarik.

2. Landasan Teori

Model didefinisikan sebagai suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu yang disepakati dari suatu sistem yang nyata. Sedangkan yang dimaksud dengan sistem yang nyata adalah sistem yang sedang berlangsung dalam kehidupan, sistem yang dijadikan titik atau fokus perhatian dan dipermasalahkan (Simatupang, 1995). Murty, *et al* (1990) menjelaskan bahwa model adalah suatu representasi dari suatu sistem, dan dikatakan valid apabila sesuai dengan tujuan peneliti. Tujuan dari studi pemodelan adalah penelitian yang melibatkan langsung pada sistem yang ada dengan tujuan memahami perilaku sistem dalam berbagai macam kondisi yang mungkin dilakukan, tapi pada kenyataannya sistem yang ada tidaklah sederhana sehingga untuk melakukan penelitian langsung akan memakan biaya yang cukup besar dan tidak praktis. Dilihat dari sisi manajerial model berfungsi sebagai alat bantu dalam proses pengambilan keputusan, dan alat bantu dalam memecahkan masalah, alat komunikasi.

Pembuatan model terkait kemampuan untuk menampilkan permasalahan dan juga menentukan metodologi yang akan digunakan untuk menganalisis permasalahan tersebut. Karena itu tingkat kesuksesan dalam pembuatan model bukan dilihat dari seberapa besar dan rumitnya model tetapi dari jawaban terhadap permasalahan yang dianalisis. Dalam membangun suatu model, peneliti harus melakukan pendekatan

sistem dengan eksplisit. Setelah karakteristik sistem didapatkan dan struktur masalah dapat menunjukkan keterkaitan hubungan antara variabel-variabel yang penting dalam penyelesaian masalah, kemudian dilakukan formulasi model. Formulasi model terdiri dari 5 tahapan yaitu:

1. Pemilihan variabel terlibat; tahap ini membutuhkan dan kemampuan analisis peneliti dalam menentukan faktor yang relevan dan penting terkait masalah yang dikaji. Variabel terpilih adalah variabel output.
2. Pemilihan tingkat kategorisasi dan agregasi yang tepat; kategorisasi menjelaskan pengelompokan populasi dari variabel. Sedangkan agregasi adalah kombinasi dari beberapa variabel menjadi satu variabel.
3. Keputusan yang terkait waktu; penentuan keterlibatan waktu pada penelitian harus dipertimbangkan karena terkait dengan perencanaan mendatang dan menentukan bentuk dari model. Apabila waktu tidak dilibatkan dalam model maka model tersebut adalah model statik sedangkan jika melibatkan waktu maka model tersebut adalah model dinamis.
4. Spesifikasi model; setelah peneliti menentukan tujuan dari dibuatnya model, selanjutnya perlu dibuat hipotesis. Hipotesis tersebut berhubungan dengan fenomena dan struktur yang sedang dipresentasikan. Bila perlu hipotesis tersebut sebaiknya dinyatakan dalam bahasa matematis.
5. Kalibrasi model; adalah mencocokkan model dengan kondisi eksisting. Kalibrasi model akan mudah dilakukan jika struktur model sudah pernah dicoba pada suatu kesempatan, tetapi jika model tersebut adalah model baru maka proses kalibrasi sulit dilakukan dan diperlukan simulasi untuk dapat melakukannya.

System dynamics adalah suatu metode pemodelan yang diperkenalkan oleh Jay Forrester pada tahun 1950-an dan dikembangkan di *Massachusetts Institute of Technology* Amerika. Awalnya Forrester mencoba menerapkan metodologi dinamika sistem sebagai solusi persoalan dalam industri (perusahaan). Model-model dinamika sistem awalnya ditujukan pada permasalahan manajemen umum yang biasanya seperti penurunan pangsa pasar suatu perusahaan, fluktuasi inventori, dan ketidakstabilan tenaga kerja (Forrester 1961). Metode *system dynamics* telah diterapkan pada banyak permasalahan baik dalam sektor swasta maupun publik. Sektor pemerintahan dan perusahaan besar menggunakan model sistem dinamis dalam merancang strategi dan kebijakan serta pengambilan keputusan operasional dan taktis. Masalah yang dapat diterapkan pada sistem dinamis seperti yang dikemukakan oleh Richardson & Pugh (1983), minimal memiliki 2 sifat, yaitu masalah sifatnya dinamis yang berarti masalah-masalah yang melibatkan kuantitas yang terus berubah seperti fluktuasi harga, pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi nasional, serta masalah yang melibatkan ide yang memiliki umpan balik yang ditandai dengan adanya pengembalian dan pengiriman informasi.

Sistem dinamis dikembangkan untuk meningkatkan pembelajaran kita dalam sistem yang kompleks. Meadow, et. Al di dalam Sterman (2000), menjelaskan bahwa prinsip pusat sistem dinamis adalah memeriksa masalah melalui sudut pandang berbeda dengan memperluas batasan dari pengambil kebijakan. Dengan demikian diharapkan pengambil kebijakan mampu mengambil efek samping dan konsekuensi jangka panjang dari keputusan mereka, termasuk dampaknya terhadap moral, lingkungan, dan budaya. Metode *system dynamics* mampu memperbaiki memperbaiki kinerja. Pendekatan ini tidak hanya memperlakukan pengalokasian sumber, tetapi juga untuk memahami perilaku yang terjadi. Kemudian didasarkan pemahaman

tersebut, perancangan kebijakan dilakukan untuk memperbaiki perilaku yang dikehendaki.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dalam pengembangan struktur umpan balik masing-masing sub sistem terdapat beberapa asumsi, yaitu perkembangan pencemaran yang merupakan variabel eksogen, mempengaruhi sistem tapi tidak dipengaruhi sistem (tidak dibahas lebih lanjut). Situasi negara dilihat dari politik/ekonomi/keamanan diasumsikan normal dan stabil.

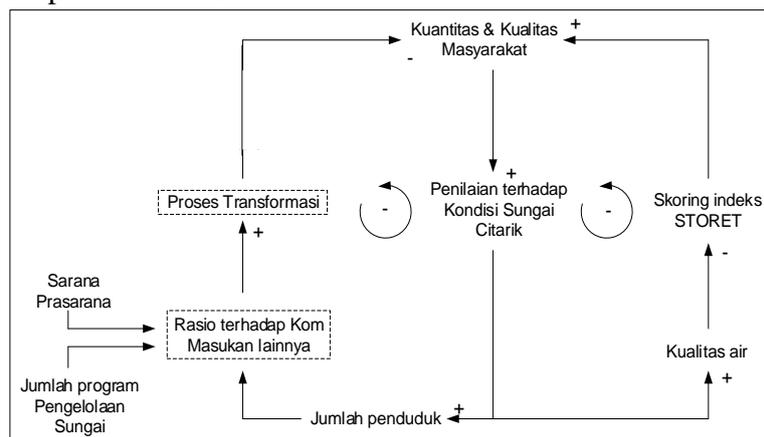
Terdapat tiga komponen terhadap sistem pencemaran Sungai Citarik. Ke empat komponen tersebut adalah

1. Komponen masyarakat,
2. Komponen lembaga desa,
3. Komponen sarana dan prasarana.

Setiap komponen tersebut membentuk sistem tersendiri (sub sistem) dan sub sistem tersebut akan membentuk suatu struktur umpan balik yang dibentuk oleh indikator/variabel yang melekat pada masing-masing sub sistem.

1. Struktur umpan balik Sub sistem Masyarakat

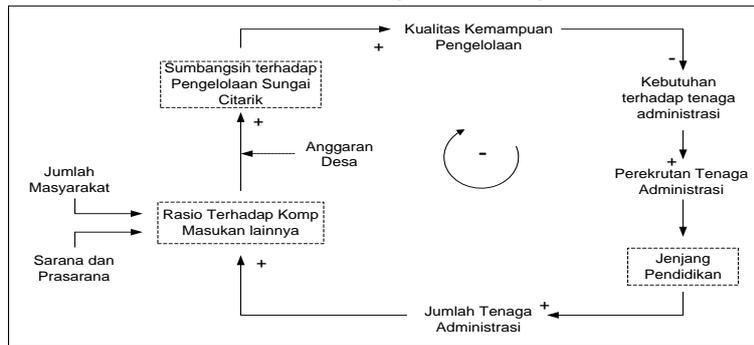
Penilaian pada aktivitas masyarakat yang tinggal di Hulu Sungai Citarik terhadap pencemaran Sungai Citarik dipengaruhi komponen-komponen kelompok keluaran dan juga kelompok masukan non manusia yaitu perangkat keras dan proses transformasi.



Gambar 1. Struktur Umpan Balik Sub Sistem Masyarakat

2. Struktur umpan balik Sub sistem Lembaga Desa/Pemerintah Desa

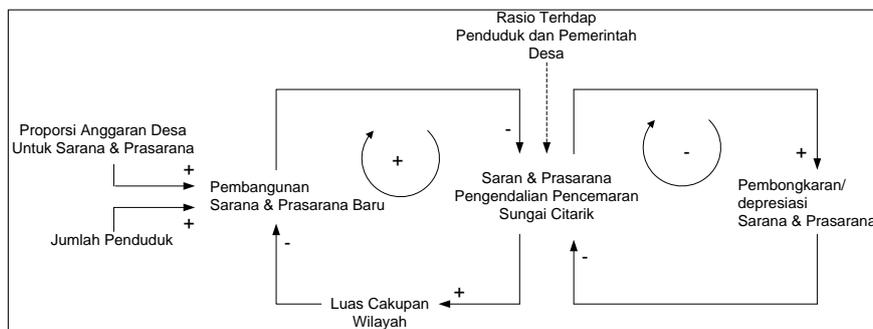
Siklus yang terjadi pada struktur lembaga desa memiliki polaritas negatif, karena berkaitan dengan kebijakan yang akan digunakan dalam pemanfaatan Sungai Citarik



Gambar 2. Struktur Umpan Balik Sub Sistem Lembaga Desa

3. Struktur umpan balik Sub sistem Sarana dan Prasarana

Siklus yang ada pada struktur umpan balik sub sistem sarana dan prasarana memiliki polaritas negatif, yaitu berusaha mencari tujuan tertentu, dalam hal ini jumlah sarana dan prasarana yang optimal bagi pengurangan pencemaran Sungai Citarik berdasarkan cakupan wilayah.

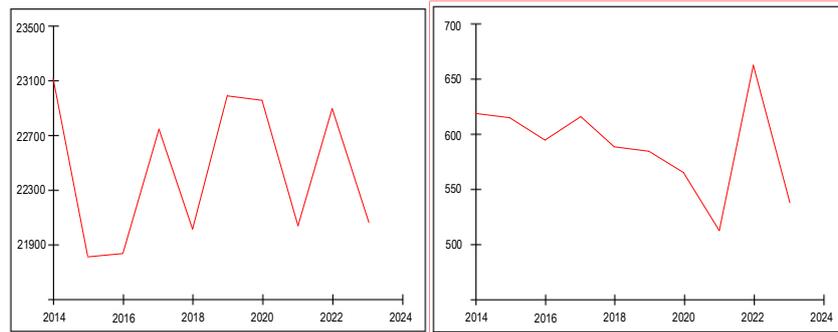


Gambar 3. Struktur Umpan Balik Sub Sistem Sarana dan Prasarana

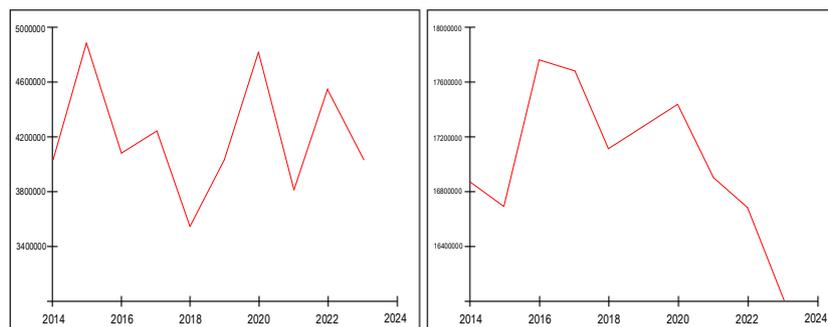
Setelah merancang model untuk pengendalian pencemaran air di Sungai Citarik, maka langkah selanjutnya adalah melihat hasil dari simulasi dari model yang telah dirancang. Pada pembahasan kali ini akan ditunjukkan beberapa hasil simulasi dari model yang telah dirancang. Adapun hasil simulasi yang akan dirancang adalah komponen-komponen yang mewakili masing-masing subsistem yaitu jumlah masyarakat, tenaga administrasi, pembangunan sarana dan prasana baru, dan pencemaran yang terdiri dari BOD, COD, P-PO₄ yang dilakukan pada tahun 2018.

Tabel 1. Hasil Simulasi (Kuantitatif)

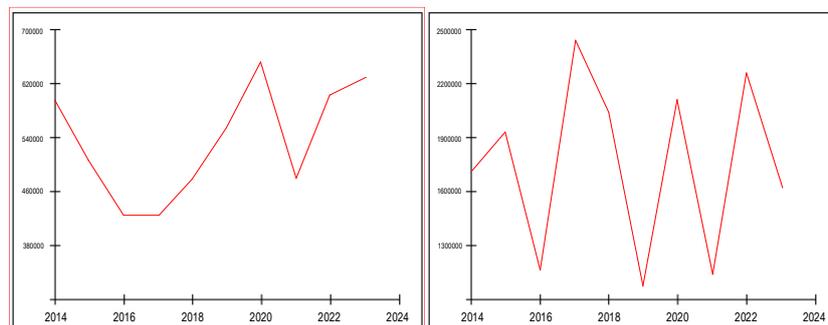
Tahun	JPU	JTA	PBNG	BOD	COD	P-PO ₄	DO
2014	23126	624	38	4179531	16948460	590872	1776996
2015	22131	618	45	4820107	16704176	499562	1969029
2016	22186	599	58	4183625	17755001	419959	1285357
2017	22748	618	73	4269048	17669750	415175	2454048
2018	22205	590	76	3580770	17153537	483717	2010809
2019	22906	582	77	4048969	17396250	582678	1029211
2020	22854	565	78	4723140	17513286	649261	2171386
2021	22220	517	81	3829363	16959831	498847	1083759
2022	22769	657	84	4527147	16623501	603158	2219001



Gambar 4. Grafik Jumlah Penduduk dan Grafik Tenaga Administrasi



Gambar 5. Grafik BOD dan COD



Gambar 6. Grafik Pencemaran P-PO4 dan DO

Hasil identifikasi dan penggolongan faktor berdasarkan pengaruhnya dalam pembentukan sistem dianalisis lebih lanjut dengan bantuan pakar untuk mengidentifikasi kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi pada pengendalian pencemaran air Sungai Citarik dalam suatu seri skenario. Pembentukan skenario didasarkan pada kondisi keadaan faktor yang berpengaruh. Kondisi berdasarkan pada identifikasi pakar dan *stakeholders*. Berdasarkan kombinasi antara kondisi faktor, didapatkan tiga skenario pengendalian pencemaran air Sungai Citarik, yaitu skenario pesimis, skenario moderat, dan skenario optimis. Skenario optimis dan moderat dibangun berdasarkan keadaan (*state*) ketiga faktor kunci tersebut sudah berjalan dengan skala “cukup baik” untuk skenario moderat dan skala “baik” untuk skenario optimis dalam pengelolaan sungai citarik. Sementara itu, skenario pesimis dibangun atas dasar kondisi saat ini (*existing condition*), dengan pengertian bahwa walaupun sudah memiliki usaha pengelolaan namun belum mengutamakan faktor-faktor penting yang seharusnya terlebih dahulu dilakukan sehingga tidak memiliki prospek

pengelolaan Sungai Citarik yang berpandangan jauh ke depan.

Tabel 2. Penyusunan Skenario

No	Faktor	Keadaan		
		Pesimis	Moderat	Optimis
1	pertumbuhan penduduk dan kesadaran masyarakat	Program KB mengendur dan penyuluhan sosialisasi tidak berjalan baik. Tingkat kelahiran meningkat sebesar 10%	Pelaksanaan program KB dan kegiatan penyuluhan/sosialisasi berjalan cukup optimal. tingkat kelahiran menurun sebesar 10%	Pelaksanaan program KB dan kegiatan penyuluhan/sosialisasi berjalan optimal. tingkat kelahiran menurun sebesar 50%
2	Persepsi masyarakat	Penyuluhan tidak didukung SDM dan sarana dan prasarana yang memadai. Pembangunan sarana dan prasarana menurun 10%	Anggaran pemerintah ditingkatkan untuk pengadaan sarana dan prasarana penunjang kegiatan penyuluhan. Anggaran pemerintah naik sebesar 10%	Adanya upaya peningkatan kualitas SDM tenaga penyuluhan dan anggaran untuk pengadaan sarana dan prasarana penunjang. Anggaran pemerintah naik sebesar 50%
3	Komitmen dukungan Pemda	Lemahnya koordinasi kelembagaan. Tenaga administrasi turun sebesar 10%	Koordinasi kelembagaan berjalan namun kurang efektif. Tenaga administrasi naik sebesar 10%	Kuatnya koordinasi kelembagaan terkait dengan pengelolaan Sungai Citarik. Tenaga administrasi meningkat sebesar 50%

Penerapan pada kebijakan yang disusun berdasarkan skenario tidak selalu memberikan hasil yang lebih baik. Terkadang terdapat beberapa skenario pada tiap unsur justru memberikan pengaruh yang lebih buruk. Seperti pada unsur COD. Setiap penetapan skenario yang dilakukan baik pesimis, moderat dan optimis justru menaikkan beban COD pada sungai. Oleh karena itu penentuan skenario dilakukan dengan mempertimbangkan kenaikan dan penurunan pada tiap unsur yang dapat mempengaruhi. Hasil simulasi berdasarkan skenario tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Simulasi Berdasarkan skenario

		BOD			COD			
Tahun	Eksisting	Pesimis	Moderat	Optimis	Eksisting	Pesimis	Moderat	Optimis
Rata-Rata	4207725	4290691	4108243	4065903	17082025	17132362	17201738	17270198
		P-PO4			DO			
Tahun	Eksisting	Pesimis	Moderat	Optimis	Eksisting	Pesimis	Moderat	Optimis
Rata-Rata	537020,1	529153	503706,7	504779,8	1760389	1836952	1791440	1513661

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan model dan simulasi yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pengendalian pencemaran air Sungai Citarik dibentuk oleh 3 komponen penting, yaitu masyarakat, Lembaga/pemerintah desa, dan sarana prasarana desa. Masing-masing komponen mempengaruhi beban pencemaran lingkungan di Sungai Citarik.

2. Masing-masing komponen yang telah dirancang berinteraksi satu sama lain yang dapat mempengaruhi pencemaran Sungai Citarik. Komponen masyarakat sebagai indikator utama sangat berperan besar dalam pencemaran. Tetapi selain itu, komponen Lembaga/pemerintah desa, dan sarana prasarana desa juga memiliki peran terhadap pencemaran air di Sungai Citarik.
3. Dengan melihat hasil simulasi yang sudah dilakukan, dirancang beberapa usulan yaitu dengan skenario moderat. Hal ini dikarenakan skenario tersebut memiliki rata-rata pencemaran yang lebih baik dari kondisi eksisting saat ini. Dengan skenario-skenario tersebut pula diharapkan tingkat pencemaran Sungai Citarik akan menurun.

5. Saran

Dengan melihat hasil simulasi yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang ingin dikemukakan, yaitu;

1. Sebaiknya pemerintah setempat cukup serius dan memberi perhatian lebih dalam menanggulangi pencemaran air di Sungai Citarik.
2. Perlunya memperketat peraturan daerah mengenai Sungai Citarik agar angka pencemaran dapat ditekan.
3. Perlu ditingkatkan sarana dan prasarana desa agar menunjang kualitas air Sungai Citarik.
4. Pemerintah juga sebaiknya tidak terlalu berorientasi terhadap profit mengingat banyaknya warga yang menggantungkan hidup pada sungai tersebut
5. Untuk penelitian mendatang, sebaiknya memperluas indikator pencemaran dan diharapkan dapat merancang model yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] Agus Maulana.(2014). Sistem Pengendalian Manajemen, Jakarta:Salemba Empat
- [2] Alaerts, G. dan Santikata, S.S. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Penerbit Usaha Nasional: Surabaya.
- [3] Alo Liliweli. (2002). *Makna Budaya dalam Komunikasi antar Budaya*. Yogyakarta. PT. LkiS Pelangi Aksara
- [4] Anthony, R.N. dan V.Govindarajan. 1995. *Management Control System. Eight Edition International Student Edition*. Richard D. Irwin Inc. U.S.A.
- [5] Basrowi dan Siti Juariyah. 2010. *Analisis Kondisi Sosial Ekonomi Dan Tingkat Pendidikan Masyarakat Desa Srigading, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur. Jurnal Ekonomi Dan Pendidikan*. Vol 7 No 1 April 2010
- [6] Campbell, J.B. (1987). *Introduction To Remote Sensing* : Third Edition. New York : The Guilford Press.
- [7] Fadly, N. Aliefia (2008). *Daya Tampung dan daya Dukung Sungai Ciliwung serta Strategi Pengelolaanya*. Thesis Peogram Pasca Sarjana. Fakultas Teknik-Universitas Indonesia. Depok
- [8] Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- [9] Fardiaz, Srikandi. 2009. *Polusi Air & Udara*.Penerbit Kanisius : Yogyakarta
- [10] Hani Handoko, 1999,*Manajemen*, BPFE Yogyakarta
- [11] Hasan, Achmad.2006. *Dampak Penggunaan Klorin*. *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*
- [12] Hasibuan, Malayu S.P. (2001). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta : PT.

Bumi Aksara.

- Heryando Palar, *Pencemaran dan Toksikologi Berat*, Rineka Cipta, Jakarta, 2012
- Koentjaraningrat. 2000. *Pengantar Ilmu Antropologi*. Jakarta : Rineka Cipta
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2003. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang *Pedoman Penentuan Status Mutu Air*, Jakarta : Departemen Lingkungan Hidup
- Minyak dan Lemak (n.d.). 13 Februari 2019. <http://respository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28636/4/Chapter%20II.pdf>
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2018. Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 15 Tahun 2018 tentang *Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan DAS Citarum*. Jakarta
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2017. Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 59 Tahun 2017 tentang *Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan*. Jakarta
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2015. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 121 Tahun 2015 tentang Pengusahaan Sumber Daya Air*, Jakarta
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*, Jakarta
- Qadeer, R. dan Rehan, A.H., 2002. *A Study Of The Adsorption of Phenol by Activated Carbon from Aqueous Solutions*, Turkish Journal of Chemistry, 26(3), pp.357–361.
- Ritchie et al. (2003). *Remote Sensing Techniques to Assess Water Quality*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 69, No. 6, Hal.695-704. Amerika Serikat
- Robert N. Anthony, Glenn A. Welsch, dan James S. Reece, 1985, *Fundamental Of Management Accounting*.
- Safe Drinking Water Foundation. (n.d.). *Water pullution*. 13 Februari 2019 <http://www.safewater.org/PDFS/resourcesknowthefacts/WaterPollution.pdf>
- Sadili, Samsudin. 2006. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Bandung : Pustaka Setia.
- Sawyer C.N., Mc Carty, P.L., dan Parkin, G.F. 2003. *Chemistryfor Environmental Engineering and Science*. 5th ed. Boston: McGraw Hill Companies, Inc.
- Siklus Hidrologi. (n.d.). 12 Februari 2019. http://repository.upi.edu/operator/upload/s_geo_0608967_chapter2.pdf
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 7 Tahun 2004 tentang *Sumber Daya Air*.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 6 Tahun 2014 tentang *Desa*.
- Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). 13 Februari 2019 <http://klikgeografi.blogspot.com/2016/12/17-tujuan-pembangunan-berkelanjutan-sdgs.html>
- Salmin. 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan*. Oseana Volume XXX No. 3, 2005, hlm. 1-6.
- Wardhana, Lina. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit ANDI: Yogyakarta.