

PEMANFAATAN MODEL HIDRODINAMIKA NUMERIK BERBASIS REVOLUSI INDUSTRI 4.0 SEBAGAI ACUAN DESAIN KONSTRUKSI UNTUK MENGATASI BANJIR ROB

Octavius Hans¹, Christian Gunawan², Surya Hermawan³

ABSTRAK : Kenaikan muka air laut karena pemanasan global yang terus meningkat, telah menyebabkan banjir Rob. Lokasi penelitian ini berlokasi di salah satu dusun di Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. Lokasi tersebut merupakan budidaya rumput laut yang telah mengalami kerugian sebesar 5 milyar rupiah karena banjir Rob. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan model hidrodinamika numerik berbasis revolusi industri 4.0 sebagai acuan desain konstruksi untuk mengatasi banjir Rob. Penelitian ini penting karena biaya alat yang ada sekarang untuk mengambil data batimetri secara primer terlalu mahal. Metode penelitian ini diawali dengan pengambilan data batimetri sungai disekitar lokasi dengan menggunakan sonar, batimetri sekunder dari NASA dan GEBCO serta data pendukung model lainnya. Setelah selesai mengumpulkan data, akan dilanjutkan simulasi dengan *software* Delft 3D *open source*. Hasil simulasi model hidrodinamika akan di analisa dan verifikasi dengan aplikasi *Tides* dan data tinggi muka air dari NASA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi berbasis revolusi industri 4.0 yang ada pada sonar dapat digunakan untuk pengambilan data primer yang sah. Selain itu, model hidrodinamika numerik berbasis revolusi industri 4.0 dapat digunakan sebagai acuan desain konstruksi untuk mengatasi banjir Rob dan mensimulasikan banjir Rob yang terjadi di lokasi penelitian.

KATA KUNCI: model hidrodinamika numerik, banjir Rob, revolusi industri 4.0

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global diperkirakan telah menyebabkan perubahan-perubahan sistem terhadap ekosistem di bumi, antara lain; perubahan iklim yang ekstrim, mencairnya es sehingga permukaan air laut naik, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi (Utina, 2009). Berdasarkan UNCLOS (Nordquist, 2011) Indonesia adalah Negara kepulauan terbesar di dunia dengan total luas wilayah laut Indonesia seluas 5,9 juta km², terdiri atas 3,2 juta km² perairan teritorial dan 2,7 km² perairan Zona Ekonomi Eksklusif. Wilayah pesisir dan lautan kepulauan Indonesia menyimpan potensi sumber daya alam dan jasa lingkungan yang sangat besar, tetapi sayangnya pembangunan di bidang kelautan dan perikanan hingga saat ini masih jauh dari harapan sehingga belum dapat dimanfaatkan secara optimal (Putra, 2019). Salah satu faktor penghambat pembangunan di perairan adalah biaya pengambilan data primer seperti batimetri yang mahal.

Memperhatikan dampak yang terjadi akibat kenaikan muka air laut dan ditunjang oleh alat-alat yang berbasis revolusi industri 4.0 tersebut maka dapat dilakukan penelitian mengkaji model hidrodinamika yang sesuai untuk mengetahui bagaimana kenaikan muka air laut yang terjadi di Indonesia khususnya di kawasan pesisir. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari skripsi sebelumnya yang dilakukan oleh Putra (2019) berlokasi di salah satu dusun di Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415063@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21414100@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, shermawan@petra.ac.id

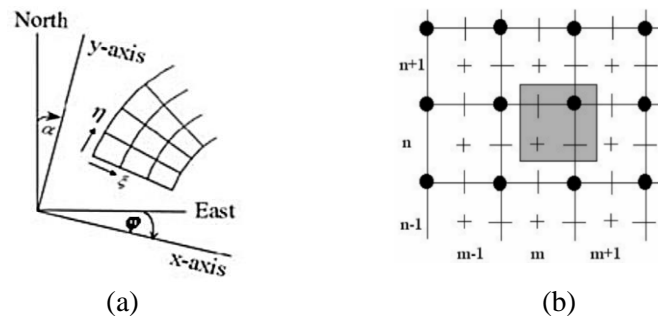
2. LANDASAN TEORI

Industri 4.0 pada tahun 2010 awalnya dikembangkan oleh pemerintah Jerman untuk membuat kebijakan yang koheren dalam pembuatan konsep untuk mempertahankan daya saing industri Jerman di pasar global. Beberapa fitur utama di revolusi industri 4.0 adalah (Ungurean et al., 2014):

1. *Internet of Things*: internet sebagai kebutuhan untuk menggunakan sebuah obyek
2. *Cyber-Physical Systems* (CPS): perpaduan antara dunia fisik dan maya
3. *Internet of Systems*: tempat penyimpanan data menggunakan internet (*cloud*)

Revolusi industri 4.0 juga berdampak pada sektor konstruksi, ditunjukkan bahwa dari sudut pandang teknis, ada banyak masalah yang belum terpecahkan dan yang akan dihadapi tanpa mengaplikasikan teknologi (Nowotarski dan Paslawski, 2017). Analisis berdasarkan kumpulan data besar baru muncul baru-baru ini di dunia manufaktur, yang mengoptimalkan kualitas produksi, menghemat energi, dan meningkatkan layanan peralatan (Rüßmann et al., 2015). Dalam penelitian ini digunakan teknologi yang ada pada era industri 4.0 yaitu *Deeper Smart Sonar Pro+* dan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)/Drone* yang mendukung fitur-fitur utama Industri 4.0 sebagai penilaian terintegrasi pada kerusakan akibat banjir Rob dengan mengambil data primer berupa data batimetri sungai disekitar lokasi penelitian.

Modul *Flow* pada Delft3D adalah multi-dimensi 2D dan 3D hidrodinamik yang mensimulasikan program untuk menghitung fenomena aliran yang dinamis karena pasang surut dan meteorologis pada kurva linear, sehingga membutuhkan *grid*. Delft3D juga memperhitungkan aliran masuk dari sungai dan sumber titik lainnya. Model digunakan sebagai input parameter fisik air dan memberikan distribusi 3D sebagai *output*, lalu hasil dari model Delft3D-*Flow* adalah dasar untuk perhitungan proses hidrodinamika dengan menggunakan model kualitas air. Model ini didasarkan pada persamaan gerak dan kontinuitas yang tidak stasioner. **Gambar 1** pada persamaan diselesaikan secara numerik menggunakan sistem lengkung ortogonal koordinat *horizontal* yang memberikan pemasangan *grid* yang baik dengan bentuk area yang dimodelkan. (Bielecka dan Kazmierski, 2003).



Gambar 1. System Coordinate Spherical (a) dan System Coordinate Cartesian (b) (Delft 3D-FLOW, 2014)

Delft 3D-*Flow* terdiri dari 7 bagian yang memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Delft 3D-RGFGRID: Membuat zona segmen dalam bentuk *grid* pada topografi
2. Delft 3D-QUICKIN: Masukan *output* pada *grid* berupa data batimetri, kondisi awal untuk *water level*, salinitas dan lain-lain
3. Delft 3D-TRIANA: Analisis pasang surut dalam interval waktu.
4. Delft 3D-TIDE: Analisis pasang surut terhadap *water level* dan kecepatan.
5. Delft 3D-NESTHD: Membuat batasan dari keseluruhan model.
6. Delft 3D-GPP: Menampilkan hasil simulasi berupa gambar animasi dan visualisasi.
7. Delft 3D-QUICKPLOT: sama halnya dengan Delft3D-GPP

Persamaan difrensial penentu dalam kombinasi yang sesuai pengaturan inisial juga dapat diselesaikan dengan persamaan *grid finite difference*. Untuk menyelesaikan pemodelan arus dan pasang surut. Sistem

Delft3D menggunakan persamaan *Navier-Stokes* dalam perhitungannya. Menurut Girault dan Raviart (1979) rumus *Navier Stokes* adalah:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\rho x} + \frac{\partial(\rho v)}{\rho y} + \frac{\partial(\rho w)}{\rho z} = 0 \quad (1)$$

Menurut Rawi (1989), komponen ini dikatakan harmonik karena sesuai dengan penyebabnya yang periodik pula. Komponen-komponen ini merupakan penyebab dari terjadinya pasang di laut dengan bagian masing-masing, komponen tersebut antara lain:

1. Komponen pasang periode panjang (*long period tide*)
2. Komponen pasang periode harian tunggal (*diurnal period tide*)
3. Komponen pasang periode harian ganda (*semi-diurnal period tide*)

Pada masing-masing kelompok komponen tersebut memiliki anggota yang dapat dilihat pada **Tabel 1**

Tabel 1. Komponen Harmonik Pasang Surut (Madah, 2016)

<i>Tides</i>	<i>Tidal Constituent</i>	<i>Symbol</i>	<i>Tides</i>	<i>Tidal Constituent</i>	<i>Symbol</i>	<i>Tides</i>	<i>Tidal Constituent</i>	<i>Symbol</i>
<i>Semi-diurnal</i>	<i>Principal Lunar</i>	M2	<i>Diurnal</i>	<i>Luni-solar</i>	K1	<i>Long Period</i>	<i>Lunar monthly</i>	MM
	<i>Principal Solar</i>	S2		<i>Principal lunar</i>	O1		<i>Lunar semi-monthly</i>	MF
	<i>Larger Elliptical Lunar</i>	N2			S1		<i>Fourth Diurnal</i>	M4
		2N2		<i>Principal Solar</i>	P1		<i>Fourth Diurnal</i>	MN4
	<i>Declinational Lunar</i>	K2		<i>Larger elliptical lunar</i>	Q1		<i>Fourth Diurnal</i>	MS4

Dalam representasi ini melalui konstituen utama, senyawa dan harmonik yang lebih tinggi konstituen mungkin harus ditambahkan formula umum untuk gelombang astronomi adalah:

$$H(t) = A_0 + \sum A_i F_i \cos(\omega_i t + (V_0 + u)_i - t t_i) \quad (2)$$

3. METHODOLOGY

Metodologi penelitian dimulai dengan persiapan titik-titik observasi, kemudian melakukan perizinan ke beberapa kantor instansi terkait, lalu dilanjutkan dengan melakukan persiapan dengan melakukan uji coba alat penelitian. Setelah dapat menggunakan alat dengan baik dan benar, maka dilanjutkan pengambilan data primer berupa batimetri sungai disekitar lokasi penelitian dengan menggantungkan sonar pada perahu yang berjalan maksimal 5 km/jam (**Gambar 2**). Setelah mendapatkan data primer, dilanjutkan dengan data sekunder seperti batimetri dari *Nautical Chart* NASA dan GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*) dan data-data untuk *set up model* yang lain.

Setelah memperoleh seluruh data yang dibutuhkan, maka dilanjutkan dengan simulasi model hidrodinamika dengan *software* Delft3D *open-source* untuk mencari parameter-parameter masukan yang baku. Parameter-parameter yang baku tersebut akan digunakan untuk pembuatan model hidrodinamika yang menghasilkan tinggi muka air yang tepat.

Nantinya hasil simulasi model tersebut yang berupa tinggi muka air akan divalidasi dan verifikasi dengan data *water level* dari aplikasi *Tides* dan IOC (*Sea Level Monitoring Station Facility*). Validasi ini adalah untuk memastikan bahwa model yang sudah dibuat memiliki kesamaan dengan yang terjadi sesungguhnya.

Tujuan dari validasi ini adalah agar model ini dapat digunakan untuk memperkirakan ketinggian muka air yang terjadi akibat pasang surut yang akan terjadi di lokasi penelitian beberapa tahun ke depan.

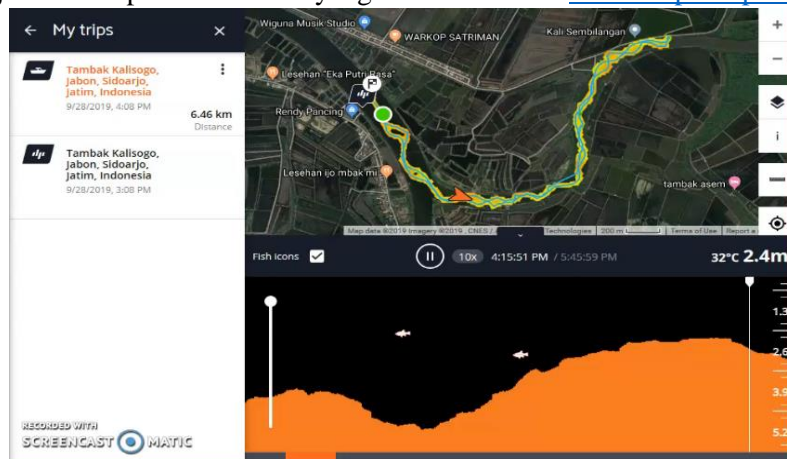


Gambar 2. Pengambilan Data Batimetri Menggunakan Sonar di Samping Perahu

4. HASIL DAN ANALISIS

Akuisisi alat pada pengambilan data ini menggunakan frekuensi 90 kHz dengan sudut 55° . Pengamatan yang diambil oleh sonar meliputi waktu, koordinat geografis sonar, kedalaman sonar, ukuran dan kedalaman ikan yang diidentifikasi, dan suhu air. Pengambilan data ini dilakukan pada tanggal 28 September 2019 yang berlokasi di sungai sekitar lokasi penelitian untuk melengkapi data batimetri yang ada sebelumnya. Sonar dipasang di salah satu perahu milik warga dengan menggunakan tali yang terikat di samping perahu dan mengapung selama proses pengambilan data batimetri sepanjang 6,46 km dengan waktu ± 100 menit.

Gambar 3 menunjukkan tampilan *Lakebook* yang diakses melalui www.mapsdeeper.com.



Gambar 3. Tampilan *Lakebook* Hasil Data sepanjang Sungai di Jabon.

Simulasi model hidrodinamika numerik yang dibuat dibagi menjadi 2 *grid*, yaitu *grid* berbentuk persegi dan melingkar (*spherical grid*). Secara garis besar simulasi yang dilakukan telah disusun dan dapat dilihat pada **Tabel 2** menggunakan *grid* persegi dan **Tabel 3** menggunakan *spherical grid*.

Seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 2**, model A menggunakan parameter *grid* berbentuk persegi berukuran 465 meter dengan data sekunder batimetri dari GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Ocean*) dengan kedalaman antara 0-600 meter. Selain itu digunakan variasi *manning roughness* 0,025; 0,033; 0,050; 0,070 dan variasi *time step* 30 dan 60 menit. Lama simulasi model A ini disimulasikan selama

2 minggu dan 1 bulan namun hasil dari simulasi model A ini menemui kegagalan. Total simulasi berjumlah 16 buah

Tabel 2. Rekap Parameter Simulasi Model dengan Grid Persegi

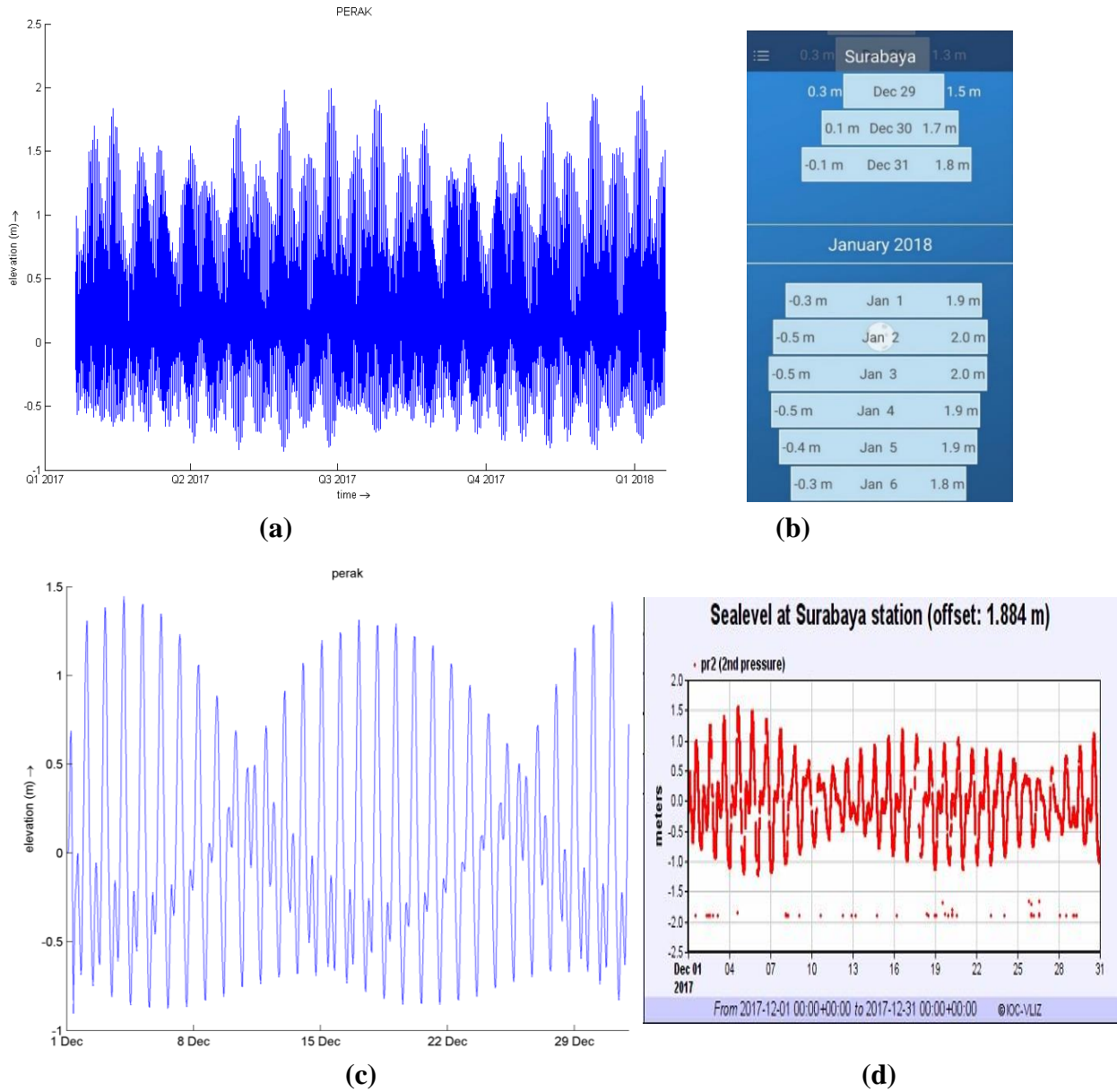
No.	Model	Ukuran Grid (m)	Batimetri	Manning Roughness	Time Step (menit)	Lama Simulasi	Keterangan
1	A	465	Sonar + GEBCO 0-600 m	0,025; 0,033; 0,050; 0,070	30, 60	2 minggu dan 1 bulan	Hasil simulasi: gagal
2	B	465	Sonar + GEBCO 0-60 m	0,025; 0,033; 0,050; 0,070	30, 60	2 minggu dan 1 bulan	Hasil simulasi: gagal
3	C	465	Sonar + GEBCO 0-600 m	0,033	60	1 bulan	Hasil simulasi: gagal
4	E	1600	Sonar + NASA	0,033	60	1 bulan	Hasil simulasi: berhasil
5	F	1600	Sonar + NASA	0,025; 0,033; 0,050; 0,070	60	1 bulan	Hasil simulasi: berhasil
6	G	1600	Sonar + GEBCO	0,025; 0,033; 0,050; 0,070	60	1 bulan	Hasil simulasi: berhasil
7	H	1600	Sonar + GEBCO + NASA	0,025; 0,033; 0,050; 0,070	60	1 bulan	Hasil simulasi: berhasil
8	I	1600	Sonar + NASA	0,05	60	1 bulan	Hasil simulasi: berhasil
9	J	1600	Sonar + NASA	0,05	60	1 tahun	Hasil simulasi: berhasil

Tabel 3. Rekap Parameter Simulasi Model Grid Melingkar

No.	Model	Ukuran Grid (m)	Batimetri	Manning Roughness	Time Step (menit)	Lama Simulasi	Keterangan
1	D	100	Sonar + GEBCO	0,033	1; 10; 30; 60	1 bulan	Hasil simulasi: gagal
2	K	1200	Sonar + GEBCO + NASA	0,033	1; 30; 60	1 bulan	Hasil simulasi: gagal
3	L	500	Sonar + GEBCO + NASA	0,033	60	1 bulan	Hasil simulasi: berhasil

Setelah mencoba mencari parameter yang tepat dari berbagai model, akan diambil parameter model terbaik untuk disimulasikan sebagai hasil akhir yang akan divalidasi dengan website IOC dan aplikasi *Tides*.

Hasil simulasi yang akan di validasi dan di verifikasi akan dibagi menjadi 2, hasil simulasi pada *grid* berbentuk kotak dari model J ditunjukkan dan hasil simulasi berbentuk *spherical grid*. Hasil simulasi model J pada **Gambar 4(a)** akan dibandingkan dengan aplikasi *Tides* pada **Gambar 4(b)**. Dapat dilihat bahwa pada awal Januari 2018 pada tampilan aplikasi *Tides* dan hasil simulasi model J menunjukkan elevasi pasang surut yang hampir sama dengan HHWL (*Highest High Water Level*) sebesar ± 2 meter dan LLWL (*Lowest Low Water Level*) sebesar $\pm 0,5$ meter. Sedangkan hasil simulasi model L berbentuk *spherical grid* pada **Gambar 4(c)** akan dibandingkan dengan website IOC pada **Gambar 4(d)**. Dapat dilihat pada awal Desember 2017 pada tampilan *sealeveling station* dan hasil simulasi model L menunjukkan elevasi pasang surut dalam meter yang mendekati.

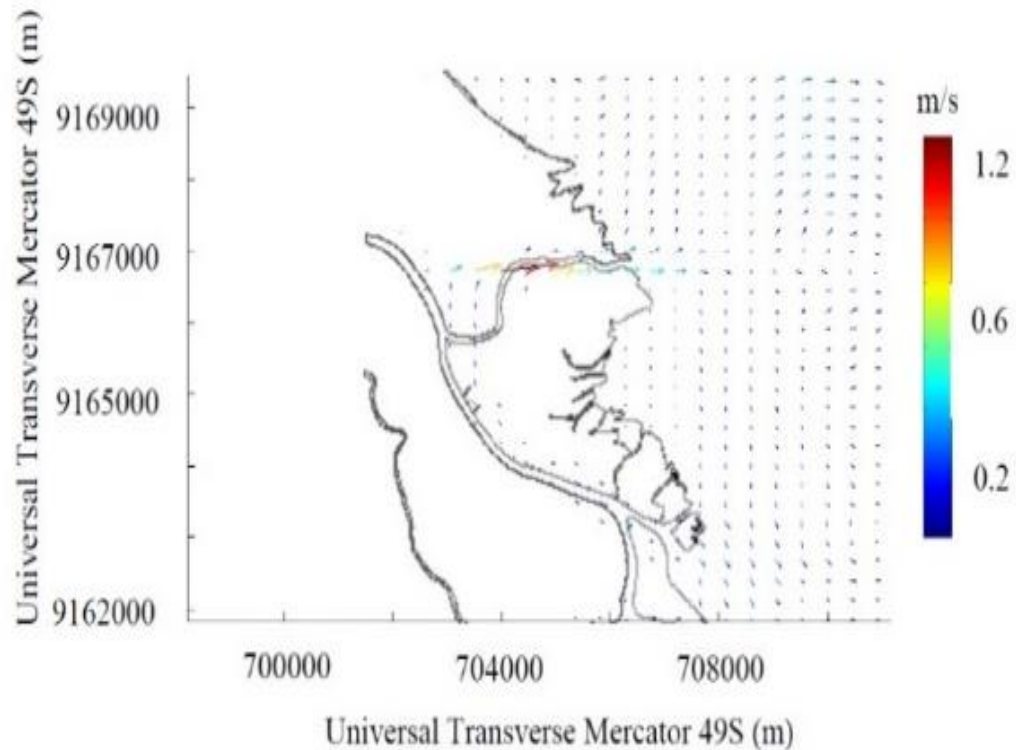


Gambar 4. Hasil Simulasi Tinggi Muka Air Model J (a), Tinggi Muka Air dari Aplikasi *Tides* (b), Hasil Simulasi Tinggi Muka Air Model L (c), dan Tinggi Muka Air dari *Website IOC*.

Hartanto dan Purnomo (2018) melakukan observasi dengan mewawancarai beberapa warga di lokasi penelitian berlokasi di Dusun Tanjung Sari, Dusun Tegal Sari dan Dusun Kali Alo, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Hasil dari wawancara tersebut adalah pada tanggal 1 Desember 2017, air laut sudah pasang besar yang menyebabkan jebolnya tanggul (**Gambar 5a**) di Dusun Kali Alo. Pada tanggal 3 Desember 2017, Banjir Rob mulai masuk ke rumah warga di Dusun Kali Alo. Pada tanggal 5 sampai 9 Desember 2017, Banjir Rob juga melanda di Dusun Tanjung Sari setinggi 40-50 cm. **Gambar 5(b)** menunjukkan hasil simulasi model dengan kuat arus surut terbesar sebesar 1,2 m/s pada 9 Desember yang bergerak ke arah Timur sehingga membuat tebing sungai di lokasi penelitian jebol.



(a)



(b)

Gambar 5. Lokasi Penelitian Hasil Simulasi Tinggi Muka Air (a), dan Kuat Arus Surut (b)

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengolahan data dan kegiatan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Model Hidrodinamika Numerik Berbasis Revolusi Industri 4.0 Sebagai Acuan Desain Konstruksi Untuk Mengatasi Banjir Rob”, maka dapat disimpulkan bahwa teknologi berbasis revolusi industri 4.0 yang ada pada sonar dan *drone*, serta di kontrol melalui *smart phone* (gadget) dapat digunakan untuk pengambilan data primer yang sah. Dengan model hidrodinamika berbasis revolusi industri 4.0 dapat digunakan untuk mensimulasikan banjir Rob yang terjadi di lokasi penelitian pada akhir tahun 2017. Penggunaan model hidrodinamika numerik berbasis revolusi industri 4.0 dapat dijadikan acuan desain konstruksi untuk mengatasi banjir Rob.

6. SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah dalam menggunakan *server* atau *super computer* agar hasil simulasi yang didapatkan lebih cepat. Melakukan validasi yang digunakan sebaiknya dengan data primer yang terjadi di lokasi penelitian. Serta melakukan pembuatan desain konstruksi bangunan teknik sipil pada tebing sungai yang mengalami erosi sekaligus titik kritis banjir di lokasi penelitian yang berkelanjutan/*sustainable*.

7. DAFTAR REFRENSI

- Bielecka, M., & Kazmierski, J. (2003). A 3D Mathematical Model of Vistula Lagoon Hydrodynamics-General Assumptions and Results of Preliminary Calculations. *Ground Water*, 80, 2-4.
- Delft3D-Flow. (2014). *Simulation of Multi-Dimensional Hydrodynamic Flows and Transport Phenomena, Including Sediments*. Retrieved Febuary 29, 2019, from https://oss.deltares.nl/documents/183920/185723/Delft3DFLOW_User_Manual.pdf.
- Girault, V., & Raviart, P. A. (1979). Finite Element Approximation of The Navier-Stokes Equations. *Lecture Notes in Mathematics, Berlin Springer Verlag*, 749.
- Nordquist, M. (Ed.). (2011). *United Nations Convention on the Law of the Sea 1982, Volume VII: a Commentary*. Brill.
- Nowotarski, P., & Paslawski, J. (2017, October). Industry 4.0 Concept Introduction into Construction SMEs. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 245, No. 5, p. 052043). IOP Publishing.
- Putra, Niko. (2019). *Pemanfaatan Unmanned Aerial Vehicle (Uav)/ Drone dan Sonar Dalam Upaya Menghadapi Banjir Rob pada Desain Konstruksi Teknik Sipil*. Unpublished undergraduate thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Utina, Ramli. (2009). *Pemanasan Global: Dampak dan Upaya Meminimalisasinya*. Unpublished undergraduate thesis, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- Ungurean, I., Gaitan, N. C., & Gaitan, V. G. (2014). *An IoT Architecture for Things from Industrial Environment*. *IEEE International Conference on Communications*, (May 2014). <https://doi.org/10.1109/ICComm.2014.6866713>
- Rawi, S. (1989). *Pasang Surut*. Dishidros TNI AL. Jakarta