

## PEMODELAN NUMERIK SEBARAN OKSIGEN TERLARUT DI ESTUARI WONOREJO, SURABAYA DAN DAMPAKNYA TERHADAP EKOSISTEM ESTUARI

### Numerical Modelling of Dissolved Oxygen in Wonorejo Estuary, Surabaya and Its Impact to the Estuary Ecosystem

Wazirotus Sakinah<sup>1)</sup>, Saifurridzal<sup>2)</sup>, Alaudin<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Konstruksi Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Jember

<sup>2)</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

<sup>3)</sup>Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Teuku Umar Aceh Barat

Korespondensi: [wazirotus.sakinah@unej.ac.id](mailto:wazirotus.sakinah@unej.ac.id)

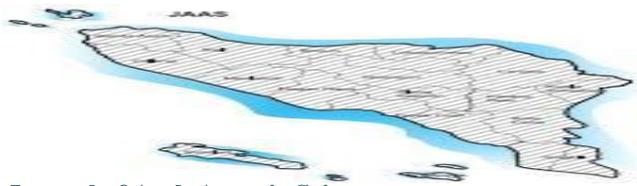
#### Abstract

*Wonorejo river estuary is a wide estuary in Surabaya. It becomes mangrove conservation area. But, many land conversion from mangroves to ponds up to the dense pollution on the river neighbour make water quality issues especially for DO in that water. Based on this situation, the aim of this study is to find distribution of DO in Wonorejo river estuary, to know that water quality standard based on the quality standard criteria, and to know the effect of DO Wonorejo river estuary into estuarine ecosystem. A hydrodynamic and water quality model with MIKE 21 Hydrodynamics and ECO Lab module are used to examine distribution of water quality parameters in Wonorejo river estuary in one month at dry season. Validation used DO measurement in 10 sites along Wonorejo estuary at same season. Then, analyze the impact into estuarine ecosystem was used. DO concentration has interval 5,26 - 5,72 mg/L at high tide and 5,027 - 5,65 mg/L at low tide. After one month, DO in estuary has the highest concentration 5,536 mg/L. Based on literature, this concentrations can make shrimps growth bothered. But, this concentration is still not exceeding from quality standard for marine biota in Environment Ministry Regulation Number 51/2004. Optimizing the role of Local Government and mangrove rehabilitation according to procedures in the estuary area.*

*Keywords: DO, Wonorejo estuary, MIKE 21*

#### I. Pendahuluan

Estuari Wonorejo merupakan salah satu estuari besar yang ada di Surabaya dengan ekosistem yang sangat beragam, dan populasi terbesarnya adalah mangrove. Bagi bermacam biota perairan estuari, mangrove berfungsi sebagai tempat mencari makan, memijah, memelihara juvenile, dan berkembangbiak. Mangrove juga mempunyai peran penting sebagai penyerap logam berat dan pestisida yang mencemari laut (Mukhtasor, 2007). Ekosistem perairan yang payau seperti estuari Wonorejo dengan populasi



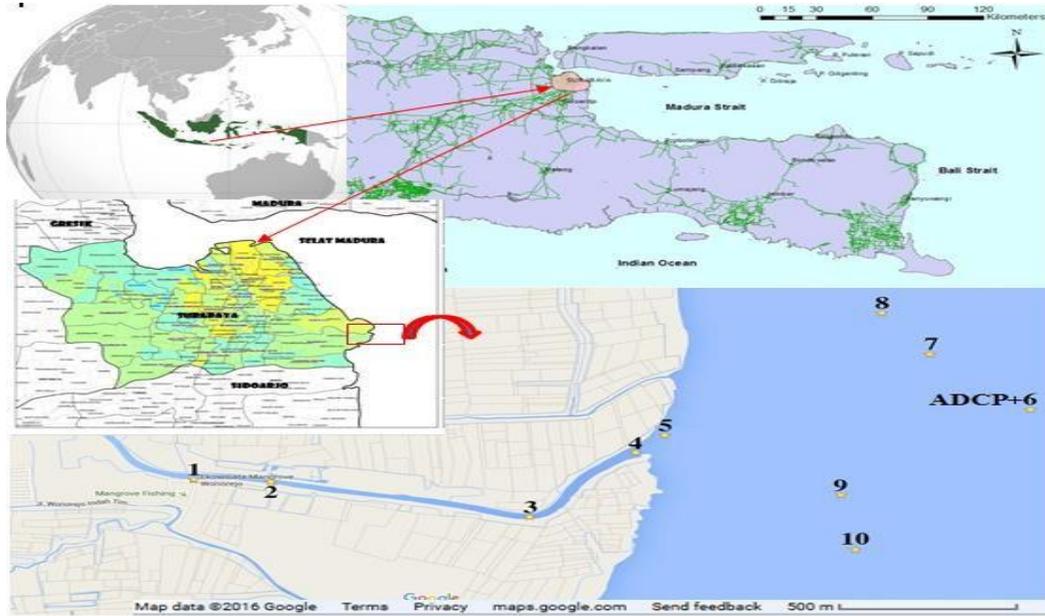
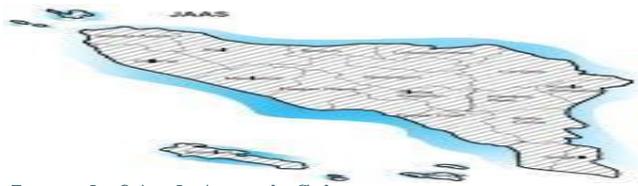
mangrove di dalamnya, sangat cocok untuk membuat tambak terutama tambak udang. Karena itulah banyak alih fungsi lahan mangrove menjadi tambak di sekitar estuari Wonorejo. Air buangan dari tambak-tambak tersebut akan mengalir di sekitar estuari Wonorejo.

Permasalahan lain adalah munculnya banyak perumahan baru di dekat kawasan konservasi mangrove Wonorejo membuat kondisi lingkungan semakin memburuk karena adanya penebangan beberapa pohon mangrove untuk keperluan perumahan (Effendi, 2015). Mangrove memiliki banyak bakteri dekomposer yang menghasilkan banyak bahan organik terlarut, sehingga berkurangnya jumlah mangrove akan berdampak terhadap turunnya konsentrasi parameter dari kualitas air (Direktorat pesisir dan lautan, 2009).

Kualitas air memiliki baku mutu yang merupakan referensi untuk menentukan apakah air tersebut aman ataukah tercemar. Salah satu parameter kualitas air adalah DO (*Dissolved Oxygen*). Parameter kualitas air ini bersifat dinamis dan mampu mengindikasikan keadaan lingkungan saat itu. Seperti pada penelitian sebelumnya, Mishra et al. (2015) telah mengevaluasi parameter kualitas air dengan variasi bulanan dan musiman dan hasil yang diperoleh adalah adanya perbedaan yang signifikan di setiap musim. Pada tahun 2011, DO di kali Wonokromo dengan titik pengambilan sampel di jembatan Merr yang cukup dekat dan masih satu sungai dengan perairan Wonorejo memiliki konsentrasi 7,4 mg/L di bulan Agustus (BLH, 2011). Namun pada tahun 2012, DO menurun menjadi 7,36 mg/L (BLH, 2013). Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sebaran DO pada estuari Wonorejo dan mengetahui pengaruhnya terhadap ekosistem perairan estuari.

## II. Metode Penelitian

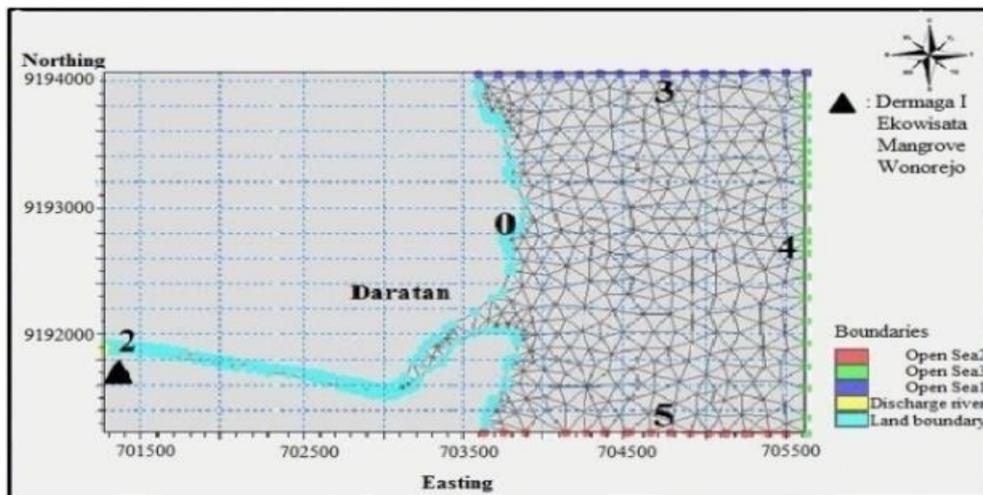
Lokasi pemodelan terletak di Wonorejo estuari pada  $7^{\circ}15'19,60''$  -  $7^{\circ}17'13,25''$  LS dan  $112^{\circ}48'35,69''$  -  $112^{\circ}48'40,72''$  BT. Pengukuran DO di 10 titik di lapangan dilakukan pada bulan Agustus 2015, yaitu pada musim kemarau sebagai validasi model yang telah dijelaskan pada Sakinah et al. (2017). Lokasi pemodelan dan pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1. Selanjutnya pengumpulan data angin, pasang surut, debit sungai, kecepatan arus, peta bathimetri juga diperlukan untuk bahan melakukan pemodelan dengan Mike 21. Analisis sebaran DO dilakukan dengan pemodelan menggunakan software Mike 21 dengan dua modul, yaitu hidrodinamika dan eco-Lab.



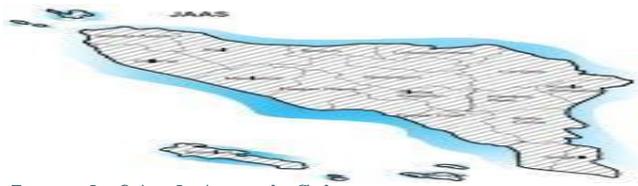
Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel (Google Maps, 2016)

### 2.1 Metodologi Model

Metodologi model dengan Mike 21 ini, seperti pada Suntoyo et al. (2015) dan Suntoyo et al. (2017), data pasang surut digunakan sebagai kondisi batas di batas timur, utara, dan selatan. Sedangkan data debit sungai untuk kondisi batas barat, dengan data debit yang diperoleh dari Jasa Tirta Surabaya pada musim kemarau tahun 2015 sebesar 0,15 kg/m<sup>3</sup>. Simulasi model dilakukan untuk satu bulan (720 jam) dengan interval time step adalah 3600 detik.



Gambar 2. Kondisi batas pemodelan



## 2.2 Validasi Model

Pengukuran DO pada titik 1, 6, 7, dan 10 (Sakinah et al., 2017) digunakan untuk memvalidasi hasil pemodelan. Titik 1 mewakili sisi barat, titik 6 untuk sisi timur, titik 7 untuk sisi utara, dan titik 10 untuk sisi selatan. Perbandingan serta persentase error antara hasil pengukuran dan hasil pemodelan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Konsentrasi DO

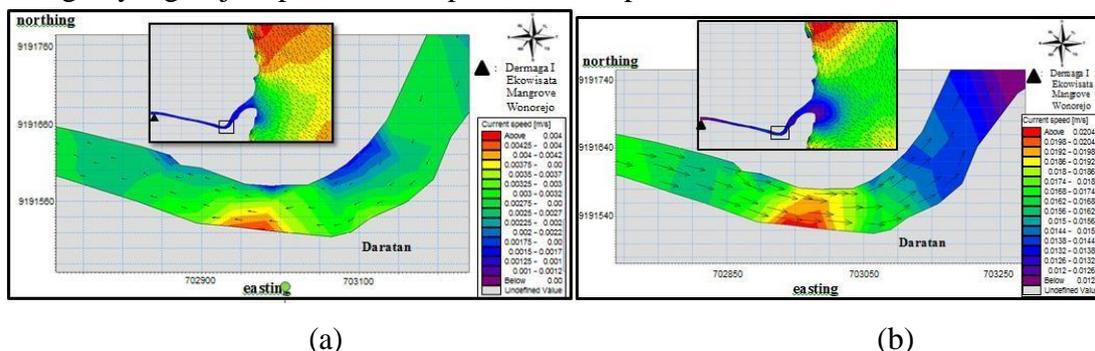
Letak	Hasil Pengukuran (mg/L)	Hasil Pemodelan (mg/L)	Error (%)
Titik 1	5,4	5,398	0,04
Titik 6	5,4	5,444	0,82
Titik 7	5,7	5,469	4,05
Titik 10	5,6	5,59	0,02

Sedangkan untuk model hidrodinamika dilihat dari elevasi muka air laut yang diperoleh dari data Dishidros-AL (2015) dan hasil simulasi pada titik ke 6, root mean square error (RMSE) adalah 0,01 dan persentase error absolut 0,04%. Kalibrasi lainnya menggunakan model hidrodinamika adalah dengan data arus yang diperoleh dari pengukuran dengan acoustic Doppler current propeller (ADCP) dan hasil simulasi pada titik 6, root mean square error (RMSE) adalah 0,015 dan persentase error absolut 27,02%.

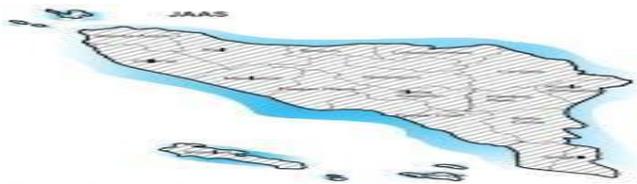
## III. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Simulasi Hidrodinamika

Saat pasang tertinggi, muka air mencapai 2,53 m dengan kecepatan arus 0,045 m/s di laut, 0,017 di muara, dan 0,003 m/s di sungai, yang terjadi pada time step ke 203 pada pemodelan, dapat dilihat pada Gambar 3. Sementara saat surut terendah, tinggi muka air adalah 0,32 m dengan kecepatan arus 0,051 m/s di laut, 0,02 m/s di muara, dan 0,017 m/s di sungai, yang terjadi pada time step ke 160 dari pemodelan.

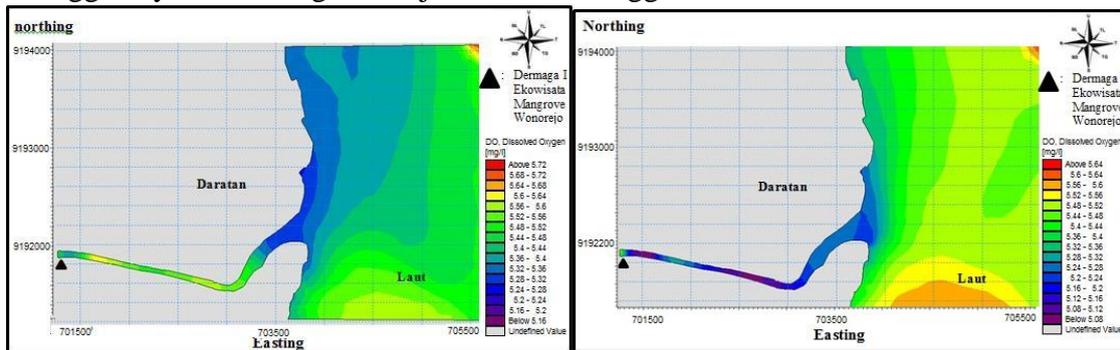


Gambar 3. (a) Kondisi arus pada saat pasang, (b) Kondisi arus pada saat surut



### 3.2 Hasil Simulasi ECO-Lab

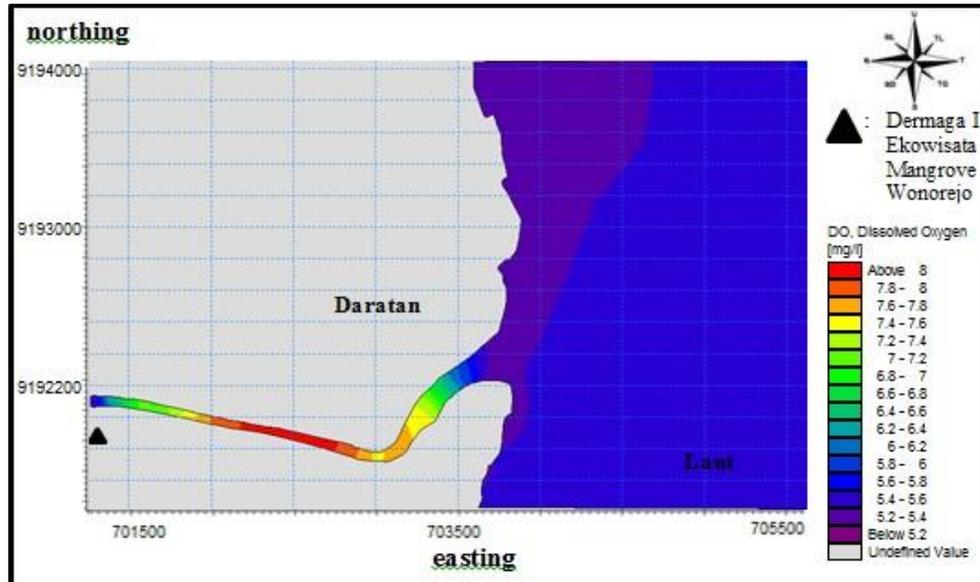
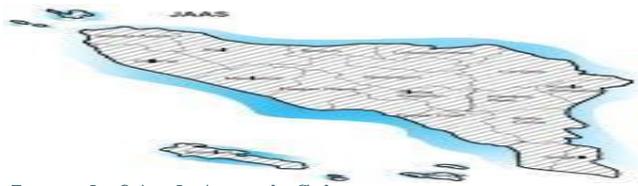
Sebaran DO saat pasang dengan konsentrasi terendah di pesisir dekat muara sebesar 5,26 mg/L dan konsentrasi tertinggi berada di laut dengan besar 5,72 mg/L, yang dapat dilihat pada Gambar 4. Sedangkan saat surut, konsentrasi terendah di sungai sebesar 5,061 mg/L dan konsentrasi tertinggi di laut mencapai 5,65 mg/L. Terdapat perbedaan konsentrasi DO ketika pasang dan ketika surut, yaitu konsentrasi DO ketika pasang menjadi lebih tinggi dibandingkan ketika surut. Fenomena ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Pawar (2013), yang menunjukkan konsentrasi DO pada saat surut adalah 4,71 mg/L dan pada saat pasang meningkat menjadi 5,84 mg/L. Menurut Pawar dan Kulkarni (2007) dalam Pawar (2013), meningkatnya konsentrasi DO ketika pasang dikarenakan pengaruh pasang surut dan adanya pencampuran level oksigen yang lebih tinggi pada daerah pantai. Keadaan pasang juga menyebabkan turunnya temperatur, sehingga daya larut oksigen menjadi semakin tinggi.



Gambar 4. (a) Kondisi DO pada saat pasang, (b) Kondisi DO pada saat surut

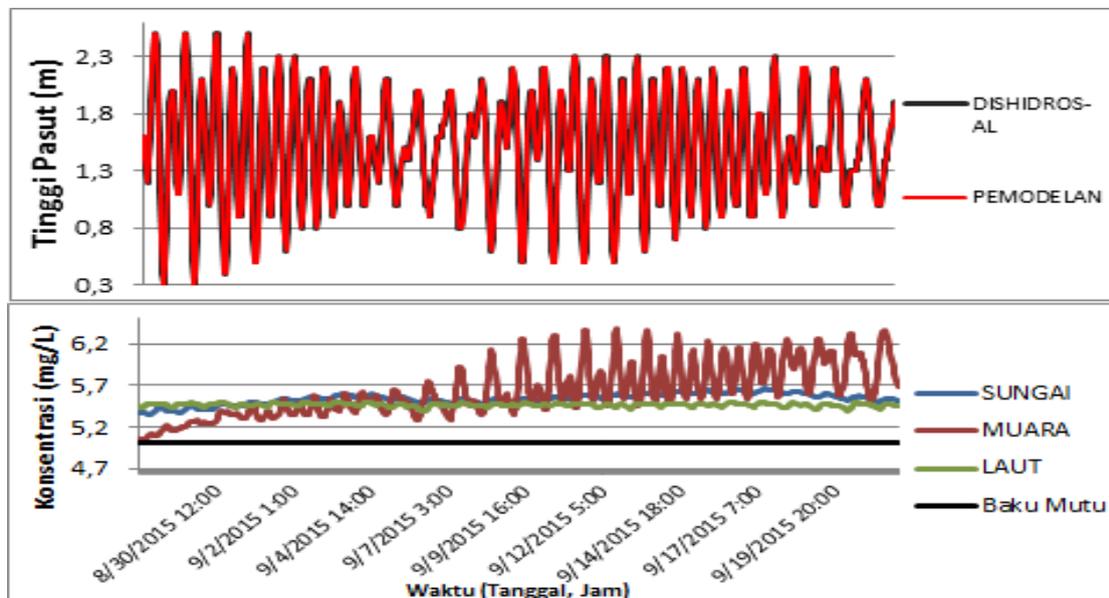
Pemodelan dilakukan dengan 720 time step dan interval 1 jam. Banyaknya time step menjelaskan bahwa pemodelan dilakukan untuk prediksi sebaran kualitas air selama satu bulan. Gambar 5 menunjukkan sebaran DO pada time step terakhir.

Setelah satu bulan, sebaran DO menunjukkan bahwa area di sepanjang sungai yang menuju muara memiliki konsentrasi tertinggi dibandingkan di laut maupun area sungai yang berada di dalam. Namun secara keseluruhan, dibandingkan dengan waktu-waktu sebelumnya, setelah satu bulan konsentrasi DO terjadi penurunan. Rata-rata konsentrasi DO pada time step ke-1 adalah 5,581 mg/L, namun menjadi turun hingga 5,536 mg/L pada time step terakhir. Fenomena tersebut menjelaskan bahwa dari waktu ke waktu konsentrasi DO di wilayah estuari Wonorejo mengalami penurunan.

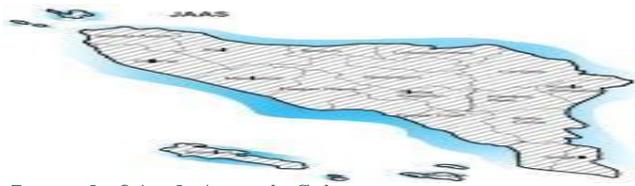


Gambar 5. Sebaran DO setelah satu bulan

Kondisi DO di laut estuari Wonorejo lebih rendah daripada muara maupun sungai yang memiliki salinitas lebih kecil karena merupakan pencampuran antara air tawar dari sungai dan air asin dari laut. Untuk memperjelas perbedaan konsentrasi DO di sungai, muara, dan laut, maka perbedaan konsentrasi DO di ketiga tempat tersebut serta perbandingannya dengan pasang surut pada waktu yang sama dapat dilihat grafik yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Sebaran DO di Sungai, Muara, dan Laut dengan Pasang Surut



Grafik pada Gambar 6 menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi DO di sungai, muara, dan laut perairan estuari Wonorejo. Pada grafik tersebut terlihat bahwa konsentrasi DO di sungai lebih rendah dari waktu ke waktu dibandingkan dengan konsentrasi DO di muara dan laut, namun pada waktu terakhir menjadi lebih tinggi daripada konsentrasi DO di laut. Konsentrasi DO dari ketiga tempat tersebut umumnya memiliki pola yang sama dengan fluktuasi pasang surutnya.

### 3.3 Dampak terhadap Ekosistem Perairan Estuari

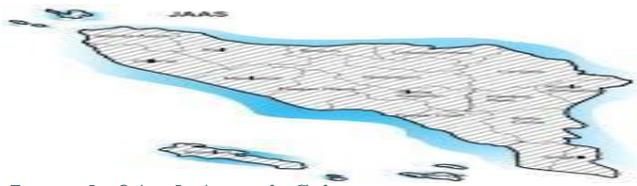
Baku mutu DO untuk biota laut sesuai dengan Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 adalah lebih dari 5 mg/L, yang berarti biota laut masih dapat hidup dengan baik selama konsentrasi DO di perairan tidak kurang dari 5 mg/L. Berdasarkan hasil simulasi pemodelan kualitas air yang telah dilakukan dengan menggunakan Mike 21, konsentrasi DO secara umum masih menunjukkan diatas 5 mg/L. Dari hasil tersebut, maka dapat dikatakan kondisi DO di perairan estuari Wonorejo masih tergolong aman saat ini. Namun konsentrasinya yang semakin menurun dengan nilai yang berada di ambang batas baku mutu (masih dalam angka 5 mg/L) menjadi ancaman bagi ekosistem perairan estuari Wonorejo.

Tabel 2 menunjukkan beberapa spesies biota laut yang hidup di estuari Wonorejo berdasarkan data dari BLH (2013) dengan batas toleransinya terhadap DO dari berbagai sumber. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa dengan kondisi DO di perairan estuari Wonorejo saat ini, beberapa biota laut masih dalam kondisi aman dan mampu bertahan. Namun, untuk udang putih maupun udang windu, kondisi tersebut sudah termasuk kondisi yang kritis.

Menurut Boyd (1995) dalam Kordi,dkk. (2007), konsentrasi DO sebesar 1 mg/L hingga 5 mg/L akan menyebabkan pertumbuhan udang terganggu bila berlangsung terus-menerus. Begitu pula dengan pernyataan nelayan di estuari Wonorejo yang menyebutkan mulai berkurangnya udang putih sebagai hasil tangkapan mereka, sedangkan udang windu justru hanya dapat dipanen dari hasil tambak.

Tabel 2. Batas Toleransi Biota Laut Estuari Wonorejo Terhadap DO

Nama Umum	Nama Ilmiah	Konsentrasi DO (mg/L)
Bandeng	<i>Chanos chanos</i>	4 – 7 <sup>1</sup>
Kakap putih	<i>Lates calcarifer</i>	3 – 7 <sup>1</sup>
Ketang ketang	<i>Scatophagus argus</i>	4 – 7 <sup>1</sup>
Udang windu	<i>Penaeus monodon</i>	5 – 10 <sup>1</sup>
Udang putih	<i>Penaeus merguensis</i>	5 – 10 <sup>1</sup>



---

Kepiting bakau	<i>Scylla serrata</i>	4,5 – 6 <sup>2</sup>
Kerang hijau	<i>Perna viridis</i>	3 – 7 <sup>1</sup>
Kerang darah	<i>Anadara granosa</i>	3 – 6 <sup>1</sup>

---

Sumber: <sup>1</sup> Kordi, dkk. (2007)

<sup>2</sup> Tim Karya Tani Mandiri (2012)

Begitu pula dengan data dari Dinas Pertanian Surabaya, Divisi Kelautan dan Perikanan (2015), pada tahun 2006 hingga 2009 masih terdapat hasil tangkap udang lainnya selain udang putih, termasuk udang barong. Namun sejak tahun 2010 hingga saat ini hasil tangkap laut berupa udang, hanyalah udang putih dengan jumlah tangkapan yang terus menurun. Pada tahun 2014, hasil tangkap udang putih masih sebanyak 320,87 ton untuk wilayah Surabaya dan menurun pada tahun 2015 menjadi 300,96 ton. Bahkan meskipun bandeng memiliki batas toleransi terhadap DO yang lebih baik dibandingkan udang, kini sudah sangat jarang ditemukan di perairan estuari Wonorejo secara bebas.

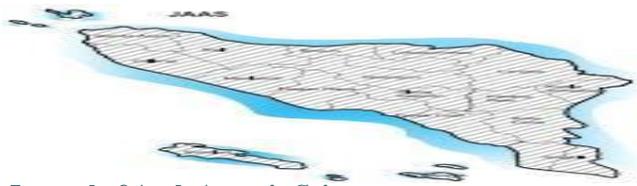
Beberapa biota laut yang masih mampu bertahan dan cukup banyak ditemukan di perairan estuari Wonorejo antara lain belanak, kerang, dan kepiting. Menurut Kannappan, dkk. (2013), berdasarkan penelitian yang telah mereka lakukan, maka diketahui bahwa belanak (*Liza subviridis*) dan kepiting bakau (*Scylla serrata*) masih mampu bertahan pada perairan dengan konsentrasi DO sebesar 3,29 – 5,44 mg/L. Batas toleransi terhadap DO yang cukup luas inilah yang membuat spesies-spesies tersebut masih mampu hidup pada perairan estuari Wonorejo dengan kondisi DO yang hampir di ambang batas baku mutu.

#### IV. Kesimpulan

Pemodelan numerik dengan Mike 21 menghasilkan sebaran DO dengan konsentrasi yang semakin menurun dari waktu ke waktu dimana pada saat pasang lebih tinggi daripada surut dengan rentang 5,26 mg/L – 5,72 mg/L dan surut yang memiliki konsentrasi 5,027 mg/L – 5,65 mg/L. Setelah satu bulan, sebaran DO di muara memiliki konsentrasi yang paling tinggi dibandingkan area sungai dan laut dengan konsentrasi yang menurun menjadi 5,536 mg/L. Konsentrasi DO tersebut masih cukup aman karena belum melewati batas baku mutu untuk biota laut yang telah ditetapkan oleh KEPMEN LH No. 51 Tahun 2004, namun cukup menyebabkan masa pertumbuhan udang menjadi terganggu.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan



Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan atas ijin penggunaan lisensi Mike 21/3 untuk penelitian ini.

## Daftar Pustaka

BLH Surabaya (2011), *Status Lingkungan Hidup Daerah*, BLH Surabaya, Surabaya.  
BLH Surabaya, (2013), *Profil Keanekaragaman Hayati dan Ekosistem Kota Surabaya*, BLH Surabaya, Surabaya.

Direktorat pesisir dan lautan, (2009), *Modul Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil secara Terpadu*, Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta.

Effendi, Z., (2015), *Penebangan Mangrove untuk Jembatan Perumahan Disoal*, <http://m.detik.com/news/berita-jawa-timur/3016533/penebangan-mangrove-untuk-jembatan-perumahan-disoal#>

Kannappan, T., Karthikeyan, M.M., (2013), "Diversity of Fishes in Relation to Physico-Chemical Properties of Manakudy Estuary, Southwest Cost of India", *International Journal of Biodiversity and Conservation*, Vol. 5, No. 7, hal. 396-407.

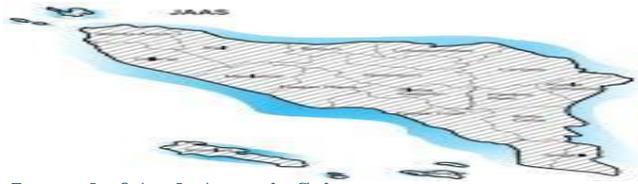
Kordi, M.G.H., Tancung, A.B., (2007), *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*, Rineka Cipta, Jakarta.

Mishra, P., Panda, U.S., Pradhan, U., Kumar, C.S., Naik, S., Begum, M., Ishwarya, J., (2015), "Coastal Water Quality Monitoring and Modelling off Chennai City", *Procedia Engineering*, Vol. 116, hal. 955-962

Mukhtasor, (2007), *Pencemaran Pesisir dan Laut*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Pawar, P.R., (2013), "Monitoring of Impact of Anthropogenic Inputs on Water Quality of Mangrove Ecosystem of Uran, Navi Mumbai, West Coast of India", *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 75, hal. 291 – 300.

Sakinah, W., Suntoyo, Mukhtasor, (2017), "Impact Identification of Estuarine Water Quality to Marine Biota: A Case Study in Wonorejo Estuary, Indonesia", *Applied Mechanics and Materials*, vol. 862, hal. 96-101.



---

Suntoyo, Ikhwani, H., Zikra, M., Sukmasari, N.A., Angraeni, G., Tanaka, H., Umeda, M., Kure, S., (2015), “Modelling of the COD, TSS, Phospate, and Nitrate Distribution due to the Sidoardjo Mud Flow into Parang River Estuary”, *Procedia Earth and Planetary Science*, Vol. -, hal. 146-153.

Suntoyo, Sakinah, W. 2017. “Modelling of Phenol Contamination in Wonorejo Estuary, Indonesia”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 79